

新编工程力学学习指导书

——创新思维和创新方法的指导

谢芝馨 编著
徐道远 主审



机械工业出版社

✓ 本书是学习工程力学的教学用书，内容框架基本上和范钦珊教授主编的面向 21 世纪课程教材——普通高等教育“九五”国家级重点教材《工程力学教程（I）》相适应，该书由高等教育出版社 1998 年出版。

本书对传统的工程力学习题解答与指导体系作了重大的改进，另辟新径，指导学生用创新思维和创新方法学习工程力学基本理论、基本内容和基本概念。编制大脑思维图，建立思考框架，用创造性发散思维指导学生分析题型，以达到融创新教育于工程力学教学实践的目的。

全书分为十三个知识单元，收集了 118 个例题，组编了包括训练思维敏捷性、概念清晰性在内的 231 道习题，列举了工程力学教师为创新环境的营造所取得的部分成果。本书采用了国家标准 GB 3100～3102—93《量和单位》中规定的有关符号。

本书适用高等工业学校本科生及电视大学、函授大学、夜大学、职工大学和自学考试的学生，也可以供其他工程技术人员使用。

图书在版编目（CIP）数据

新编工程力学学习指导书：创新思维和创新方法的指导/谢芝馨编著. —北京：机械工业出版社，2002.2

ISBN 7-111-09961-3

I. 新… II. 谢… III. 工程力学-高等学校-教学参考资料 IV. TB12

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 014115 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：钱飒飒 版式设计：张世琴 责任校对：程俊巧

封面设计：陈 沛 责任印制：何全君

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·11.625 印张·414 千字

0 001—4 000 册

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

前 言

本书是面向 21 世纪力学系列课程改革的配套教学用书,是学习工程力学的启迪工具,是作者长期从事工程力学教学和参与教学改革研究成果的结晶。

国内外现有的理论力学、材料力学教学辅导教材,基本上以习题集及其解答为主要内容。本书另辟新径,以提高学生创新思维能力,帮助掌握创新方法为宗旨,力图突破传统的教学模式,探索创新的教育机制,使之在创新人才的培养中,真正做到将创新思维和创新方法融于教学实践。

在工程力学(多学时理论力学、多学时材料力学)的教学实践中,作者发现有一片疑云常常盘旋在学生心头,影响他们学习本学科的热情和积极性,那就是这些课程的传统理论在新技术革命的面前是否还有用武之地。为了排解学生的疑虑,作者撰写了该新编工程力学学习指导书——创新思维和创新方法的指导,试图使同学们通过阅读本书,认识到任何一种传统理论,都可能成为一门新技术的奠基石,关键在于掌握这种理论的人是否富有创新能力。例如“机器人”就是工程技术人员创新思维和创新能力结合的产物。工程技术人员综合运用力学与控制、机械与电子计算机等学科的知识、通过创造性的联想把人器官的某些主要方面(如脑、手、眼睛)与操作器、传感器、驱动器、计算机联系起来,创造了“机器人”,用以再现人的动作和智能,其中涉及的基本原理是机器人力学与控制,而传统的动力学普遍方程、动静法、拉格朗日方程等都是它的基本理论。

工程力学的基本理论、基本方法原本就是力学工作者创造性的成果,这就意味着力学工作者创建工程力学基本理论的创新思维、创新方法、创新素质,都可以通过工程力学基本理论、基本概念、基本内容的学习得到培养和训练。同学们在学习中如能找到新的视角,将训练自己的创新思维、创新方法放在首位,而不是满足于对基本理论的一般理解和应用,则可能发现新问题,找到理论发展的新知识增长点和理论运用的新领域,从而真正完成从旧知识到新知识、旧理论到新理论的升华和创新过程。

本新编指导书将以引导学生自学为基本点来培养学生综合理解能力和创新思维能力,加强学生对工程力学学科整体系统的认识。在深化理解工程力学学科的基本概念、基本理论和基本方法的基础上,提高学生分析和解决工程实际问题的能力,理解和加强学科间的横向联系,并获得创新能力。

