

## 第一章 引言

### 第一节 创造与发明并不神秘

科学技术的最基本特征就是不断进步，不断创新。创新是人类文明进步的原动力。创新对人类科学的发展产生了巨大影响，而科学的发展则成为推动人类社会进步和社会变革的第一动力。

人类历史上有无数的发现、发明和创新对人类的生产、生活产生了非常深远的影响，极大地推动了生产力的发展，人们的生活水平不断地得以提高。一谈到创造发明、发现，人们开始可能会认为是很神秘的事，以为创新发明是学者专家的专利品，一般人很难办到，那么我们先看看下面这些实例吧。

传说鲁班在山上砍柴时，不小心手被草割破了，一般人可能会自认倒霉，而他却对此产生了好奇心，他仔细观察这种草后，发现这草的边上有一排锯齿，根据这个发现，鲁班发明了至今仍在使用的锯子；传说瓦特在观察到水烧开后蒸汽能将壶盖顶起，依据这个原理他产生了蒸汽动力的设想，并最终发明了蒸汽机，导致了第一次工业革命；还有大家非常熟悉的阿基米德在洗澡时发现浮力定理，从而检验出皇冠是否为纯金的故事；牛顿从树上的苹果会掉下来的现象发现万有引力的故事…… 这些故事为他们的发明增添了一层神秘的传奇色彩。

我们在使用铅笔时，常常会由于找不到橡皮擦而烦恼，美国的一位叫海迈的穷画家想到了用金属片将橡皮包在铅笔头上的办法，这就是现在的带橡皮铅笔的最初构想，这位画家的画虽然没有卖出好价钱，但他无意中却成了发明家，这个构想为他带来了 60 万美元的设计费。

大家天天都使用钢笔，那么你知道现在使用的钢笔是怎么设计出来的吗？ 1880 年左右，美国的一名叫华特曼的保险业务员常常为自来水钢笔漏下一滴墨水而使所填写的表格报废而苦恼。他开始致力于设计不掉水的钢笔，为了克服这一缺陷，他经过几年的努力终于在 1884 年将原来图 1-1(a) 所示形状的钢笔尖上开一条沟，并加上一个小圆孔，巧妙设计了笔头上的墨水通路和吸入空气的通路 如图 (b) 所示，制作出了人们盼望已久的不突然滴漏墨水的笔尖。这个创意使他成为了世界上最大的自来水笔大王，至今华特曼钢笔仍是世界上一流的自来水笔。

一位名叫吉利的美国人，有一次因为要赶火车，起床急急忙忙刮胡子时不小心将脸刮伤了，他坐在火车上就想能不能设计出不会刮伤脸的安全剃须刀呢？此后，他常常为此事困扰，

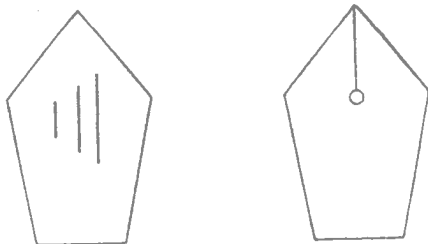


图 1-1 钢笔笔尖

左思右想不得其解。1895 年，有一天他到理发店理发时，无意中发现理发师正用梳子一边梳头，一边用剪刀剪梳子外的头发，他突然由此得到灵感，经过多次试制，发明了安全剃须刀。

有一位青年，一次看到了一对姐弟吵架的情形，因为姐姐要使用电熨斗，而弟弟却要用电灯看书，两人为了争抢电源而吵了起来。他就想到“如果能够做一个有两面插座的插头，那不就解决问题了吗？”于是他就以 200 日元的资本，生产这种自己发明的有复式插座的插头，从而开始了他的事业，这位青年名叫松下幸之助。

1583 年伽里略在教堂做礼拜时，看到教堂内有一根长绳下面吊着吊灯，这种装置叫摆。他发现吊灯在小幅度摆动时，虽然摆的幅度逐渐减小，但摆动一次所需的时间是一样的，这个特性就是摆的等时性，依据这个原理，荷兰物理学家惠更斯制造出了带摆的钟。

1895 年，德国物理学家伦琴在做阴极射线实验时，发现有种未知的射线能使荧光板发光，而且无意之中他还发现这种奇怪的射线能映射出手骨头的影像，他将这未知的射线称为 X 射线。伦琴因此于 1901 年获首次诺贝尔物理学奖。

## 第二节 创新需要勇气和毅力

从上述这些实例可看出，大多数发明家在创新发明之前都是非常普通的，很多创新发明往往是通过一次偶然事件触发灵感而开启智慧之窗而获得的。那么创新发明是轻而易举的事吗？让我们再看看下面这些例子吧！

1763 年，欧洲流行天花这种可怕的疾病，凡传染上天花病的人几乎必死无疑，但英国 15 岁的少年琴纳从一些医生中听到了“得牛痘者几乎不得天花”这样的说法，后来琴纳详细研究这种说法是否正确。1796 年他试着为他 8 岁的儿子种植了牛痘，他的儿子开始稍有些发烧，但不久就恢复正常了，接着琴纳冒着失去儿子的危险，将天花病人的脓移植到儿子身上，事实证明他儿子没有得天花。经过 30 多年的努力，琴纳终于发现了牛痘免疫天花的方法，攻克了这个曾被认为是不可治愈的顽疾。诺贝尔为了发明安全的烈性炸药进行了近 20 年的实验，在实验中他的弟弟被炸死，父亲受重伤，但他并没有因此而被吓倒退却，终于获得成功。美国的杰克逊在发明了拉链后为了设计出生产拉链的机器，花费了 19 年的时间。发明之王爱迪生为了找到实用的电灯灯丝材料，经历了无数次的实验，用到了 6000 多种植物纤维，试验了 1600 多种耐热材料，终于发明制造出炭化灯丝的电灯，为漫漫长夜带来光明，他还对电灯和用电设施加以不断改进，产生了一系列新的发明，像电线插座、电表、保险丝、配电盘、电力机车等等。法拉第虽然出身贫民家庭，连学校都没有进过，但他经过自学对科学研究产生了浓厚的兴趣，并在大科学家戴维的帮助下，来到研究所担任戴维的助手兼差役，在经过长达 18 年的大量实验、研究之后，终于发现了电磁感应现象；居里夫人在发现放射性元素之后，花了五个多月的时间，终于从一吨沥青铀矿石中提炼出了 0.1 克纯镭。达尔文经过 5 年的环球考察之后，又用了 20 多年的研究才完成巨著《物种起源》，揭开了生物进化之谜。我国数学家陈景润废寝忘食，全身的投入，历经十几个春秋，才摘取了哥德巴赫猜想这一数学皇冠上的明珠。

