

摘 要

工科研究生教育作为我国研究生教育的重要组成部分,担负着培养大批高层次工程技术专门人才的任务。正确地认识和分析工科研究生的创新能力是培养和提高研究生创新能力的基础,也是提高工科研究生培养质量的重要内容。

本文以广东省 2005 年自然科学基金项目为背景,在类比了国内外工科研究生创新能力培养的基础上,运用系统理论、美国马兹罗的创新能力分类理论和英国沃拉斯的创新“四阶段模型”理论,对我国工科研究生创新能力的内涵、分类、表现形式、优势特征、薄弱环节和影响因素进行分析,提出对工科研究生创新能力的理解,主要是指善于发现问题,并能运用科学知识解决问题的一种综合能力,其中科研能力最为重要;工科研究生创新能力包括创新思维、创新环境、科研实践、科研创新四个方面,按表现形式可将创新能力分为潜在的创新能力和显在的创新能力。总结了研究生创新能力的优势特征为:思维联想的灵活性;质疑权威的批判性;理论与实践的适用性,指出了研究生创新能力的薄弱环节主要是:兴趣动力欠持久;缺乏合作精神;知识结构欠合理;忽视实践环节且易受主观因素和客观因素的影响。进而对工科研究生的科研能力、科研选题、创新思维与创新技法等方面进行分析研究,最后,结合工科研究生创新能力培养过程中的实际情况,运用灰色聚类理论,构建了工科研究生创新能力评价模型,并进行实证研究。

通过研究本文得出结论:

1、在工科研究生创新能力培养过程中既不能过分地要求工科研究生创新能力必须达到较高的程度,也不能忽视工科研究生创新能力的作用;工科研究生创新能力的培养需要一定的过程,也需要一定的激励机制和滋生环境。

2、工科研究生创新能力的培养应从课程教学、学术实践和学术交流、学位论文写作、导师指导以及教学科研管理诸方面,加强管理,提出对策。

3、科研选题是确定本项科研的目的和对象,也是工科研究生从预备阶段转入主要阶段的关键步骤,通过对科技问题、科研课题、选题原则、途径和过程的认识和分析,对于工科研究生确立有创新的科研课题起着积极的作用。

4、工科研究生创新思维是其产生创新能力的一个主要方面，在创新活动中，不仅要具备一定的专业知识，也要能够正确的掌握和运用一些创新技法，这样能更有效地克服创新活动中的困难，在不断实现自我和超越自我的同时，不断地改进客观并超越客观。

5、利用工科研究生创新能力灰色聚类评价模型可以对工科研究生创新能力进行定量的评价。当然，这种评价也只是相对的，评价的创新能力是工科研究生显在的创新能力，并没有评价出工科研究生潜在的创新能力。

本文对我国工科研究生创新能力的分析研究，将有助于我们正确认识和理解研究生创新能力，尤其是对于培养和提高工科研究生的创新能力，将产生一定的积极作用。

关键字： 工科；研究生；创新能力；培养

ABSTRACT

Education of engineering graduate student is prepared to bring up senior special people with engineering abilities. It plays an important role in graduate student education in China.

This paper bases on Guangdong Province Science Fund Project in 2005, compares the cultivation of Chinese engineering graduate students' creativity to the foreign countries. After that, this paper uses system theory; H. Maslow's cultivation of creativity classification theory in USA and J.Wallas'creative"Four Phase Model"theory in Britain to analyze the connotation,classification,form of behave,advantage characters, weakness tache and influencing factors,then figures out two meanings of creativity. Engineering graduate students' creativity is a integrative ability that is good at discovering problems and solving problems with knowledge. And science research ability is most important; Engineering graduate students'creativity includes creative thoughts, creative environment, scientific research practice and research result. And the creativity can be separated into two aspects called potential creativity and obvious creativity.It's advantage characters are: Flexible thoughts and associations; Daring to oppugn the authority; Combining theory with practice. The creativity' disadvantages are power of interest cannot last long enough; lack of team work spirit; Ignoring practice and effected by subjective and objective factors.

Afterward, this paper studies research ability, choice of research, creative thoughts and way to creative of engineering graduate student. And then, the paper uses foreign experience for reference brings out that education of engineering graduate student should consider six aspects which are course teaching, science practicing and communicating, paper writing, supervisor's supervising and management of study. This paper considers the fact during the education of engineering graduate student, using Grey Clustering to build a model to appraise engineering graduate students'creativity and the demonstration research.

Conclusion:

1、We cannot request the engineering course graduate student innovation ability in the engineering course graduate student innovation ability raise process to excessively achieve the high degree, also cannot neglect the engineering course graduate student innovation ability the function.

2、We can raise The engineering course graduate student innovation ability by the curriculum teaching, the academic practice and the academic exchanges, the dissertation writing, teacher instructs as well as the teaching scientific research manages various aspects, strengthens the management, proposes the countermeasure.

3、The scientific research selected topic is determines this scientific research the goal and the object, is also the engineering course graduate student changes over to main stage.

4、The engineering course graduate student innovative thinking is it has an innovation ability principal aspect, in innovative activities, not only need have certain specialized knowledge.

5、Using Grey Clustering to build a model to appraise engineering graduate students'creativity and the demonstration research.

This paper analyses engineering graduate students' creativity in our country, points out the countermeasure to cultivate their creativity. It will be beneficial to improve and cultivate engineering graduate students'creativity.

Keywords: Engineering ;Graduate; Creativity; Cultivation

独创性声明

秉承学校严谨的学风与优良的科学道德，本人声明所呈交的论文是我个人在导师的指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，不包含本人或其他用途使用过的成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明，并表示了谢意。

本学位论文成果是本人在广东工业大学读书期间在导师的指导下取得的，论文成果归广东工业大学所有。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任，特此声明。

论文作者签字：黄斌

指导教师签字：丁毅

08年5月12日

第一章 绪 论

工科是运用数学、物理学、化学等基础科学的原理，结合生产实践所积累的技术经验而发展起来的学科。典型的工科学科包括机械、水利、电工、汽车、电子与信息、热能核能、材料、仪器仪表、土木建筑、公路桥梁、环境工程、化工与制药、航空航天等。工科培养目标是在相关生产和技术领域从事设计、制造、技术开发和管理工作的高级专门人才。

科技是第一生产力，创新是科技进步的动力，是反映人的智慧的最好检验，也是人类社会进步的根本动力。知识经济时代的到来使创新教育成为研究生教育的必然选择。知识经济以知识的创造和应用为主要推动力，创新是它的生命，是知识经济实现增长和增值的唯一动力。知识经济的本质特征与研究生教育的本质特征不谋而合，对以科技创新为根本的工科研究生教育而言更显得重要。

1.1 相关概念

科学研究的一个基本要求是：把研究对象界定在一定范围之内。不遵循这一规则，要么研究的问题目的不明，解决不了任何实际问题；要么研究界限模糊、枝叶蔓生，得不出科学的结论。因此，首先对本文涉及到的基本概念进行界定和梳理。

1、创新

“创新”作为当今世界使用频度和强度相当高的一个词，它的内涵和外延的释义也是流派纷呈，百花齐放。中国自古就有与“创新”相似的提法。但作为现代意义上创新概念的使用，特别是作为一个技术经济理论术语来使用，如追根溯源的话，它产生于20世纪初，是由奥地利经济学家约瑟夫·阿罗斯·熊彼特首先提出来的。熊彼特将创新定义为“新的生产函数的建立”，即“企业家对生产要素之新的组合^[1]”，也就是把一种从来没有过的生产要素和生产条件的“新组合”引入生产体系^[2]。根据这一观点，创新作为一种“生产要素”和“生产条件”的“新组合”，“新的生活函数的建立”的变动，主要包括五个方面的基本内容：

- (1) 引入一种新产品或提供一种产品的新质量(产品创新);
- (2) 采用一种新的生产方法(工艺创新);
- (3) 开辟一个新市场(市场创新);
- (4) 获得一种原材料或制成品的新供应来源(职员开发和利用创新);
- (5) 实行一种新的组织形式, 如建立一种垄断地位或打破一种垄断地位(体制和管理创新)。

熊彼特创新概念的含义是十分广泛的, 它包含了一切可以提高资源配置效率的创新活动, 这些活动可能与技术直接相关, 也可能与技术不直接相关。不过, 与技术直接相关的创新是熊彼特创新思想的主要内容。

创新的概念已从熊彼特的主要从技术层次的解释, 发展到了一个范围极其广泛的概念。创新是作为活动主体的人所从事的产生新思想和新事物的活动, 其根本特征是变革、进步和超越。通过人类积极的能动的创造活动, 人类不断提高自身的生存品位, 扩大着自身的生存领域, 强化着自身的生存能量, 升华着自身的生存智慧, 从而推进着物质文明和精神文明的快速演变。

2、能力

能力是作为社会主体的人所必须具有的能够实现并确证自己的社会本质的内在力量, 也是人的社会主体地位与价值得以确立的基本条件, 更是推进社会进步与经济发展的动力机制。能力既包括一个人现在实际能为者(现实能力), 也包括个人将来所能为者(潜在能力)。能力和实践活动联系在一起, 只有通过实践活动才能发展和了解人的能力。但是, 并不是所有在实践活动过程中表现出来的心理特征都是能力, 只有那些直接影响实践活动效率, 使实践活动的任务得以顺利完成, 并获得社会效益和经济效益的心理特征, 才是能力。

能力分为一般能力和特殊能力。前者适于多种活动要求, 如观察力、注意力、记忆力、思维力、想象力等。后者适于某种专业活动要求, 如形象思维能力、逻辑思维能力、曲调节奏表现能力等, 它们只在特殊的活动领域内发生作用。一方面一般能力的发展为特殊能力的发展创造了有利条件; 另一方面, 特殊能力的发展也会促进一般能力的发展。各种能力并不是简单地并列, 而是彼此相互联系、相互制约、相互影响、相互融合, 以保证实践活动的顺利完成。

能力与知识、技术既有区别, 又有联系。知识是通过学习在人脑形成的经验系统, 具有一定的思想内容, 它以某种学习方式为人所掌握; 技术是对在个体身

上固定下来的自动化的行为方式，它以操作训练的方式为人所掌握。知识是对经验的概括，技术是一系列行为方式的概括，而能力则是对思想材料进行加工的活动过程的概括。由于能力是在掌握和运用知识、技术的过程中形成和发展起来的，没有学习和训练，能力的形成是不可能的。同时，掌握知识、技术的快慢、深浅、难易和巩固速度，又受到能力的制约。随着掌握知识、技术的快慢、深浅、难易和巩固速度，又受到能力的制约。随着知识、技术的掌握，又能促使能力的提高。所以，能力、知识和技术有着密切的联系。

3、创新能力

从词源学上看，《现代汉语词典》没有“创新能力”这一词组，但对“能力”作了解释：所谓能力是指做事的本领或从事某种活动的技能^[9]。据此推断，创新能力是指创新主体从事创造某种符合社会意义或个人价值的具有独创性或革新性产品的活动所具备的本领或技能。

(1) 创新能力的结构

创新能力不仅仅是一种智力特征，也是一种人格特征，是一种精神状态，是一种综合素质。创新能力包括强烈的创造激情、探索欲、求知欲、好奇心、进取心、自信心等心理品质，包括具有远大的理想、不畏艰险的勇气、锲而不舍的意志等非智力因素，还包括深刻的反思能力、敏锐的洞察力、丰富的想象力、获取知识的能力等智力因素。因此判断创新能力的基本结构应包括三个维度见图 1-1 所示：

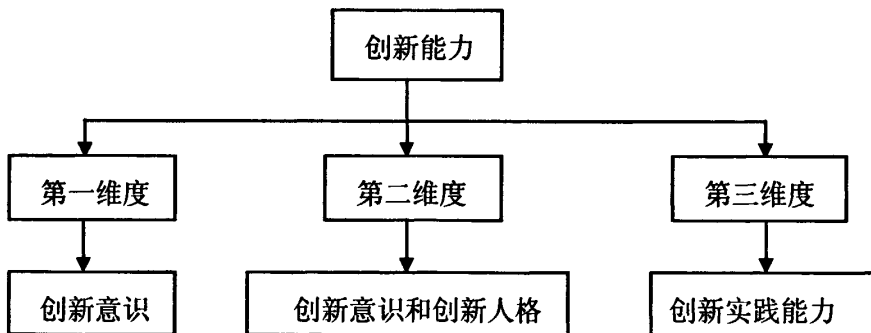


图 1-1 创新能力基本结构图

FIG. 1-1 The Basic Structure of The Innovation Ability

第一个维度是创新意识，是创新的发动机和驱动创新的力量源泉^[4]；

第二个维度是创新思维和创新人格，是创新的认知系统和个体的个性和行为特征；

第三个维度是创新实践能力，它是智力结构的转换器，是智力转换为物质力量的中介。

（2）创新意识

这是创新能力的第一个维度，是创新的发动机和驱动创新的力量源泉。创新意识是培养创新能力的前提，因为创新意识不仅表现为新思想、新技术和新产品的发明创造，而且表现为善于发现问题、求新求变，积极探究的心理取向。

创新意识主要由以下四个方面构成：

第一，强烈的事业心、高度责任感和永不知足的进取精神。这种进取精神是创新意识的主观动力，是一个人和组织发展的精神支柱。这种意识和精神来源于创新个体对国家、对人民的强烈的事业心、来源于个人的远大的理想和抱负；来源于高度的社会责任感和历史使命感；来源于对自身力量的信心 and 对自己命运把握的勇气。

第二，炽烈的好奇心和进取心。一个人的创造意识和创新精神，往往取决于他的好奇心和疑问感。有好奇心的人兴趣广泛，求知欲强，富于进取，凡事都喜欢问一个“为什么”，特别是对大家感到困惑不解的问题更是这样。这种人对其一事物兴趣越浓，寻根问底的好奇心越强。

第三，科学理智的冒险精神。任何一项创新活动，都具有不确定性。一个人如果谨小慎微，循规蹈矩，不敢冒风险，就不会有所创新。正因为如此，冒险精神不仅是事业成功的先决条件，而且也是社会进步和历史变革的精神力量。当然，科学理智的冒险精神，是在通过调查预测、审时度势、权衡利弊之后，所做出大胆果断的决定。

第四，独立思考和灵活变通并举。有创造意识和创新精神的人既善于独立思考，又善于融会贯通。在独立思考时，他们不屈服于习惯势力，不碍于多数人的观念，善于把当今的工作和社会需要紧密联系起来。他心中有一张宏伟的蓝图，一切事物都要纳入其中。因而，具有这种素质的人，对事物的判断不是人云亦云，而是常常力排众议，一下子就能抓住事物的本质、问题的核心，使得一些问题迎刃而解。同时，在必要时，又能做出适当的变通、妥协，甚至让步，善于权衡利

弊得失，深谙“小不忍则乱大谋”，只要不影响全局，不影响未来，他又能以最大的耐力容忍暧昧与复杂，保持矛盾中的平衡，有较强的灵活性和通融性。

（3）创新思维和创新人格

这是创新能力的第二个维度，是创新的认知系统和个体的个性和行为特征。创新思维的涵义是指相对于传统思维而言，一切具有创新性质的整体思维过程。创新思维的整体性有下面两个规定性：

第一，鲜明的创新性。这种创新性是与传统的思维相比较而存在的，对传统的思维有着鲜明的对比性。这种创新性和对比性主要有：论证方式的新颖性、思考角度和方法的新颖性、运用材料方法的新颖性及思维成果的新颖性等。

第二，思维活动的整体性。创新思维既不是简单的逻辑思维活动，也不是孤立的形象思维活动，而是一种极其复杂的特殊的物质系统内的高度复杂的活动过程，是各种思维活动因素、活动能力及其活动形式存在着不同程度上的相互作用、相互制约的思维。创造思维不是一种孤立的几种思维活动类型的简单叠加，而是一种包括逻辑思维与非逻辑思维、形象思维与非形象思维、发散式思维与聚合式思维、灵感思维等思维诸形式和思维要素在内的、相互协同进行的有机结合的高级整体过程。创新思维具有三个方面的特征：

首先，积极的求异性。创新思维实际上是一种求异思维。它表现为无论思考问题的方式、方法，还是思维活动的结果等方面，都与传统的思维活动存在着不同的新颖之处。这个特征贯穿于创新思维活动的始终。

其次，系统的整体性。具体的创新思维的结构层次上，创新思维作为一种极其复杂的结构，其层次也是复杂的。从整体意义上考察，它一般具有三个层次：一是创新的生理和心理结构，是指健全的大脑和正常的心理，这是创新的物质基础；二是创新思维的构成要素结构，是由思维问题、思维观念、知识、语言、思维成果等基本要素构成，是创新思维的核心层次，是形成创新思维价值成果的直接生长层；三是创新思维的能力结构，是指驱动、调控或驾驭思维诸要素活动，形成某种特定的思维形式的，带有自身运动趋向的思维力量，反映着创新思维的内在动力。创新思维的形式结构，是创新思维活动结构的直观表层，共有四种类型和形式：创新经验思维、创新形象思维、创新抽象思维和灵感直觉思维。

最后，动态灵活性。创新思维的结构在运动中会产生明显的自身变换的灵活性，能及时变换思维的角度和方法，举一反三，触类旁通，从一个思路或方向变

通到另一个思路或方向，从而形成多视角、多方位的思维活动态势；能及时抛弃一些旧的思维观念和旧的思维方式，转向新的思维方式、新的思维观念层面，调整思维活动趋向；能主动抛弃一些无效的思维方法和无效的思维材料，而运用新的思维方式和新的思维材料。

创新人格，是创新个体所具备的思想道德素质和创新心理、知识、能力等创新的潜能。归纳起来，创新人格所应具备这样三个特征：

第一，要有良好的个性心理品质。对锁定的目标要一如既往，紧盯不放，有不到“黄河心不死”的“执着”精神。当然这种目标的确立和锁定，必须是由两个环境因素所决定。一是客观环境，有客观需要，这种由客观需要产生压力越大、越迫切，就越能推动人们去进行创新，可以所需要是创新之母。恩格斯指出：“社会一旦有技术上有需要，则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进^[6]”。这种需要的压力就会转化为创新的动力；二是仅有外界压力还不够，还需要主观动力，主观动力即创新者发自内心的强烈的创新动机和愿望。愿望和动机支配着和决定着人们的行动。没有创新的主动性、积极性、自觉性，就不会有创造性。对创新来说，始终需要的是“身心健康”和“斗志旺盛”，只有具备这两点，才能在创新过程中不畏艰险，不屈不挠地去夺取胜利。

第二，要有合理的知识结构。合理的知识结构通常是“T”字形的，这里的纵向“1”代表专业知识，横向“一”代表相关知识。这就是既要扎实的专业知识，又要有较广博的相关知识。即要建立合理的知识结构。因为创新从某种意义上来说，是对知识、信息的重组，而重组仅在专业知识领域是不够的，还需要到相关领域甚至完全不同的领域中去寻找。

第三，要有科学的思维方法。如前所述，创新所需要的是多渠道、多角度的思维。在整个创新活动中，“思维”始终处于关键性的地位。创新者必须充分发挥大脑的思维功能，敢思、勤思、巧思、多思，才能走上成功之路。

(4) 创新实践能力

实践是人们能动地改造和探索客观世界的一切社会性的客观物质活动。随着人类生存境遇的急剧变化，高新科技的迅猛发展导致了不断创新的主导格局，已经使得创新实践能力与一个人、一个民族、一个国家的生死存亡的关系发生了紧密联系，即对某些实践能力的理解，应该提升到有助于实现主动生存、智慧生存、体面生存的行为能力上，也就是说提高到创新能力上^[6]。创新实践能力主要是指

动手能力和操作能力，它是智力结构的转换器，是智力转换为物质力量的中介。

在创新实践能力结构上，主要需强化五种能力的训练：

第一，较强的获取知识和信息的能力。包括“上网”到全世界查询检索资料和数据的能力；获取书籍和报刊有用信息的能力；通过这种学术会议捕捉信息的能力等。

第二，运用所学知识，具有在复杂的客观世界中发现問題、提出問題，并且综合地分析问题、研究问题和解决问题的能力。

第三，熟悉掌握和运用与本学科有关的现代化先进手段和大型仪器设备的能力。科学技术发展到今天，许多发现、发明和创新，都得借助于现代化科学仪器和手段，不熟悉和不善于运用科学手段和方法，在许多领域的创新就成为不可能。

第四，外语的综合能力。掌握一门外语，就等于打开了一扇通向世界的窗口，就可能及时、准确地掌握世界范围内的各种信息、动态和科学研究的发展趋势，就可以更深程度地融入世界，直接与世界进行“对话”和“交流”。具有创新素质的人，应该成为一个熟谙一门和通晓几门外语的“世界公民”。

第五，清晰、流畅的语言和文字表达能力。有了这个能力，就能把自己的研究成果准确、明白地发表出来，并与外界及时地交流，争鸣、商榷中碰撞的思想和智慧的火花，是创新和激发灵感不可或缺的一个重要因素。

1.2 国内外研究现状

各国的国情不同，对研究生创新能力研究的理论基础和角度有所不同，现就国内外的创新能力研究进行综述

1.2.1 国外研究现状

20世纪50年代开始，创新能力的研究开始了突飞猛进的发展。1950年吉尔福特在美国心理学会年会上发表了题为“创造性”的著名演讲。他根据对美国心理学摘要的统计，发现有关创新能力问题的条目只有186条，提出了以往对创新能力重视不足以及由此产生的严重后果，号召心理学家加强对创新能力的研究。吉尔福特根据因素分析提出了“智力三维结构”的理论^[7]认为创造性思维的核心是发散

思维，其特点是流畅性、灵活性、独创性和精细性。

（1）创新能力内隐理论

创新能力的内隐理论指的是专家和外行怎样看待创新能力这一概念，即他们认为具有创新能力的个体有什么样的心理特点和心理结构^[9]。该理论认为不同的人对创新能力有不同的看法，但有些基本元素却是相同的，这些元素既包括认知因素，也有人格和社会因素。具体地说，多数人同意创新能力的个体善于“将不同的观点联系起来”，“能发现事物间的共同点与不同点”，“思维灵活”，“有审美力”，并且“不墨守成规”，“有创造的动机”，“好奇”，“敢于怀疑社会规范”。

（2）创新能力外显理论

该理论最初由Amabile(1983)^[9]提出，他认为人的创新能力是若干因素交互作用的结果，这些因素包括个体的内在动机、创新能力技巧、相关领域的知识和能力。其中，与创新能力相关的技巧又有三种：第一、认知风格，包括如何应对困难，如何在问题解决中打破思维定势；第二、知识结构，与产生新颖独特的观念有关；第三、工作方式，如工作时是否聚精会神、能否将其他的困难暂时放在一边等。

Gruber(1988)^[10]等人将外显理论进一步发展，提出了一个理解创新能力的进化系统，它包括个体的动机系统、知识系统和效应，经过三者多次的交互作用，个体在解决问题时所遇到的某种偏差被不断的放大，最终获得创新能力的产物。动机系统主要指的是个体感兴趣的一系列目标，它引导行为的发展。随着个体问题解决经验的积累，知识系统也不断地发展更新。效应则指的是在以上过程中产生的快乐感或者挫折感。他们认为，创新能力的过程好比生物的进化历程，是另一种“适者生存”，新颖、独特的思维方式在“进化”的过程中不断积累、发展，从而产生创新能力的产物。