本新编指导书用创新思维和创新方法, 指导学生对工程力学学科的基本概念、基本理论和基本方法的理解, 具有如下特点:

1. 在教育思想上, 实施创新教育。书中提出三位一体的教学改革思想, 即融教育理论、教学内容、教学方法改革于一体的教学改革。
2. 在教学内容上, 建立工程力学学习知识框架, 按系统论的观点和方法重组有关内容, 使学生在本指导书指导下获取优化的工程力学知识结构。
3. 在学习方法上指导学生如何用创新思维、创新方法研究工程力学基本理论, 激励学生创新欲望, 意在指导学生在工程力学学习中开发创造潜力。
4. 各知识单元的应用实例通过构造大脑流程图, 提出思考的框架, 指出应用的知识点, 帮助读者对基本理论、基本内容理解和应用, 通过发散思维重组相同知识结构的不同例题, 达到举一反三、触类旁通的目的。
5. 作者在本书中首次提出建立创新思维实验室的概念, 并在教学实践中通过创新模拟实践培养学生创新精神。

本书的主要内容框架与范钦珊教授主编的面向 21 世纪课程教材——普通高等教育“九五”国家级重点教材《工程力学教程 (I)》(1998 年高等教育出版社出版) 匹配, 包括刚体静力学和材料力学的主要内容, 体现了教学内容的更新。

作者能在长期教学实践中探索创新教育并取得成果, 首先应该感谢三位工程力学前辈的殷切关怀, 他们是: 科学院院士、原高等学校工科力学教材编审委员会副主任委员兼理论力学编审小组组长沈元教授, 理论力学编审小组成员罗远祥教授和清华大学工程力学系薛克宗教授。事由要追溯到 1984 年高等学校工科理论力学第二次教材研讨会, 本人有关探索在理论力学中培养创造性思维能力的论文在该研讨会上发表, 会议结束后, 委员会副主任沈元教授指定我在编审委员会召开的座谈会上进一步交流培养学生创造性思维能力的体会。同时严肃指出我国现行 (当时) 教学中最缺乏的就是如何培养学生的创造性思维能力, 致使学生存在致命的弱点——缺少创造性。同时鼓励我继续在教学中坚持这个方向的探索和研究。编审小组罗远祥教授希望我进一步修改论文, 并推荐《力学与实践》杂志发表, 随后, 论文“在理论力学教学中培养创造性思维能力的初步探索”在《力学与实践》1987 年第 1 期上发表。1987 年 10 月, 我赴桂林参加“全国第四届一般力学学术会议”, 闲暇之余, 清华大学工程力学系薛克宗教授向我介绍了罗远祥教授曾在清华大学理论力学教研室介绍了我有关探索创造性思维培养的情况, 薛教授同样鼓励我在这方面不断深入开拓研究, 让我感激

不已。

沈元教授的点拨，罗远祥教授的关怀，薛克宗教授的鼓励，给当时还是很年轻的我以探索的喜悦、创造的激动和持续努力的决心，促成了我教学观很大的转变。我开始自觉地学习创新思维和创新方法论，并以此贯穿于教学过程，最终将收获与体会集于一册，完成本书的撰写工作，以此奉献给关心我的老前辈及全体工程力学教学界同仁，希望能够得到他们的中肯批评。

本书由华东地区基础力学与工程力学应用协会理事长、博士生导师徐道远教授担任主审，全国工科基础力学指导小组成员洪嘉振教授、董正筑教授、华东地区基础力学与工程应用协会副理事长杨伯源教授审阅了部分书稿，他们对书稿提出了宝贵的修改意见，谨此深致诚挚的谢意。本书例题和习题选自各种理论力学、材料力学书籍，书后以参考文献形式列出，在此向这些书籍的作者一并致谢。福州大学土木建筑工程学院研究生李斌、李兆香在绘图方面付出了不少辛勤劳动，作者一并向他们表示感谢。最后我要感谢福州大学，她给我提供书稿试用的班级。感谢使用过我书稿的老师和同学们，是他们真挚的支持，使我始终充满信心完成书稿的撰写、修改和试用工作。