这些实例说明，任何一个创新发明都是人们经过长期的探索，不仅需要坚韧不拔的意

志和毅力，而且有些是以生命为代价换来的。如果没有冲破传统观念和不怕失败的勇气，没有不怕牺牲的冒险精神，没有坚韧不拔的意志和毅力，他们就不可能到达光辉的彼岸

## 案例 杂交水稻的研究、应用

1961 年的一天，湖南省安江农校教师袁隆平在试验田发现一株“鹤立鸡群”的水稻，它植株高大，穗大粒多，袁隆平如获至宝，他将种子收集起来，第二年种下进行试验，希望能培养出高产的稻种，可当稻子抽穗后，后代却参差不齐，竟没有一株像原来的单株好。失望之余，经过反复思索，产生了一个大胆的设想：只有搞杂交水稻，利用杂种优势才能提高产量。

当时，经典遗传学理论认为，稻麦等自花授粉作物没有杂种优势。而袁隆平却认为杂种优势是生物界的普遍规律，自花授粉作物与异花授粉作物的区别不过是繁殖方法有所不同。刚过而立之年的袁隆平向传统的遗传学理论提出了挑战。

他设想利用“水稻的雄性不孕性”培育杂交水稻的方案，经过 10 多年的研究，先后用 1000 多个品种做了 3000 多个杂交组合实验，结果却不令人满意，经过综合分析后，他发现几千个试验所用的杂交材料亲缘关系都太近，于是提出了用远缘的野生稻种与杂交稻种进行杂交的关键性设想，接着，他的助手李必湖在海南岛发现了一株花粉败育的野生稻——“野败”为杂交水稻研究成功打开了突破口。1973 年三系稻种“南优 2 号”培育成功，1976 年开始在全国大面积推广，比常规水稻平均增产 20%。

三系杂交水稻的成功举世惊叹，袁隆平被全世界誉为“杂交水稻之父”。但他没有骄傲，更没有止步，而是进一步研究成功了简化种子生产程序、降低成本、进一步提高产量的两系法杂交水稻，两系法成功后，袁隆平又提出了更高的奋斗目标——研究优质高产的超级杂交稻，该项目的第一期目标已实现，并获得“2000 年中国 10 大科技进展”的第一项成果奖。

袁隆平为了研究杂交水稻，风餐露宿，足迹踏遍了祖国的大江南北，历时 40 多年，研究成功了杂交优选技术。利用杂交优选技术，我国的粮食产量在耕地没有增加的情况下，从 1950 年的 13 000 万吨增长到 1998 年的 49 000 万吨，依靠科技进步，袁隆平为有效的解决 13 亿中国人民的吃饭问题立下奇功，成为世界的奇迹。

几点启示：

(1) 技术上的重大突破往往需要理论的指导，而破除迷信、敢于质疑是科技创新的前提，如果袁隆平不敢向传统遗传学理论挑战，是不可能去研究杂交水稻的，反过来，杂交水稻的培育成功，也证明了袁隆平设想的正确性。

(2) 正确的思维方式和试验方法是科技创新的有力武器，在研究过程中，即要大胆探索，也要合理理想和试验，不断调整和寻求突破口。杂交水稻从“三系法”到“两系法”再到“超级杂交稻”循序渐进，将新的设想和理论通过科学的试验来完成。

(3) 科学技术的探索和创新永无止境，现已 71 岁高龄的袁隆平仍在为超级杂交水稻的研究而辛勤耕耘，充分显示了一位科学家为祖国为科学献身的高尚品德。

(4) 科学技术是第一生产力，科技成果的应用可以极大的提高生产力水平。而对人类有益的科技成果则具有强大的生命力，袁隆平也当之无愧地获得了首届中国最高科技

奖。

.....

本书向大家介绍一些机械上发明、发现的创新过程和设计思想，旨在开拓大家的视野，启迪我们的思维，并希望大家随时注意自己生活中、工作中、游乐中的一些问题，并围绕这些问题积极思考，去发现解决这些问题的办法，只要我们树立自信，发掘自己的潜能和创造力，持之以恒坚持下去，你将一定会得到胜利的欢乐。

## 第三节 创新人才的培养

### 一、现代教育

为了适应 21 世纪人才培养的要求，必须加强学生素质教育和创新能力的培养，一般认为教育应具备下列 5 个特征：

#### 1. 指导性

教育的目标是培养全面发展的人才，充分发挥人的个性、特性，要引导学生做人，学会科学的方法。为此，必须打破灌输式培养模式，要指导学生自主学习，鼓励学生的独立发展。教师将成为一位顾问，一名导师，指导学生积极向上，树立辩证唯物主义世界观，培养学生热爱劳动 掌握技能 有科学的学习、思维方法。

#### 2. 创造性

教育本身是一种创造性的活动。要提高学生的素质和创造能力，要培养和鼓励学生“怀疑”、“探索”、“创新”等科学的精神 只有青出于蓝而胜于蓝 才能促进科技的高速发展和人类社会的不断进步。研究的独立性、成果的创造性决定着教育的质量。

#### 3. 综合性

学生不仅要学习和掌握知识，更重要的是综合运用知识解决问题，不仅要学习专业知识，也要融合科学、艺术等方面的知识，掌握科学思维和艺术思维方法，培养综合素质和文化素养 陶冶学生的情操 促进德、智、体、美全面发展。

#### 4. 社会性

人类社会已进入一个全面开放的时代，教育必然受到社会政治、经济、科技、文化等因素的影响，反过来教育又服务于社会，教育与社会、理论与实践的结合越来越社会化，“两耳不闻窗外事，一心只读圣贤书”不可能适应和促进社会的发展。教育的社会性还体现在培养社会所需要的人才的规格、层次日趋多样化，使培养的人才各具特色。处于网络时代的信息社会使世界越来越小，教育不断走向国际化。

#### 5. 终身性

信息时代和知识经济的到来，使得知识的更替周期不断缩短，科学技术的不断创新，要求人们必须不断学习才能顺应时代的发展，一次性的学校教育已逐步转化为全社会的终身教育，教育成为一个人一辈子都不可能结束的过程。