（3）创新能力投资理论

Sternberg等(1999)^[11]还提出了创新能力投资理论。该理论以股票买卖为比方，借用经济学的术语“低进高出”来描述创造过程。“低进”指买进一个不知名的、但具有增值潜力的概念，这一行为因为其冒险性通常会受到某种抵触；“高出”指有创新能力的个体坚持面对抵触，在适宜的时机以高价位卖出，然后又继续寻找新的不引人注目的概念。通过实验发现，创新能力需要六种相互关联的资

源：智力、知识、思维方式、人格、动机和环境。这里的智力资源集中体现了个体的创新能力，它由三要素组成：综合能力，帮助个体摆脱常规思维的定势；分析能力，选择买进什么观念而不买什么观念；实践能力，控制怎样低价买进高价卖出。

（4）美国理工科研究生教育的特点

第一，录取研究生的标准严格，考核全面。在美国，研究生院规定了申请人必须具备一定的条件：入学资格，能力测验、研究生资格高级考试、在本科生阶段的学习成绩及其它表现。如规定申请人的大学全部学习成绩的平均绩点不得低于四；有的大学规定全部三、四年级课程的平均绩点不得低于三；还有的大学规定主修及有关方面的课程的平均绩点不得低于三。

研究生院和系要求申请人提交推荐信，对学生的学术水平、工作能力和个人从事科研的能力给予评价。还要交工作鉴定，并进行个别谈话。对于生源较多的大学或系采取择优录取的方式。

以上的标准和传统录取做法外，教育家麦金纳斯提出了考察申请者在课外活动中的特点、动机、倾向及其创造性等方面进行考察，然后决定录取与否。他认为有高度创造力的青年，也不总是那些学习成绩好的人。研究生的教育重点是考察他们的创造精神和实际工作的能力^[1]。

第二，讨论式的教学方法。美国研究生教学方法是讨论式。教师的讲课精练，有启发性，学生在课上随时可提出问题，教师不直接回答，而是引导学生思考，老师与研究生之间、研究生与研究生之间，在课上互相交流、讨论学术思想。教学具有丰富的想象力。

美国研究生重视讨论，把讨论作为培养学生掌握技能技巧的重要方法并发展了它。教授们举行讨论，所用时间不一，短的一个小时，长的几个小时不等。举办讨论的人都是经过研究某课题做出结论或写出的论文后，在会上需要简单说明其研究情况，再由大家发言提出问题，本人进行解答，然后共同讨论。因此，讨论能增进人们的知识并发展其想象力和创造力。研究生既要参加教授指导的课内的讨论，也可以参加任何他愿意参加的讨论活动。学校之内、相互之间都可以参加这种活动，学校还提倡学生参加本学科的全国性会议或国际性会议，并为之提交论文。这些活动学术空气浓厚、想象丰富，这是提高美国研究生水平，发展其学术研究的重要方面。

第三,注重实验,实习等实际锻炼,促进理论与实际的结合。在美国,一些比较著名的大学要求研究生在本科生期间要打好理论联系实际的基础。以工程研究生的培养为例,美国麻省理工学院所采取的措施:一个是使工科本科生参加有指导的工程教育实践。麻省工程专业学生在第二年,学完一定的必修课和基础课后,为了掌握基础知识和技能技巧,培养学生的各种能力,可以申请参加工程方面的实际活动,时间是三个月,包括机械设计、产品设计、检验、评价、对失败的分析、制造过程的设备设计。所有过程由大学教师指导。另一措施是工程实习计划。工程学院的学生可以参加航空学、宇宙航行学、土木工程、电力工程、计算机科学、材料科学和工程学、机械工程、核工程学和海洋工程学等方面的工程实习。这种计划在同一公司进行,分三次完成,第一次是在二年级,实习时间三个月,给予六学分;第二次是在三年级,时间三个月,给予六学分;第三次是在学生申请研究生之后,即实习四年级的后七个月,实习时间七个月,给予十二学分。这种直接经验使学生的独立能力不断增强,工作热情不断提高,对树立学习信心有很大好处,这种收获是在教室里无法得到的。

实际锻炼与合作教育的发展分不开的。在合作教育计划中,大学允许在学习课程时加入工作阶段,为研究生寻找与专业目的有关、能提高知识与能力的工作机会。接受工作的单位能给研究生以经济补贴,使他们获得学习费用。美国密执安大学很重视丰富研究生的实际工作锻炼,使研究生受到更好的实验经验的锻炼和教育。

第四,不断加强跨学科课程。随着生产的不断发展和新技术革命的挑战,学科与现实的矛盾突出。实践中的各种问题的出现。已有的、固定的学科不能解决存在的问题。出现了跨学科的学习和科研。美国以奖学金鼓励跨学科课程学习和科研的开展。几乎所有美国大学都在使用跨学科计划,已成为研究生课程上的一个重要趋势。

美国研究生的跨学科课程是以多种方式形成的。一种是根据一门学科的研究成果向新的方向发展从而形成一门或几门跨学科课程。另一种是把几门不同学科的研究集中在一起,形成新的跨学科课程。这种方式是在现实中它的重要,这又迫使几种学术领域的人员走到一起进行研究形成新理论,如城市规划课程就是一例。它把土木工程、建筑学、政治科学、经济学、社会学、设计人员等结合在一起进行综合教学或进行集体教学。

第五,通过科研活动培养高水平的研究生。美国对研究生教育的一个宝贵经验是通过严格的科学研究培养人才。正如前总统科学顾问委员会领导人格林·西博格的报告所指示:“基础研究和研究生教育是美国科学发展的关键与核心,三十年的经验说明了美国通过大力开展科学研究来培养研究生的做法是使美国科技领先,高级人才迅速成长的重要途径^[10]”。

所以一些著名大学从本科生开始就进行科研工作这一点是非常重要的。麻省理工学院培养的博士生和硕士生的水平之所以高,是与该院长期执行本科生、研究生研究计划分不开的。他们把本科生和高级教师形成了许多小组,称为研究之家,这些研究之家的活动占有本科生阶段的大部分时间。一般说,学生取得学位时至少要参加三至四个研究计划。

在研究生阶段,科学研究是教学计划中很重要的一方面。如美国麻省理工学院对研究生教学计划的三个要求是:一是列出参加科研工作的领域,导师审核批准学生科研课题和立项;二是提供足够的时间保证研究生科研活动;三是设立研究生科研专家指导小组,在教授中由有名望的学术带头人领导。美国研究生参加科研,强调科研与生产实际需要相结合。这种科研与生产实际的紧密结合使美国培养的高级科学人才在尖端领域也发挥了重要作用。

加强研究生科研工作有利于人才的培养。研究生一入学在导师指导下进行科学研究工作。在整个学习过程中,有一个学期专门用于科研工作。个人可以单独参加科研,也可以参加小组的集体科研。在小组里有学术带头人、有教授、有博士后人员、也有其它研究生。这种集体进行攻关能发挥每个人的探索精神和聪明才智。如斯坦福大学一位获得诺贝尔奖的物理学教授就是与四名研究生一起研究,调动了研究生的积极性使研究生得到迅速成长。

全国的研究院对于研究生在校进行科研给予大力支持。为了保证研究生的成长,规定也很严格。有关的研究活动都要事先经过批准,必须有一位本校教师经常进行监督和指导,未经批准的,所进行的科学研究工作,不能作为毕业论文。

第六,研究生担任助教工作。研究生担任助教,是美国研究生教育学习德国的结果,也是美国研究生教育的一个方面,由于美国的教师队伍中没有相当于我国助教这一层次的教师,它大量使用研究生充当这部分教师,因此在美国研究生担任助教很普遍。担任助教有利于学生掌握专业知识和执教经验,另外,在经济上对研究生来说也是一种资助形式。

从美国研究生教育特点看，虽然他们强调的是课程学习，但在教学、科研的方式方法上有利与研究生发挥他们的主体性，他们可以通过不同的方式，如灵活的课堂授课和科研讨论会中不断挖掘自己的潜力，逐步形成创新观点，这些为培养研究生的创新能力提供了有利的条件。

（5）德国博士生研究生教育的特点

德国博士生的培养模式：没有研究生和研究生教育的说法。这是因为德国只设了一个博士学位，并把攻读学位的人称之为博士生。德国的研究生教育注重科学研究。

在录取工作上，德国本科毕业生如果准备继续在本学科领域深造，可以不经入学考试，直接报名申请，教授根据学生各方面的成绩，能力和水平，从中进行选择。初步选中的学生经过面试，进一步了解学术水平和各种能力，作最后确定。录取工作是个别进行的，录取权由教授掌握。只有在个别情况下才需要对学生进行考试时，由教授组成考试委员会；在学习年限上，没有为博士生规定严格的学习年限，是个别培养，根据具体情况不同，学习时间差别大；培养方式、途径，博士生主要在高等学校培养，也有少数博士在专门科研机构培养。博士生教育是一个研究阶段，对学生没有课程的要求也不设必修课，不要求学分。但博士生根据自己的情况和研究工作的需要，选读一些大学里开设的课程。这一阶段教育主要是研究，写博士论文。这种学习方式的独立性强，一切工作都由博士生自己完成，指导教师是在一定时期作必要的指导。对博士生的培养工作，主要途径：

第一，通过工作实践。他们都在本研究所承担一定的工作，或是助教工作，或是科研工作，或是研究所的其他工作。这种工作既是博士生经济收入的来源，又能在学术上和工作能力上得到进一步提高创造了条件，使工作与学习相互结合。承担教学工作的博士生通过答疑、组织考试、出试题、阅卷、带实验、讲课、帮助本科生完成毕业设计等多方面的工作来提高自己的水平，在指导毕业设计的同时，也加深了对自己课题的研究。

第二，通过撰写论文。论文是博士生研究工作的总结，是衡量博士生的学术水平的标志，是授予博士学位的主要依据。

博士生的类型主要有三种：一是在本科毕业以后，由于成绩优秀，不仅被录取为博士生，而且还得到了奖学金。他们可以全力以赴地从事研究工作，取得博士学位的时间也比较短。二是在学校边任助教，边当博士生。这种数量较多。他

们担任教学工作,给本科生上辅导课、实验课,协助指导毕业论文,并在教学中受到锻炼,同时从事研究,撰写博士论文。三是在职博士生。他们在本科毕业后,边工作边攻读博士学位。但必须有高等学校的教授同意担任他们的导师。这一种博士生与前一种区别,他们有正式工作,在工余时间从事研究,而前一种博士生的工作是在攻读博士学位阶段临时担任的;而且所任工作与攻读学位有紧密的联系。当然也有一部分博士生在取得学位后仍继续留任教学和科研工作^[4]。

(六) 国外研究生教育在创新能力培养方面的启示

从以上分析美国、德国的研究生教育特点来看,美国比较注重课程学习,同时将科研与课程学习相结合,把硕士学位当作攻读博士学位的过渡阶段。德国非常重视科学研究。而我国是课程学习和科研并重,这在借鉴的过程中注重结合我国国情,我国目前大部分人已把硕士学位作为最终学习阶段,近几年随着社会的发展,有相当一部分人不把硕士学位作为最终阶段。因此我们在借鉴国外的经验时,不能完全照搬他们的做法,而是根据我们的实际情况,参照他们的做法改进我们的不足。

1.2.2 国内研究现状

随国家创新体系的构筑与高等教育的发展,提高研究生的教育质量成为学位与研究生教育的紧迫课题和时代的强音,培养研究生的“创新意识、创新能力、创新人格”已成为提高研究生素质的核心。鉴于此,需要我们进一步总结研究生创新能力培养的实践层面,借鉴、吸收国外先进的实施办法,创新并整合研究生创新能力培养的途径与方法,使研究生创新能力培养的途径与方法更具有有效性、操作性、科学性、系统性、前瞻性。

(1) 何德忠、方祯云(2004)^[5]提出在研究生教育规模超常规发展的情况下,如何确保研究生培养质量已经引起了全社会的关注。

(2) 黄新明、王平(1999)^[6]提出影响研究生创新能力培养的因素主要包括:没有将创新能力的培养贯穿研究生教育的始终:轻视了对科学前沿状况的了解;缺乏浓厚的学术交流氛围;导师没有处理好自己“导”与学生“学”的关系以及缺少学术论文监督机制。张应春、丁毅强(2000)^[7]研究发现传统文化中的保守、谦虚、礼让等心理的负面作用:高度集中与僵化的教育、人事制度所产生的束缚

作用；高校的藏书、仪器设备等办学条件的限制；导师的学历偏低、学术水平不高；研究生生源质量不高等因素是制约研究生创新能力培养的主要原因。钱存阳(2004)^[10]也提出导师队伍良莠不齐、生源质量下降、近亲繁殖现象严重、研究生学术道德水平不高以及培养过程不合理是研究生创新能力培养的障碍。张优智、李治(2004)^[10]研究发现：传统的研究生教育观念的束缚、研究生教学体系的滞后(如人才培养模式存在的缺陷、学分与课程设置不尽合理、教学方法和手段落后)、师资队伍建设存在问题、人才管理模式僵化以及研究生待遇偏低等因素是阻碍研究生创新能力培养的主要因素。

(3) 从学科建设角度看，通过学科规划和调整，注重创新能力的培养，发挥学科群的作用，倡导研究生的知识结构和能力结构，促进研究生创新能力的培养(张卫刚等，1999)^[20]。通过学科交叉实践，培养研究生的创新能力(胡之德，2001)^[21]。

(4) 从培养方案、课程体系设计角度看，通过修订培养方案、优化研究生课程结构，强调方法与能力的培养，确保研究生的教育质量，全力推进研究生教学改革(任兵，1999)^[22]。

(5) 从学术环境和科研氛围营造角度看，通过创新自由开放的学术环境，构建良好的学科生态环境，追踪学术前沿，发展探索问题的争鸣环境(张文修等，1999)^[23]。通过研究生在校期间学习、科研、生活的主要集体—教研组和课题组为载体对研究生进行日常教育。以研究生科研集体建设，营造良好的科研氛围(马永斌等，2000)^[24]。

(6) 从论文创新、导师作用角度看，通过规范研究生学位论文的选题、开题、研究、导师指导、答辩等环节，确保创新要求，切实提高研究生科研能力、创新能力、创新精神(耿药等，1999)^[25]。导师在选题方面，要根据研究生特点引导学生到学科前沿，并鼓励学生承担风险性课题；在论文撰写阶段，研究生与导师接触频繁，经常平等的讨论问题，交换意见，参加学术讨论会(瞿海东等，2002)^[26]。

(7) 从具体教学方法角度看，通过改革创新教学方法，培养研究生科研创新能力(杨振洪，1999)^[27]。主要有：开设科学方法课；参与式教学法；以问题为导向，以科研课题为组织形式；专题研究式和案例分析教学法等。

(8) 从课外社会实践角度看，通过研究生挂职锻炼、暑期社会实践、社会调研等途径，拓展研究生的社会视野，培养研究生的实践能力和创新能力(杨良奇，1999)^[28]。

(9) 从社团文化角度看,通过社团文化的丰富和规范,重视阵地建设,以促进研究生的素质提高(张庆滨,1999)^[29]。

(10) 从自我教育角度看,通过研究生有目的、有计划的自我教育,实施研究生的素质教育(谢兆源,1999)^[30]。培养自学能力,注重基础理论知识的学习,掌握扎实的基本技能和合理的知识结构,以及解决实际问题的能力等(张世红,2000)^[31]。

(11) 我国工科研究生教育培养模式及特点

第一,工科硕士研究生的培养模式。目前我国工科研究生有工学硕士和工程硕士两种类型。工学硕士学位是以学术研究为主,重在求知,探索新知识,比较重视基础理论课和专业基础课的设置,课程内容侧重讲原理,重视理论性、分析性,要求毕业生掌握本学科坚实的基础理论和系统的专门知识,主要授予从事教学、研究岗位的人。工程硕士学位强调专业实践,重在求实,使知识有用,更加重视应用性、实践课程的开设,课程内容侧重讲事实,重视实用性,要求毕业生既掌握本专业的知识又熟悉相关专业领域,这类人才主要为大型企、事业单位服务。

工学硕士研究生与工程硕士的入学考试方式是不同的。工学硕士的录取主要采用的是全国统一考试的方法,基础课由国家统一命题,专业课由报考院校出题。生源一般是在校的应届本科生及社会报考人员组成。录取的主要标准就是考试分数,由各地区根据考试情况统一划出最低录取线,各学校再根据录取名额由高到低逐一录取,统一进行面试。

工程硕士的选拔方式是单独考试,单独招生。单独考试是指五门考试科目全部由学校命题。生源主要是来自企业单位,具有四年以上工作经验,毕业后回到原单位工作。

1997年设立了工程硕士专业学位,考试方式有所改变。具体方法是考数学和外语两门,由学校命题,专业课考试采取面试的办法。

同等学力研究生虽不参加统一的入学考试,但在课程学习过程中要参加全国统一命题的英语考试和综合学科考试。

以上几种类型的研究生,虽然“进门”的方式不同,但是培养方式基本上是相同的。在课程设置上,工学硕士和工程硕士基本是相同的,有些学校从培养目标考虑,为适应企业单位的需要,在工程硕士公共课程设置方面增加了管理类的

课程。在教学形式上,主要以课堂讲授为主。考核方式都是采用以分数衡量。在科研方面,工学硕士主要是跟导师做课题,课题的来源一般由导师负责。工程硕士的课题主要来源于企业单位,结合单位实际,主要目的是解决企业单位的实际问题。做课题时回到原单位,导师由学校派出。

两种类型的研究生培养主要通过课程学习和做论文。对课程学习的要求是在规定的时间内完成课程,修满学分。课程主要包括基础课、学位课,时间大约在一年左右,剩余的时间做科研,工程硕士在学校学习的年限不能少于半年。工科院校的研究生在第二年的时间里主要是做实验,最后撰写毕业论文。

总之,我国工科研究生的培养是课程学习和毕业论文并重。这些模式都是对培养理论和实际相结合的专业型人才打下了基础。

从我国近几十年的工科研究生培养模式来看,主要有以下特点:

第二,我国工科研究生教育的主要特点。①严格的选拔方式。无论是统招研究生,还是单考的工程硕士生,都是经过一级一级的考试考上来的,所以录取时非常重视分数,这与我国的传统应试教育有关。因为考试可以考出高分,但不一定能考出高能,不一定能考出科研能力的水平。这种录取方式一方面对本科的基础教育是一种检验;另一方面也限制了人的综合素质的培养;②以传授式为主的教学方式。我国大部分院校的课程学习,还是以教师站在讲台上传授知识为主要方式,学生课上记笔记、课下背笔记、考试考笔记。这种教学使学生很牢固地掌握课程内容,使我国研究生在未来的工作岗位上较系统地扎实的理论知识,这对从事科学研究、能力的提高是非常重要的基础。但另一方面,束缚了学生的主体性发挥;③专业划分细。我国的研究生教育受前苏联教育思想的影响,专业划分得很细,认为研究生教育培养出来的是“专才”,不是“通才”、“博才”。近几年来,高等学校对学科建设进行了改革。对在某一学科领域只懂得所学专业的知识,而与之相关的知识却很薄弱。我国研究生教育意识到这一点,正逐步调整学科和专业设置,使之适应创新人才的培养;④重视外语学习。随着改革开放国际交往、学术交流增多,社会对高层次人才外语水平的要求越来越高。有关部门为研究生的外语学习规定了取得学位必须达到的硬指标体系。因此,研究生的课程学习,大量时间花在背单词,看外语材料,做外语练习上,极大刺激了研究生学习外语的积极性,提高了研究生外语的整体水平。因此研究生花费在外语学习时间上过多;⑤逐渐重视与企业合作办学(工程硕士)。与企业合作办学是从1985

年开始。在理工科院校占一定比例。高校与企业合作培养(课程学习在学校、作科研时回到企业单位),这样有助于学生做到理论和实践相结合,在实践中检验自己的学习,更好地提高学生的能力。从以上特点来看,我国工科研究生教育取得了一定成绩,如对基础知识的掌握要求很严,研究生的基础理论知识很扎实,在国际上是公认的,这与评价标准、教学方式有直接关系。尤其是工程硕士的培养,对我国经济的发展起到了重要作用。

工科研究生教育的主要特点应体现在创新上,研究生教育是最高层次的教育,这个层次的教育所接触和研究的是相关学科的前沿知识或新技术。研究生教育的创新应贯穿在整个研究生教育过程中,从课程设置、学习到科学研究,从外部环境到内部环境都应为培养创新人才创造条件^[2]。

1.3 本文研究思路和方法

创新可以使经济与知识真正地结合起来,走科教兴国的道路,使经济和社会的发展走上可持续发展的轨道。对工科研究生创新能力进行分析研究,是一个既具有理论价值又具有实践意义的课题。

1、 研究思路

在导师的指导下,查阅大量资料和文献,分析工科研究生教育的培养模式和特点,总结出制约和影响工科研究生创新能力培养的因素,通过分析美、德两国在研究生教育方面的经验,结合我国研究生教育的现状,提出如何培养工科研究生创新能力的对策、措施和方法建议以及运用灰色聚类方法建立评价工科研究生创新能力的模型。

2、 研究方法

(1) 文献法

文献法是对文献进行查阅、分析、整理从而找出事先事物本质属性的一种研究方法。它既可作为一种单独的研究方法,也是其它研究方法的初步工作。可以说,一般研究工作都少不了它。所以本文也采取了此方法,在阅读了大量前人已有学术成果的基础上,再进行分析研究。

(2) 比较法

比较法是对某类教育现象在不同时期、不同社会制度、不同地点、不同情况

下的不同表现,进行比较研究,以揭示教育的普遍规律及其特殊表现。采用比较法,要考虑各个国家的社会经济制度、政治制度、历史传统、科学和技术以及文化发展的水平、教育理论及其在教育实践中的反映,明确可比较的指标。这样,才能正确掌握某一国家教育发展的基本趋势,明确可以借鉴和学习什么。进行步骤如下:

第一步,描述。把所要比较的国家的教育现象的外部特征加以描述,要求准确、客观,为进一步分析、比较提供必要的资料;

第二步,整理。把收集到的有关资料进行整理,如作出统计材料,进行解释、分析、评价,设立比较的标准等;必要时须研究某些材料在历史发展中的变化,以便深刻地理解所分析的教育对象的现状;

第三步,比较。对资料进行比较和对照,找出异同和差距,提出合理适用的意见。

(3) 综合分析法

即对所收集的材料进行分析研究的方法。这种方法本身包括分析、综合、抽象、概括、归纳、演绎等具体方法。分析是把复杂的教育现象分为各个组成要素,抽出它的各种特点来,单独地观察它们,剖析每个组成因素的性质和特征。分析之后,又必须进行综合。即根据分析的结果,把事物或现象的各个要素联成一个整体来认识。没有分析就没有综合。抽象是对某种教育现象抽出基本的、本质的东西,撇开表面的、非本质的属性,集中注意力去掌握事物的本质,概括则是从某些教育现象中抽取出其本质属性,从而形成概念。归纳是由个别到一般的推理方法,即将所研究的同类教育现象概括出该类现象中的一般特征来。演绎是由一般到个别的推理方法。

1.4 本文的研究内容和创新点

本文针对工科研究生的特点,运用美国心理学家马兹罗的创新理论、英国生理学家沃拉斯的创新理论,采用理论与实践相结合的方法,并由此探索提高工科研究生创新能力的新方法和理论。