作者希望本书能给学习工程力学并渴望获取创新思维和创新方法的读者以实际帮助，诚望本书能带给读者一些有用的启迪，与他们一起分享创新思维带来的成功与喜悦。希望看到年轻学者以此为垫脚石，取得更新的研究成果。

由于作者水平有限，错误与不足在所难免，希望力学界同仁与指导书的读者不吝赐教，并致以衷心的感谢。

谢芝馨

2001年8月于福州大学沁园

目 录

前言

第 1 知识单元 创新素质 创新思维 创新能力

创新方法 1

1.1 创新教育和传统教育的区别 1

1.2 创新人才的基本智能结构 1

1.3 创新素质 创新思维 创新能力 创新方法 2

1.3.1 创新素质 2

1.3.2 创新思维 2

1.3.3 创新能力 4

1.3.4 创新方法 4

1.4 工程力学学习中培养创新思维的实例 6

第 2 知识单元 刚体静力学及材料力学知识结构

基本概念 基本研究方法 9

2.1 用系统论创新法构建刚体静力学知识结构图、 材料力学知识结构图 9

2.2 用创造性想象建立刚体静力学的力学模型、 材料力学的力学模型 10

2.2.1 理想化方法是建立力学模型的基本方法 10

2.2.2 刚体静力学力学模型——刚体 11

2.2.3 材料力学力学模型——可变形固体 12

2.2.4 可变形固体的两个基本假设 12

2.3 刚体静力学、材料力学的基本概念 12

2.3.1 刚体静力学的基本概念 12

2.3.2 材料力学的基本概念 14

2.4 刚体静力学、材料力学的基本研究方法 20

2.4.1 静力平衡分析方法 20

2.4.2 变形协调分析方法 21

2.4.3 应力和应变的物性关系分析方法	21
2.4.4 叠加法	21
2.4.5 能量法	22
2.4.6 数学建模法——常系数二阶微分方程的应用	22
习题	23

第3知识单元 力系的简化

3.1 力系简化中创新欲望的激励	25
3.2 离散创新法在力系简化中的应用	25
3.2.1 从矢量代数运算到汇交力系简化的创造性联想	25
3.2.2 从矢量代数运算到力偶系简化的创造性联想	27
3.2.3 离散创新法在一般力系简化中的应用	28
3.3 创造性地应用动力学命题解决一般力系简化问题	30
3.3.1 力系的基本特征量	30
3.3.2 等效力系定理	31
3.3.3 创造性地利用动力学命题解决一般力系简化问题	31
3.4 力系简化应用实例	32
习题	34

第4知识单元 力系的平衡

4.1 力系平衡问题求解的知识结构	36
4.1.1 力系的平衡条件	36
4.1.2 力系的平衡方程	36
4.1.3 静力分析方法和物体受力分析方法	37
4.1.4 求解简单多刚体系统平衡问题的知识结构图	38
4.2 用创造性想象建立实际物体的抽象化	
受力模型——受力图	38
4.2.1 抽象化受力模型的建立	38
4.2.2 系统思维在画受力图中的作用	38
4.3 创新思维在求解简单多刚体系统平衡问题中的应用	41
4.3.1 用静力分析方法求解简单多刚体系统平衡问题	41
4.3.2 发散性思维在求解简单多刚体系统平衡	
问题中的应用实例	47
习题	51