### 二、创造性人才的培养

创新能力的开发和创造性人才的培养一般可以从培养创新意识、学习掌握创新原理

和创新技法、加强创新实践等方面进行。

### 1. 培养创新意识

创新发明并非少数杰出人才的专利，许多“小人物”进行创新发明的故事，使我们相信人人都有创造力，人人都可以搞创新。

多年前，一家酒店的电梯不够用，打算增加一部，于是请来了建筑师和工程师研究增设新电梯的方案。专家们一致认为，最好的办法是每层楼打一个大洞，直接安装电梯。当几位专家进一步商谈工程计划时，一位正在扫地的清洁工听到了他们的谈话，清洁工对他们说：“每层楼都打个大洞，会尘土飞扬，杂乱不堪的。”工程师说：“那是难免的。”清洁工又说：“施工期间最好将酒店关闭一段时间。”工程师说：“那可不行，那会影响酒店收益。”清洁工最后不经意地说道：“我要是你们，就会把电梯装在楼外”。专家们听到这句话，对视良久，他们不约而同地为清洁工的这一想法击掌叫绝。于是，便有了近代建筑史上的伟大变革——把电梯装在楼外，即美观又可在电梯内观赏景色。

因此，敢于创新就必须破除迷信，必须打破思维的枷锁。

创新往往应具有敏锐的洞察力，要善于从偶然现象中找到必然，要善于从同样的事件中想到不同的事情。例如：很多人都知道当灶里的煤火燃烧不旺时，只需拿根铁棍拨弄一下，火苗就会从拨开的洞眼中窜出，火一下子就会旺起来。而山东有位叫王月山的炊事员就想到了做煤球煤饼时，主动在上面均匀地戳几个洞，不仅火烧得旺，而且可节省燃煤，大家熟悉的蜂窝煤就这样发明了。

世界不断发展，事物总是不断完善，要善于观察、发现矛盾和需要。发现不足、提出问题。往往成为创新的起点。而创新是人们经过长期探索、付出非凡的劳动才能成功。这就需要有坚定的毅力，克服重重困难的精神，所有的创新发明都来自于人类的大脑。要培养独立思考、勇于探索的意识，而不是只会记住正确答案的知识复印机。

“我思故我在”这句名言充分说明了思考对于人的重要性。思考的课程应该成为我们每个学校的最重要课程。每个人都可以用 5W1H 法(What, Why, When, Where, Who, How)对不同事情进行设问、思考、思考、再思考，人人都会产生创新设想。

### 2. 掌握创新原理和创新技法

要提高创新能力应培养良好的创造心理，掌握创新原理和创造技法。

科学技术的发展动力在于不断创新，不断发现。而创新创造本身也存在一定的理论和规律，也具有其科学的原理和方法。

创新原理和创造技法是以总结创造学理论、创新思维规律为基础，通过大量的创造活动概括总结出来的原理、技巧和方法，了解和掌握创新原理和创新技法，往往能更自觉、更巧妙进行创新活动。

人的创造能力可以通过学习和训练得到激发和提高，通过改进自己的思维习惯，通过独立思考，多想多练，通过训练自己集中注意力、发挥想象力，进行扩散思维、求异思维训练等等，能够提高创新思维能力，而将思维运用到实际中去，才可能起到良好的效果。

### 3. 加强创新实践

形成创新能力，除了学习理论，更重要的在于实践。正如不下水学不会游泳，不开车就不可能真正学会驾驶汽车一样，所有的创造力训练离不开大量的创造实践。

一般情况，创新实践可分为 3 个阶段：

(1) 了解问题：目标是什么？未知量、已知量是那些？情况如何？能满足情况的需要吗？能否决定未知量，是否足够，是否重复或抵触？可以画张图，引入合适的标志，把情况的各部分加以分解。

(2) 设计方案：遇到过这个问题吗？知道相关的问题吗？可能运用什么原理？通过不同的方法设计各种方案，并进行优化。

(3) 执行方案：实施设计方案，在每一步骤中对方案修改完善，必要时重新设计方案，以取得最好的成效。

任何一个创新几乎都要经过上述 3 个阶段，一般最困难的是第二阶段，最关键的往往是第三阶段。

必须通过设置一系列设计实践教学环节，进行大量的动手安装、维护、设计、制作等实践活动，培养综合分析和创新设计的能力。

如果你在学外语，就要大胆地说；如果你在学游泳，就得下到水里去。不要幻想只要背下厚厚的几本书而不操作就能学会电脑。人类社会所有的创新和发明，都是通过人们的双手而实现的，一个人的设想，如果不将它们物化，即使构想再好，那也可能只是水中月、雾中花。实践、实践、再实践，你才会看到成功就在向你招手。

## 第四节 机械创新设计

设计是人类改造自然的一种基本活动，设计是复杂的思维过程，设计的本质是创新。

设计的目的是将预定的目标 经过分析决策 通过一定的信息 文字、数据、图形 而形成设计方案，并通过制造、实施使设计成为产品，造福人类。通过设计，不断为社会提供新颖、优质高效、价廉物美的产品，提高产品的竞争力和经济效益。

根据设计的内容特点，一般将设计分为下面 3 种：

### 1. 开发性设计

在工作原理、结构等完全未知的情况下，针对新任务提出新方案，开发设计出以往没有过的新产品。

### 2. 变型设计

在工作原理和功能结构不改变的情况下，对已有产品的结构、参数、尺寸等方面进行变异，设计出适用范围更广的系列化产品。

### 3. 适应性设计

亦称反求设计。针对已有的产品设计，在消化吸收的基础上，对产品作局部变更或设计一个新部件，使产品更能满足使用要求。

开发设计以开创、探索创新，变型设计通过变异创新，适应性设计在吸取中创新。创新是各种类型设计的共同点。

### 一、机械的功能要求

现代机械产品的功能要求非常广泛，但一般情况下，都包含以下几个方面：

(1) 运动要求 如运动规律、轨迹、行程、速度、加速度、转速、调速范围、运动的精确性等。

(2) 动力要求 传递的功率、转矩、力、加速性能、效率等。

(3) 安全要求：强度、刚度、稳定性、热力学性能、摩擦特性、振动、机械工作的安全性及操作人员的安全性等。

(4) 经济要求：设计和制造的经济性、使用和维护的经济性等。

(5) 可靠性和寿命要求：包括零部件和机械实现预期功能的可靠性，零部件和机械的耐磨性、疲劳强度、失效和使用寿命等。

(6) 机动性要求 对尺寸、体积、重量、功率的要求。

(7) 环境保护要求 防止污染（噪声、废气、废水、废尘）防止“三漏”（漏气、漏水、漏油）无公害和绿色产品等。

(8) 产品造型要求 如美观、人性化 外观、色彩与环境的协调等。

不同机械，因工作条件、使用环境及目标要求的不同，对具体的功能要求也有很大的差异。例如：仪器仪表、机床的主要功能要求是运动的精确性，因此要求较高的加工精度；而汽车则对机动性、环保等功能要求较高；工程机械往往要求动力性能要好；食品机械则要求不污染被加工产品等等。而有些功能要求会存在矛盾，如安全与经济，一般来说，侧重安全，机械零部件的尺寸重量就会大一些；而侧重经济，则设计的零部件的尺寸重量会小一些等，在机械设计时，应考虑对机械的各种功能要求，考虑整个系统的运行，进行多方案的设计，然后应用优化理论和方法，对各候选方案进行优化设计。