1、研究内容

(1) 研究生创新能力分析

对研究对象进行系统分析是系统科学研究的前提。本文用了整章的篇幅系统地分析和概括研究生创新能力的内涵、分类、特征、薄弱环节和影响因素等相关概念,寻找客观、正确认识工科研究生创新能力的途径。

(2) 科研能力与创新能力解析

认识和分析工科研究生科研能力的内涵、薄弱环节和科研活动的影响因素和特点,并提出培养和提高工科研究生科研能力的相关对策,

(3) 科研选题与创新能力解析

对工科研究生科技问题、科研课题、选题原则、途径和过程的认识和分析,有利于工科研究生确立有创新的科研课题起着积极的作用,从而提高创新能力。

(4) 工科研究生创新能力培养途径探索

从开拓创新思维和挖掘创新技法两方面探索培养工科研究生创新能力培养途径。

(5) 工科研究生创新能力评价研究

提出一套指标体系,采用德尔菲法建立相应权重,运用灰色聚类分析方法建立对工科研究生创新能力评价模型,有利于定量地认识工科研究生的创新能力。

2、创新点

(1) 运用马兹罗的创新理论、对工科研究生创新能力的表现形式进行分析;

(2) 运用沃拉斯的创新“四阶段模型”理论对工科研究生创新思维的阶段进行分析;

(3) 运用灰色聚类法建立工科研究生创新能力评价模型,并进行应用分析。

第二章 研究生创新能力分析

研究生创新能力是国家创新体系的重要组成部分。科学地、客观地认识和分析研究生的创新能力,对于培养和提高研究生的创新能力具有十分重要的意义。

2.1 创新能力的内涵

从创新活动的结果的角度去考虑,把创新能力看做产生新事物的能力。我们认为,创新能力是指人们在智力活动中善于发现和创造新事物的能力。它需要人们具有探索精神、独创意识、批判的能力,这是知识经济对人的素质的基本要求。它的主要特征:一是它的新颖性和创造性,即这一活动或结果是新奇独特、前所未有的;二是它的有效性和现实性,既有社会意义,有一定的社会价值,有益于人类的进步和繁荣,能促进物质文明和精神文明的发展;三是批判性。创造是对现实的否定性评价为前提,是对现实中所没有的东西的探索与建构,它力求改变现实,创造更理想的世界。可见,首创性(新奇、独特)、批判性和社会性,既是创造性产物的本质特征,也是创新能力的基本特点。

创新能力构成因素是:创新意识或创新精神、智能结构、创新思维、创新行为。创新精神是影响创新能力生成和发展的重要内在因素和主观条件,而创新能力的提高则是丰富创新精神的最有力的理性支持。认知结构是创新能力最基本的要素。创新思维是创新能力的重要因素,没有创新思维能力就不可能有所谓创新能力。创新能力主要依靠的思维形式是发散思维和聚合思维等。它是以想像、灵感为代表的创造思维,具体表现在顿悟。这种思维不采取概念、判断、推理形式,不遵循任何逻辑规则,表面上不经过紧张状态的冥思苦想,而在平静状态下,由于机遇而引发出来的新思想。创造性思维就是:自信性、独立性、多向性、认识性、专注性、形象性、求异性。仅仅具有创新思维、创新精神是不够的,创新思维加之创新行为,勇于实践,将思维诉诸于行动,才能形成一个人的创新能力。创新行为是思想的外化,是创新人才创新精神的外显。它的主要特征是新颖性、独立性、反叛性、冒险性、理智性、坚韧性、合作性。

创新能力作为一种力,可把它分解成:自学能力、思维能力、想象能力、观察能力、思考能力、概括与综合能力、逻辑推理能力、组织协调管理能力、设计计算能力、交流表达能力、信息搜索能力、科研能力、实践操作能力、工程技术能力、分析判断能力、解决问题能力处理矛盾能力、情感控制与心理调节能力,但对工科研究生来说,科研能力最为重要,把其它的力(能力)与科研能力形成一种合力,产生向前发展和进步的推动力,而不要把它力与科研能力形成反方向的力,产生滞后的阻力,这样不利于工科研究生创新能力(科研能力)的培养。

综上所述,我们认为:第一,工科研究生创新能力主要是指善于发现问题,并能运用科学知识解决问题的一种综合能力,其中科研能力最为重要^[9];第二,工科研究生创新能力包括创新思维、创新环境、科研实践、科研创新四个方面。

2.2 创新能力的分类和表现形式

工科研究生创新能力从存在状态和开发利用程度来分类、按主客体来划分,有利于针对不同的研究生采取不同的培养创新能力措施。

1、创新能力的分类

从创新能力存在状态和开发利用程度来看,工科研究生创新能力可以分为潜在创新能力和显在创新能力^[10]。潜在创新能力是蕴藏在人体自身,有时还没有被发现的一种创新的潜能。例如:研究生通过一段时间的基础理论和专业基础课程学习后,具备了一定的科研能力,这种能力以潜在创新能力形式存在。显在创新能力就是已经显现出来,可被开发利用的创新能力,是创造新事物时所具有的能力。例如:研究生取得科研创新成果之后,他所具备的科研能力就成为了一种显在创新能力。从发展来看,潜在创新能力可转化为显在创新能力,但如被压抑和扼杀,也只能以一种“潜能”的形式存在。例如:研究生完成课程学习后,他所具备的潜在科研能力不加以运用和实践,随着时间的推移,也有可能被断送、压抑和扼杀。所以,把蕴藏在研究生个体中的潜在创新能力挖掘出来,使它转化为显在创新能力是研究生培养的必要环节。而研究生教育正是通过开展创新思维和创新能力的训练,例如:突破思维定势法、发散思维法、逆向思维法等等,挖掘研究生的潜在创新能力,使潜在创新能力转化为显在创新能力。

2、创新能力的表现形式

(1) 按创新主体划分

参照美国著名心理学家马兹罗对创造力分类,从创新主体来考察创新能力的表现形式有两种:一种是体现杰出人物的特殊才能的创新能力;另一种是体现在一般大众身上的自我实现的创新能力^[60]。特殊才能的创新能力是指其创新成果对整个人类社会的进步意义重大,具有很强的新颖性、独创性和真实性。例如:爱因斯坦提出的相对论、门捷列夫发现元素周期律、爱迪生发明白炽灯等。自我实现的创新能力则不拘于创新目标的大小,而是对生活的各个领域都有一种变革求新的态度,以获得创新的乐趣和享受,其创新成果对自己来说是新型产物,但对他人来说,可能并不是什么新事物。例如:不少人都希望每天的饮食能经常变化,并有时还愿意亲自制作,就属于此类创新能力^[60]。

就工科研究生创新能力而言,按创新主体表现形式分为:一种是体现工科研究生的特殊才能的创新能力,另一种是体现工科研究生的自我实现的创新能力。工科研究生的特殊才能的创新能力(即指其创新成果对整个人类社会的进步意义重大,具有很强的新颖性、独创性和真实性),在研究生阶段并不多见。但是,具有特殊才能的创新能力的研究生,并非天生就有很高的创新能力,而是要经过一定的研究生阶段的学习、教育和社会实践才能产生的。比较而言,工科研究生自我实现的创新能力(即对他人可能并不新、而对自己来说是新型产物)较为常见。例如,有些研究生在解决实际问题时,做到一题多解、对现有的某些产品的生产工艺流程进行改善、尝试各种方法提高学习效率等。即便是较为常见的研究生的自我实现的创新能力,如果在研究生阶段得到很好的培养、训练和实践,也可转化为特殊才能的创新能力,能做出重大发明,推动人类社会的发展。

(2) 按创新客体划分

从创新客体上考察创新能力的表现形式,则有突破性创新能力和非突破性创新能力之分。突破性创新能力和非突破性创新能力的区别是以创新成果的突破性为标志^[61]。对科技进步和社会发展具有决定性影响的重大科技成果所体现出来的创新能力即属于突破性创新能力,例如:半导体、激光、原子能、计算机等等重大科技成果所体现出来的创新能力。而非突破性创新成果所体现出来的创新能力则属于非突破性创新能力,例如:一般产品更新中所体现出的创新能力就属于非突破性创新能力。

就工科研究生创新能力而言,按创新客体表现形式分为:工科研究生的突破

性创新能力和非突破性创新能力。工科研究生的突破性创新能力和非突破性创新能力的区别是以创新成果的突破性为标志。工科研究生的突破性创新能力（即其所取得的创新成果能对科技进步各社会发展具有决定性影响的）并不多见。一般来说,工科研究生的突破性创新能力所取得的创新成果是得到社会普遍认可的,而研究生的非突破性创新能力所取得的创新成果是得到个人或群体认可的。比较而言,工科研究生的非突破性创新能力较为常见。但是,非突破性创新能力如果经过不断的实践和深化,会上升到具有突破性创新能力阶段,可获得具有决定性影响的重大科技创新成果。

工科研究生创新能力的表现形式也可从其所撰写的论文中体现出来。通过论文,可判断出该研究生创新能力的表现形式,从而可观察到研究生教育培养的任务和目标是否达到预期或理想效果。

研究生创新能力的表现形式,也是反映研究生创新能力的强弱,不同的研究生的创新能力是不同的,所以,针对能力不同的研究生,采取不同的培养措施,可有效的提高研究生的创新能力。

2.3 创新能力的优势特征、薄弱环节和影响因素

充分发挥优势,排除不利的影响因素,利用有利的因素,是工科研究生提高自身创新能力的一个途径。

1、创新能力的优势特征

(1) 思维联想的灵活性

思维具有联想功能,它可使人们借此缩短思维的路程,提高思维的效率。工科研究生的年龄一般在 22 岁至 28 岁之间。这个年龄段的人的脑机能已经得到强化。研究生正处在人生中精力最充沛、思想最活跃、求知欲望最强烈、创新精神最旺盛的阶段,同时又具有本科生阶段的基础知识和基本的科学实验经验,因而是在从事各学科领域创造性研究的最佳时期。研究生的思维联想流畅、灵活、开阔。在创新过程中,思维联想的灵活性尤为重要,例如:有些研究生在解决所面临的实际问题时,能够在较短时间内找到解决办法,快速有效地解决问题,这就是思维联想的灵活性的一种表现。

(2) 质疑权威的批判性

工科研究生的理性思维趋向成熟，性格鲜明，锋芒毕露。他们往往不畏学术权威、科学巨匠、文坛泰斗，通过自己独立思考、判断，敢于提出自己独特的见解，敢于质疑和挑战这些所谓的“大人物”，可谓：初生牛犊不怕虎。研究生没有派系之争，没有声名之累，可无所畏惧的表露自己的观点。

（3）理论与实践的适用性

工科研究生具备了一定的基础知识与专业知识，知识的适用性大大增强。表现在研究生不但能够运用知识来思考和解答学术或论文中的难题，而且能够进行有关专业的科学研究，例如：有些研究生可在企业实习期间，利用所学的知识为企业制定一套行之有效的人力资源管理系统。

工科研究生创新能力的优势特征也是工科研究生获得创新成果的一个因素，但具备优势特征的研究生，不一定人人都会取得创新成果。

2、创新能力的薄弱环节

（1）兴趣动力欠持久

兴趣对科学创造具有启动功能，当一个人对某种事物产生兴趣时，他总是积极地、主动地、心情愉快的去接触和观察研究，其聪明才智也就能得到充分发挥，即使十分劳苦，也兴致勃勃；尽管困难重重也不灰心丧气。对所学专业由入门到入迷，觉得大有继续研究下去的必要，因而报考研究生，期待在学术上有所建树，这本应是原始意义上的上进动机。但有不少学生报考研究生是为了逃避就业压力，为了升职发展，给未来增加一个筹码，而未考虑到自己本身的兴趣何在，因此，也不会有很强的自主意识，更谈不上能在所学的专业领域里有所创新了。

（2）缺乏合作精神

当今社会，竞争与合作并存，合作能力逐渐体现出其在创造性活动中的巨大潜力。具备积极合作精神和有效人际交往技能是现代高素质人才的一个重要标志。如果没有与人合作相处的能力，没有领导与被领导的能力，不能较好地处理个人与社会的关系问题，即使有创造性的思维，创造性产品也不容易产生。有研究发现，讨论对于激活知识、激发创造有着不可忽视的作用，尤其是思维角度的转换常常使人拨云见日、灵感顿生。因此，现代创新人才更应具备较强的合作精神。美国和许多西方国家近年来开始重视合作精神方面的教育，阿波罗 13 号飞船摆脱故障而重返地球的事件在美国被作为合作精神教育的典范；日本在培养学生的集体主义精神方面也有独到之处。有些工科研究生没有认识到合作的重要性，受个

人功利主义的影响,宁愿自己一个人做事也不愿与他人合作;也没有看到合作的优越性,他们简单地认为“ $1+1=2$ ”,而事实上在合作中恰恰是“ $1+1>2$ ”。这种心态也制约了研究生创新能力的增强。

(3) 知识结构欠合理

知识结构越合理,知识的质量越高,创新越容易,创新能力也就越强。合理的知识结构一般包括高度准确、着眼于联系的概念、双重知识结构(包括按照逻辑关系建立的微观结构和在此基础上建立起来宏观结构)、大容量的知识功能单位和大量程序性而不是陈述性知识。而长期的应试教育使很多学生对知识的掌握只停留在其表面,缺乏主动获取知识、运用知识的能力,欠缺对新事物敏锐的洞察能力和系统分析能力,缺乏对科研活动基本规律的把握能力,以及对各学科发展前沿的信息收集分析能力和对科研发展方向的科学预测能力。学生们已习惯于接受、理解、掌握现有的知识和在固定的框架中思考问题。这样,工科研究生很难具备较强的创新意识,也就很难在实际工作中取得创新成果。

(4) 忽视实践环节

实践是创造性思维的前提和基础,在创造性的实践活动中,思维能力可以得到进一步巩固和发展,创造性思考问题、解决问题的能力也可得到进一步加强。知识的掌握和创造能力的形成,最终都将通过实践活动来检验。工科研究生要接触社会、了解社会、最终服务于社会,必须走出校园,以实际生活为基础,学会运用所学知识解决实际问题,并在解决问题的过程中,提高自己的观察、比较、分析、判断的能力,不断积累新知识,逐步形成勇于探索的科学精神。科学研究和社会实践的紧密结合,也能为科研成果的产业化提供坚实的基础,使自己的创造性活动更好的服务于社会,又从社会需求中获得进一步创新的灵感,从而建立良性循环。但是,工科研究生的科学研究与社会需求仍然存在着一定程度的脱节问题。一方面由于参与科研实践度较低,部分导师承担的科研项目少,缺乏足够的科研经费,带的学生数量又较多,无法提供给研究生足够参与科研实践的机会。还有相当一部分研究生即使参与了科研实践,也很难有自主选择的权利,只是局限于导师的研究领域之内;另一方面,参与社会实践的机会不多,他们主要面对的是理论学习的问题,而这些问题与社会实践有较大的距离,结果导致动手解决实践问题的能力较差。没有社会实践这片肥沃的土壤,工科研究生所进行的科研活动也就很难开出绚丽的创新之花。在研究生创新能力培养的过程中,注重其合

作精神的培养，激发其对所研究领域的兴趣，引导其建立合理的知识结构，并将其所学与社会实践相结合，在一定程度上能有效提高研究生创新能力^[1]。

3、影响创新能力的基本因素

(1) 主观因素

影响工科研究生创新能力的主观因素指工科研究生对实际问题是否有创新的能力反映，是工科研究生个人意识作用的结果（包括心理品质、思维方式等等）。主观因素对工科研究生的创新能力的形成起着促进或阻碍的作用。

客观因素是影响工科研究生创新能力的外因，主观因素是影响工科研究生创新能力的内因，很难直接而可靠对其加以测量，而两者可以通过创造性实践以创造性成果的形式表现出来。论文是工科研究生的创造性成果之一，它是通过专家点评或以公开发表的形式，或以立文著书的形式存在的一种可公开评论的文体，所以可以通过研究生的论文评阅，来评定工科研究生创新能力的高低。

(2) 客观因素

影响工科研究生创新能力的客观因素指不以人的意志为转移而实际存在的因素，即工科研究生创新能力培养所要具备的物质条件（包括教学设备、师资力量、学科建设、图书资料、学习与工作环境等等）。客观因素对工科研究生的创新能力的形成起着制约的作用。比较而言，教学设备更先进、师资力量更雄厚、实践环节更齐备的学校，更有利于工科研究生创新能力培养。

在工科研究生创新能力的培养过程中，根据客观条件，充分调动和发挥研究生的主观能动性，有利于研究生创新能力培养。

第三章 科研能力与创新能力解析

研究生的科研能力,不仅直接影响我国的科技创新能力和科研水平,而且是衡量我国研究生教育质量的一个重要指标。科研能力是工科研究生创新能力最为重要的一种能力。

3.1 科研能力的界定

科学是运用范畴、定理、定律等思维形式反映现实世界各种现象的本质和规律的知识体系。研究是获取新知识的过程,从实用角度也可理解为发现、辨识、解释或解决问题的过程,在此过程中获取新知识。

科研即科学研究,则是运用科学方法创造和产生新知识的过程。概括来讲,科学研究包含三个内容:一是创造新知识;二是加工已有的知识,包括贮存、分析、鉴别、整理,使零散的知识系统化、体系化;三是利用知识,把科学知识转化为技术知识,把技术知识转化为生产知识把某个学科的知识成功地应用于其它学科等等。

科学是通过观察、调查和试验而得到的系统的知识体系。研究是在发现、辨识、解释或解决问题的过程中获取新知识。科学研究则是一项鼓励追随者走出旧的居留地,朝着很多方向走向新的边界的活动,是运用科学方法来获取新知识的过程。其本质在于对真理和知识的探究与发现,是在人文、社会和自然科学等领域进行的旨在探究真理的普遍理智创造活动^[9]。所以,概括来讲科学研究能力是指在人文、社会和自然科学等领域进行的旨在探究真理的普遍理智创造活动所需要的身心条件。

综上所述,我们认为工科研究生科研能力是:工科研究生在各科学领域进行旨在探究真理的普遍理智创造活动所需的能力。它是智力的高级表现,由构成智力的各种能力组成,是工科研究生创新能力中最为重要的能力。

3.2 科学研究、科研品质和科研能力的关系

工科研究生科学研究、科研品质和科研能力三者是密切联系，它们之间既相互促进，又相互制约。

1、科学研究

工科研究生教育是高等教育的最高层次，是培养高层次综合性人才的重要场所，是知识经济时代经济发展的人才库，也是知识创新、知识生产和知识传播的重要基地。它具有两个职能：一是训练未来的科研工作者；二是培养专业技术人才。工科研究生的能力层次结构图见图3-1所示。工科研究生获得知识的能力、科学研究工作的能力、创造性思维的能力、独立工作能力、组织管理能力等的培养成为研究生教育的重要内容。科学研究是一种创新活动，是在全面了解和掌握前人积累的知识和经验基础上发现新知识和形成新技术的活动。所以，不通过科学研究的训练或实践，工科研究生创新能力培养的目标是难以实现的。只有通过科学研究活动，才能使创新性思维能力、探索和开拓新领域的的能力、获取知识、运用知识和创新知识的能力、独立思考、独立判断和独立从事科研工作的能力、学术交流能力、创新能力和创新性个性品质自我养成的能力等能力和素质得到训练和培养。工科研究生从事科研活动是培养工科研究生科研能力的重要途径。

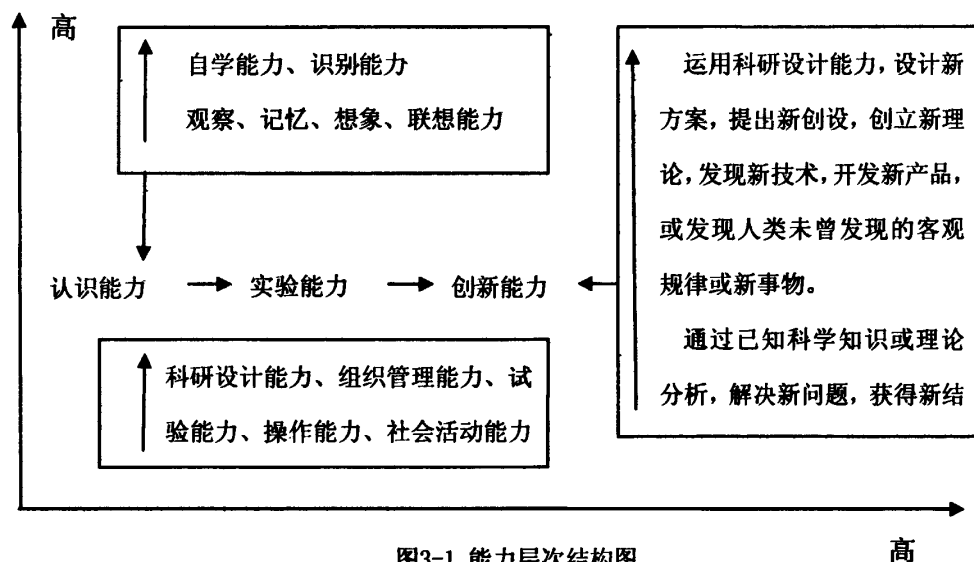


Fig. 3-1 Ability Level Structure Drawing

科研是由从事科学研究的主体来完成的。影响科研的既有主体因素又有客体因素。在主体因素中,对科研起决定性作用的是科研品质。

科研能力是一种智力品质,是智力的高级表现,科研活动是对已有的进行否定和突破,并进行创新。没有强烈的好奇心和创新欲,没有创新性想象和创新性思维是不可思议的。因此,从事科研活动,不仅需要智力因素(本文中我们定义为科研能力),还需要强烈的科研意识和坚强的科研精神等属于个性品质方面的非智力因素(本文中我们定义为科研个性)。科研能力和科研个性两个相关联的方面组成了科研品质。我们之所以在这里阐述“科研品质”这一概念,主要是为了避免把科研品质简单地等同于科研能力,而忽视科研人才的非智力因素。科研品质超越了科研能力作为能力的一种传统概念,其涵盖面更广,包括了科研能力和科研个性两个方面的内容。科研品质的组成要素见图3-2所示。

