

思维的两重性及其向创造性思维的转化*

纪念钱学森院士《关于思维科学》发表15周年

梁桂明

(河南科技大学创造学与艺术设计研究所/齿轮研究所, 河南 洛阳 471003)

[摘要] 进入21世纪的新时代,带来与思维相关的两个特征:创新与共融。关于创新,如何激发创造性思维?成为热门的话题。从唯物辩证法的哲学的认识论和真理的相对性的高度来探索,发现任何一种思维形式(包括演绎法思维和定势-习惯思维)都具有两重性,即非创造性与创造性并存,在一定条件下,非创造性思维可以转化或激发为创造性思维,产生新知识,获得创新成果。关于共融,如何进行思维的界定和分类,有许多种说法。笔者把心理学与生理学的成果融合起来,形成两大类,即左半脑主导的理性思维和右半脑主导的悟性思维。其基本的思维形式的分类与思维的大类结合,成为两大类7种。把辩证法和共融结合,得到下列结论:理性思维与感性思维的统一,原有知识与新知识的统一,设想与验证的统一,发现与发明的统一,科学(真感)与艺术(美感)的统一。对最后一个结论,笔者以工业产品造型设计原理的探索为例加以说明。此原理在工业设计上属首次推出。

[关键词] 创造性思维;转化条件;知识的相对性;融合

[中图分类号] B80 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2003)02-0026-09

1 引言

1.1 祝酒词

笔者以万分敬佩的心情,祝贺钱学森先生度过90华诞。15年前,笔者拜读了钱老的著作《关于思维科学》。书中把思维看成科学,把直觉、想象和灵感列入思维科学,感到特别新鲜并产生共鸣。就是这种新的思维,引导笔者后半生走向坚持创新,并把创新成果转化为生产力的道路。笔者目前已有4项新型锥齿轮传动的发明专利,获得了包括两项国家奖在内的16项奖励。这些奖励,溶进了钱老创造性思维的指点和启发。

此前,由于直觉、想象和灵感思维在心理学上与唯心论挂钩,而被列为研究禁区。钱老当时发表《关于思维科学》,需要有坚持科学真理的勇气。一石激起千层浪,20世纪80年代初期,我国引进了

现代创造学,开始向创造性思维研究领域进军。在进军过程中,钱老十分关心并参与了思维科学的研究,三次发表了改进性的见解^[1,2],表明了钱老与时俱进的心态和引导作用。

1.2 迎接创新和融合时代的到来

人们说,21世纪是后工业时代、知识经济时代、信息全球网络时代、绿化时代、人体工程时代、新产品开发时代、多极共存时代……。这是从不同的角度提出来的,都有道理。但是,从总体特征和思维的视角来看,是创新和融合的时代,这是因为:

1) 横观,有一个创新的科技平台支持:当代最伟大的发明——电脑;当代最伟大的发现——人体基因。

2) 纵观,进入多学科纷纷建立、交叉与融合的时代。例如:自然科学与人文科学的交叉与融

[收稿日期] 2002-09-06; 修回日期 2002-10-25

[作者简介] 梁桂明(1929-),男,海南文昌县人,河南科技大学教授

* 本文第一稿完成于2001年10月1日

合，技术与艺术的融合，哲学的指导和从高台走下来参与学科融合，见表 1。

表 1 人类文明和社会进步经历的三个时代

Table 1 3 eras of human civilization and social progress

时代	前工业经济	工业经济	后工业经济
年代	1800 年以前	1800 年至今	21 世纪以后
经济特征	农牧业、手工业	工业、农业现代化	用知识及其高科技技术装备的产业
经济开发位置	地表面 海上层	地层 海中层	空间 海深层
多学科的关系举例： 艺术与科学关系	艺术与科技的合一 (“合”的肯定)	艺术与科技的分开 (“分”，合的否定)	艺术与科技的融合 (“融合”，合的否定的否定)