第 5 知识单元 杆件的内力分析	59
5.1 从刚体静力学到弹性体静力学的创造性联想	59
5.2 求内力的方法	61
5.3 内力与荷载集度之间的关系	65
5.4 创新思维在画内力图中的应用	67
5.4.1 创造性联想在画内力图中的应用	67
5.4.2 逆向思维训练——由 F_Q 、 M 图确定梁上的 荷载及梁的支承	78
5.4.3 离散创新法在画内力图中的应用（叠加 法作弯矩图）	80
习题	82
第 6 知识单元 杆件横截面上正应力的分析	87
6.1 创新任务书（1）——建立创新思维实验室	87
6.1.1 创新思维实验室的目标	87
6.1.2 创新思维实验室的主机和元器件	87
6.2 创新任务书（2）——模拟纯弯曲梁正应力数学 模型创造过程实验	88
6.2.1 创新意识的激励——由旧知识点进行新的组合， 产生新知识点	88
6.2.2 创新思维流程图的设计	89
6.2.3 创新性求异思维在梁横截面上正应力 数学模型建立中的应用	90
6.3 用类比法给出拉压杆件横截面上正应力的表达式	96
6.4 系统论创新法分析杆件横截面上正应力的一般表达式	96
6.5 离散创新法在组合变形横截面正应力求法上的应用	100
6.5.1 斜弯曲	100
6.5.2 拉伸（压缩）与弯曲的组合	101
6.5.3 偏心压缩（拉伸）	102
6.6 组合变形横截面上正应力分布规律的数学 模型——中性轴方程	103
6.7 杆件横截面上正应力知识结构图	105
6.8 杆件横截面上正应力分析实例	105
6.8.1 解题和创新的关系	105
6.8.2 发散性思维的训练	108

6.8.3 求解杆件横截面上正应力的实例	110
习题	129
第7知识单元 杆件横截面上切应力的分析	140
7.1 杆件扭转时横截面上切应力的分析	140
7.1.1 杆件扭转时横截面上切应力数学模型建立的 创新构思过程	140
7.1.2 切应力互等定理——联想思维的启发	145
7.2 联想创新法在横力弯曲时切应力数学 模型建立中的应用	146
7.3 杆件正应力、切应力数学建模中符号体系 体现的创新活动	147
7.4 杆件横截面上切应力知识结构图	148
7.5 杆件横截面上切应力计算实例	148
习题	156
第8知识单元 杆件的变形和横截面的位移分析	163
8.1 杆件的变形和横截面位移	163
8.1.1 本知识单元学习框架	163
8.1.2 本知识单元知识点	164
8.1.3 杆件变形和横截面位移的知识结构图	164
8.2 联想创新法在推导梁的挠曲线近似微分方程中的应用	165
8.3 离散创新法在求杆件变形和横截面位移中的应用	166
8.3.1 微段的变形	166
8.3.2 杆件的轴向变形与轴向位移	168
8.3.3 等直圆杆的扭转变形和相对扭转角	168
8.3.4 离散创新法在求梁的挠度和转角中的应用	168
8.4 系统论创新法求杆件变形和横截面位移中的应用	177
8.4.1 系统综合思维	177
8.4.2 变形协调条件是协调理论在研究杆件 变形和位移中的应用	178
8.5 系统论创新法在杆件简单超静定问题中的应用	182
8.5.1 超静定系统及多余约束	182
8.5.2 系统论中协调理论对求解超静定问题的启示	183
8.5.3 超静定问题求解的知识结构图	186

8.6 杆件变形和横截面位移实例	186
习题	203
第9知识单元 应力状态分析	215
9.1 用创造性想象建立应力状态分析的理 想化模型——单元体	215
9.1.1 理想化模型的建立	215
9.1.2 主平面、主应力，一点应力状态分类	215
9.2 静力平衡分析方法在应力状态分析中的应用	216
9.2.1 截面法求斜截面上的应力	216
9.2.2 应力状态分析公式汇总表	218
9.3 联想类比创新法在应力状态分析中的 创新成果——应力圆	219
9.3.1 公式结构的重组引起的联想	219
9.3.2 应力圆的作法，单元体和应力圆的对应关系	219
9.3.3 应力状态分析中的创新成果——应力圆带给 读者的启示	220
9.4 离散创新法在创建广义胡克定律中的应用	223
9.5 应力状态分析及广义胡克定律应用实例	225
习题	245
第10知识单元 压杆稳定性	256
10.1 用创造性想象建立压杆力学模型—— 中心受压理想直杆	256
10.1.1 实际受压变形细长杆实例	256
10.1.2 创造性想象的参与	256
10.2 系统论创新法在压杆临界力（临界荷载）的 欧拉公式推导中的应用	257
10.2.1 用系统综合思维分析压杆临界力	257
10.2.2 变形协调条件对压杆临界力的影响——不同杆端约束 下细长压杆临界力的欧拉公式，长度系数	259
10.3 柔度，压杆失稳的讨论	260
10.4 压杆稳定性计算实例	261
习题	267