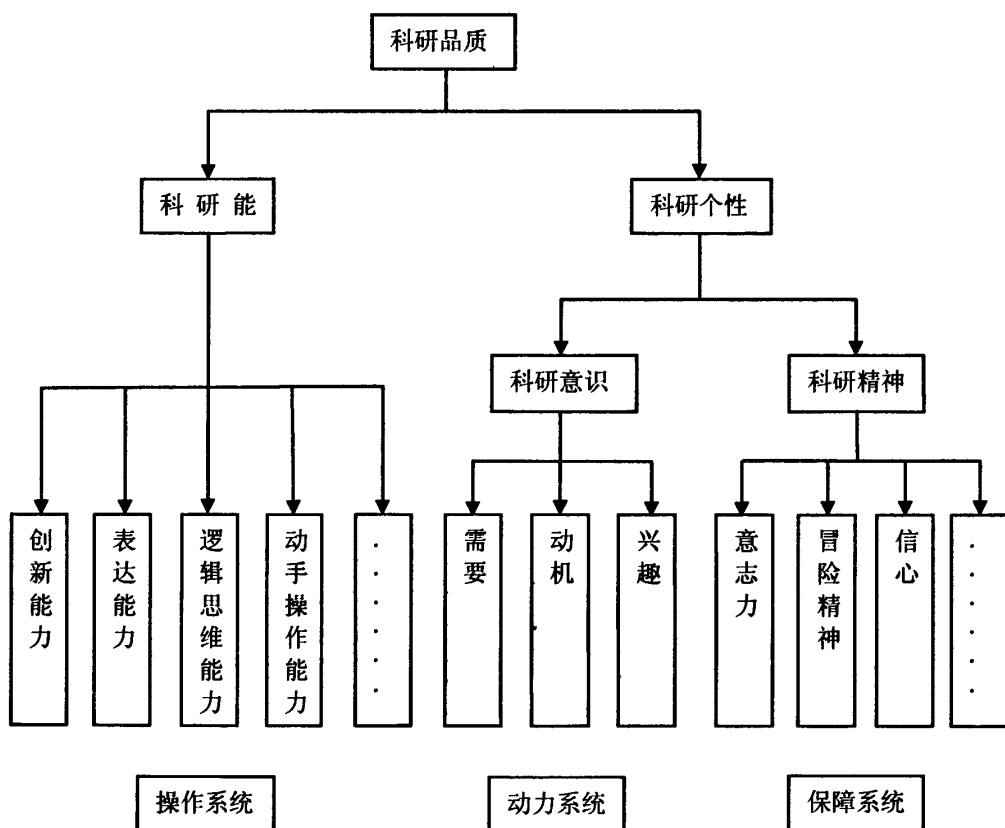


图 3-2 科研品质组成要素

Fig. 3-2 Scientific Research Quality Component Elements

2、科研能力

工科研究生科研能力是工科研究生在各科学领域进行旨在探究真理的普遍理智创造活动所需的能力。它是智力的高级表现，由构成智力的各种能力组成，它与科研个性共同构成工科研究生的科研品质。工科研究生的科研能力与其科研个性有着密切的联系，科研能力在科研活动中起着决定作用，科研个性为科研能力的发展提供心理状态和背景情境。科研能力是一个操作系统，而科研个性是一个动力和保障系统，它通过引发、促进、调和、监控科研能力，以及与科研能力协调配合来发挥作用。

工科研究生的科研能力与其知识储备、创新思维和科研个性有着密切而直接的关系见图3-3所示，且是一个多维的多层次的动态综合体。其中知识储备是基础，创新思维是核心，科研个性是保障。三者相互联系、相互依存、相互促进。所以，工科研究生的科研能力是知识、思维和个性的综合表征。

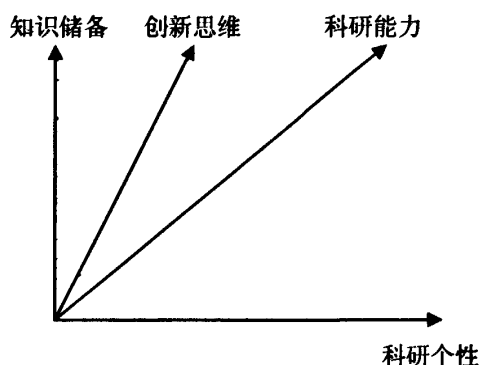


图3-3 知识、思维、个性与科研能力的关系

Fig. 3-3 The Relationship Between Scientific Research ,
Knowledge, Thinking and Personality

(1) 知识的积累与储备是培养科研能力的基础。知识是对事物属性与联系的认识，是人们在社会实践的过程中积累起来的经验。工科研究生能否参与科研活动，关键是看该生是否具备一定的科研能力，而科研能力培养的基石在于是否具有一个合理的知识结构，是否掌握坚实宽广的基础理论知识和系统深入的专门知识。科研意识、创新思维是构筑在丰富的知识基石上的。理想的知识结构如图3-4

所示。

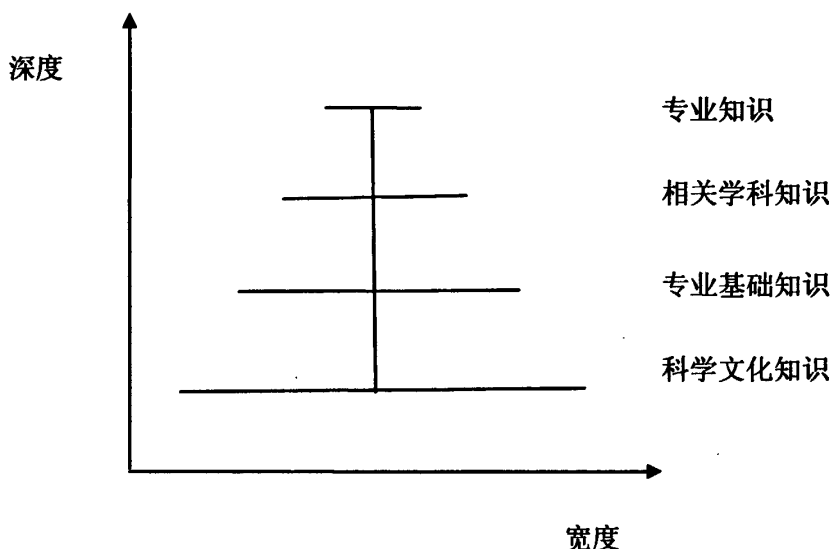


图 3-4 理想知识结构

Fig. 3-4 Ideal Knowledge Structure

(2) 创新思维的训练是科研能力培养的核心。丰富的知识要转化为能力，在具体的实践中产生新的成果，在未知的科学技术领域进行创新，就在于思维。创新思维包含逻辑思维和非逻辑思维。这两方面的思维能力的培养都不容忽视。因为每一个学科、每一门课程都有其科学性和思想性，都蕴涵着丰富逻辑思维和非逻辑的精华。所以，在培养工科研究生科研能力时，既要充分挖掘其逻辑思维，又要充分挖掘其非逻辑思维。而要想从事科研活动，就必须深入挖掘非逻辑思维，如形象思维、联想思维、想象思维、直觉思维、发散思维等，这是科研活动成功的关键，科学上的“灵感”与非逻辑思维紧密联系。

(3) 科研个性是科研能力培养的动力与保障系统。科研个性包含科研意识和科研精神层面，是在一定社会条件教育影响下形成的有别于他人的较固定的态度和行为特征，是思维和行为的综合，其结构也是多层面的。科研意识的培养主要包括科研需要、动机、兴趣、理想、信念等的形成和培养，培养科研精神主要包括自信心、坚韧性、敢为性、独立性、合作性等心理品质的形成和发展。科研个性的养成更需要“软环境”的构筑和营造。

3.3 科研能力的影响因素和特点

工科研究生从事科研活动的两种形式是受到诸多因素的制约或影响，并有其特点。

1、科研能力的影响因素

工科研究生从事科研活动主要有两种形式：一是参与式，即参加导师课题的研究工作。这些课题主要是导师主持或参加的项目，导师一般是课题的负责人，博士研究生是课题组成人员；二是独立自由式，即工科研究生独立从事科研活动。这种形式一般是工科研究生自我确定研究课题，通过相对独立的研究完成项目，但也需要导师给与一定的指导。独立自由式能够充分发挥工科研究生的兴趣、特长、丰富的想象力，有可能形成极具创新性的成果。

工科研究生参加科学研究主要的目的是得到科研的锻炼和训练，提高科研能力和素质，培养科研品质和科研精神。工科研究生不论从事何种形式的科学研究，都受到诸多因素的制约或影响见图3-5所示。

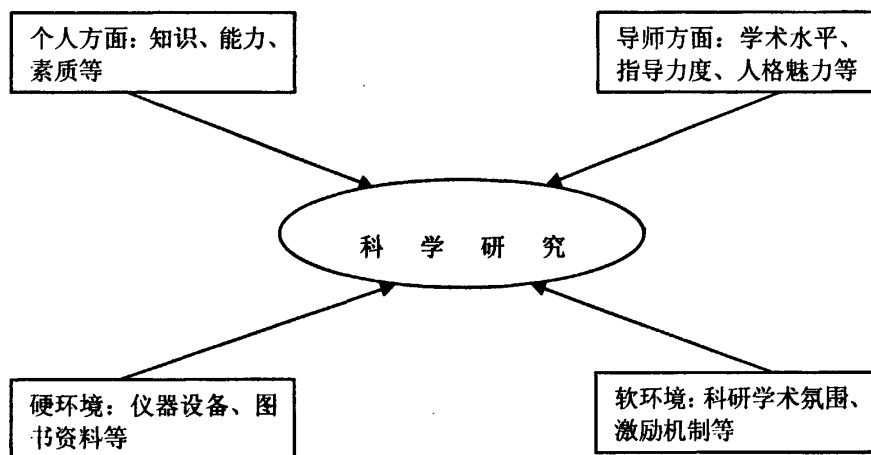


图 3-5 科研能力的影响因素

Fig. 3-5 Scientific Research Ability Influencing Factors

2、科研能力的特点

由于工科研究生科研的主体、研究机制以及研究环境等的特殊性，使工科研究生科学研究具有以下三个的特点：

(1) 选题内容范围广,并具有一定前沿性。工科研究生在校期间,或多或少都从事各种类型的科学研究活动。目前工科研究生的科研选题主要有导师承担的课题、导师推荐的课题、自由选题等几种选题形式。选题范围相当广泛,并且具有一定的前沿性。

(2) 立足基础性研究和传统学科研究,缺少开发性研究和跨学科研究。由于研究生的培养的传统和惯性主要倾向于理论研究,培养学术性人才。同时受到我国新兴学科发展水平不高以及新兴学科师资力量紧缺等限制。从事高水平开发性研究、跨学科研究、产学研合作研究的数量不多。

(3) 工科研究生科研指导力度不够,国内外合作交流缺乏。工科研究生从事科学研究,不论何种形式,都需要导师的指导。导师的学术背景、科研经验、治学态度、创新性思维方法等对工科研究生都有深刻的影响。同时,工科研究生参加具有较高学术水平和科研水平的国际学术报告与研讨的机会相当少,甚至参加国内的合作与交流的机会也很少。

3.4 科研能力的不足之处

随着研究生培养条件的逐步改善,研究生教育质量有了明显的提高,相应地,工科研究生科研能力也有长足的发展。但是工科研究生的科研能力从总体上来看也还存在一些不足之处。

1、科研创新能力不强

科学研究是要发人之所未发、人之所不能发,是一种创新活动。工科研究生在创造性思维方面存在着缺陷与不足,往往显得因循守旧,喜欢以既定的、现存的规则来解释新的现象,而不擅长通过新的角度来思考原有规则存在的不合理性,并且通过实践来推翻它,不善于从新视角研究和探讨问题.不善于提出新观点、新见解,喜欢人云亦云,屈从权威和定论。在科学研究中普遍存在四个简单^[60]:

(1) 简单移植,只是对他人方法的应用和重复;

(2) 是揭示表面现象,没有深入研究事物发生、发展的内在联系,尤其是因果关系;

(3) 是简单延伸,只是进一步证实他人的工作;

(4) 是简单推理,只是采用一定的实验证实已知的结论。

2、问题发现和问题解决能力不强

英国学者波普尔认为,科学只能从问题开始,“科学和知识的增长永远始于问题,终于问题——越来越深化的问题,越来越能启发新问题的问题^[4]”。发现问题是科学研究的逻辑起点,也是培养工科研究生科研能力首先要关注的;解决问题则是综合运用自身知识和能力找到问题的答案进而提高科研能力的过程,也是培养工科研究生科研能力的逻辑终点之一。工科研究生在这方面存在不足,具体表现为:

- (1) 问题意识不强,不善于发现问题;
- (2) 不善于明确地表述和界定问题;
- (3) 不善于根据问题和现实条件寻求合适的解决方案;
- (4) 不善于实施执行解决问题的方案;
- (5) 不善于评估或验证解决方案的正确性。

3、逻辑推理与抽象思维能力不强

恩格斯曾经讲过,“一个民族要想站到科学的高峰,就一刻也不能没有理论思维”。爱因斯坦在总结自己做出重大科学发现的经验时也谈到,“要创造一门理论,仅仅收集一下记录在案的现象是远远不够的,还必须有深入事物本质的大胆的、创造性的思维能力^[5]”。逻辑推理和抽象思维能力是工科研究生从事科学研究的基础要件。然而,工科研究生的逻辑推理和抽象思维存在着问题。仍有部分工科研究生研究与分析问题及逻辑推理能力与抽象思维能力不强,不擅长逆向思维与独立判断,对已有的学说或学术成果采取肯定态度的非常普遍,而持怀疑态度者非常少,不善于将怀疑和反对表达出来,把自己的观点、看法或实践反映出来,也不善于围绕论文的主题层层深入地论证,得出严密的结论等。

4、检索文献和资料处理能力不强

文献检索和资料处理能力是研究生从已知到未知,有所突破、有所发明、有所发现的必备要件,在知识大爆炸、高水平的知识存储和传播手段——电脑和因特网日益普及的今天,这种能力尤为重要。

工科研究生文献检索和资料处理能力主要存在如下不足:

- (1) 有些工科研究生对图书馆了解和利用得较少,不熟悉图书馆内的主要期刊,对文献检索系统较陌生。
- (2) 不少工科研究生外文水平较低,不能顺利浏览外文资料,或者无法准确

把握文章内容。

(3) 有些工科研究生面对众多资料不知从何下手, 不知道哪些需要泛读、哪些需要从不同角度进行反复分析和探究。

(4) 文献评估和取舍能力不强。面对众多的资料, 有些工科研究生不善于区分哪些是有价值的、重要的、可以利用的, 哪些是不重要的, 不需利用的, 也不善于从众多文献中找到自己需要的, 舍弃不需要的。

(5) 文献综述能力差, 简单罗列多, 比较分析少, 甚至用较多的篇幅列举与论文无关的资料。

5、动手操作能力不强

动手操作是验证研究方案、加深对研究内容的认识、得出研究结论的必经历程, 是科学研究必不可少的一个方面。各国研究生培养对实践环节非常重视, 主要是为了提高研究生动手操作能力。但是, 动手操作能力不强历来是工科研究生科研能力结构中的薄弱环节, 具体表现为:

(1) 一些工科研究生不会拟定研究内容和实施方案;

(2) 拟定的研究内容过多过杂, 不是选准突破口而是全面出击, 导致在规定的学习期限内无法完成, 缺乏针对性;

(3) 拟订的方案没有新意;

(4) 很多研究生在实验研究前不知道应对新实验仪器进行检验, 更有甚者, 有些研究生竟然用未经检验的新实验仪器或方法来直接测定实验数据并将其用于新开发的理论模型;

(5) 有些工科研究生将理论应用于实践的能力低, 特别是面对工程实际问题不知如何动手解决。

6、言语表达和书面表达能力不强

撰写论文、作学术报告、进行论文答辩等都需要高水平的表达能力, 这种表达能力也是工科研究生科研能力的外化指标。工科研究生表达能力不强主要表现在:

(1) 不知道如何撰写开题报告和论文;

(2) 不知道如何作开题汇报与学术报告;

(3) 不具备在较短时间内将自己或他人思想表达清楚的能力;

(4) 基本功方面, 措词不严谨、不简洁, 用不规范的语言进行口头甚至书面

表达;

(5) 学术报告或论文答辩时不善于准确、简明回答提问者所提的问题, 阐述自己的观点。

3.5 提高科研能力的对策

针对工科研究生科研能力的薄弱环节, 提出如下提高工科研究生科研能力的对策:

1、注重夯实理论基础, 改革学位课程结构, 拓宽知识面, 为培养工科研究生的科研能力提供良好的基础。

现代科学各学科相互交叉、渗透, 向综合化方向发展, 专业与专业方向的分界线正逐步淡化。为了适应现代科学技术既高度分化又高度综合的整体化趋势, 理工结合、文理结合、文文结合以及人文社会科学成为人才素质培养的基础, 并成为未来专业改革和发展的趋势, 研究生作为高层次专门人才的一个特定的培养阶段, 对他们在基础方面的广度及深度应该有一个较高的要求。工科研究生的学位课程要求做到由繁杂多细到精简深宽, 注重整体配合; 由知识面偏窄, 结构单一, 按研究方向设学位课程转向拓宽知识范围。专业学位课要求突出前沿性和应用性, 选修课则要体现“新、深、交叉”原则, 适当开设一些跨学科学位课程和各种学术讲座, 邀请各学科领域最有影响的学者讲学, 努力反映世界科学技术和文化发展的最新成就, 以帮助工科研究生了解当代科学技术发展的前沿信息和不同学派的理论见解, 进一步拓宽研究生的视野, 奠定工科研究生扎实的理论基础。总之, 教学的各项改革, 应能帮助工科研究生建立起一个多学科相互交叉的综合的金字塔形的知识结构, 逐步成为一个具有系统深入的基础理论和专门知识。

2、改革教学模式, 探索充分发挥工科研究生主动性和参与性的多种教学模式, 寻求将理论知识转换为工科研究生具体的科研能力的理想方式。

学位课程的教学形式可以是教授讲, 也可以是讨论或研究生轮流讲, 内容应不断更新。应该注意到工科研究生层次课程教学所要达到的培养要求是, 通过知识的传授, 让学生领悟其中所蕴涵的原理, 能够运用原理来分析具体问题, 并综合其他知识解决问题, 最终做出自己的评断, 形成自己的鉴别能力。因此, 在教学过程中发挥研究生的主动性和提高他们的参与度, 应是指导教师教学的关键所

在。较为理想的方式是指导教师首先介绍本专业中的经典的教材或者专著，提供评价和说明，要求工科研究生对这些文献进行较为全面的阅读和了解，必要时要求工科研究生准备读书报告，供讨论所需。与此同时，教师还要说明该学科当前需要解决的问题所在，请研究生在文献阅读中，有选择地围绕着这些问题试图寻找解决的途径。定期进行讨论，也是检验研究生学习的有效手段。讨论过程中，导师应该要求研究生能够简要介绍自己的阅读内容，并对自己所选择的问题提供解决途径，即使无法给出很明确的解决方法，也要提供一种可能的思路，来供大家共同商讨和评判。这样的教学方式对于研究生而言有压力，但是较之于满堂灌，最终的效果是大相径庭的。同时，这种教学方式可以大大提高研究生对科研方向和科研动态的敏锐度，能够较为迅速地把握自身的学术兴趣，从而较快地形成研究生自己的研究核心和重点。美国大学普遍重视在课堂上锻炼研究生的自学能力、思维能力和动手能力。教师讲课学时不多，但学生感到负担很重，主要是因为教师讲得扼要、精炼，而要学生自己读的文献资料很多，并要写出读书报告；课堂不是“静听”的课堂，气氛非常活跃，教师鼓励学生发挥想象力，敢于提出问题，勇于发表自己的见解等等。因此，我们提倡采用启发式、研讨式、参与式等教学方法，尤其是参与式。参与式是一种采用有一定开放度的教学内容、提问式的讲课方式、没有标准答案的习题、论文形式考试的教学方式。这种方式能激发研究生的参与意识，培养科研能力。除了传统的课堂教学外，还可利用先进的技术设备建立虚拟网络课堂。由于通讯和交通基础设施的进步，多媒体技术和宽带双向交互网络的发展，研究生可以在网上利用全球的信息资源进行学习。这种方式既可以快捷地接受最前沿的知识，还可以激发学员的主动性、参与性、选择性和创造性。工科研究生运用已经掌握的知识和技术，了解别人已做了哪些研究，研究结果如何，了解别人正在研究什么和可能产生的结果，从这些信息中正确选择自己的科研方向。

3、营造浓厚的学术氛围，积极鼓励工科研究生参与科研，提供科研实践的机会，在实际锻炼中磨练和拓展工科研究生的科研能力。

在科研中，应当大胆地把工科研究生推到科研第一线，如工科研究生和导师共同举行研讨会、学术报告，参与导师的科研活动，外出调研等，从而有更多的机会协助导师或独立从事科学研究，在具体工作中发挥他们的思想活跃并富于创造性的特点和工作上的能动性。美国各大学重视研究生参加各种科研活动，甚至

让有关工科研究生参加并承担大量国防科研任务和国家需要的重大科研项目。例如,麻省理工学院德雷帕实验室多年来吸引了近千名研究生参加“阿波罗”导航与控制系统的尖端研究。同时应注意学术交流,与国内外同行保持密切的联系,经常性地进行交流,发表论文、参加各种各样的学术会议。如定期举办学术讲座或模拟国内或者国际学术会议,由导师作顾问,整个过程由学生自己组织。从成立组委会、程序委员会、确定会议主题、发布会议通知、邀请报告人讲演、收录会议论文,到主持人、发言人、小组讨论、时间限制等等细节,均按正式学术会议的规范要求组织。参加者递交学术论文,进行学术报告和参与论文点评和学术讨论。这项活动对每一个组织者和参加者都是一次很好的锻炼,它一方面增强了校园内的学术气氛,另一方面锻炼和培养了研究生的社会活动能力、组织能力和口头、书面表达能力,也是对科研能力极好的训练。

4、重视学位论文。

一要重视学位论文的写作技巧的训练。国外一般在研究生的学位课程学习中安排了 7~8 学时训练学术论文的写作能力,国内尚无这方面规范的学位课程大纲、教材和开课要求。当然,由于学制的不同,学位论文写作的课程训练并不一定在学位课程中占据很大的份量,可以适当地开设或者指导教师平时的论文指导过程中有意识地对研究生加以训练;二要注重学位论文各阶段的写作。要鼓励研究生在不同阶段写出不同的报告;三要及时检验学位论文的写作质量,在研究生从事学位论文研究过程中,鼓励他们撰写学术论文在学术期刊上发表,一方面可以使他们掌握科技论文的写作格式,提高科技论文的写作能力;另一方面可以增强他们的自信心和对学术论文写作的兴趣,从而可以调动他们从事科学研究的积极性。

5、充分发挥导师的集体指导作用,为工科研究生科研能力的培养提供有力的保障。

目前,工科研究生的指导大多是一位导师负责一名或者多名学生,一些学校实行研究生入学修完基础课后,再选择导师,充分尊重了研究生自身的学术兴趣。不过,在工科研究生的指导上,应该利用个人(指导教师)与集体(指导委员会)相结合的培养方式。工科研究生入学后,不仅要确定一名指导教师,而且要成立一个指导委员会(可由 3~5 位具有不同专长的教授组成,组长为指导教师)。每位工科研究生的学习计划(所修课程和论文)与指导教师讨论后提出,经指导委员会通过。

工科研究生在学习过程中,可以随时找委员会的有关教师询问问题,接受指导。指导委员会平时还检查学生学习计划的完成情况、组织考试和负责最后的论文答辩,并决定是否推荐授予学位等等。集体指导的好处是有利于学生开阔眼界,易于拓宽知识面。另外,工科研究生入学要经过一段时间的师生接触才确定指导教师,以利于因材施教;还可以采取更为灵活的培养方式,可以规定工科研究生在论文工作正式开始以前,都可以提出更换指导教师。为体现学科间的融合,工科研究生指导教师可以聘请外系或者外校的教师乃至跨学科的教师来进行指导,这样可以使学生接触不同风格的教师,接受不同思想的熏陶。另外在培养学生的过程中就应注意学科的渗透和结合,而不是等到学生工作后,再去学“结合”。