## 二、设计思路和设计过程

设计过程是指从明确设计任务到编制技术文件所进行的工作流程。机械设计的过程，一般分为产品规划、原理方案设计、技术方案设计、改进设计等四个阶段。

### 1. 产品规划阶段——明确设计任务和要求，提出设计任务书

这一阶段的中心任务是，在市场调查的基础上，进行产品需求分析、市场预测、可行性分析 确定设计目标、主要参数和约束条件 最后提出设计任务书 作为设计、评价、决策的依据。

### 2. 原理方案设计阶段——确定工作原理，分解子系统，绘制方案简图

实现产品功能的工作原理可以是多种多样的，方案设计就是在功能分析的基础上，通过多方案比较，优化筛选出比较理想的工作原理方案，并对产品的原动系统、传动系统、执行系统、测控系统等子系统分解，将总功能分解为子功能和功能元，并作方案性设计，绘制有关机械机构、电气液控方案简图。

3. 技术方案设计——进行总体设计和结构设计，完成产品全部生产图纸，编制设计说明书、工艺卡等技术文件

总体设计要树立全局观念。首先要考虑各子系统的分解。按照执行系统、传动系统、操纵系统、支承形式的顺序找出实现各功能的作用原理，再考虑实现系统总功能的要求，将各分功能的作用原理进行合理的组合，在组合过程中应考虑各局部的相容性和技术上实现的可能性，在众多的原理方案中选择几个，然后进行综合评价，如对可靠性、成本、寿

命、适用性及人类工程学等比较选优，根据总体功能要求，多方案选优。

以发散性思维探求多种方案，再通过收敛思维获得最佳方案，这是总体方案创新设计的特点。

结构设计时要求零（部）件满足机械的功能要求，零件的结构形状要满足强度、刚度、尺寸、定位、固定、装拆、加工等各方面的要求。常用零（部）件应尽量标准化、系列化。结构设计一般先由总装草图分拆成部件、零件草图，然后选择各零件材料，决定零件的构形和尺寸，进行各种必要的性能计算，再由零件工作图、部件图绘制出总装图，最后还要编制技术文件如设计说明书、零（部）件明细表、零件图纸、工艺卡等。

在技术方案设计阶段，要利用现代设计理论和方法提高产品的价值（改善性能、降低成本），通过计算机辅助设计和绘图提高设计效率，提高产品的宜人性和美观性。

#### 4. 改进设计

上述设计完成后，制造出样机（产品），根据样机检测数据、用户使用以及在鉴定中所出现的问题，进一步改进，作出相应的技术完善工作，提高产品的设计质量。

以上设计过程可用图 1-2 表示，其各个阶段是相互联系、相互依赖的，有时还要反复进行，经过不断修改与完善，进一步提高产品性能、可靠性和经济性，使产品更具生命力。

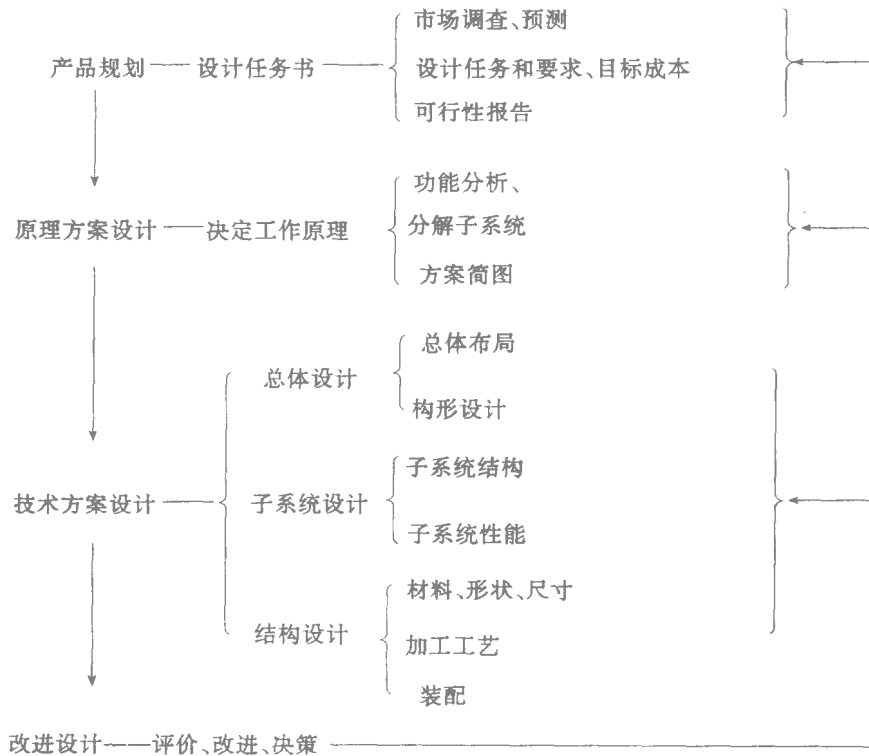


图 1-2 设计过程

## 第二章 如何培养创造能力

人类的发展史实际上是人类不断创造的历史，而创造的源泉则来自于人类的思维，人类的创造性思维产生了各种各样的创造发明。我们需要对创造性思维的特点、本质、形成过程、与其他思维的关系有所掌握和认识，这样才能指导我们进行创新思维，增强创新能力。

### 第一节 人类的思维

思维是人脑对客观现实的反映，是发生在人脑中的信息交流。它不仅能揭示客观事物的本质或内部联系，还可能使人脑机能产生新的信息和新的客观实体，如文学艺术的新创作、科学和自然规律的新发现、技术新成果等等。