第 11 知识单元 失效分析与设计准则	271
11.1 创新思维在分析各种材料拉伸（压缩）的力学行为中的作用	271
11.1.1 形象思维在材料力学行为分析中的应用	271
11.1.2 联想思维和应力—应变曲线	271
11.2 材料力学行为的基本特征性能	274
11.3 许用应力、单向拉伸应力状态下的失效判据与强度设计准则	275
11.3.1 失效的概念	275
11.3.2 许用应力	275
11.3.3 单向拉伸应力状态下的失效判据和强度设计准则	275
11.4 复杂应力状态下的失效判断和强度设计准则	276
11.4.1 创造性想象在建立复杂应力状态设计准则中的作用	276
11.4.2 屈服准则和断裂准则	276
11.5 失稳与稳定性设计准则	278
11.6 失效分析与设计准则应用实例	278
习题	285
第 12 知识单元 杆件的四种静力学设计	288
12.1 广义设计概念	288
12.2 杆件的四种静力学设计	288
12.2.1 工程上的需要	288
12.2.2 杆件的强度设计	289
12.2.3 连接件的实用计算	292
12.2.4 杆件的刚度设计	290
12.2.5 杆件的稳定性设计	293
12.3 杆件静力学设计应用实例	293
12.3.1 发散思维在求解杆件静力学设计习题中的应用	293
12.3.2 杆件静力学设计实例	294
习题	331
第 13 知识单元 工程力学学习中创新环境的营造	344
13.1 现代教育技术的概述	344
13.2 工程力学教师在营造创新环境中的成果举例	345

13.3 创新环境营造的两个重要实验室——工程力学创新
思维实验室和工程力学创新应用实验室 349
13.3.1 工程力学创新思维实验室 349
13.3.2 工程力学创新应用实验室（理论力学部分） 351
习题答案 352
参考文献 359

第 1 知识单元 创新素质 创新思维

创新能力 创新方法

1.1 创新教育和传统教育的区别

传统教育的目标在于知识传授，培养知识型人才，贯用封闭式、灌输式教学法，使教学内容反复输入大脑。传统教育培养出来的学生，有相当部分明显缺乏创新能力。

创新教育的目标是开发创造力，培养有综合创新能力的人才。创新教育的教学方式是开放式、研究式、交互式、多样化、多维度的教学活动。创新教育培养出来的人才应该在创新意识和创新能力等方面受到良好的训练，有强烈的创新意识、积极的创新思维、优良的创新能力。

创新教育的实施要求更新传统的教学模式，构建创造性的教学体系。新的教学体系应自始至终将创新能力的教育和培养贯穿于教学环节中，学生是主体，是主动参与者，教师起点拨和主导作用。

1.2 创新人才的基本智能结构

创新是一个人类不断推陈出新的“接力赛”过程。人类的文明与进步源于创新人才的创新活动，纵观他们的创新活动之所以能获得硕果，是由于他们在创造活动中不断完善自己的创造性智能结构。这种结构包括四大部分——基本知识、创新素质、创新能力和创新方法，具体内容可以用图 1-1 的框图表示。