6、提供良好的管理服务,为工科研究生科研能力的培养营造有利的外部环境。

管理即服务,管理机制运行必须从有利于工科研究生综合素质培养的角度出发,结合对他们的特殊要求,改革现行的管理运行机制,创造有利于培养工科研究生科研能力的环境与氛围。一是加强教学管理制度的建设,特别是研究探讨一些创新性管理机制,如“教考分离”机制、“工科研究生综合素质考评”机制、“工科研究生创新发明奖励”机制,各种奖学金制度的设置,提供各种工科研究生学习和研究的激励机制等;二是加强工科研究生日常学习、生活管理制度建设,应当按照统一要求与个性发展相结合的原则,改变学校统得过死或放得过宽的弊端,探索“宏观控制微观放开”的管理模式,改革现行规定中不合理的内容,给研究生提供既宽松又井然有序的生活学习环境;三是要加强后勤服务与管理,创造良好的学习环境。

第四章 科研选题与创新能力解析

科学学的创始人，英国科学家贝尔纳曾指出：“课题的形式和选择，无论作为外部的经济技术要求，抑或作为科学本身的要求，都是研究中最复杂的一个阶段^[40]”。课题规定了研究的方向和任务。科研选题是否正确、恰当、有意义，直接关系到研究的成败、速度和价值。只有明确了科研课题，才能根据需要有计划地定向积累材料，运用已有的知识解决问题，才能根据课题的需要运用相应方法和手段去实现既定的目标。

4.1 科技问题和科研选题区别

科研选题是工科研究生科研的战略起点，从广泛的意义上讲，科研选题包括确定研究方向和选择研究课题两个方面。前者决定研究集体和研究者个人在较长时间内进行科学探索的主攻方向，后者则是在这个主攻方向下选定进攻的突破口与制高点，明确在这个方向逐步实现全面占领的具体课题任务，制定实施的计划和步骤以及采取的方法和途径。工科研究生的主攻方向一般就是导师的主攻方向，通常不相相悖，故选择不难。难的是选择研究课题。科学与技术的研究总是从问题开始的，科技问题始终贯穿于科研工作的全过程。选好课题，关键在于提出有价值的问题，选题即提问题，提出有价值的科技问题。

1、科技问题和科研选题

在科研工作中，我们不仅要善于发现问题、提出问题，这是大的和方向性的一面，更重要的是要善于选好具体要研究的课题，这是小的和具体要做的一面。

“科研选题”就是选择、确定和形成所要研究和解决的具体“科技问题”（课题和内容），这里指的科技问题就是为了达到某个特定目的，在某一科学领域或技术应用领域所要研究和解决的一个或一组科学问题或技术问题。科研选题是整个科研工作带有方向性的关键决策，爱因斯坦就认为，在科研方面，提出一个问题比解决一个问题更重要，因为解决一个问题也许仅是一个数据上或实验上的技能而已，而提出一个新的问题、新的可能性、从新的角度看旧的问题，却需要

有创造性的想象力。科研选题就是寻找潜在的且有价值 and 必要去研究或开发的待认识客体及对象事物，科研工作的“研究起点”应在选题时就已开始了，而不是在选题以后才真正开始。

科技问题与科研选题既有联系又有区别。

（1）联系与区别

科技问题与科研选题都是有待探索的，这是两者的共同之处；两者的区别在于，前者在不违背科学原则的前提下，凭着直觉和想象，可以自由发问；后者的确定是从诸问题中遴选出来的将要付诸实践的问题，它是在社会经济技术的发展要求、科技自身的发展要求、自己的科研条件和兴趣等多种因素相互作用的交汇点上产生和形成的，要具体和复杂得多。

（2）发散与收敛

科技问题的提出可以是多方面的、发散的，可以凭着洞察敏锐和卓见多识提出许多问题，甚至可以提出相邻专业或专业以外的一些问题；科研选题的确定相对来说则是收敛地思考问题（这里的“收敛”绝对不是指科研工作中的因循守旧、思维僵化、不敢突破陈规），需要进行大量的比较、分析、论证，其内容上不是面面俱到，而需要具体的范围收缩，不是停留在一般问题上，而是需要进一步的深化，是经过周密思考成熟的、深刻的问题，是一段时期或一生中要攻克的目标，具有直接的现实意义。

（3）肤浅与深化

科技问题的提出只要持之有故，都可以成立，因此，其间难免充斥大量原始的、粗浅的、理想化的、甚至是错误的成份；科研选题的确定和研究，是期望一定时期可以见效的、能够解决的问题，并能够接受科技实践的检验。

总之，提出问题是科研工作的先导，表明需要研究什么？应该研究什么？而科研选题则规定着一个研究者能够做什么？准备做什么？具有明确的指向和具体内容。从这种意义上，提出问题重要，而确定具体课题和内容更重要。

2、科技问题及其分类

（1）科技问题。科技问题是认识主体（科研人员）于特定的知识背景下提出的关于在科学与技术认识和实践需要解决而又尚未解决的矛盾，是认识主体在科研认识过程中的实际状态与目标状态之间的差距。科技问题是一定历史时代的产物，只有从当时的科学和技术水平出发，并通过科技知识背景的深入理解，才

能提出有价值的科学技术问题，当时的科技知识背景决定着科技问题的内涵深度和解答的途径。科技问题是有其结构的，一般来说包含着三个部份。一是问题的指向；二是研究的目标；三是求解的应答域。这里的“应答域”是指在问题的解释、说明、论述中所确定的域限，并假定了所提问题及其研究的解也必定在这个域限中。

(2) 科技问题的分类。第一，根据认识层次划分为概念问题（内部与外部）和经验问题。内部概念问题是由科学理论和技术原理内部的逻辑矛盾产生的；外部概念问题是指同一领域的不同理论之间的矛盾或理论与外部不相容而产生的矛盾；经验问题有未解决的问题、已解决的问题、反常问题等；第二，根据问题的求解类型划分为：陈述性问题，回答是什么（What）；因果性问题，回答为什么（Why）；过程性问题，回答是怎样（How）；第三，根据问题的应答域是否存在划分为：真问题，其应答域存在；假问题，其提法不合理或错误，这种问题的应答域是错误的，如“怎样制造一台永动机”就属于假问题，在科研选题中要认真分析应答域设定，尽量避免陷入假问题的泥潭。

凡是有价值的科研成果都发始于有创见性的问题，科学研究就是解难题。然而，随便的提出问题并不难，难在于提出有价值的科学问题。问题的价值不仅能反映选题者的科研态度和方法，而且也反映他的科学水平和科研能力。

提出有价值的问题所要具备的条件：第一，要有创造性的想像力。所谓想象，就是在头脑中对于已有的表象进行思维加工改组而创造出新的形象的思维过程。而这个“新的形象”是要站在新的角度和高度，以新的思想方法去审视既成的事实放观念才能形成的，而科研问题的形成及其价值意义，不在于看到别人已看到的现象，而在于还能提出别人所想象不到的问题，因此，想象不仅是文学家、艺术家飞翔的翅膀，也是科学研究中的宝贵因素。其次，呆善于独立思考。科技上的重大发明和发现，既需要刻苦、勤奋和毅力，更更需要善于怀疑，勤于思想、克服随波逐流、人云亦云和因循守旧的思想，在庞杂的事物和现象中独辟蹊径。第三，掌握科技动态，作好科技预测。不论选择和确定什么样的课题，都应对其历史、现状和趋势作调查研究，迅速准确地掌握与课题有关的信息。

经过周密分析研究，才能避免重复别人的劳动，才找出问题的核心和解决问题的方法，从中接受能力别人的教训，少走弯路，快出成果。

4.2 科研选题原则

科研选题是工科研究生科研的战略起点,只要保证战略方向准确无误,迟早会到达成功的终点;如果战略方向都不对,那么越执行越偏离成功的路线。对工科研究生来说,在一定程度上反映了他的科研能力。工科研究生选题时,应遵循以下四个原则^[4]:

1、需要性原则

选题的需要性原则是指课题应面向社会需要和学科理论发展的需要。选题的需要性原则反映了科学技术发展与经济发展和社会发展三者的内在联系,体现了科研的目的性。对于工科研究生来说,应优先选择那些关系国计民生急需解决的课题,选择那些经济效益强的、或具有应用前景的研究课题。

选题除了面向社会的需要,也要高度重视学科发展的需要,对工科研究生而言,应当重视与本专业技术科学理论相关的研究选题,为正确地认识和成功地改造客观世界提供理论依据。理论研究不一定能直接应用于生产实际,而且多数理论研究在当前看不到经济效益,但它不可能对未来的生产实践发挥巨大作用,产生巨大经济效益,或具有较高的学术价值。因此,不能忽视这方面的研究,工科研究生选题要考虑本学科的发展与实际应用相结合。

2、创新性原则

科学研究的价值在于它能使科学理论联系实际有新的发展和突破,或是使应用技术有所改进、完善和创新。选择研究课题的创新性原则就是为了保证这种科学研究的价值。因此,那些可能导致新理论、新概念、新方法、新应用出现的课题,就成为工科研究生优先选择的课题。工科研究生从选题开始就应当掌握所研究课题的学科前沿和发展趋势,注意选择最新而又适用的理论和技术,以提高科研的起点和课题的新颖性。注意选题所选定的新的研究视角、研究领域和研究方法,这样才能保证研究课题创新性的要求。

3、科学性原则

选择研究课题的科学性原则,是指研究课题具有理论依据或事实依据,必须遵循其学科研究的科学规律。这一原则的目的是保证所选课题具有成功把握。否则,若选题缺乏科学性,研究这类课题必然徒劳无功,一无所获。

4、可行性原则

选题研究课题的可行性原则，是指选择的课题应与自己的主、客观条件相符合，即根据已经具备的或经过努力可以具备的条件进行选题。认识论认为，人的认识的实践总要受到一定时代的社会生产力和科学技术水平限制。因此可行性原则要求工科研究生在选项题时认真考虑科学研究的整体能力。主要有两个方面，第一是主观条件方面，必须分析自己的能力，例如：基础知识、专业知识的掌握程度、设计能力等，尽量做到使自己的能力、水平和课题的难度相适应，适合自己的长处，扬长避短。其二是客观条件方面。必须考虑课题得以完成的客观物质条件，即课题能否得到社会及时地肯定以及人、财、物全方位、全过程的支持。例如：人员配备、科研经费、实验设备等，这对科研高效、顺利地开展极为重要的。

以上选题原则都是限制性原则，但它们相互联系、相互补充。工科研究生科研选题时应全面贯彻这“四项原则”，确保所选的课题得以顺利完成并取得一定的科研成果。

4.3 科研选题的思路

科学和技术问题作为客观事物内部矛盾的反映，它的提出和科研选题来源于各种不同的途径。如有的来源于对背景知识、理论、原理认真审查的结果；有的来源于科研过程中出现的矛盾；有的来源于社会生产实践需要。工科研究生可从以下几种途径进行科研选题^[66]：

1、从已有理论与经验事实之间的矛盾及其理论演绎的扩展开发选题

这类矛盾表现出来的，不是经验有误就是理论存在问题，一是新事实与旧理论之间的矛盾；二是理论推出的逻辑结论与客观事实之间的矛盾。

2、从科技理论体系之间的矛盾开发选题

一是同一科技理论体系内部包含的逻辑矛盾，二是同一学科不同理论之间的矛盾，三是不同科技理论体系之间的矛盾。

3、从各个知识领域空白区、交叉区和边缘区开发选题

在现代，不同科学和技术的空白区、交叉区和边缘区，往往是科学与技术问题的生长点，常常引出复杂程度、层次性、价值性颇高的高水平科研选题和成果。

如维纳等人在数学、物理学、自动控制、电子技术等学科相互渗透的边缘地带开拓了一个崭新的研究领域,取得了控制论研究成果,创立了控制论科学与技术。

4、从科研实践中开发选题

在具体的科研实践活动中,往往能够出现意外的情况和收获,如可能出现新的发现、新的灵感、新的意识、新的思路、新的线索等各种机遇,这对具有创新意识的人来说,在整个科研过程中都存在着这方面的机会,它往往成为新的科研选题,是科研选题重要的源泉之一。

5、从科技文献中开发选题

各类科技文献是人类创造成果的结晶。通过认真阅读科技文献,不仅可以浏览许多对某一问题的新观点或新见解,而且可从中发现前人对这个问题已解决的程度,或有哪些尚未解决。在阅读过程,也是不断激活思维活动的过程,使想像活动进入创造性思维状态。此时,若能及时捕捉到那些稍纵即逝的表象或概念,加以引申、扩大或完善,就可能形成一个科研课题。

4.3 科研选题的过程

科研选题本身就是一种科研工作和过程,不存在僵硬不变的固定模式,一般来说工科研究生科研选题的过程见图4-1所示。

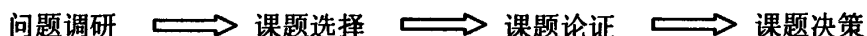


图 4-1 科研选题的过程

Fig.4-1 The Process of Scientific Research Topics

1、问题调研

调查研究是大多数工科研究生选题的有效方法,问题调研是选题的准备阶段,首先应确定自己的研究方向;然后明确自己的研究领域、研究范围及其研究层次;再对国内外在同一科技领域或学科领域或应用领域的情况进行全面的调查研究,

坚持跟踪、不间断地大量搜集这一领域有关的科技问题的历史、现状、进展、趋势等信息和情报，如哪些问题前人已研究或应用过、目前还存在什么尚未解决的问题等，为最后选定具体的课题和科研内容做准备；只有这样才能掌握科研新动向，保证科研高起点。

2、选择课题

课题选择是提出并确定拟研究的具体课题与科研内容的阶段，根据问题的调研结果，运用选题原则，从在调研中所拟定的问题中择优选出备选课题，然后设计出科研工作方案，并写出开题报告。

3、课题论证

课题论证是为了确保课题选择正确而对课题及其方案做出论证和全面评审，根据选题的基本原则，对课题的依据、实施条件、社会与经济效益及对科技发展的潜在价值依次逐项剖析、审议；一般采取同行专家评议、领导参与决策、管理部门决策结合的方式进行。

4、课题决策

课题决策就是最终确定课题的取舍，经过论证与评议，最后做出决策，课题若通过论证则可确定为待研究课题或立即立项实施，否则被淘汰出局而另选课题。

科研选题是一个反馈并反复调整的过程，常常需要反复调研、调整、更改和多次论证。

第五章 工科研究生创新能力培养途径探索

创新教育是百年大计，创新思维是创新教育的重要内容，是培养创新人才的核心和灵魂。有良好的创新思维而没有正确的创新技法也不能实现创新，掌握创新技法对培养和提高工科研究生创新能力具有重要作用。

5.1 开拓创新思维

创新思维是工科研究生进行创新活动的关键，掌握创新思维规律，进行创新思维培养，是提高创新能力的一个重要方面。

5.1.1 创新思维是创新能力的核心

创新思维是指在创新活动过程中发挥作用的一切形式的思维活动。丰富的知识要转化为能力，在具体的实践中产生新的成果，在未知的科技领域内创新，就在于创新思维。创新思维包含逻辑思维和非逻辑思维。

逻辑思维是对于客观事物抽象的、间接的、概括的反映，它的基本任务是运用概念、判断、推理反映事物的本质，是按照思维材料之间的逻辑关系展开的一种思维方式。逻辑思维通过科学抽象和去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的思维加工制作，透过事物的具体形象和个别属性，揭示事物的本质与特征，反映事物的本来面目和发展规律。逻辑思维通常由判断、推理、比较、分析、综合、抽象、概括、归纳、演绎等逻辑方式来实现。逻辑思维程序规范、方式严密、推断精确，是创造性认识客观世界的有力武器。创新思维活动过程的实质是对思维诸要素的结构重组，而重组的依据是诸要素的逻辑意义及其之间的逻辑关系。一种新思想的产生必然要经过原知识之间的相互融合、渗透，而这正是一个概括、演绎和推理的逻辑过程。没有长期的逻辑思索，就不可能有偶尔闪现的灵感和顿悟。可见，逻辑思维贯穿于创新思维活动的始终，是进行创新思维的基础。非逻辑思维是相对于逻辑思维而言的一种思维方式，是超出逻辑思维的其他思维方法

的统称。

非逻辑思维的主要形式有：想象思维、联想思维、直觉思维、灵感思维、旁通思维、逆向思维、立体思维、扩散思维与集中思维。非逻辑思维与逻辑思维相比具有以下特点：

(1) 思考的根据与思考的结果之间无须具有必然联系；

(2) 一般没有确定的思考程序和步骤；

(3) 一般难以总结出规律和公式；

(4) 没有必须遵守的规则；

(5) 不要求思考步步正确；

(6) 思考范围广；

(7) 受思考者的动机、兴趣、感情等因素的影响较大。它更强调思维的跳跃性、不连贯性和非线性，是创新思维的精髓。

创新思维是逻辑思维和非逻辑思维的有机结合。在创新思维活动中，问题的突破往往表现为从“逻辑的中断”到“思想的飞跃”。这时，一般都伴随着直觉、顿悟、灵感的产生。人们的思维活动往往是从逻辑思维开始的，但是仅仅依靠逻辑思维是远远不够的，只有在逻辑思维的基础上利用非逻辑思维，才能获得突破性的新东西。二者相辅相成，统一于主体进行创新思维的过程中。

研究生阶段是培养创造性思维的关键时期。首先，健全的脑机能是培养创造性思维的基础条件。研究生经历了从小学、中学、到大学的系统的思维训练，其脑机能整体协作已较为完善，具备良好思维的条件。其次，知识和实践是培养创新思维的前提条件。知识是创新的基础，没有知识的积累和继承，就没有创新，所以创新需要一定的基础知识，工科研究生在长期的学习实践中积累、储备了丰富的知识、经验等，为培养创新思维提供前提条件。再次，开放型的研究生培养模式也有利于创新思维的培养。开放型培养方式要求高等学校或科研单位在培养研究生方面，除充分利用本单位的物质条件和师资力量外，还通过与外单位合作，让工科研究生走出校门，参与有实际应用的课题的研究，培养更高层次的应用型人才，开放型的培养方式极大地促进了工科研究生创新思维的培养。最后，工科研究生阶段的心理特点决定了处于此年龄段的学生思维活跃，想象力丰富，接受新生事物快，不畏权威的压力，敢于提出独到的见解，这些均是创新思维应具备的基本素质。

5.1.2 影响创新思维的因素

任何思维都是脑的三个机能系统,即感觉机能系统,运动机能系统, 联络机能系统整体性活动的结果^[46]。人是创新思维的主体,从这个角度将影响工科研究生创新思维发展的因素分为内部(主观)因素和外部(客观)因素。

1、内部因素

内部因素是指作为创新主体的工科研究生自身作用于创新的因素,包括智力因素和非智力因素。

(1) 智力因素。一方面“脑是思维的器官”,“思维是脑的机能^[47]”由于任何思维都是大脑机能整体作用的结果,如果没有脑机能的整体协作,就不可能有思维,更谈不上创新性思维。因此,脑机能整体协作是否完善是良好思维的必备条件。另一方面,知识是创新的基础,没有知识的积累和继承,何以创新?所以创新需要一定的基础知识。工科研究生在长期的学习实践中积累、储备了丰富的知识、经验等,为创新思维的发展提供条件。开发智力有助于培养创新思维,一定程度的智力开发为创新思维的培养提供了前提条件和生理基础。但开发智力不等于发展创新思维,高智力不等于具有高的创新能力

(2) 非智力因素。非智力因素是指工科研究生自身的情感、个性、意志、品格等等。这些因素一方面决定了工科研究生是否能够学习广博的知识和经验,另一方面也直接左右工科研究生思维的启动,定向,引导,维持,强化和调节等,间接影响研究生创新思维的培养。

2、外部因素

外部因素指工科研究生本体以外作用于创新思维的一切因素。主要包括观念、教育、环境等,通过对研究生本体的知识、经验和人格等方面的综合影响而对工科研究生的创新思维发生作用。

(1) 观念。一方面,现有的教育体制是制约工科研究生创新思维发展的一个重要的因素,长期以来政府直接管理学校,学校办学自主权小,这种教育管理体制不利于学校创新意识的培养,同时陈旧的教育观念、教育理论也影响着教育政策、教育法规的制定和教育的实践方向,不利于学校培养学生的创新思维。另一

方面,长期受应试教育、精英教育等观念的影响,加上对权威、专家等的迷信,人们往往认为只有优等生,高分生才具备创新思维,这种不平等的思想观念势必制约研究生创新思维的发展。

(2) 教育。是指对工科研究生思维起导向、激发、鼓励、保护等作用的因素,导师是实行这些影响的主体。首先,导师自身的素质是影响工科研究生创新思维的关键因素。一方面,导师是促成工科研究生素质形成和发展的最主要的因素,是工科研究生专业培养目标的设计者,是工科研究生专业基础知识和专业知识结构的设计者和构建者,另一方面,导师还是工科研究生科研工作的指导者。导师的教育思想,知识结构,教育能力,思维方式、人才观等都决定了导师在教学过程中能否传授有效知识,能否发扬民主教学、能否根据学生的个体差异因材施教,能否激发工科研究生的创新思维等,这些都影响着工科研究生创新思维的培养。其次,工科研究生专业课程的设置,教学内容的选择也是影响工科研究生创新思维的重要因素。长期以来,受应试教育,精英教育思想的影响,学校的课程设置过细,学科面过窄,通常过份强调知识的传播,学生也多被动接受,或按导师的思维方式分析问题,进行归纳和思考,难以有创见,这不利于工科研究生个性和特长的培养,不利于工科研究生创新思维的培养。

(3) 环境。首先,学校教育活动的具体环境是影响工科研究生创新思维培养的一个重要因素。学生、教师、特定的教育环境是学校教育活动的基本要求。多年来学校教育基本上沿习了拥有较多信息和知识的教师通过课堂教学传授知识,学生通过课堂获得知识这种教学方式,学生主动性,学校的各种规定,条例,考核评估,考试标准等不仅制约了教育内容和教学方法,也制约了教育者和受教育者的教育观念和行为。其次,社会上的人才观和用人标准也制约学校的创新教育,从而制约工科研究生的创新思维的培养。同时工科研究生所处环境的文化氛围和创新氛围也是影响工科研究生创新思维发展的隐形因素。

5.1.3 创新思维的阶段

工科研究生创新活动,都要运用创新思维,以新颖、独特的理念和方法去解决出现的各种不寻常的问题。创新思维是极其复杂的必理活动,不同的工科研究生、不同的专业领域、环境,其思维过程有所差异,表现出多种多样的形式。根

据心理学家对创新思维的过程研究表明,由发生、发展直至完成的每一项创新活动过程,均具有明显的客观规律性,我们认为工科研究生创新思维经过四个阶段,即准备阶段、酝酿阶段、顿悟阶段和验证阶段。

1、准备阶段

工科研究生创新思维是从怀疑和疑问开始的,并从中发现问题和提出问题,因此,“问题意识”是准备阶段创新思维的关键。提出问题后,工科研究生就收集相关资料、信息,从前人的经验基础上获取必要的知识和启示,并从旧的问题和关系中发现新东西,为解决问题做准备。

2、酝酿阶段

在这个阶段,工科研究生对前一个阶段所获得的各种信息、资料加工分析,从而推断问题的关键所在,并对问题做出解决的方案。这阶段是工科研究生非逻辑思维和逻辑思维互补、潜意识和显意识交替,采用分析与综合、抽象与演绎、推理与判断等逻辑方法,经过反复思考、酝酿。工科研究生此时往往处于高度兴奋状态。这一个过程可能是短暂的,也可能是漫长的,孕育着灵感和突变思维的降临。