笔者试图就时代特征带来的三个方面：哲学如何指导和参与激发创造性思维；各有关学科的交叉与共融；在上述基础上结合笔者近 15 年来在齿轮创新与转化为生产力以及近 15 年来对研究生选题和工业设计专业开设“创造学”教学的体会，对创造性思维的激发，加以探索。

2 思维形式的重新分类及其层次性

2.1 思维的界定及思维形式分类

这是一个天天遇到但又不易说清楚的高级复杂问题。它涉及到哲学、心理学、生理学、创造学、发明学、逻辑学、语言学、信息学、教育学、电脑与人工智能……等学科的研究的问题。在创造学领域，大多数都以心理学的界定为基础。笔者建议心

理学应与生理学融合，分为两大类，如表 2 所示。

2.2 思维形式的分类和层次性

思维形式可分为两个层次：

1) 元层次——相当于思维的元素，过去分为 4 种，建议增加定势 - 习惯性思维、联想和美感(凑美) 3 种，共 7 种，分属于 I、II 两大类，见表 2。

2) 派生层次——元层次派生的层次，包括各种思维方法、发明技法。

2.3 创造性思维与非创造性思维及其与各种思维形式的关系

这是一个争议很大的问题，大致分为三种观点，如表 3 所示。

这三种观点到底哪个对？这是笔者探讨的重点。

表 2 思维分类 (一)

Table 2 The classification of thinkings (1)

思维形式分类	生理学	心理学	思维形式			
			原有		新增	
I (推) 理性思维	左半球功能	抽象思维	逻辑	定势 - 习惯	联想	
II (感) 悟性思维	右半球功能	形象思维	想象	直觉	灵感	美感

表 3 思维分类 (二)

Table 3 The classification of thinkings (2)

甲 ^[3]	创造性思维	悟性思维	
	非创造性思维	理性思维、定势思维	
乙 ^[4]	创造性思维	求异思维 (定势的突破)	发散思维 多向及反转思维
	非创造性思维	定势思维	收敛思维 正向思维
丙 ^[2,5]	创造性思维	悟性思维与理性思维的结合或交叉或辩证统一	

3 在哲学指导和参与下探讨创造性思维的生长点和激发条件

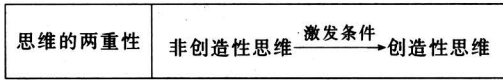
哲学是各学科的总结，它来自学科而高于学科。近 50 年来人类进化和科技进步表明：在各种哲学中以辩证法唯物论更能正确显示世界观和方法论。它对创造学有指导作用和实际参与创造的可行性。例如：

1) 思维形成的真理。可以看作人脑(物质的)对客观世界的认识从感性认识阶段上升到理性(含

悟性)认识阶段的反映与加工活动。其认识活动的成果,即真理,用知识来具体显示。

2) 相对真理与知识的条件性。由于世界是在发展的,人们认识世界是有局限性的。因此人们认识真理有相对性,反映相对真理的各种具体知识,是有条件的,随着时间的推移,相对真理逐步接近绝对真理。

3) 思维的两重性和创造性思维的生长点。创造性思维是从原有知识转化为新知识的思维过程。从原有知识转化成为新知识是有条件的。转化的条件成为创造新知识的生长点。任何思维都是非创造性思维与创造性思维的统一,在一定的激发条件下,前者可以转化为后者:



4) 唯物辩证法参与激发创造性思维的可行性(见第8章)

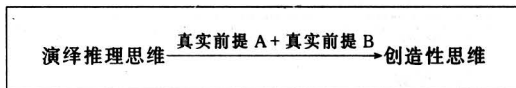
下面分别探讨理性思维与悟性思维激发为创造性思维的具体条件及实例。

4 逻辑思维转化为创造性思维的条件

在一定条件下,逻辑思维及其方法可推出新知识,即可以转化为创造性思维。

4.1 演绎法的逻辑思维转化为创造性思维的条件

4.1.1 演绎法的逻辑思维转化为创造性思维的条件之一 两个或两个以上真实的前提,经过综合的演绎推理,可能产生新的结论(新知识):