人类的思维方式可以归纳为如下几种：

#### 1. 形象思维与抽象思维

形象思维也称为具体思维，是人脑对客观事物和现象的具体形象的反映。例如，设计一个零件或一台机器时，设计者在头脑中想象出零件或机器的形状、颜色等外部特征，在头脑中对想象出的零件或机器进行分解、组装、设计等思维活动，就属于形象思维。

抽象思维是以抽象的概念、判断和推论为形式的思维方式，概念是客观事物本质属性的反映，判断是两个以上概念的联系，推论则是两个以上判断的联系。

形象思维具有灵活、新奇的特点，而抽象思维较为严密。按照现代脑科学的观点，形象思维和抽象思维是人脑不同部位对客观实体的反映活动，左半脑主要是抽象思维中枢，右半脑主要是形象思维中枢，两个半脑之间有数亿条神经纤维，每秒钟可交换传输数亿个神经冲动，共同完成思维活动。因此，形象思维和抽象思维是人类认识过程中不可分割的两个方面，它们互相联系、互相渗透，在创新过程中，应该把两者很好地结合起来，优势互补，从而完成更多的成果。

#### 2. 发散思维与收敛思维

发散思维又叫分散思维、求异思维、开放思维等。它是根据提供的信息，多方位寻求问题的答案的思维方式。如列举某一物品的多种用途，从一物思万物，不满足于现成原理和答案，而去寻找尽可能多的答案等。

收敛思维也叫集中思维、求同思维等。是一种在大量设想或多方案的基础上寻求某种最佳答案的思维方式。

在创造活动中，提出的方案越多，选择最优方案的回旋余地就越大，但光有发散思维并不能使问题得到有效的解决，因为在科技活动中，最终的结果只能是有限的少数几个或唯一的一个。所以，既需要有充分的信息为基础，设想多种方案，又需要对各种信息进行综合、归纳，多方案优化。发散思维与收敛思维的有效结合组成了创新活动的一个循环过程。

### 3. 逻辑思维与非逻辑思维

逻辑思维是抽象思维方式。它是严格遵循逻辑规则按部就班、有条不紊进行的思维。它的主要方法是分析、归纳、综合与演绎。

非逻辑思维是一种不严格遵循逻辑规律，突破常规，通过想象、直觉、灵感等方式进行的自由思维方式。

### 4. 直达思维与旁通思维

直达思维始终围绕需要解决的问题进行思考，旁通思维则将问题转化为另一个问题，间接分析求解。

旁通思维后要回归到直达思维，才能较好地解决提出的问题。如美国的莫尔斯受到马车到驿站要换马的启示，采用设立放大站的方法，解决了信号远距离传递衰减的问题，就是旁通思维的例子。

## 第二节 创造性思维的特征

创造性思维是一种人类高层次的思维，它有以下特征。

### 1. 思维结果的新颖性、独特性

它指思维结果的首创性，具备与前人、众人不同的独特见解，思维的结果是过去未曾有过的。也可以说，是主体对知识、经验和思维材料进行新颖的综合分析、抽象概括，以致达到人类思维的高级形态，其思维结果包含着新的因素。例如，20世纪50年代在研究晶体管材料时，人们都只考虑将锗提纯的方法，但未能成功；而日本科学家在对锗多次提纯试验失败后，他们采用求异探索法，不再提纯，而是一点一点加入少量杂质，结果发现当锗的纯度降低为原来一半时，会形成一种性能优越的电晶体，此项成果轰动世界，并获得诺贝尔奖。又例如，一般人头脑中只有唯一的现实空间，而数学家们却创造了四维空间、五维空间、…… $n$ 维空间、拓扑空间、超限数空间等，像这样的思维就具有推陈出新的特点，因而具有创造性。

### 2. 思维方法的多样灵活性、开放性

它指对于客观事物或问题，表现出勇于突破思维定势，善于从不同的角度思考问题，善于提出多种解决方案；能根据条件的发展变化，及时改变先前的思维过程，寻找解决问题的新途径。灵活、开放性也含有跳跃性的因果关系。苍蝇是人类憎恶的东西，可科学家们的创造性思维却跳出了死板的框框，经过对苍蝇与蛆的研究发现，这些人人痛恨的东西却饱含着丰富的蛋白质，可以用来造福人类。这不是将风马牛不相及的事连到一起了吗？这正是思维跳跃性的结果。

### 3. 思维过程的潜意识自觉性

创造性思维的产生，离不开紧张的思维和认真努力为解决问题所作的准备工作，但其出现的时机却往往是思维主体处于一种长期紧张之后的暂时松弛状态，如散步、听音乐、睡觉中。这就说明了创造性思维具有潜意识的自觉性，是因为人在积极思维时，信息在神经元之间的流动按思考的方向进行有规律的流动。这时候不同神经细胞中的不同信息难以发生广泛的联系，而当主体思维放松时，信息在神经网络中进行无意识流动、扩散，这时

候思维范围扩大，思路活跃，多种思维、信息相互联系、相互影响，这就为问题的解决准备了更好的条件。

#### 4. 顿悟性

创造性思维是长期实践和思考活动的结果，经过反复探索，思维运动发展到一定关节点时，或由外界偶然机遇所引发，或由大脑内部积淀的潜意识所触动，就产生一种质的飞跃。如同一道划破天空的闪电，使问题突然得到解决，这就是思维的顿悟性。

如何捕捉创造性思维？创造性思维是大脑皮层紧张的产物，神经网络之间的一种突然闪过的信息场。信息在新的神经回路中流动，创造出一种新的思路。这种状态由于受大脑机理的限制，不可能维持很久时间，所以创造性思维往往是突然而至倏然飞去。如不立刻用笔记下来，紧紧抓住使之物化，等思维“温度”一低，连接线断了，就再难寻回。郑板桥对此深有体会，他说：“偶然得句，未及写出，旋又失去，虽百思不能续也。”

一生有一千多项发明创造的爱迪生，从小有个习惯，就是把各种闪过脑际的想法记下来。这是一条重要的经验：先记下来再说，无论是睡觉还是休闲，心记不如笔记，切记此经验。

### 第三节 影响创造能力的非智力因素

发明创造是人类的一种复杂的活动，它需要人们充分发挥自己的创造力。然而人的创造力不是天生的，而是逐步培养起来的。影响创造能力的非智力因素主要包含下面几个方面的基本素质。