3、顿悟阶段

经过上一阶段后,工科研究生在直觉、灵感、想象和联想思维的共同作用下,灵感降临,思路开朗,创新成果出现,产生了新观念、新发现、新见解、新理论和新发明。

4、验证阶段

在这阶段,工科研究生多采用逻辑思维方法,对创新成果进行科学验证,利用观察、实验、分析、证明其创新的合理性、可行性和真实性。经过验证阶段,可使创新成果得到完善和确认,如不得到完善和确认,可能回到前一个阶段。

通过分析四个阶段,可看出工科研究生整个创新思维过程有如下的循环节奏:

紧张——松弛——灵感——紧张

思维的过程也大体呈现出以下的规律:

收敛思维——发散思维——收敛思维

5.1.4 创新思维的方法

创新思维是产生创新能力的一个主要方面，工科研究生创新思维的方法可归纳以下五大类：

1、逻辑思维

逻辑思维亦称抽象思维。它是在已经掌握的各种知识、原理、规律基础上形成的概念，并以此判断、推理、验证现实的一种思维形式。它有利于工科研究生更深刻、更准确和完整地科学反映客观事物的面貌。在非逻辑思维的作用下，一种新的知识、原理和规律诞生了，工科研究生必须用逻辑思维对其验证，起到互补作用。

2、形象思维

工科研究生通过对事物直接、连续的观察，对事物的表象获得感受和体验，并通过想象、联想、幻想，从而诱发出对事物运动的变化、认识和把握，是一种再现式的确思维形式。形象思维可通过语言、绘画、草图等形式对事物进行描述，它丰富了工科研究生的创新能力。

3、直觉思维

直觉思维是未经演绎推理的直观性思维，它是工科研究生基于有限的资料和事实调动已有的知识和经验储备，摆脱习惯的思维方式，对新事物、新问题、新现象进行一种直接、迅速的判断。其功能只是让工科研究生从整体上把握事物，不需要进行系统的逐步分析，而能对问题的答案做出科学的猜测、设想，是一种未经归纳、推理，跳跃式的思维形式。

4、灵感思维

在创新过程中，工科研究生经过艰苦研究、探索和积累后，借助于直觉启示，突然地领悟了事物的本质和规律。它是创新过程进入高潮阶段才出现的一种思维突破。它能为工科研究生带来思路、线索、设想和启示，但它的出现具有随机性、瞬时性、模糊性。

5、联想思维

联想可使工科研究生认识扩大和深化，是最活跃、最生动、最重要的想象。其特点是工科研究生在创新过程中，与某种思维对象联系起来，从其相关性得到

创新启示,进而获得创新设想,其形式有以下四种:

(1) 相似联想。从某一事物的感知引起对其它在性质上接近或相似的事物的感知。

(2) 对比联想。由某一事物的感知引起对和它具有相反特性事物的回忆。

(3) 接近联想。在现实中,在空间和时间上接近的事物,容易产生联系,因而容易由一事物联想到另一事物,

(4) 关系联系。由事物间各种联系所形成的联想,一般来说,关系联想只是一种从一类表象转换到另一类表象的心理机制。

5.1.5 培养创新思维的途径

通过对工科研究生创新思维影响因素的分析,在此基础上探讨提高工科研究生创新的途径、措施或方法。

1、重视工科研究生坚强意志和独立人格的培养

没有积累和继承,就没有创新,创新需要一定的基础知识。但在继承之后能否创新,还需一定的条件,即个人的创新精神和创新意识,而行而上学的继承观念会妨碍创新。敏锐的观察力,良好的心理素质,自信,坚韧不拔的毅志等非智力因素是培养研究生创造性思维的关键。敏锐的观察力,决定了工科研究生对世界上的一切永远充满好奇与疑问。良好的心理素质和坚韧不拔的毅力决定工科研究生在创新过程中不会因为挫折而放弃个人的想法和计划。没有坚定的意志和独立的人格,就不可能有创见。即使有创见,在某种压力下也不敢坚持,真理开始总是掌握在少数人手里。真理的突破又往往在禁区之中,因此出现各种各样的阻力是不可避免的。在这种情况下对于一个意志薄弱,缺乏独立人格的人,是选择真理还是屈服于压力是可想而知的。创新能力和人的个性密切相关。有创新能力的人有雄心,有决心,不落俗套,动手能力强。创新教育的重点应在于通过有效的教育手段和教育方法,促进创造性思维的发展。

2、重视自我学习能力、想象力和质疑能力的培养

首先,自我学习能力是培养工科研究生创造性思维的重要途径。没有独立学习能力,就不可能有创新。由学习到创见的过程,首先要解决的是,能对前人他人的科研成果独立地进行理解、评价和取舍。而后才谈得上突破。如果缺乏独立的

学习能力,就谈不上创造,其次,质疑是培养工科研究生创造性思维的关键。问题的提出往往是思维的开始,如果没有自己的思考就不可能有创造。质疑还是求知欲的表现,能极快地推动发散性思维能力的开发。再次,培养工科研究生创新思维必须重视工科研究生想象力的开发,通过观察、类比、归纳、模拟等多种方法来培养工科研究生的想象力。

3、正确理解开发智力与培养创新思维的关系

开发智力有助于培养创新思维,一定程度的智力开发为创新思维的培养提供了前提条件和生理基础。创新教育的任务之一在于培养人的创新思维,这与人的创新能力有关。但在现实社会中,有些智商高的人学术性工作干得很好,职业上成就卓著,但缺乏创见。反之,许多创新能力很强的人,却没有显示出高智商。心理学的长期研究表明,创新能力与智力的关系是一种相对独立,在一定条件下又有相关的非线性关系,并将两者的关系归结为:

- (1) 低智商不可能有高创新能力;
- (2) 高智商可能有高创新能力,也可能有低创新能力;
- (3) 低创新能力的智商水平任意;
- (4) 创新能力必须有高于一般水平的智商。

“这种非线性的分布表明,高智商虽非高创新能力的充分条件,但却是高创新能力的必要条件。更主要的是,这种非线性关系还表明,创新能力还会有一些智力测验所没有测出的智慧品质。正是由于这些品质的参与,才实现单纯智力所无法完成的创造^[4]。”

4、培养创新思维的目的是最终实现工科研究生的全面发展

本文所指的全面发展是指个人的知识结构、能力结构和情感结构的和谐发展。知识结构指创新主体应具有的人文与科学素养。厚实的人文底蕴和科学素养有利于创新主体在创新活动中形成独立的人格。能力结构指个体具备一定的创新能力,善于与人交往的能力和学习能力。情感结构则指良好的合作精神,坚强的意志,强烈的法制意识和终身学习的人生观念。这几方面对人才的成长至关重要,彼此之间又相辅相成。

5.2 挖掘创新技法

创新技法曾被称作 20 世纪的最大发明。美国称之为创造力工程,日本称之为创造工作,俄国称为创造力技术或发明技法,我国称为创新技法或创造技法。创新技法是人们通过研究有关创造发明的心理过程,总结、提炼出人们在创造发明、科学研究或创造性解决问题的实践活动中的有效方法和程序总称。创新技法的本质特征就是开拓性和创新性,也具有可操作性、可思维性、技巧性、探索性和独创性等基本特点。

5.2.1 创新技法发展概述

创新技法的开发、普及和发展在近代还是十分迅速的,特别是人机系统的开发和应用以来,其发展更为迅速。据统计,至今已提出创新技法 340 余种^[9]。

1、创新技法在美国的发展

创造力开发最早出现在富有创新精神的美国。1906 年,美国一位专利审查人普林德尔写了一篇《发明的艺术》的论文,首先提出对工程师进行创新能力训练的建议,并以实例阐述了一些逐步改进发明的技巧和方法,后来另一专利审查人撰写了《发明家的心理学》,其中专列有发明方法一章^[10]。以后,奥肯和史蒂文森相继开出了发明方法和创造工程课程。世界上第一种创造技法,即智力激励法(集思广义法),于 1938 年由美国人 A·F 奥斯本首创^[11],一直到 1953 年才总结经验著书立说,这是创造力开发史的重大里程碑,被美国人誉为创造工程的鼻祖。为推广这种技法,奥斯本撰写了一系列著作,如《思考的方法》、《所谓创造能力》、《实用的想象》等,并深入到学院、社会团体和企业公司讲课和办训练班。智力激励法是全球范围内应用最广泛,被公认为是最基本、最重要的创造技法。智力激励法是从“头脑风暴法”发展而来的,头脑风暴原意是指精神病人的胡思乱想,奥斯本借用其意,使思维自由奔放、打破常规、创造性地思考问题。头脑风暴法(Brainstorming)简称 BS 法。正如奥斯本所说:“只要遵循头脑风暴会议的规则,头脑风暴会议几乎可以解决各方面的问题^[12]。”后来,德国创造学者鲁尔巴赫根据德意志民族过于沉思的性格特点,对奥斯本智力激励法加以改进从而提出了“635 法”。即 6 人圆桌会议,每人发一表格,在明确议题之后,每人在自己

的表格内填写 3 个设想,在 5 分钟内完成,然后加以总结。早在 1906 年,美国内布拉斯加大学克劳福德就发表了《创造思维的技术》,提出特性列举法,以后这种方法不断得到完善,并作为一种创新技法在大学讲授^[6]。特性列举法是一种借助对某一具体事物的特定对象从逻辑上进行分析并将其本质内容全面地一罗列出来,用以启发创造设想,找到发明创造主题的创造技法。特性列举法还在实践中进一步发展成为希望点列举法和缺点列举法等,即通过对已有产品的缺点,或希望已有产品有什么优点进行列举,从而提供改进思路,产生新发明的方法。1942 年,来自瑞士的天文学家茨维基,在参与火箭研制的过程中利用排列组合原理制定了“形态分析法”。他按照火箭各主要部件可能有的各种形态的不同组合,得到 576 种火箭构造方案,从而推动了火箭的发明创造。形态分析法的基本理论是:一个事物的新颖程度与相关程度成反比,事物(观念、要素)越不相关,创新性程度越高,即更易产生新的事物。该法的做法是:将发明课题分解为若干相互独立的基本因素,分析、列举并找出实现每个因素功能所要求的可能的技术手段或形态,然后通过形态组合,网罗所有解决问题的设想,最后筛选出独创性和实用性强的最优方案^[6]。1944 年,美国麻省理工大学教授戈登(Gordon W · J · J)提出了著名的“提喻法”,也称作类比思考法、集思法、分合法等,成为最受欢迎的创新技法之一。它以外事物或已有的发明成果为媒介,并将它们分成若干要素,对其中的元素进行讨论研究,综合利用,从而使人们激发创新的灵感和欲望,产生众多的创新性设想^[6]。该法的要点是:由不同知识背景的人组成创新小组,以讨论的方式,通过运用具有隐喻性质的类比诸如拟人类比、直接类比、象征类比、幻想类比等,来调动小组成员的潜意识,从而互相启发、互相补充,达到创新性解决问题的目的。第二次世界大战中美国陆军兵器修理部首创了“5W2H 法”。这种方法简单、方便,易于理解、使用,富有启发意义,广泛用于企业管理和技术创新活动,对于弥补考虑问题的疏漏非常有帮助^[6]。本世纪中叶奥斯本又提出“检核表法”。它是一种简单易学易行的创新技法,称之为创新技法之母,用于小发明课题的提出和创新思维能力的训练。1941 年,奥斯本出版了《思考的方法》一书,更为系统地提出和阐明了一系列的创新思考方法和创造技法。由于这些方法切实可行和卓有成效,它们很快在世界的很多国家得到了推广、充实和发展。1985 年,De Bono 发明了“思考六帽法”,这种技法不是要创作者列举一系列思考的内容,而是提出六种思考的模式和方向,即白帽(事实、数据、信息)、红帽(直

觉、感觉、情绪)、黑帽(判断和警戒)、黄帽(逻辑推理)、绿帽(创造、取代和建议)、蓝帽(控制或统摄,即元认知)^[67]。如今 IBM、Nippon 电话和电报公司等世界性的大公司都在广泛使用这一创新技法。1987 年,Robert Williams a 和 John Stockmyer 在《右脑的改革》一书中提出了“左右脑联合创新技法”(即 LARC 法),这种技法是一个逐步把右脑(即创新的一方)和左脑(逻辑的一方)联合起来进行创新的过程^[68]。1998 年, Bob King 总结了一系列有效的创新技法,即 QFD 法 Taguchi 法。尽管这些技法相对于那些已在科学和技术领域中得到广泛证实的早期技法而言显得比较年轻,但它们也得到了许多人的广泛应用^[69]。

2、日本创新技法的发展

在创造工程的研究和开发上,日本可谓是“后起之秀”。最先是引进西方一系列创新技法,在此基础上进一步本土化,结合日本的人文特色,不断进行改造和创新,因而从 20 世纪 40 年代起就有了自己的特色。近年来,日本学者开发了许多富有特色的创新技法,在世界上享有盛誉。日本创新技法的鲜明特色就是其学术研究与理论研究都比较深入、紧密地和实际结合起来,因而受到一般读者的欢迎和参与。同时,日本还成立了不少专门研究机构,推动群众性创新能力训练活动的普及。1944 年,日本创造学先驱之一市川龟久弥撰写了《创造性研究的方法》一书,1955 年提出等价转换理论,1977 年出版了《创造工学》。丰泽丰雄则提倡“一日一创”活动,先后出版了《发明指南》等著作。另外,创造学者比嘉佑典的《创造性开发的心理与教育》及明治大学工学部教授川口寅之辅所著的《发明学》,都是通俗而实用的专著。1968 年,日本创造工学研究所所长中山正和教授提出中正法,又称 NM 法。他根据人的高级神经活动理论,把人的记忆分为“点的记忆”和“线的记忆”。创作者通过联想、类比等方法来搜索平时所积累的“点的记忆”,再经过重新组合,把它们联结成“线的记忆”,从而涌现出大量新的设想,再经过自己的深度加工,这样就能获得新的发明成果。后来,日本创造学家高桥浩教授在中正法的基础上,进行补充、改进并提出了 NM—T 法。在“BS 法”传入日本后,日本创造学者针对本国人的具体情况进行了一系列研究和改造,如创造开发研究所所长高桥浩提出的卡片式智力激励法(“CBS 法”)、日本广播公司提出的“NBS 法”、日本三菱树脂公司开发的“MBS 法”等等。日本学者片方善治创立了系统观点开发创造性的方法(又称 ZK 法),该法特点是使解题信息按“启、承、转、合”的线索发展,由此找出最佳解决方案。东京工人教授、

人文学家川喜田二郎在多年的野外考察中总结出一套科学发现的方法，即把乍看上去根本不想收集的大量事实如实地捕捉下来，通过对这些事实进行有机的组合和归纳，发现问题的全貌，建立假说或创立新学说。后来他把这套方法与头脑风暴法相结合，发展成包括提出设想和整理设想两种功能的方法。这就是 KJ 法。这一方法自 1964 年发表以来，作为一种有效的创造技法很快得以推广，成为日本最流行的方法之一。与政府、企业和社会各届广泛开展的创新技法开发和研究活动相呼应，日本的高等学校对培养、训练学生的创造性思维与技能也日益重视，相继开设了“思维技巧”、“创造技法”一类的课程。另外，日本除了成立有全国综合性的发明协会以外，还成立了所谓的“女发明家协会”、“发明妇女协会”、“教师发明协会”、“少男少女发明俱乐部”、“幽默发明俱乐部”等，以推动创新技法的普及和应用，不断激励全国民众的创造热情和积极性^[40]。

3、创新技法在其他国家的发展

从 1946 年开始，原苏联一批学者从 175 万项发明专利中挑选出 4 万项高水平的专利文献，从中概括出一批普遍性、有效性强的技法，制定了《发明课题程序大纲》、《基本措施表》、《标准解法表》等，形成了有自己特色的，迥异于美、日等国形式的创新技法体系，并在群众性的发明创造基础上，不断得到开发和进一步完善。50 年代中期，原苏联阿奇舒勒开始研究 TRIZ 法，这种技法是在世界性的发明专利知识的基础上进行创新的方法，随后迅速传入西方国家，并不断得到补充和发展。1976 年，乌克兰的德聂伯罗彼得罗夫斯克冶金学院开始把“技术创造原理”列为课程。1980 年，这个学院出版了原苏联第一部创造学教科书，其中以很大篇幅论述创新技法。目前，创造学和创新技法课程逐渐在俄罗斯、乌克兰等得到了推广。此外，世界许多国家和地区对创造技法的发展也作了大量贡献，特别是在英、法、捷、意以及民主德国、联邦德国等工业科技较为先进的国家，创新技法得到了普遍重视并取得了成效。例如瑞士著名的科学家皮卡尔就运用类比发明法创造了世界上第一只自由行动的深潜器。从 20 世纪 80 年代始，我国引进和翻译了一批国外关于创新技法的研究成果，在此基础上也开始了创造工程和创新技法的研究和普及。根据奥斯本检核表法，我国著名学者徐立言、张福奎提出了“发明创造十二法”，用于青少年小发明思路检核(十二个聪明的办法)。上海和田路小学的师生在总结各种创新技法的基础上创造了“和田技法”，即“加一加、减一减、扩一扩、变一变、改一改、缩一缩、联一联、学一学、代一代、搬一搬、

反一反、定一定等”。集思广益法则是在辽宁省科协举办创造力开发培训班活动中,试验了多种头脑风暴法的组织实施效果后,由赵惠田总结的一种比较适合于我国当代基层企业内以小组会议形式进行集思广益,促进创新构思的方法。其原型是“635”法,并将我国开调查会的习惯做法,与头脑风暴法、KJ法等技法加以综合后形成的。1990年10月,宋文奎在由中国发明协会召开“开发创造力,促进发明活动”研讨会上发表两种新的创造技法即“扩、缩笔记目录分类法”(SON技法)和“可变多维形态属性列举法”。这些都标志着我国正逐渐在形成具有自己特色的创新技法^[60]。

5.2.2 创新技法的分类

Alia Zusman 和 Boris Zlotin 依据创新技法所使用的方法和方式,将其分为七大类^[62]:

(1) 条件 / 激发 / 组织技法。即利用某些特殊的条件或方式来帮助人们突破固有观念的束缚,最大限度地发挥创新思维能力的一系列技法,如拿破仑技法、音乐激荡法。

(2) 发散技法。即从多种角度、方面去考虑问题,在一片“浑沌”中诱发创新思维的技法,如头脑风暴法。

(3) 集中创新技法。即围绕一定的中心或目标进行思考的技法,如特性列举法。

(4) 系列技法。即以一定的顺序,依据一系列中心化或随意的步骤进行系统性思考的技法,如 QFD 法。

(5) 焦点式技法。在直觉、经验或已有知识的基础上确定研究和开发的方向,进行单步或多步的思考、筛选时所运用的技法。如问题逆向创新法。

(6) 展开性技法,根据基础的创新技法模型发展起来的新的技法,如 TRIZ 模型演变技法、技术性演变方法。

(7) 创新知识型技法。

根据从人类已有的创造经验中发展出的结构性知识进行思考创新的技法。如矛盾点核表法、40 条发明原则法。日本创造学会会长恩田彰和日本创造力开发所所长高桥浩将创新技法分成三类:一是扩散发现技法。围绕创新发明的对象,利

用发散思维来诱发出各种各样的创造性设想的创新技法。二是综合集中技法。就是通过收集情报信息，并按一定程序进行集中思维的创新技法。三是创新意识培养技法。这是一种前期创新技法，其用意在于培养人的注意力，并诱发创新思维的萌芽。另外，还有台湾中 创意发展协会分类的发散技法、收敛技法及统合技法；胡信贵等人分类的发散思维法、聚合思维法、想象思维法；刘仲林提出的 I Z 分类法等。

5.2.3 创新技法

工科研究生通过对创新技法的学习和运用，可以提高创新的效率、速度和成功率。为此，只对工科研究生常用的创新技法作分析和介绍：

(1) 类比法

类比是指选择两个不同的事物对其某些相似性进行考察比较，根据两个对象之间在某些方面的相似或相同，从而推出它们在其他方面也可能相似或相同的一种创新技法。类比是从事物的属性、事物丰富的形象来搜索信息，是根据相似关系、对直关系、特征关系来思考，是从构造相似的或形象相似的东西中产生联想，是从其它领域的模型求得思想上的启发而产生新观念。类比法是以形象思维为主体的思维活动，联想、想象这些依赖形象的心理过程起主要作用。常用的类比法有以下四种：

①直接类比法。直接类比法指从自然界或已有的技术成果中，找出与创新对象类似的事物、现象或方法进行比较，从中获得启发，从而创新出新的事物或用品。

②因果类比法。两个事物的各个属性之间，可能存在着同一种因果关系，因此，可根据一个事物的因果关系，推出另一个事物的因果关系，这种类比法就是因果类比法。

③仿生类比法。模仿生物的结构功能等，获得创新成果或项目，这就是仿生类比法。

④综合类比法。根据一个事物要素间的多种关系与综合相似的另一个对象进行类比推荐叫做综合类比。

工科研究生在运用类比法时要注意三点：首先，要选择好类比的对象。类比

法立足于把创新的对象和已知的对象进行比较和类推,用以启发、开阔思路。类比对象的选择一般应根据创新课题来决定,务必把握两种事物的相似性。其次,要拓宽知识面。两种事物的已知属性是类推推理的依据,进行类比时,需要积累的有关知识越丰富,类推就越能运用自如,否则,在知识贫乏的情况下勉强运用类比,就会容易做出牵强附会的推理。最后,要进行科学验证。在类比时,要从两种事物本质属性的相似和相异方面去推理,通过类比得出的新设想必须进行科学验证,在实际中合不合理。

(2) 移植法

移植是将某个领域的原理、技术、方法,引用或渗透到其他领域,用以变革和创新。从思维角度看,移植法可以说是一种侧向思维方法。移植一般有两种情况:一是将其他领域成熟的技术或技术原理直接移植过来;二是从其他领域事务的特征、属性、机理中得到启示,导致新颖的创新设想。无论哪种情况,都要求研究者跳出固有的专业领域,摆脱习惯性思路,侧视其他方面,以更广阔的视角在大尺度时空中搜索可资利用的东西,以便从中得到启发和借鉴。

①原理的移植。原理移植是指将某种科学技术原理向新的领域类推或外延。发明轴承是为了减少机械运动的摩擦,为了使摩擦减小到最低程度,人们一直在进行不断的改进。由于液体摩擦动压轴承的轴套与轴颈之间完全为润滑油膜所隔开,摩擦减少到很低程度,所以在某些场合下,用液体摩擦动压轴承替代非液体摩擦轴承。但由于完全液体摩擦只在一定条件下才能实现,而在低速、重载、启动、停车及换向等条件下,都不能保证液体摩擦的润滑状态,所以又促进了液体摩擦静压轴承的发展和应用。用液体摩擦静压轴承替代液体摩擦动压轴承,依靠外界供给一定的压力油而形成承载油膜,实现液体摩擦状态,但当轴颈转速极高时,摩擦损失还是很大的。用滚动轴承替代滑动轴承。改变滚珠的形状,把球形改成圆柱形。加上砂架,改进润滑剂,设法减小摩擦的热损失等等。这些办法都不能带来大的突破。后来,有人把视野转到其他方面,想到高压空气可以使气垫船漂浮。于是发明了干脆不用滚珠和润滑剂的空气轴承向轴承中吹入高压空气,以气体替代润滑剂,旋转轴悬浮于轴套中。由于气体的粘度显著地低于液体的粘度,所以摩擦系数大幅度下降。美国西屋公司利用材料同极相斥的原理,用磁性材料制成电镀表的轴承。以后,超导材料出现,人们发现电阻为零的超导材料具有完全不容纳磁力线的性质,即当超导材料产生强磁场时,在磁场中安放用超导