牛顿发现万有引力定律就是一个典型的例子。牛顿说,他的科学成就是站在巨人肩膀上取得的,

此话有道理。任何伟大的创新,都有去伪存真的继承性和顺潮推舟的前瞻性。牛顿发现万有引力经历20多年的努力,可分为四个阶段: a. 把行星绕恒星的轨道当作圆形轨道近似推理; b. 发明并利用流变法(微积分法)精确地按椭圆轨道推理; c. 寻找地球直径准确数据来验证; d. 发表万有引力成果。此处只介绍圆形轨道的推理:

1) 惠更斯推导出圆周运动的向心加速度

$$a = v^2/R = (2\pi R/T)^2/R = 4\pi^2 R/T^2. (1)$$

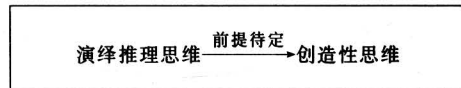
2) 开普勒发现行星公转周期 T 的定律为 $T^2 = kR^3$.

3) 力 $F = ma$ 与式(1)和式(2)联立,可推出结论:

$$F = ma = m4\pi^2 R/T^2 = 4\pi^2 mR/kR^3 = 4\pi^2/k \cdot m/R^2 \propto m/R^2. (3)$$

由式(3)可得万有引力 $F \propto m_1 m_2 / R^2$.

4.1.2 演绎法的逻辑思维转化为创造性思维的条件之二 在前提真假待条件下,经过推理,可能获得新的结论(新知识):



非欧几何的产生是一个典型的例子。新几何诞生的动力,源于第五公设(平行线公设)的证明,由于证明失败,公设成为新的公理。如表4所示。从已经发表的论文的作者来看,有匈牙利和俄罗斯的两位数学家创造了两种非欧几何。

4.2 归纳法的逻辑思维转化为创造性思维

归纳法的逻辑思维转化为创造性思维,其可能性比演绎法思维大得多,因为它是由个别推广到一般。根据取样的数量和取样代表性的内涵不同,其创造效果也不同,如表5所示。

表4 两类三种几何学

Table 4 3 kinds geometries

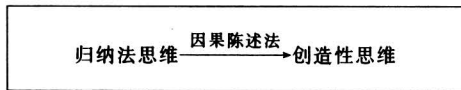
	欧氏几何学	非欧几何学	
第五公设(前提)	过直线 L 外一点 P, 能做 1 条直线 L', L' 延长与 L 不相交	过直线 L 外一点 P, 能做 0 条直线 L' 与 L 不相交	过直线 L 外一点 P, 能做 2 条以上直线 L'...L'_n, 其延长与 L 不相交
结论	推出 467 个互不矛盾的定理	各推出一套互不矛盾的定理	
图形所在曲面	平面	凸曲面	凹曲面
三角形内角和	180°	>180°	<180°
作者	欧几里德(希腊)	雅·鲍耶(匈牙利)	罗巴切夫斯基(俄罗斯)

表 5 三种归纳法

Table 5 3 kinds induction

	简单枚举法	因果陈述法	数学归纳法
取样数	取样少 (一叶知秋)	取样多 (多叶知秋)	取样全 (全落叶知秋)
创新效果	低	高	最高

归纳法的逻辑思维转化为创造性思维的条件，用因果陈述法排除其个性，即用契合法、差异法和契差法并用，实际上是采用异中求同或同中求异思维。取样越多，越有代表性，因而越好，这在发现创新上用得最多：