#### 1. 兴趣和好奇心

好奇心是一种对自己还不了解的周围事物能够自觉地集中注意力、想把它弄清楚的心理倾向。一般都是通过“看一看、听一听”引起惊奇感，再通过“问一问”的方式把它的来龙去脉搞清楚。

强烈地好奇心是从事创造性活动的人所具备的基本素质之一。如果对周围的一切都冷眼相看，无动于衷，甚至麻木不仁，可以断定这种人是不会去积极探索未知世界秘密的，也不可能会有发明成果。人们所说的“才能”，在很大程度上就是指一个人能够看到其他人所不曾看到的现象，能够理解或感受其他人所不曾理解或不曾感受到的特征，并把这一切传递给别人的本领。因此，也可以认为：那种对特殊的、怪诞的事物感到惊讶的行为似乎只是一种“本能”的反映，而只有对身边无人注意的事物感到惊奇，才是某种才能的显露。奥古斯特·罗丹认为：所谓大师，就是这样的人，他们用自己的眼睛去看别人看过的东西，在别人司空见惯的东西上能够发现出美来。进化论的创始人之一华莱士说，他在捕获一只新蝴蝶后“心狂跳不止，热血冲到头部……”这本来是一件平常的事，竟使他兴奋到极点。如果没有好奇心，他是不会有这种举动和情感的。

要想训练和保持自己的好奇心，最有效的方法就是保持或恢复童心。因为咿呀学语的孩子是最富有好奇心的，他们对世界上的一切都感到非常新鲜，总是爱寻根究底地问个不停。随着年龄的增长，儿时的好奇心渐弱；至成人后，由于工作和繁杂的家务琐事缠身，对未知的东西更加不感兴趣了。事实证明，始终保持着儿童般好奇心的人，往往能干出一

番惊人的业绩。因此，立志干一番事业的人，应该尽可能地摆脱各种繁杂事物的困扰，做到无忧无虑、热情天真、不耻下问，以便保持或恢复儿时那种强烈的好奇心。

要使自己具有好奇心，还应养成爱问“为什么”的习惯。爱迪生自幼就爱“打破砂锅问到底”，从鸡为什么把蛋放在屁股底下、蛋也怕着凉等问题一直追问到“把蛋放在屁股底下暖和暖和就能孵出小鸡吗？”至此还不满足，他还亲自做个窝，一本正经的蹲在上面孵小鸡。没有强烈的好奇心的驱使，爱迪生是不会有此举动的。瓦特也曾对水蒸汽顶开壶盖这一平常现象唠唠叨叨地问个没完没了，后来他创制出当时世界上最先进的蒸汽机。这就是说，好奇心能促使人去发问；反之，爱提问题也是求知欲、好奇心的表现。有意识地训练自己多提问题必然有助于好奇心的增强。

比尔·盖茨正是对计算机和软件开发有着强烈的兴趣，才促使他放弃大学学业而从事软件开发，只用了短短数年时间就使微软成为世界上最大的公司，其发展速度之快成为知识经济的象征；我国青年发明家王贵海，在大学学习时对非圆齿轮的研究产生了极大的兴趣，经过几年的努力，终于攻克了非圆齿轮的设计和制造这一世界难题。

总之，兴趣和好奇心能导致求知欲，而求知欲能使人走上知识之路，进而发挥出创造能力。荷兰德尔夫特市政府看门人列文虎克在听说透过放大镜能把小东西看清楚这一情况后，立即产生出强烈的好奇心，决定自己动手磨制镜片，于 1665 年创制出当时世界上最先进的显微镜。还是由于强烈好奇心的驱使，他用自制的显微镜发现了自然界中的“小人国”——微生物，为科学技术的发展作出了重大贡献。因此，在发明活动的整个过程中都应该使自己保持儿童时代的好奇心，对自己未知的东西，不仅要看，而且要看仔细；不仅要听，而且要听真切；不仅要问，而且要问到底。这样，将会有助于个人的创造力发挥。

具有对事物感到新鲜、总想寻根问底想把它弄清楚的好奇心，才有可能去积极探索未知世界的秘密。

## 2. 进取心

进取心是指那种不满足于现状，坚持不懈地向新的目标追求的心理状态。进取心是极为可贵的。人类如果没有进取心，社会就不可能前进，一个人如果没有进取心，那他终生将会碌碌无为。甚至可以说，有无进取心，是区别有所建树者与无所作为者的根本标志。因此，凡是事业取得较大成就者，无不具有较强烈的进取心。

要培养自己的进取心，首先得学点辩证法，务必使自己懂得：世界上一切事物都充满着矛盾，旧矛盾解决了，新矛盾又会产生。人类改造世界的过程就是解决各种矛盾的过程，这个过程永远不会终结。如果把世界上的一切事物都看成孤立的、静止的、永恒不变的，甚至觉得它们已经尽善尽美，势必使人失去改造世界的能动性和进取心。

要增强进取心，必须克服安于现状、得过且过、墨守成规、抱残守缺的处世观念。安于现状者，有一种是对现状感到心满意足，压根儿就没想到要去改变它；另一种是对旧状况已感到某种不满足，对所见景况感到不理想，对所处境遇觉得不称心，对所用物品感到不顺手、不方便，但他并不想去改变这一切，反而认为这都是既成事实，何必煞费苦心、消耗精力去折腾一番，不如循规蹈矩，得过且过，于是乎心安理得了。这两种情况都是我们常说的“不思进取”，这是思想上的一种保守倾向，这种保守思想是发明创造的严重障碍。因此，要增强自己的进取心，必须注意克服或铲除保守思想。

古往今来的一切发明家之所以能在各个不同的技术领域独占鳌头，无不因为他们具有强烈的进取心。“欲穷千里目，更上一层楼。”一切有志于作出发明创造的人们，从小就应该注重于培养自身最基本的素质——进取心。

### 3. 自信心

自信心就是在对自己的能力作出正确估价后，认定自己能实现某种追求、达到即定目标的信心。

自信心对于从事创造性劳动的人们尤为重要。常言道：“信心是事业的立足点。”在发明的攻坚战中，丢失了自信心这块阵地，就意味着整个战线的崩溃。所以著名科学家居里夫人告诫人们：“应该有恒心 尤其要有自信心！”

那么如何增强自信心呢？最重要的是克服自卑感。有自卑感的人最容易见到别人的长处，觉察自己的短处，并以别人之长比己之短，越比越觉得自己这也不行，那也不行，就像“放炮”后的车胎，彻底泄了气。因此，增强自信心的第一步就是要学会用一分为二的辩证观点去看待别人、估价自己。