材料制成的转轴，将悬浮于其中，这样又向无摩擦轴承迈进了一步。

②方法的移植。方法移植是指操作手段与技术方案的移植。如周转轮系传动比的计算。我们希望周转轮系传动比计算能沿用定轴轮系的方法，但实际上不行。原因在于周转轮系中有转动着的系杆，使行星轮的轴线不固定，造成行星轮既有自转又有公转。如果经过某种形式的变换，把系杆固定，从而使行星轮轴线固定，那么周转轮系就变成定轴轮系，从而可以应用定轴轮系传动比的计算方法。在这样的思维方式引导下，设想给整个周转轮系加上一个与系杆转速等值反向的公共转速，这样各构件之间的相对运动关系并不改变，但此时系杆却“静止不动”了。行星轮轴线“固定”，周转轮系就转化为定轴轮系——称为转化轮系，从而可以应用求定轴轮系传动比的方法，通过转化轮系的传动比来计算周转轮系中各构件间的传动比。

③结构的移植。结构移植是指结构形式或结构特征的移植。例如，将滚动轴承的结构移植到移动导轨上，产生了滚动导轨，移植到螺旋传动上，产生了滚珠丝杆。将齿轮机构的啮合原理移植到联轴器上，产生了齿轮联轴器，移植到带传动上，产生了齿形带传动。

移植法对发展科学技术具有重大意义。当今，科学原理与技术方法的互相交叉和互相渗透趋势愈加突出，工科研究生在利用移植法时，应注意把握全局，不能局限于一个很少的科学领域，要拓展知识面，解放思想。

（3）组合法

组合法是一种在确定的整体目标下，通过不同原理、不同技术、不同方法、不同事物、不同产品和不同现象的组合，获得发明设想的创新技法。一般认为，发明创造大致有两条基本途径：一条是原创性的发现和发明，另一条是把已有或已知的事物进行组合。

组合创新的组合是任意的，各种各样的事物要素都可以进行组合。例如，不同的功能或目的可以进行组合；不同的组织或系统可以进行组合；两种事物可以进行组合；多种事物也可以进行组合等。创新的组合有以下三个要点：第一，由多个事物的特征组合在一起；第二，所有特征为了一个目的共同起作用，并互为补充、互为依托；第三，产生一种新的、总体的协同效果。如系统论中系统的效果必须大于系统内各元素单独效果之和，取得 $1+1>2$ 的效果。

常用的组合发明法有成对组合、辐射组合、形态分析组合。

①成对组合。成对组合是将两种不同技术因素组合在一起的创新方法。依据组合的因素不同，可分成材料组合、产品组合、技术原理组合等多种形式。

第一，材料组合。材料组合一般是对现有的原料不满意或希望它能满足某种要求，与另一种不同性能的材料组合起来，从而获得新材料。例如，将金属 A 和 B 按不同的比例混合，当其中为某一比例时，其熔点比金属 B 或金属 A 的熔点都低，这就是共熔现象。焊锡便是利用这一原理，实现了铅和锡的低共熔，能量消耗少了，使用更安全了，这就是创新。

第二，产品组合。产品组合将两个或两个以上的产品组合成一个新产品，使之具有两个或两个以上产品的功能，或使原来的功能有新的特点。例如，机电一体化产品，由机械产品和电子控制装置组合而成，

第三，技术原理组合。技术原理组合是将两种或两种以上的技术原理相结合，形成新的技术原理。

②辐射组合

辐射组合是一种以核心技术为中心，与多方面的技术结合起来，形成新技术辐射的发明创造方法。辐射组合的中心技术，具有新颖和明显优点。

③形态分析组合

形态分析组合法，是针对确定的创新对象或产品，要求构思其可能的方案，并进行选优。形态分析组合的一般步骤：第一，明确问题。能准确地说明所要解决的问题或所要实现的功能；第二，要素分析。分析创新对象的基本组成要素；第三，形态分析。寻找每个要素的可能解决方案（即形态），要求尽量全面；第四，形态组合。根据对创新对象的总体功能要求，分别把各要素的各形态——加以排列组合，形成组合表，以获得所有可能的组合设想。

工科研究生在运用组合法时，要注意组合后的效果，一定要在性能上有所提高，功能上有所突破，能通过量变引起质变，而不是毫无创新的机械凑合。

5.2.4 创新技法的应用特性

工科研究生学习和掌握了一些创新技法，如果形而上学的去套用，反而会成为一种创新的障碍。在实际创新活动中，工科研究生应考虑创新技法的应用特性。

1、创新技法应用的适宜性

创新技法从总体上说适合所有的创新活动，但由于具体的一种创新技法总带有某种个性色彩，对不同的创新课题或创新过程中的不同阶段表现出不同的适宜性。因此，工科研究生应用创新技法时，应针对不同的应用范围和应用阶段，选择合适的创新技法。

2、创新技法应用的协同性

完成一项创新课题（尤其复杂的科研课题）常常需要几种创新技法的协同配合，这就是创新技法应用的协同性。

3、创新技法的依存性

创新技法是解决新问题的一种手段。但卓有成效地应用创新技法去解决问题，单单靠创新技法本身往往很难以达到这一要求。工科研究生除了正确掌握创新技法的基本原理和实施要点外，还离不开心理、知识、技能等因素的依存，这种应用特性叫做依存性。创新技法多源于创新思维的应用，离开了知识的依托，要提出富有新颖性、创新性和实用的概念或课题是不行的，往往只停留在设想“平台”上级的现象。

4、创新技法应用的实践性

创新技法应用的实践性包含以下几层涵义：

- （1）创新技法只有通过实践才能学到；
- （2）创新技法的应用要经受实践的验证；

创新活动不是单纯的智力游戏，运用创新技法还要考虑技术经济和社会环境的制约。

第六章 工科研究生创新能力评价研究

科学地评价工科研究生创新能力，是提高工科研究生培养质量、促进工科研究生教育健康发展的关键。根据创新能力形成与培养的相关理论，结合工科研究生创新能力培养过程中的实际情况，本文采用一套工科研究生创新能力评价指标体系，并使用灰色聚类分析方法对工科研究生创新能力进行评价。

6.1 创新能力指标体系的功能

确立指标体系的功能对如何选取指标、选取什么样的指标意义重大。工科研究生创新能力指标体系应该具有以下几个方面的功能：

1、导向功能。通过选择所确立的指标体系中的各个指标，要能为提高工科研究生的创新能力提供导向性，即为了提高工科研究生的创新能力，高校或科研院所要在哪些方面用力，抓哪些关键环节，从而为制定提高式工科研究生创新能力的对策措施提供咨询性依据。

2、描述功能。通过建立一个恰当的指标体系，要能够全面综合地描述和反映工科研究生创新能力的总体状况、科研环境、显在的创新能力、未来的科研潜力和科研水平，同时也要能描述和反映研究生教育的发展水平。

3、评价功能。工科研究生创新能力状况如何要通过评价才能得出结论，因此，工科研究生创新能力指标体系要具有综合评价的功能，且这也是最为重要的功能。

4、预测功能。所建立的工科研究生创新能力指标体系要能够说明工科研究生的创新能力和水平。

6.2 设计创新能力指标体系的基本原则

对工科研究生创新能力的评价，在建立评价指标体系的过程中，应遵循以下基本原则：

(1) 导向性原则。选择的每个具体评价指标要符合提高工科研究生创新能力

的要求,属于创新能力的范畴,能够在一定程度上体现工科研究生创新能力的内涵与特征,对提高工科研究生创新能力目标有明确的导向性。

(2) 科学性原则。能否设置科学准确的评价指标,关系到工科研究生创新能力评价的可靠性,单项评价指标必须能够比较准确地描述创新能力某一方面的重要特征。

(3) 整体性原则。指标体系的设计必须从系统整体的角度出发,要求所预选的各个评价指标要能够作为一个有机整体在其相互配合中比较全面、科学、准确地反映、覆盖和描述工科研究生创新能力的内涵和特征。

(4) 可测性原则。所谓可测性是指评价指标体系中的各个指标所包括的内涵应能够进行定量描述。坚持可测性原则就是要求各个评价指标应尽可能地能够分析测定,可直接观察、计量,以利于建立定量评价模型进行量化处理。

(5) 可比性原则。质的一致是可比的前提,是可比的基础。因此,要求指标体系中的各个指标概念要完整,内涵要明确,并具有唯一性。

(6) 直观性原则。要求所选择的指标要符合人们的直观理解,不必要进行深度的抽象思维,尽可能选择直观、稳定性强的指标。

(7) 综合指标优先的原则。若某一个指标所描述的对象特征可概括地代表多个指标所描述的对象特性的整体性,则称此指标为其余若干指标的综合指标,就应该优先选择这个综合指标。

6.3 创新能力评价指标体系的结构

影响工科研究生创新能力的因素很多,如社会的、物质的、培养环境等因素(属于客观因素),以及工科研究生自身所具备的能力与素质等因素(属于主观因素)都对其创新能力发挥着影响,但它们的作用是不同的。客观因素是影响研究生创新能力的外因,主观因素是影响研究生创新能力的内因。参考相关文献[63~65]和根据本文的研究,提出工科研究生创新能力指标体系见图 6-1 所示。

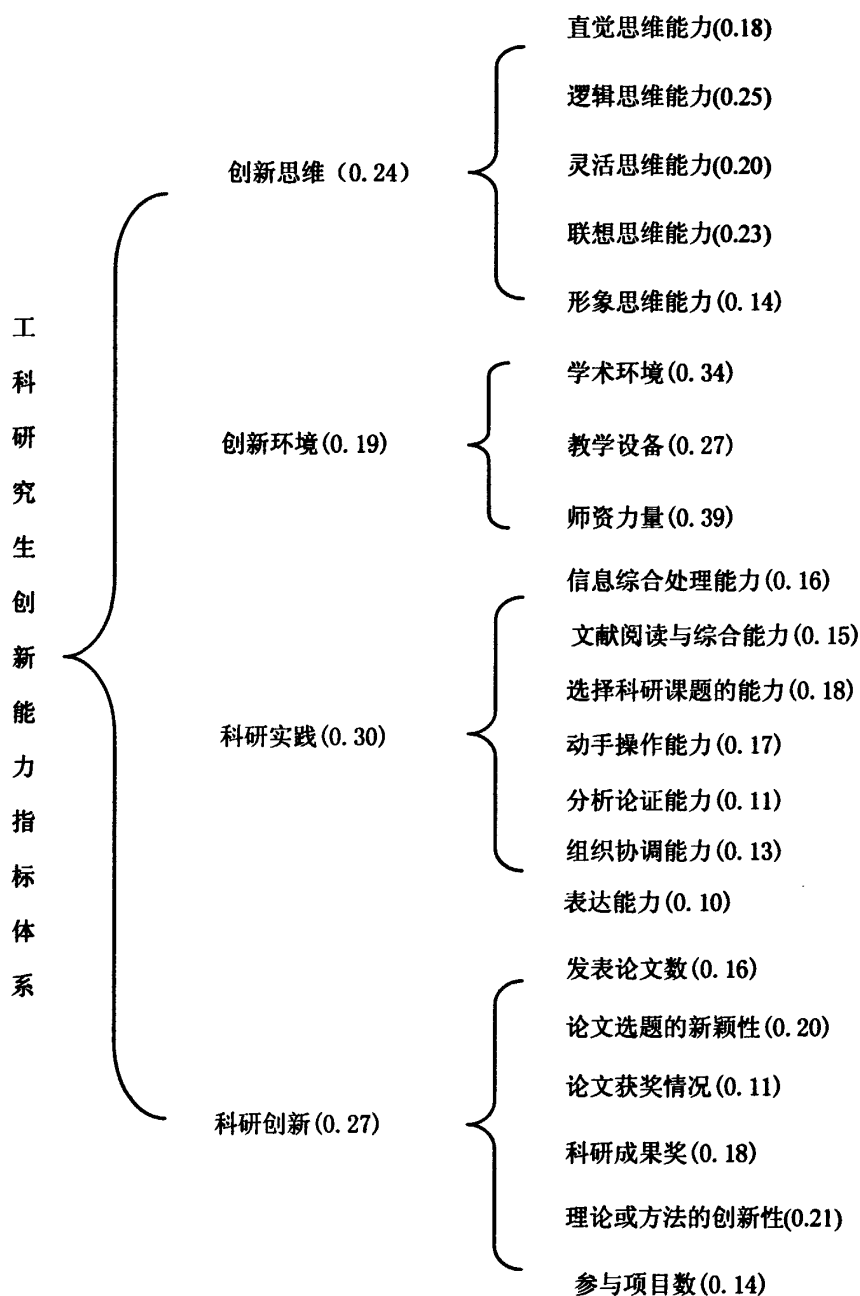


图 6-1 创新能力指标体系

Fig. 6-1 Innovation Ability Evaluating Indicator System

6.4 创新能力指标权重的建立

针对工科研究生创新能力综合评价设计了一套调查评价表,向工科专业七位硕士研究生导师进行调查评价。发放调查评价表 7 份,回收 7 份,回收率为 100%。

1、信度分析和效度分析

(1) 量表的信度分析可通过调用 SPSS(11.5)软件中的 Reliability Analysis 过程完成,得到的 Cronbach Alpha(克伦巴赫 α 系数)用于衡量统一结果下各项目之间的一致性程度。如果 α 值大于 0.7,则表明此量表在实施测试中具有较强的信度。同时,在对量表进行内部一致性分析时,删除指标的标准是删除[题项—总分]相关值(Item-Totalcorrelation)偏低或负值,且删除后对总体信度有提升效果的项目。

(2) 分析效标关联有效度的通常作法是对问卷测量结果与有效度标准进行相关分析,可通过调用 SPSS(11.5)软件中的: Bivariate 过程完成。相关系数越大表示问卷的效标关联有效度越好,一般认为相关系数在 0.4——0.8 比较理想^[60]。

第一,四个一级指标的信度分析

四个一级指标在 SPSS(11.5)中 Reliability Analysis 运行结果见图 6-2 所示。

RELIABILITY ANALYSIS - SCALE (ALPHA)

Item-total Statistics

	Scale	Scale	Corrected	
	Mean	Variance	Item-	Alpha
	if Item	if Item	Total	if Item
	Deleted	Deleted	Correlation	Deleted
科研实践	14.4286	15.2857	.8019	.8925
科研创新	14.5714	15.9524	.8292	.8866
创新思维	15.5714	14.2857	.8250	.8850
创新环境	15.4286	14.6190	.7867	.8990

Reliability Coefficients

N of Cases = 7.0

N of Items = 4

Alpha = .9158

图 6-2 信度分析

Fig. 6-2 Reliability Analysis

从上运算结果可以看出, $\text{Alpha}=0.9158>0.7$, 比较接近 1, 所以, 指标体系中各指标的内部一致性较高。而且, 删除指标体系中的任何一个指标, 都不能使 Alpha 值得到进一步的提高。

第二, 四个一级指标的效标关联有效度分析

四个一级指标在 SPSS(11.5)中 Bivariat 运行结果见图 6-3 所示。

		科研实践	科研创新	创新思维	创新环境
科研实践	Pearson	1	.777(*)	.792(*)	.609
	Correlation				
	Sig.				
	(2-tailed)				
	N	7	7	7	7
科研创新	Pearson	.777(*)	1	.668	.800(*)
	Correlation				
	Sig.				
	(2-tailed)				
	N	7	7	7	7
创新思维	Pearson	.792(*)	.668	1	.750
	Correlation				
	Sig.				
	(2-tailed)				
	N	7	7	7	7
创新环境	Pearson	.609	.800(*)	.750	1
	Correlation				
	Sig.				
	(2-tailed)				
	N	7	7	7	7

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

图6-3 效标关联有效度分析

Fig. 6-3 Criterion—Related Validity Analysis

从上运算结果看出各指标相关系数均满足要求, 具有较高的效标关联有效度对二级指标进行同样的分析, 可以发现分析的结果同样支持评价表的理论构想。

(2) 定性排序定量赋权法^[6] (德尔菲法) 的对指标进行权重的确定。方法原理及步

骤为：

第一步，请 m 位专家对 n 指标进行定性排序，见表6-1所示

表 6-1 定性排序

Tab.6-1 Qualitative Sorting

指标 专家 \ 名次	1	2	...	n
1	x_{111}	x_{112}	...	x_{11n}
2	x_{121}	x_{122}	...	x_{12n}
...	...	...	...	...
m	x_{1m1}	x_{1m2}	...	x_{1mn}

表中 x_{ikj} 表示第 k 位专家把指标 x_i 排在第 j 名次上

第二步，计算指标 x_i 的排序名次总和即

$$B_j = \sum_{k=1}^m x_{ikj} \quad (j=1, 2, 3, \dots)$$

式中 B_j 为指标 x_i 的名次总和，显然 B_j 越少，指标 x_i 越重要。

(1) 计算 n 个指标排序名次的算术平均值

$$M = (1/n) \sum_{j=1}^n B_j$$

(2) 计算指标 x_i 名次总和与全部指标名次的算术平均值之差

$$C_j = B_j - M \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

(3) 计算协调系数

在专家对各指标没有给出相同名次时。协调系数计算公式为：

$$d = \frac{12}{m^2(n^3 - n)} \sum_{i=1}^n C_i^2$$

当有相同名次时，协调系数计算公式为：

$$d = \frac{12}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{k=1}^m T_k} \sum_{i=1}^n C_i^2$$

$$T_k = \sum_{s=1}^h (t_s^3 - t_s)$$

其中 h 为：专家 k 评价值中有相同评价值的组数， t_s 为： s 组中的相同名次的个数。

第四步，协调程度的检验

应用数理统计的方法进行协调程度的统计显著性检验。统计显著性检验，要先构造统计量，统计量落在拒绝域的概率称为显著性水平，因而显著性水平数值越小，专家组排序的非随机协调的概率越大，如果显著性水平超过 0.05，则认为专家排序非随机协调方面不足以置信。协调程度的显著性检验，按 R • Pearson x_R^2 准则进行：

(1) 按下式公式进行计算 x_R^2

$$x_R^2 = \frac{1}{mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^m T_k} \sum_{i=1}^n C_i^2$$

(2) 计算自由度数量 $r = n - 1$

在 x_R^2 的分布表中，对照自由度 r 找到一个与上式计算的 x_R^2 值最接近的值，进而找到显著性水平 p 。

(3) 把 p 值同选择的显著性水平 0.05 比较，如果 $p < 0.05$ ，则可认为排序结果是可取的。然后转第五步。否则要计算：

$$A_i = \frac{1}{m} B_i \quad (i=1, 2, 3, \dots)$$

A_i 为指标 x_i 的排序名次的平均值。把 A_i 与 C_i 值反馈给各位专家，请他们重新考虑对各指标的定性排序，返回步骤 2 重复计算。

第五步，按 B_j 由小到大排列，即：当 $\min_k \{B_k\} = B_1$ 时，则指标 x_k 排在第 1 名次上，记为 $x_k(1)$ 。其余指标按 B_j 的小、大排在第 2 到第 $n - 1$ 名次上。这样可得序列 $x_i(I)$ 。表示指标 x_i 排在第 I 名次上。

在定性排序序列 $x_i(I)$ 的基础上，应用以下隶属度的计算公式，分别作量化处理。

$$W_i(I) = \frac{\ln(q - I)}{\ln(q - 1)}$$

式中 I 为指标 x_i 的排序变量, $I \in (1, 2, \dots, j, j+1)$ $W_i(I)$ 为 $x_i(I)$ 的定量转化对应值, j 为最大顺序号 (即 $j=n$), $j+1$ 为想象中的最后一个顺序号, q 为转换参数量, 例如可令 $q=j+3$ 。

归一化后得:

$$\overline{W}_i = \frac{W_i(I)}{\sum_{i=1}^n W_i(I)} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

式中 $\overline{W}_i$ 一为指标 X_i 的归一化的权数。

2、权重确定具体步骤

针对工科研究生创新能力指标权重评价, 本文设计了一套权重排序表——工科研究生创新能力一级指标权重排序表见表 6-2 和二级指标权重排序表见表 6-3。由广东工业大学机电、建设和材能学院的硕士研究生导师, 共 7 人组成专家小组, 经过多轮的反馈和咨询, 而最终确定指标的权数。

表 6-2 排序表

Tab. 6-2 Sorting

一级指标	同级指标排序			
创新思维	1	2	3	4
创新环境	1	2	3	4
科学实践	1	2	3	4
科研创新	1	2	3	4

表 6-3 排序表

Tab. 6-3 Sorting

二级指标项目	同级指标排序				
创新思维					
直觉思维能力	1	2	3	4	5
逻辑思维能力	1	2	3	4	5
联想思维能力	1	2	3	4	5
灵活思维能力	1	2	3	4	5
形象思维能力	1	2	3	4	5
创新环境					
学术环境	1	2	3		
教学设备	1	2	3		
师资力量	1	2	3		
科学实践					
选择科研课题的能力	1	2	3	4	5 6 7
组织协调能力	1	2	3	4	5 6 7
动手操作能力	1	2	3	4	5 6 7
信息综合处理能力	1	2	3	4	5 6 7
文献阅读与综合能力	1	2	3	4	5 6 7
分析论证能力	1	2	3	4	5 6 7
表达能力	1	2	3	4	5 6 7
科研创新					
发表论文情况	1	2	3	4	5 6
科研成果奖项	1	2	3	4	5 6
理论或方法的创新性	1	2	3	4	5 6
论文获奖情况	1	2	3	4	5 6
论文选题的新颖性	1	2	3	4	5 6
参与科研项目情况	1	2	3	4	5 6

(1) 一级指标德尔菲法的统计数据见表 6-4 所示。

表 6-4 统计数据

Tab. 6-4 Statistical Data

指标 专家 名次	1	2	3	4
1	科研实践 (X_1)	科研创新 (X_3)	创新环境 (X_2)	创新思维 (X_4)
2	科研实践 (X_1)	科研创新 (X_3)	创新环境 (X_2)	创新思维 (X_4)
3	科研实践 (X_1)	科研创新 (X_3)	创新环境 (X_2)	创新思维 (X_4)
4	科研创新 (X_3)	科研实践 (X_1)	创新环境 (X_2)	创新思维 (X_4)
5	科研实践 (X_1)	科研创新 (X_3)	创新思维 (X_4)	创新环境 (X_2)
6	创新环境 (X_2)	科研创新 (X_3)	科研实践 (X_1)	创新思维 (X_4)
7	科研实践 (X_1)	创新环境 (X_2)	创新思维 (X_4)	科研创新 (X_3)