最有代表性的是，开普勒发现的行星绕日公转的周期 T 与此行星距太阳距离 R 的规律。他经过多年观察，计算了地球、金星、木星、火星、土星和水星 6 个行星 T 和 R 的关系，归纳出：

$$T^2 \propto R^3. \quad \text{即式(2)}$$

在其后，据此发现了海王星，足见取样多的归纳法有惊奇效果和可靠性。

4.3 类比法的逻辑思维转化为创造思维

类比法是由个别推想到另一个个别。它在上述三种形式逻辑中，是推理性最弱但可行性最大的一种思维，因此最有创意，但创意的可信性也较低。因此，这属于一种由此及彼的联想思维。为了加大创意的可信性，采取了自己比自己的方法，即模型法。取一个有可比属性的、按比例、可控的模型来研究，得出模型的规律性，此规律可认为与原型的规律十分接近。

4.3.1 类比法的逻辑思维转化为创造性思维的条件 通过联想思维，利用可比物的规律为已知关系去创新，其推理关系为：

- 1) 逻辑类型—— A 与 B 的类比推理 (A 与 B 系不同事物)；
- 2) 可比性—— A 与 B 有相同点 C (A 中有 C ， B 中有 C)；
- 3) 前提—— B 的规律性为 b ， b 为已知 (原有知识)；
- 4) 结论—— A 的规律性为 a ， $b \rightarrow a$ (新知识)。

上述结论只是设想，还要通过演绎法和实验去求证。这种创新事例是很多的，最著名的是库仑定

律的发现。库仑在探索原子中电子绕原子核以椭圆轨道旋转时，联想到牛顿天体运动中行星绕恒星旋转十分相似。后者的引力，即式 (4) 为已知，于是类比到静电荷 Q 的作用力为

$$F = kQ_1Q_2/r^2, \quad (5)$$

后经证实，称为库仑定律。

4.3.2 模型法的逻辑思维转化为创造性思维的条件 建立数理模型法。研究对象 A ，人工地制造一个仿真模型 a ，利用 a 的规律去创新。模型法推理关系为：

- 1) 逻辑类型—— A 与 a 模型推理 (a 与 A 在某些特征上很相似)；
- 2) 可比性—— a 为人工的、按比例 (在尺寸上或用量上)、可控的或可操作的物理模型或设计的数学模型；
- 3) 前提——对 a 进行测试或电脑仿真设计，得到规律性 c ；
- 4) 结论—— A 的规律性为 C ，则有 $c \rightarrow C$ (新知识)。

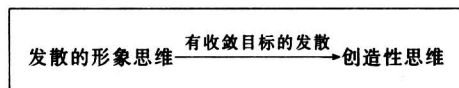
这就是科学研究最常采用的模型实验法和工程界课题常用的建模法 (CAD 数学模型法) 创新。例如“用滚刀铣内啮合齿轮”这个课题的研究，可分三步走：**a.** 建立数学模型 a ， a 用电脑辅助设计求解，得到滚刀的规律 c (结论)；**b.** 利用 c 的数据试制专用滚刀，用此滚刀试切内啮合齿轮；**c.** 如齿轮符合设计要求，则试制 (验证) 成功。滚刀就是创新成果。

5 形象思维转化为创造性思维的条件

5.1 形象思维转化为创造性思维的条件之一——

有目标的发散思路

发散性的思路就是不拘常规地向着不同的方向 (角度) 找寻解决目标的方案，但是万变不离其宗。为了实现一个目标而思考，后者又称收敛思维 (集中思维)，可称始于发散、终于收敛 (优选出有限的几种最佳方案)，其模式是：



就课题来说，是多方案优选；就问题来说，是一题多解。实施这种条件的方法有多种。就发挥群体智慧的方法来说，有著名的美国创造学创始人奥斯本的“头脑风暴法”。笔者在为大学生上创造学课时，曾分组进行一题多解的训练 (如图 1)：在