增强自信心还得正确地认识“才能”。应该相信已被现代科学证明了的一个论点：先天赋予人的才能一般都是公平合理的，刚生下来时并无太大差异，这正如鲁迅先生精辟地阐明的：即使天才，在生下来的时候的第一声啼哭，也和平常的儿童一样，决不会是一首好诗。人的才能是后天的劳动实践中造就出来的。“人的天赋像火花，它即可以熄灭，也可以燃烧起来。而迫使它燃烧成熊熊大火的方法只有一个，就是劳动，再劳动。”（高尔基），不付出艰苦的劳动，“最大的天才尽管朝朝暮暮躺在青草地上，让微风吹来，眼望着天空，温柔的灵感也始终不光顾他。”（黑格尔），华罗庚教授说得更简单扼要：勤能补拙是良训，一分辛苦一分才。

我国著名教育家陶行知先生曾说过：“人类社会处处是创造之地，天天是创造之时，人人是创造之才。”天生我才必有用，我辈岂是无为人。在发明的征程上起步就得这般信心十足，从而正确地估价自己，增强自信心。因为发明创造是在前人未曾涉足的荒地上行进，这里经常有困难和挫折的风暴袭来。处在这种恶劣的境遇中，最忠实、最可靠的“伙伴”就是自信心。因此，任何准备搞发明的人，都不可忽视对自信心的培养和增强。

### 4. 勇气

勇气就是少有畏惧和无所畏惧的非凡气概。

搞发明一定要有勇气。因为任何发明创造都是搞人家没有搞过的东西，走人家没有走过的路。这条道路上总是荆棘丛生、坎坷不平，没有勇气和冒险精神是不敢迈步的。正如马克思所说：在科学的入口处，正像在地狱的入口处一样，必须提出这样的要求，这里必须根绝一切犹豫；这里任何怯懦都无济于事。

发明创新是富有开拓性的工作，一定要有勇气。要敢于面对失败，要敢于冲破习惯势力的阻拦，要敢于冒险去做试验。

发明创造是一项开拓性的事业，没有任何人会给你一举成功的保险，这就是说，失败是不可避免的。美国发明家富尔顿为发明轮船奋斗了 9 年 待到制成的样船试航时 无奈天公不作美，一阵狂风暴雨使它沉没海底。假如富尔顿没有“失败了再干”的勇气，他就不会花 24 小时去把机器打捞上来，更不会再去奋战 4 个春秋；当然他的名字也就不会载入

发明家的史册。

发明总是要创新。创新就要突破旧的条条框框的束缚，而保护这些旧条条框框的习惯势力是相当顽强的，没有勇气是不敢迎上前去的。英国医生琴纳在经过 36 年的试验、研究之后，终于发明了预防天花的新方法——接种牛痘。当他自费出版用心血写成的《牛痘的成因与作用》这本小册子后，招来的不是支持、赞扬，而是恶毒诽谤和造谣中伤：“以牲畜的疾病来传染人就是亵渎上帝的行为！”“你相信种牛痘的人不会长出牛角吗？”有一家报纸公开造谣说：“某人的小孩接种牛痘以后，咳嗽的声音像牛叫，而且浑身长出了牛毛。”……琴纳在写给他的朋友的信中说：“我一生从来没有遭受过像现在这样的打击，我好像乘着一只小船，快要到对岸了，却受着狂风暴雨的袭击……”如果他沒有一股异乎寻常的勇气，是难以驾驭这只小船驶往并达到光辉的彼岸的。

另外，发明总是离不开实验，而有些实验是相当危险的，甚至有生命危险。从前臂静脉插入一根导管直至心脏，在常人看来是不可思议的事情。然而德国医学家福斯曼于 1925 年在自己身上作了这项实验，发明了心脏急症新疗法——心导管诊断术。他在自体试验后写到：“由于导管抖动，导管与锁骨静脉壁相互摩擦，这时我感到锁骨后方非常热……，还有一种微弱的要咳嗽的冲动。为了在 X 线屏幕上观察导管的位置，我带着插到心脏内的导管，和护士从研究室的手术间徒步走了很长的路，爬上楼梯，到达 X 线检查室——实验证明，导管插入与拔出完全不痛，全身没有任何异样的感觉……”他进行了危险的自体试验，并得出了完全正确的结论，然而招来的却是嘲讽和非难。10 年后他发明的心导管诊断法才为世人手普遍接受。

以上三例都无可辩驳地证明：搞发明创造没有勇气是不行的。正如古人云：“不入虎穴焉得虎子？”

要培养自己的勇气就得不断克服自私心理。常言说得好：“无私者无畏。”只有不断排除那种瞻前顾后、患得患失、前怕狼后怕虎的思想状态，才能敢字当头，有勇气进行新的开拓；只有不为名、不为利，逐步树立起为科学而献身的思想，才能面对失败不气馁，不为旧的习惯势力所束缚，无所畏惧地向着自己所选定的目标奋进。

王安石说：“世之奇伟瑰怪非常之观常在于险远”。无限风光在险峰不登上险峰是无法领略那无限风光的。因此，倾心于发明创造的人们应该经常要求自己，使自己随时能鼓足勇气，必要时还要有冒险精神。

#### 5. 组织能力

组织能力是指对杂乱的局面或事物进行妥善安排，合理调配的指挥运筹能力。

随着科学技术的飞速发展，创新课题越来越复合化、综合化、复杂化，如何在现代发现创新的信息，如何对所获得的信息进行综合归纳，如何制定计划和实施，都需要高度的组织能力，既要合理安排人员，又要善于处理千头万绪的工作，运筹帷幄，提高工作效率，以便能够在激烈的竞争中保持领先水平。

### 第四节 影响创造能力的智力因素

我们要培养自己的创造能力，就应该注重上述这些非智力因素的训练，除此之外，搞

创造发明还必需具有一定的知识，知识就是力量，现代社会已经进入了知识经济的时代，没有知识必将一事无成。

智力因素是创造力充分发挥的必要条件，将影响个体对问题情景的感知、定义和再定义，以及选择问题解决的策略过程，即影响信息的输入、转译、加工和输出。

影响创造能力的智力因素包含：

### 1. 想象力

想象力就是在记忆的基础上通过思维活动，把对客观事物的描述构成形象或独立构思出新形象的能力。简而言之，想象力是人的形象思维能力，要打破习惯性思维对自己的束缚，经常进行发散性思维，甚至进行幻想，培养自己的想象力。