(2) 计算指标 x_i 的排序名次总和即

$$B_j = \sum_{k=1}^m x_{ikj} \quad (i=1, 2, 3, \dots, m)$$

式中 B_j 为指标 x_i 的名次总和，显然 B_j 越少，指标 x_i 越重要。

$$B_1 = 10$$

$$B_2 = 29$$

$$B_3 = 15$$

$$B_4 = 26$$

(3) 计算专家协调系数

第一、计算 4 个指标排序名次的算术平均值：

$$M = (1/n) \sum_{j=1}^n B_j = 20$$

第二、计算指标 x_i 名次总和与全部指标名次的算术平均值之差

$$C_j = B_j - M \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

$$C_1 = -10 \quad C_2 = 9 \quad C_3 = 5 \quad C_4 = 6$$

第三、计算协调系数

有相同名次，协调系数计算公式为：

$$d = \frac{12}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{k=1}^m T_k} \sum_{i=1}^n C_i^2 = 6.91$$

$$T_k = \sum_{s=1}^h (t_s^3 - t_s)$$

其中 h 为：专家 k 评价值中有相同评价值的组数， t_s 为： s 组中的相同名次个数。

(4) 协调程度的检验

应用数理统计的方法进行协调程度的统计显著性检验。统计显著性检验，要先构造统计量，统计量落在拒绝域的概率称为显著性水平，因而显著性水平数值越小，专家组排序的非随机协调的概率越大，如果显著性水平超过 0.05，则认为专家排序非随机协调方面不足以致信。协调程度的显著性检验，按 R · Pearson x_R^2 准则进行：

(1) 按下式公式进行计算 x_R^2

$$x_R^2 = \frac{1}{mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^m T_k} \sum_{i=1}^n C_i^2 = 12.1$$

第二，计算自由度数量 $r = n - 1$

在 x_R^2 的分布表中，对照自由度 r 找到一个与上式计算的 x_R^2 值最接近的值，进而找到显著性水平 p 。

$$r = n - 1 = 3$$

$$p = 0.01^{(9)}$$

$$p = 0.01 < 0.05$$

所以认为排序结果是可取的。

(5) 按 B_j 由小到大排列，即：当 $\min_k \{B_k\} = B_1$ 时，则指标 x_k 排在第 1 名次上，记为 $x_k(1)$ 。其余指标按 B_j 的小、大排在第 2 到第 $n - 1$ 名次上。这样可得序列 $x_i(I)$ ：

$$\{x_1(1), x_3(2), x_4(3), x_2(4)\}$$

在定性排序序列 $x_i(I)$ 的基础上，应用以下隶属度的计算公式，分别作定量化处理。本文令 $q = j + 3$

$$W_1(1) = \frac{\ln(7-1)}{\ln(7-1)} = 1$$

$$W_3(2) = \frac{\ln(7-2)}{\ln(7-1)} = 0.90$$

$$W_4(3) = \frac{\ln(7-3)}{\ln(7-1)} = 0.77$$

$$W_2(4) = \frac{\ln(7-4)}{\ln(7-1)} = 0.61$$

归一化后得:

$$\overline{W}_1 = 0.30$$

$$\overline{W}_2 = 0.19$$

$$\overline{W}_3 = 0.27$$

$$\overline{W}_4 = 0.24$$

其它同级指标, 用上述方法可确定相应权数见图 6-1 所示, 计算步骤略。通过权数设计了工科研究生创新能力专家评分表见表 6-5 所示。

表 6-5 专家评分表

Tab. 6-5 Expert Grading

	指 标	分 数
创新 思维	直觉思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	逻辑思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	联想思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	灵活思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	形象思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
创新 环境	学术环境	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	教学设备	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	师资力量	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
科研 实践	选择科研课题能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	组织协调能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	动手操作能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	信息综合处理能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	文献阅读与综合能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	分析论证能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	表达能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
科研 创新	论文选题的新颖性	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	发表论文数	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	科研成果奖项	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	理论或方法的创新性	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	论文获奖情况	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	参与科研项目数	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

表中各二级指标满分为 10 分,可通过二级指标专家评出的分数与相应权数乘积之和,得出相应的一级指标的分数。例如:研究生 A 通过专家评分结果见表 6-6 所示。

表 6-6 创新能力的得分表

Tab.6-6 Innovation Ability Score

	指 标	分 数
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
创新思维	直觉思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	逻辑思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	联想思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	灵活思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	形象思维能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
创新环境	学术环境	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	教学设备	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	师资力量	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
科研实践	选择科研课题能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	组织协调能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	动手操作能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	信息综合处理能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	文献阅读与综合能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	分析论证能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	表达能力	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
科研创新	论文选题的新颖性	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	发表论文数	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	科研成果奖项	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	理论或方法的创新性	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	论文获奖情况	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	参与科研项目数	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

创新思维（得分）=9×0.18+7×0.25+6×0.2+9×0.23+8×0.14=7.76，
同样地，可计算出：
创新环境（得分）=7.61 科研实践（得分）=8.31 科研创新（得分）=6.11

6.5 创新能力灰色聚类评价模型

本文运用灰色聚类法建立模型对工科研究生创新能力进行评价应用分析^[60]。这种方法是将聚类对象(评价对象)对不同聚类指标(评价指标)所拥有的白化值(实测值或分析数据),按若干个灰类(评价等级)进行归纳整理,从而判断聚类对象属于哪一灰类的灰色评估法。

灰色聚类首先建立聚类对象 $1^*, 2^*, 3^*, \dots$; 聚类指标 $1^*, 2^*, 3^*, \dots$; 灰类 $1, 2, 3, \dots$ 。然后按以下步骤进行聚类。

1、给出评价指标白化值

聚类白化值 d_{ij} 表示第 i 个聚类对象关于第 j 个指标的实际样本值, $i \in \{1^*, 2^*, 3^*, \dots\}$, $j \in \{1^*, 2^*, 3^*, \dots\}$ 。在这里, d_{ij} 就是专家、领导给第 i 个评价对象在第 j 个评价指标的打分值。

2、确定灰类的白化函数

f_{jk} 称为第 j 个评价指标属于第 k 个灰类的白化函数。在研究生创新能力评价模型中,灰类分为优,良,中,差。用 1 代表优,2 代表良,3 代表中,4 代表差,分别确定其相应的白化函数。

第 1 类白化函数为:

$$f_{j1} = \begin{cases} \frac{d_{ij}}{\lambda_{j1}} & 0 \leq d_{ij} \leq \lambda_{j1} \\ 1 & d_{ij} \geq \lambda_{j1} \end{cases}$$

第 2 类白化函数为:

$$f_{j2} = \begin{cases} \frac{d_{ij}}{\lambda_{j2}} & 0 \leq d_{ij} \leq \lambda_{j2} \\ \frac{2\lambda_{j2} - d_{ij}}{\lambda_{j2}} & \lambda_{j2} \leq d_{ij} \leq 2\lambda_{j2} \\ 0 & d_{ij} \geq 2\lambda_{j2} \end{cases}$$

第 3 类白化函数为:

$$f_{j3} = \begin{cases} \frac{d_{ij}}{\lambda_{j3}} & 0 \leq d_{ij} \leq \lambda_{j3} \\ \frac{2\lambda_{j3} - d_{ij}}{\lambda_{j3}} & \lambda_{j3} \leq d_{ij} \leq 2\lambda_{j3} \\ 0 & d_{ij} \geq 2\lambda_{j3} \end{cases}$$

第4类白化函数为:

$$f_{j4} = \begin{cases} 1 & 0 \leq d_{ij} \leq \lambda_{j4} \\ \frac{2\lambda_{j4} - d_{ij}}{\lambda_{j4}} & \lambda_{j4} \leq d_{ij} \leq 2\lambda_{j4} \\ 0 & d_{ij} \geq 2\lambda_{j4} \end{cases}$$

3、求指标的灰色聚类权

$$\eta_{jk} = \frac{\lambda_{jk}}{\sum_{j=1}^{n^*} \lambda_{jk}} \quad (1)$$

它表示第 j 个聚类指标属于第 k 个灰类的权重, 其中 λ_{jk} 是白化函数 f_{jk} 的门阙值, $k \in \{1, 2, 3, 4\}$

4、确定聚类系数

称

$$\sigma_{ij} = \sum_{j=1}^{n^*} f_{jk}(d_{ij}) \eta_{jk} \quad (2)$$

为第 i 个聚类对象第 k 个灰类的聚类系数, $k \in \{1, 2, 3, 4\}$

5、构造聚类向量进行聚类

在工科研究生创新能力的评价模型中, 第 i 个评价对象的聚类向量可表示为:

$$\sigma_i = (\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \sigma_{i3}, \sigma_{i4})$$

若 $\sigma_{ik} = \max_{1 \leq k \leq 4} \{\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \sigma_{i3}, \sigma_{i4}\}$ 则称第 i 个评价对象属于第 k 灰类。

6.6 应用分析

通过工科研究生创新能力专家评分表得到的研究生 A、B、C、D 创新能力一

级评价指标得分（见表 6-7）和参照创新能力聚类指标分类标准^[9]（见表 6-8），比较他们的创新能力并归类。

表6-7 研究生创新能力得分表

Tab. 6-7 Score of The Graduateg Ability on Innovation

评价对象	创新思维	创新环境	科研实践	科研创新
研究生 A	7.76	7.61	8.31	6.11
研究生 B	7.51	8.14	7.77	6.31
研究生 C	8.16	6.32	8.02	5.03
研究生 D	6.82	5.98	4.96	4.28

表 6-8 聚类指标分类标准

Tab. 6-8 Standard of Classifying The Clustering Indicator

聚类指标(J)	灰 类(K)			
	优(1)	良(2)	中(3)	差(4)
创新思维(1 [*])	>8.0	7.0 左右	6.0 左右	<5.5
创新环境(2 [*])	>8.0	6.5 左右	5.0 左右	<3.5
科研实践(3 [*])	>8.5	7.5 左右	6.5 左右	<5.0
科研创新(4 [*])	>7.0	6.0 左右	5.0 左右	<3.0

1、 确定聚类白化值矩阵

$$D = \begin{bmatrix} 7.76 & 7.61 & 8.31 & 6.11 \\ 7.51 & 8.31 & 7.77 & 6.31 \\ 8.16 & 6.33 & 8.02 & 5.03 \\ 6.82 & 5.98 & 4.96 & 4.28 \end{bmatrix}$$

2、 建立白化权函数

这里仅写出第 1^{*}个指标属于第 1 个灰类的白化函数：

$$f_{11} = \begin{cases} \frac{x}{8.0} & 0 \leq x \leq 8.0 \\ 1 & x \geq 8.0 \end{cases}$$

其他的指标属于各个灰类的白化函数同样可根据上述评价模型得到。

3、求灰色聚类权

首先根据表 6-4 得出白化函数 $f_{jk}(x)$ 的阈值。再由式(1)算得第 1* 个指标属于第 1 个灰类的权重：

$$\eta_{11} = \frac{\lambda_{11}}{\lambda_{11} + \lambda_{21} + \lambda_{31} + \lambda_{41}} = 0.25$$

同样可计算出其它灰色聚类权。

4、确定聚类系数

由式(2)，第 1* 个评价对象(研究生 A)对第 1 灰类的聚类系数计算如下：

$$\sigma_{11} = \sum_{j=1}^n f_{j1}(d_{1j}) \eta_{j1} = 0.95$$

同样可计算出：

$$\sigma_{12} = 0.90 \quad \sigma_{13} = 0.67 \quad \sigma_{14} = 0.23$$

5、构造聚类向量进行聚类

第 1* 个评价对象(研究生 A)的聚类向量为：

$$\sigma_{1*} = \{0.95, 0.90, 0.67, 0.23\}$$

同样可得其他评价对象的聚类向量：

$$\sigma_{2*} = \{0.93, 0.89, 0.66, 0.33\}$$

$$\sigma_{3*} = \{0.86, 0.89, 0.73, 0.36\}$$

$$\sigma_{4*} = \{0.69, 0.82, 0.87, 0.56\}$$

根据最大隶属度原则，得到以下结论：

研究生 A 属于第 1 灰类，即为“优”；

研究生 B 属于第 1 灰类，即为“优”；

研究生 C 属于第 2 灰类，即为“良”；

研究生 D 属于第 3 灰类，即为“中”。

利用研究生创新能力灰色聚类评价模型可以对工科研究生创新能力进行定量的评价。当然，这种评价也只是相对的，评价的创新能力是工科研究生显在的创新能力，并没有评价出工科研究生潜在的创新能力。

结 论

本文运用系统理论、马兹罗的创新能力分类理论和沃拉斯的创新“四阶段模型”理论，对工科研究生创新能力进行分析，并运用灰色聚类理论建立的模型评估工科研究生创新能力。通过论文的分析研究得出以下结论：

1、正确地认识和分析工科研究生的创新能力是培养和提高研究生创新能力的基础，也是提高工科研究生培养质量的重要内容。通过上述分析，可以得到：在工科研究生创新能力培养过程中既不能过分地要求工科研究生创新能力必须达到较高的程度，也不能忽视工科研究生创新能力的作用；工科研究生创新能力的培养需要一定的过程，也需要一定的激励机制和滋生环境。

2、从课程教学、学术实践和学术交流、学位论文写作、导师指导以及教学科研管理诸方面，加强管理，有利于培养和提高工科研究生创新能力。

3、通过认识和分析科技问题、科研课题、选题原则、途径和过程等方面，对于培养工科研究生创新能力和提高科研课题质量起着积极的作用。

4、开拓创新思维和正确的运用创新技法是工科研究生培养和提高创新能力的有效途径。

5、通过灰色聚类评价模型可以对工科研究生创新能力进行定量的评价，有利于采取针对措施，培养和提高工科研究生创新能力。

参考文献

- [1] 约瑟夫·熊彼. 经济发展理论[M]. 商务印书馆. 1990: 73
- [2] John Richard Hicks. The theory of wage. London Macmillan. 1932, 1: 21
- [3] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室编, 现代汉语词典, 北京: 商务印书馆, 1978: 825
- [4] 娟明. 比较高等教育[J]. 北京师范大学出版社, 1987: 399
- [5] 王永盛. 中美硕士研究生教育发展状况比较研究[J]. 比较教育, 2000, 3: 3
- [6] 刘洋雨. 董金明. 创新教育素质论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002, 1, 1: 56
- [7] Gullford, JP. The Nature of human Intelligence New York McGraw-Hill, 1967: 25
- [8] Sternberg, RJ. Implicit theories of intelligence creativity, and wisdom journal of Personality and social Psychology, 1985, 49(4): 607-627
- [9] Amabile, TM. The social psychology of creativity. New York Springer-verlag, 1983: 1-30
- [10] Gruber, HE. The evolving systems approach to creative work Creativity Research Journal, 1998, 1, 1: 27-51
- [11] Sternberg, RJ. Lubart TL. Investing in creativity American Psychologist, 1996, 51(2): 677-688
- [12] 刘泽雨. 董金明. 创新素质教育论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2002: 11, 1: 218-219
- [13] 王秀卿. 国外研究生教育[J]. 上海: 科学技术文献出版社, 1987: 46-72
- [14] 符娟明. 比较高等教育[J]. 北京: 北京师范大学出版社, 1987, 6: 22-25
- [15] 何德忠、方祯云. 研究生创新能力培养的探索与实践[J]. 中国高教研究, 2004(1): 27-28
- [16] 黄新明、王平. 浅析研究生创新能力的培养中国高等教育[J], 1999(18): 26-28
- [17] 张应春、丁毅强. 影响研究生创新能力培养的若干因素及对策[J]. 高教探索, 2000(2): 63-65

- [18] 钱存阳. 研究生创新能力培养的障碍与对策分析[J]. 高教探索, 2004(1): 52-54
- [19] 张优智、李治. 阻碍研究生创新能力培养的因素探析[J]. 中国地质大学学报(社会科学版). 2004(3): 58
- [20] 张卫刚等. 关于一级学科授权后研究生工作的一些思考[J]. 学位与研究生教育, 1999(6): 19
- [21] 胡之德. 浅议交叉学科方式培养研究生的创新性[J]. 学位与研究生教育, 2001(1): 32
- [22] 任兵. 优化文科研究生课程结构全力推进研究生教学改革[J]. 学位与研究生教育, 1999(2): 37
- [23] 张文修等. 四谈博士生创新能力的培养[J]. 学位与研究生教育, 1999(1): 32
- [24] 马永斌等. 研究生科研集体建设的探索[J]. 学位与研究生教育, 2000(5): 44
- [25] 耿笃等. 革视学位论文的开题创新确保创新要求[J]. 学位与研究生教育, 1999(2): 15
- [26] 瞿海东、章丽萍. 研究生创新能力培养的几点思考[J]. 高等农业教育, 2002(10): 70-72
- [27] 杨振洪. 论创新教育以及研究生创新能力的培养[J]. 学位与研究生教育, 1999(5): 24
- [28] 杨良奇, 高权. “三下乡”活动的教育内涵及其实施途径[J]. 湖南尚学院学报, 1999(3): 16
- [29] 张庆滨. 充分发挥高校学生社团文化素质教育中的作用[J], 函授教育, 1999(1): 56
- [30] 谢兆源. 跨世纪人学生创新素质的自我培养[J]. 理论导报, 1999(1): 26
- [31] 张世红. 加强研究生创新能力的培养[J]. 河北农业人学学报(农林教育版), 2000(3): 27-28
- [32] 马克思. 恩格斯. 马克思恩格斯选集[M]. 北京: 人民出版社, 1972, 4: 505
- [33] 杨春梅, 席巧娟. 课程教学: 研究生创新能力培养的基础[J]. 黑龙江高教研究, 2004(6): 119
- [34] 钟立吾. 创新是事业发展的不竭动力[J/OL]
<http://www.ldhd.com/html/gslt/220448730-2.html>

- [35] 赵守法, 岳英. 改进教学模式培养创造思维[J]. 中国教育现代化, 2004(5): 42
- [36] 黄保强. 创新概论[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2004: 32
- [37] 曹山河. 论创新主体与客体. 湖南社会科学, 2007(1): 11-13
- [38] 江晓玲, 李建栋, 俞守义, 陈清. 我国研究生创新能力不强原因之浅析[J]. 西北医学教育2007(1): 56-57
- [39] 谢安邦. 中国高等教育研究新进展(2002) [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2002: 72
- [40] 吴宏翔 熊庆年 顾云深. 我国研究生创新能力不足的表现[J]. 学位与研究生教育, 2005(9): 33
- [41] Karl Popper. The Logic of Scientific Discovery (Routledge Classics). Routledge, 1 edition, March 29, 2002: 36
- [42] 易杰雄. 努力培养研究生的创新意识.
<http://www.gmw.cn/01gmrb/2000-08/02/GB/08%5E18500%5E0%5EGMB1-009.htm>
- [43] 中国社会科学院情报研究所编辑. 科学学译文集[M]. 北京: 科学出版社, 1918: 23-29
- [44] 李一为, 李明. 研究生选择课题原则. 华东冶金学院学报(社会科学版)[J]. 1999(4): 38-38
- [45] 张武城. 创造创新略[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 91-93
- [46] 黄希庭. 心理学导论[M]. 人民教育出版社, 1997: 56
- [47] 李蔚等. 大脑两半球功能的传统观念与斯佩里观点[J]. 中国教育学刊, 1999(1): 27
- [48] 陈仁胜. 论创新思维能力的培养[J]. 湖北三峡学院学报, 2000(4): 42
- [49] N, S. , Dorval, B. , & Treffinger, D. (1994). Creative approaches to problem solving. Sarasota, FL : Center for Creative Learning, Inc.
- [50] Edward de Bono' S, why Do Quality Efforts Lose Their Fizz? The Journal for Quality and Participation, 1991. 9
- [51] 杨德, 袁伯伟, 鲁克成. 创造力开发实用教程[M]. 北京: 宇航出版社, 1992: 65
- [52] Osborn, A. F. Your creative power. (Buffalo), Motorola University Press, 1991: 26

- [53] Parnes, S. (Ed.). (1992). Source book for creative problem solving. Sarasota, FL: Center for Creative Learning, Inc: 112
- [54] Robe~Williams and John Stockmyer, Unleashing the Right Side of the Brain, The Stephen Greene Pres in, 1987: 78
- [55] [日]高桥浩(著),林怀秋,谢艾群(摘译),创造性思维方法101[M],福州:福建科学出版社,1986: 82
- [56] Robert Harris. Creative Thinking Techniques 1998(7).
[http: / www. virtualsalt. com](http://www.virtualsalt.com)
- [57] 胡义成. 当代国外创造技法研究情况综述[J]. 国外社会科学, 1986(8): 21
- [58] James M. Higgins. 101 Creative Problem Solving Tech—niques, New Management Publishing Company, 1994: 47
- [59] 胡义成. 当代国外创造技法研究情况综述[J]. 国外社会科学, 1986(8): 52
- [60] John Christopher Jones. Design Methods. John Wiley&Sons, 1997: 66
- [61] King, R. and Sehlicksupp, H. (1998), The Idea Edge: Transforming Creative thought into Organizational Ex—cellence, GOAL / QPC, Methuen, MA, USA.
- [62] Alla Zusman&Boris Zlotin, Overview of Creative Meth—od s, the TRIZjournal 1999(7): 35
- [63] 孟万金. 研究生科研能力结构要素的调查研究及启示[J]. 学位与研究生教育, 2001(11): 58-62
- [64] 徐玲玲. 目标分析最优指标法用于研究生初步科研能力的综合评价[J]. 学位与研究生教育, 1999(6): 44-48
- [65] 毕梦林. 工科大学生能力手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1988: 56-63
- [66] 曾五一, 黄炳艺. 调查问卷的可信度和有效度分析. 统计与信息论坛, 2005 (6): 11-15
- [67] 赵松山, 白雪梅. 用德尔菲法确定权数的改进方法. 统计研究, 1994(4): 48-49
- [68] 马庆国. 管理统计[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 375
- [69] 邓聚龙. 灰色理论基础[M]. 华中科技大学, 2002(2): 412-414
- [70] 陈振斌, 张万红. 评价模型研究[J]. 辽宁工程技术大学学报(社会科学版), 2007(3): 290

攻读学位期间发表的学术论文及参与的科研项目

发表的学术论文:

- 1.黄斌,丁毅强,罗东升.试析研究生创新能力[J].江苏工业学院学报.2008(1): 53-56
- 2.罗东升,刘鑫,黄斌.试析劳动者受教育程度与经济增长的相关性[J].广东工业大学学报.2008(1): 39-42
- 3.《广东志高空调公司人才需求状况调查报告》,公司内部资料,2007.10
- 4.《广东志高空调公司技术创新调查报告》,公司内部资料,2007.10

参与的科研项目:

- 1.2005 年广东省自然科学基金项目(项目编号 05300106)、广东工业大学博士启动基金(项目编号 0560073)“广东省提高研究生培养质量的对策研究”
- 2.2006 年浙江工业大学“学科人才培养管理平台开发”,项目编号 2005288

致 谢

本论文是在广东工业大学指导教师丁毅强教授的悉心指导和热情关怀下完成的。我的导师丁毅强教授对科学研究的严谨作风、求真精神、谦逊品格以及积极提倡和扶持开拓创新的科学态度使我深受教诲。在此，我谨表深深的谢意。

在攻读管理学硕士生学位期间，我得到了广东工业大学张光宇教授，刘洪伟教授、郭开仲教授、谢湘生教授等许多领导和老师的热情指教和帮助，在此一并表示致谢。

感谢被本文中引用的所有文献的著者、编者、编著者和译者，是他们的研究成果给了我不同程度的启发。

攻读管理学硕士生学位的时间既短暂又漫长，在二年的美好时光里，难以忘怀的是师长和同学无限的情意。感谢我的同学罗东升、王欣等同班同学，是他们的关心、支持、帮助和鼓励，使我不畏艰苦地完成学业。