正方形 $ABCD$ 的两点 D, C 做与 DC 边夹角为 15° 的两条线相交于正方形内 E 点, 求证 $\triangle ABE$ 是正三角形。

传统的解法是一题一解, 但是通过发散思维, 将两个班 62 人分为 10 个组, 按头脑风暴法, 要求每人提出不同的解题法, 越多越好, 然后综合出 36 种不同解法, 发挥了有目标发散的作用, 大开眼界。这种求多-优选法, 在研究生课题创新上, 起了很大的推动作用。

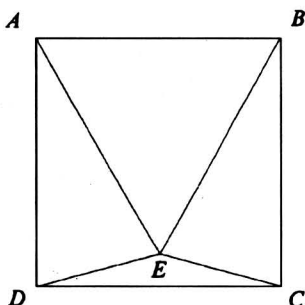
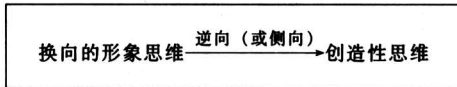


图1 一道几何题

Fig.1 A problem of geometry

5.2 形象思维转化为创造性思维的条件之二——逆向(或侧向)思路

当顺向思路解题有阻力时, 可用逆向(或侧向)思路寻求等价(或中介)的解决方案:



反过来思考的思路, 关键在逆向过程中找出等价的或中间过渡的方案。数学中的反证法也属于这种创新条件。

以笔者的“新型非零变位锥齿轮技术”的发明为例^[6], 为改进齿轮传动性能, 往往采取变位设计。它有两大大类型: 零传动(其变位系数之和为零: $x_1 + x_2 = 0$) 与非零传动 ($x_1 + x_2 \neq 0$, 含正传动 $x_1 + x_2 > 0$ 和负传动 $x_1 + x_2 < 0$)。如果采用正传动的设计方案, 它带来了高强度, 小体积的优点, 但又带来了两传动轴相交的夹角 Σ 变大的缺点(如 90° 变为 $91^\circ 06'$), 而 Σ 的改变是用户(各种车辆桥的传动)绝对不能接受的, 这已成为设计者的禁区。在各国的大学教科书中, 都有相类似的陈述^[7]: 为避免轴交角 Σ 的改变, 不用非零传动(又称角变位传动)。有没有新的出路? 能不能兼有两种传动之长处, 避免其短处的设计呢? 当时笔者采用了逆向思路:



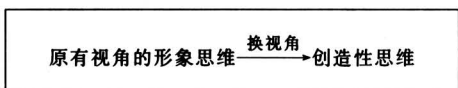
传统设计思路: 采用正传动 → 节圆变大 → 节锥角变大 → 轴交角变大; (A)

逆向设计思路: 轴交角不改变 → 节锥角不变 → 节圆不变 → 出路何在? (B)

于是提出“变什么, 使设计与正传动等效”这个深层次的创新思维, 已非逆向思维所能奏效, 需要有一种更高级的思维——辩证思维去解决(见 8.1 节)。

5.3 形象思维转化为创造性思维的条件之三——换视角思路

当按原来视角思考有难度时, 可改变一种新视角, 把问题转化为已知成果的问题或换一个等效的问题去解决, 这相当于数学题的换元法:



如前述逻辑思维用模型法条件去创新时所举的例子——开发“用新型滚刀去滚内齿轮”的工程科研课题时, 看看还有什么已知相似齿轮设计成果可以利用, 如图 2。

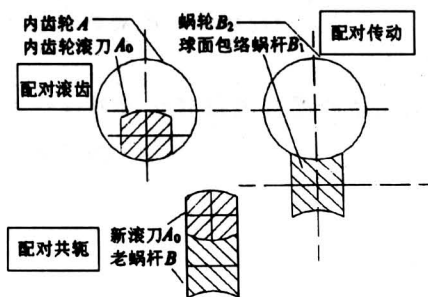


图2 滚刀的换元设计

Fig.2 Design of hob with varied element

如果新型滚刀 A_0 不与凹面的内齿轮 A 配对, 而换一个视角, 与凸面的另一蜗杆 B_1 配对, 通过联想, 很容易得知 B_1 就是很熟悉的球面包络蜗杆 B 。后者的啮合关系是已知的, 于是借用 B 与 B_1