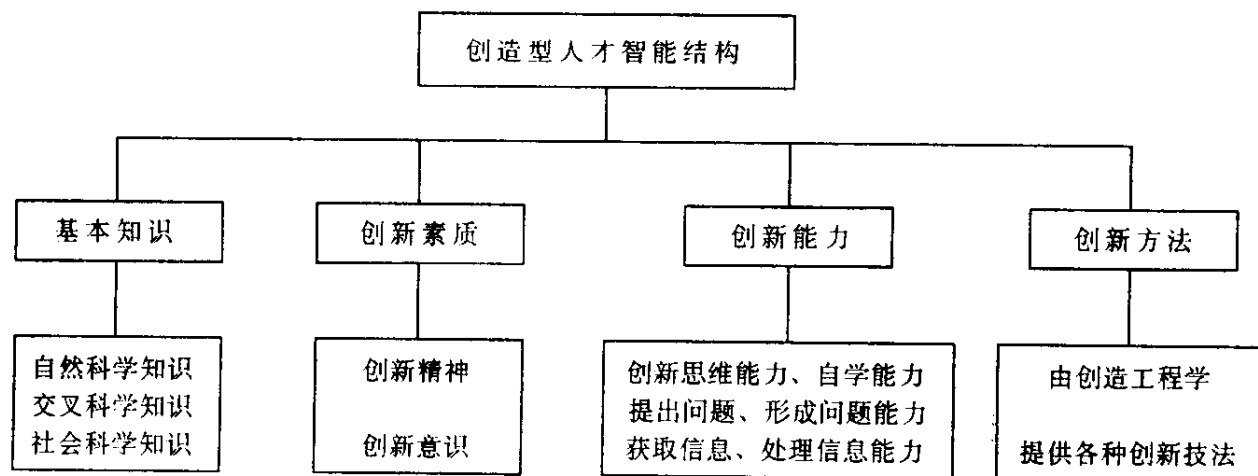


图 1-1 创造型人才智能结构图

传统的高等教育使受教育者获得丰富的基本知识，这也是其中部分受教育者能脱颖而出成为创造性人才的重要原因，因而我们不能在创新教育中全盘否定传统的教育，我们要建立的全新教学模式是要对教学过程进行整合，构建一个新的教学体系，使受教育者在教学过程中同时获得基本知识、创新素质、创新能力和创新方法，从而具备创新人才的智能结构。

1.3 创新素质 创新思维 创新能力 创新方法

1.3.1 创新素质

创新精神是创造的灵魂，表现为创造者对既定创新目标锲而不舍的追求，表现为坚持不懈的拼搏与奋斗精神。创新精神还表现在不甘现状，不甘于循规蹈矩，不停留于照搬模仿，而是不断追求完美，不断追求新意。只有这样，才能在千方百计地实现目标的过程中不断突破，不断获得创新成果。

创新意识是创造的前提，表现为创造者的创新欲望、创新热情，对创造对象的情感、兴趣和入迷程度，只有激发强烈的创造兴趣和爱好，才能集中精力和注意力，对创造专心致志。创新意识认为所有研究过程都存在创新的可能，因而有助于捕捉到任何偶然的发现。强烈的创新愿望才能奠定创新基础，激发创新实践，大大提高创新进程。

1.3.2 创新思维

1. 创新思维的基本特点

创新思维是创新人才的核心。培养创新思维将是创新教育的主要内容。创新思维即创造性思维，它有以下基本特点：

(1) 求异性、独立性 求异性、独立性是指在创造过程中标新立异，寻求与他人、前人有所不同，内容、形式独具一格，在认识事物过程中着力发掘客观事物间的不同点，发现本质与现象、内容与形式之间的不一致性，挖掘现有知识的局限性、表面性与片面性，对司空见惯的现象和已奠定权威地位的理论持分析、怀疑批判乃至否定的态度。

(2) 连动性 “由此及彼”、“举一反三”等成语均反映了连动性思维的特点，它常以三种形式表现出来，一为“纵向连动”，即面对一种客观现象，立即深究细析，探索产生的原因；二为“逆向连动”，即看到一种客观现象后立即从相反的现象进行思考，如从自由落体想到垂直上抛运动；三为“横向连动”，即发现同类事物、同类现象的关联性，找出它们之间的相似、相同、相通之处。