爱因斯坦认为：“想象力比知识更重要，因为知识是有限的，而想象力概括着世界上的一切，推动着社会的进步，并且是知识进化的源泉。严格地说，想象力是科学研究中的实在因素。”

爱因斯坦在创建相对论时，关于物体接近光速的试验，在实际上几乎是无法做出来的。他在 16 岁时就常常思索“如果有人跟着光线跑而企图抓住它会发生什么？”和“如果有人在一个自由下落的电梯里，会发生什么情形，将会产生什么呢？”等问题，他根据已有的科学原理和事实运用丰富的科学想象在“思想中”设计并完成了一系列“思想实验”，在 1905 年，26 岁的爱因斯坦提出了狭义相对论，接着于 1916 年创立了广义相对论。他通过想象和“思想实验”的科学方法创立了划时代的相对论理论。

### 2. 洞察力

洞察力指的是深入细致的观察能力。具有这种能力就可以透过现象看本质，抓住机遇，在别人不注意的事物中产生新的发现和创新。

在伦琴发现 X 射线、弗莱明发现青霉素之前，实际上已有人发现了同样的现象，但是他们对这些现象缺乏好奇心和洞察力，不去进一步研究，因而与这些发现发明失之交臂，在科技发展史上，这种与成功擦肩而过的事例不胜枚举，充分说明洞察力在创新中的重要性。

洞察力的培养要克服粗心大意、走马观花、不求甚解的不良习惯，通过长期的观察、记录、思考、再观察可以训练敏锐的洞察力。

### 3. 动手能力

创造力的最终成果是物化了的创造性思维，物化的过程就需要一定的技术和掌握一定的技能。对工程技术人员来讲，是使用设计工具进行设计，使用表达的能力和仪器设备进行检测试验的能力。对于画家，是其色彩鉴别力、视觉想象力；对从事音乐创作的人，具有一定的演奏技能、作曲技能等都是物化思维过程中不可缺少的。

动手能力包括制作、加工、试验及绘图等方面的技能。李政道博士曾经说过：动手能力是创造发明者所必备的基本素质。

爱迪生、法拉第等虽然没有到学校正规地学习，但他们非常喜爱动手做实验，改装设计制作仪器设备。由于刻苦自学、勇于实践、具有很强的动手能力，法拉第才能发现电磁感应现象，爱迪生才能在一生中产生一千多项发明专利。

我们要注意养成动手制作、修理、维护、绘制、装配各种仪器、用具、设备的习惯 培养

并增强自己的动手能力。

#### 4. 智能和知识因素

知识是创造性思维的基础，也是创造力发展的基础。文学家不掌握足够的词汇就不能写出好的作品；对于工程技术人员来说，其知识、经验是发明创造的前提，其学科基础知识、专业知识是从事工程创造发明的必要条件。知识给发明创造思维提供加工的信息，知识结构是综合新信息的奠基石。

#### 5. 创造性思维与创造技法

创造性思维与创造活动、创造力紧密相关。创造性思维的外部表现就是人们常说的创造力，创造力是物化创造性思维成果的能力，在一切创造活动领域都不可缺少，是现代创造者创造能力的最重要因素。创造技法是根据创造性思维的形式和特点，在创造实践中总结提炼出来的，使创造者进行创造发明时有规律可循、有步骤可依、有技巧可用、有方法可行，因此创造技法应是构成创造力的重要因素之一。

上述因素对创造力的形成和发展有着重要的影响，在培养学生创新能力的教学中，首先应开设有利于创新设计能力培养和相关课程，使学生有必需的知识结构，掌握基本的创造原理和常用的创新方法；其次应以知识、能力、素质培养为目标，有意识地培养学生的创新精神和能力 此外还应开展各类创新实践活动 如开展维修、装配、制作、小发明、小革新等多种形式的创新实践，不断提高创新技能。

## 第三章 创新基本原理

创新和创造是人类一种有目的的探索活动，创新原理是人们在长期创造实践活动的理论归纳，同时它也能指导人们开展新的创新实践，本章介绍的创新基本原理，可为创新设计实践提供创新思维的基本途径和理论指导。

### 第一节 综合创新原理

综合是将研究的对象的各个方面、各个部分和各种因素联系起来加以考虑，从而从整体上把握事物的本质和规律。

综合创新，是运用综合法则的创新功能去寻求新的创造。其基本模式如图 3-1 所示。

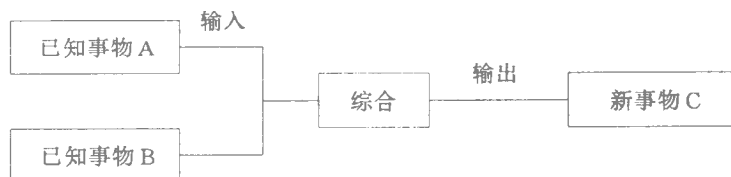


图 3-1 综合创新模式

综合不是将对象各个构成要素的简单相加，而是按其内在联系合理组合起来，使综合后的整体作用导致创造性的新发现。机械创新设计实践中，随处可发现综合创新的实例。

例如，将啮合传动与摩擦带传动技术综合而产生的同步带传动，具有传动功率较大、传动准确等优点，已得到广泛应用。

从 20 世纪 80 年代开始形成的机电一体化技术已成为现代机械产品发展的主流，“机电一体化”是机械技术与电子技术、液压、气压、光、声、热以及其他不断涌现的新技术的综合。这种综合创造的机电一体化技术比起单纯的机械技术或电子技术性能更优越，使传统的机械产品发生了质的飞跃。

普通的 X 光机和计算机都无法对人脑内部的疾病作出诊断，豪斯菲德尔将二者综合设计出了 CT 扫描仪，人们利用这种新设备解决了大量的诊断难题，取得了前所未有的成果，促使医学诊断技术产生了飞跃性的发展。

图 3-2 为一种小型车、钻、铣三功能机床。它是为适应小型企业、维修服务行业加工修配小型零件运用综合原理开发设计出来的小型多功能机床。由图可知，它的设计特点是以车床为基础综合钻铣、床主轴箱而成。

从大量的创新实践中可知，综合就是创造。

(1) 综合已有的不同科学原理可以创造出新的原理。如：牛顿综合开普勒的天体运行定理和伽利略运动定律，创建了经典力学体系。

(2) 综合已有的事实材料可以发现新规律。如：门捷列夫综合已知元素的原子属性