(3) 多向性 从不同视角、不同方向、不同层面甚至用不同观点来思考问题，它常以三种形式表现出来。一是发散性，即面对一个问题，提出

尽量多的设想，寻找尽量多的答案；二是转向性，即当一条思路不通时，便马上转向另一条思路，这样容易找到阻力最小的思维方式，找到影响事物质与量的最重要的因素，符合思维经济原则。

(4) 综合性 善于集前人知识宝库中的精粹，如工蜂采蜜般加以消化、重构，形成新的成果，即把大量概念、事实和观察材料综合在一起，重新予以分类、整理，去粗取精、去伪存真，形成更加科学的概念。

2. 创新思维的两种基本形式——发散思维和收敛思维

(1) 发散思维 发散思维是一种多通道、多侧面、多层次突破常规的思维过程，是人们进行创造性工作最重要的素质。它具有流畅性、变通性和独特性。通过逆向思维、创造性想象、联想和直觉灵感等形式进行发散性思维，往往可以获得许多结果，从而带来大量新信息。

1) 逆向思维。逆向思维是反其道而行之、突破常规的思维方式，从完全对立的、不同级的、相反的角度去思考问题，引出结论。逆向思维能使人摆脱思维定势、克服思维惰性，因而极富有创造性。

2) 创造性想象。想象是创造的先导和基础。科学创造不仅需要慎密的逻辑推理，同样需要丰富的形象思维，缺乏想象的创造容易枯竭，只有运用科学假设和模型化等创造性的想象方式，才能使科学创造源源不断地产生。

3) 创造性联想。联想是一种由此及彼的创造性思维活动，它是把一事物表象和另一事物表象联系对比，从而产生新的设想的思维过程。联想可以从事物的相似点、目标指向、矛盾点和悖异点出发，展开不同的联想方式。如相似联想、目标接近联想、矛盾联想、逆常悖异联想等。它们的共同特点都是由此及彼实现思维的转移，只是转移方式与方面不同。

4) 直觉及灵感。直觉是在早已获得的经验、知识积累的基础上，凭借某种“感觉”直接地把握事物的本质和规律性的心理过程。

灵感思维是人类思维发展到高级阶段的产物，是认识上质的飞跃，冥思苦想而顿悟是灵感思维的结果。

长时间思考某一个问题的，大脑中便会建立许多储存和联系，使思维处于一触即发的状态，一旦得到启发，创造的灵感便会产生。灵感思维的过程是短暂的、突发性的过程，是极具重要的创造性质变过程。

(2) 收敛思维 收敛思维是将众多离散信息有序地引入既定逻辑程序的集中思维方式。它将发散思维提出的各种方案，进行分析和综合、抽象与概括、归纳与演绎，最终得到一个合乎逻辑的解决问题的最佳方案。发散思维方式和收敛思维方式相辅相成、反复循环，从而共同完成创造活动。

1.3.3 创新能力

创新能力亦即创造力，它包括创造性思维能力及为实施创造所需要的一切能力的总和。这些能力依次为创新思维能力、自学能力、提出问题并形成问题的能力，以及获取信息和处理信息能力。其中，创新思维能力是创新能力的核心和精髓。培养和训练创新思维能力是创新教育的主要内容，必须贯穿教学过程始终，它通过培养学生观察能力、记忆能力、联想能力、综合分析能力、想象能力和实际操作能力及其直觉能力来培养创新能力。

“创造力人皆有之”的论断是20世纪心理学的重大成果之一，它打破了原先对于创造力的天才论和神秘论。创造力是一种潜在能力，是每个人都具有的一种自然属性，尽管这种潜在能力，就个体而言存在量和质的差异性，但人人都或多或少或这种或那种地具有创造潜能。创造力必须通过开发才能得到发展。

1.3.4 创新方法

按照一定的创造性思维方法思考，能使创造性思考效率显著提高。从当代创造工程的奠基人之一——美国的奥斯本到现在，人们已总结了300余种创新技法。本书介绍几种在工程力学学习中常用的基本创新方法。

1. 联想创新法

在创新过程中采用连珠炮式的联想思维，扩展人脑固有的思维，由此产生更多的创造性设想。平时知识积累越多，阅历越丰富，联想能力越强，联想范围越广阔。一般分为下列三种联想：

(1) 相似联想 指人的思维受到刺激时，将自然产生一种倾向，会主动想到与这一刺激或环境相同的经验。

(2) 对比联想 指人的思维受到刺激时，会联想到与这一刺激或环境完全相反的经验。

(3) 横向联想 人们从这一学科跨越到另一学科的联想。

2. 逆向创新法

逆向创新法即逆常规而思考。为了达到目标，将人们通常习惯的思路反转过来，从常规的反面来探索解决问题的可能性，从而找到发明创造的新方法。逆向创新方法通常有三种：

(1) 反转型逆向创新法 从与已有事物的完全相反方向来构建新思路的创新法。包括如下三个方面：

1) 功能性反转：是指与已有事物的功能、设计从其完全相反的功能来构想新的技术发明或寻找解决问题的新途径。

2) 结构性反转：是指与已有事物的结构设计从其完全相反的结构，来

构想新的创造。

3) 因果关系反转：指颠倒已有事物的因果关系，来构想新的创造。

(2) 转换型逆向创新法 就所研究的问题，背离常规与常识而寻求解决问题的途径，即所谓的另辟蹊径。需要把问题解决的重点从一个参量转向另一个参量。历史上“曹冲称象”的故事便是这种逆向创新法的实例，即将重量参量转到吃水深度参量来求得大象的重量。

(3) 缺点逆向创新法 这是一种从相反方向来看待事物缺点的方法，即所谓化弊为利创造法。它不是以克服事物的缺点为目标，而是巧妙地利用事物的缺点，化腐朽为神奇来寻找新的技术创造。例如力学中的摩擦力，作为阻碍物体运动的约束反力来说，在人类生活中是弊，而人们利用摩擦的自锁条件创造了许多自锁机构，这又大大地有利于人类。

3. 系统论创新法

系统论创新法的核心是系统论。综合是思维的主要表现形式。将研究的事物作为一个具有特定功能的相互有机联系的系统。该系统通过边界与周围系统分离，又通过输入信号、输出信号与周围系统相联系。系统论创新法通过系统分析把握整体结构的性质特点。中医看病是系统论创新法的例子。它将人体视为一个整体，从摸脉、看舌苔（信息输出）→下药（信息输入）→再摸脉看舌苔（反馈）等过程实现系统分析。工程力学中复杂的问题，如摩擦和工程振动，常采用系统分析方法。

系统论创新法的一般形式，表现为对知识的迅速检索、归纳、分析并加以组合。任何科技创新活动都是在前人创建的科学技术基础上发展起来的。创新时利用现有的科学技术作为种子，或者对其进行重新排列组合，以获取新的发明创造。总的来说，系统分析方法将现有科学技术原理、产品、或方法进行组合，综合分析，从而获得解决问题的新方法或新产品，是创造过程中很重要的和最常用的创造方法。

4. 离散创新法

离散创新法的核心是离散论，分析是思维的主要表现方式，离散创新法是将复杂广义系统离散为有限或无限单元，以求得总体的近似或最优解答的方法。

西医动手术是离散创新法的实例，它通过开刀将坏死的器官割除；住宅分为住宅结构、住宅部品（厨房、卫生间、楼板、墙体等），住宅建设必须将它们分别施工，最后营造成住宅。

离散创新法也是创造过程中最常用的创造方法。

必须指出，系统论创新法和离散创新法相辅相成，常常在一个创新过程中综合运用。