的关系，求出 A_0 关系。

5.4 形象思维转化为创造性思维的条件之四——大胆设想加小心验证

直觉（自以为是，言之有理）+ 实验（严格证实）= 创新成果。

直觉就是不经过（严密）推理，直接认定事物的某些特性的思维。它具有不拘一格、“自以为是”地大胆设想和洞察能力。这种能力又建筑在归纳和发展某些特殊或例外现象的“言之有据”基础上。科学上许多假说，猜想都属于此列，例如：

1) 以著名的“相互作用下不守恒定律”的发现为例。1927 年美国物理学家维格纳研究基本粒子的对称性，提出了宇称守恒定律，并在分析原子光谱等核物理现象上得到证实，于是归入物理上各种守恒定律之列，看成金科玉律。但 1953 年，有人观察到某些最轻的奇异粒子的不守恒现象。三年后，美籍华人物理学家杨振宁和李政道据此提出一个大胆的假设：宇称不守恒定律。美籍华人物理学家吴健雄设计了一个十分精巧而严密的实验（置于 0.01 K 低温之下，加上 10^{-2} T 以上的磁场）证实了杨振宁、李政道设想的正确性，于是定律成立。杨振宁和李政道因此获得诺贝尔奖。

2) “哥德巴赫猜想”的证明。1742 年哥德巴赫提出，每个不小于 6 的偶数 A ，是两个奇素数 B 与 C 之和： $A = B + C$ （简称 1+1）。经历 230 年数学家前赴后继的证明，有所进展。到 1973 年，我国数学家陈景润证明了 1+2，即 $A = B + C_1 \times C_2$ 。距 1+1 只差一步，要达到 1+1 这一步，可能两种前景：a. 找出新的方法去证明 1+1；b. 找出新的方法证明猜想有误，猜想的终点到 1+2 为止。

6 定势思维转化为创造性思维的条件

人们认为定势的习惯性思维（常规思维，思维定势）没有创造性，因为它属于已有（已知）的知识去推理或指导行动。这是不确切的，因为它也有两重性，它在以下特殊条件下有创造性：原有知识适用范围的扩大；原有知识内涵的深化或充实；两种或多种不同领域原有知识的重新组合（如代替、综合、分解、模仿、变化）。三者都属于原有知识发生量变和局部质变，也可视作原有知识的拓新性，这种拓新性在科技创新上大量遇到。

定势思维转化为创造性思维的条件——扩大原

有知识的应用范围，原有知识的深化和完善：

定势的习惯思维 $\xrightarrow{\text{扩大原有知识适用范围}} \rightarrow$ 创造性思维
原有知识的深化和完善

例如：利用原有知识适用范围的扩大，探讨“神舟”号飞船的某些运行参数。1999 年 11 月 20 日 6 时 30 分，我国“神舟”一号试验飞船在酒泉卫星发射中心由长征二号 F 运载火箭发射升空，并准确地进入预定轨道；21 日凌晨 3 时 41 分准确地着陆。这则新闻轰动了校园。学生问笔者：中国飞船上天真不简单，速度有多快？绕了几圈回来？笔者答：航天是门大学问，钱老他们有发言权。不过像速度 v 和周期 T 问题，属于普通物理学的原有知识范畴，大家可以试试去推算。次日笔者向全校做了一次专题科普报告，根据惠更斯 1673 年提出的物体在半径距离为 R （地球半径为 6 731 km）以速度 v 做圆周运动时（见图 3），其向心力为

$$F_r = mv^2/R, \tag{6}$$

当向心力 F_r 加大到与地球引力 W 平衡时，此物体可脱离地球引力 W 的约束而绕地球回转：

$$W = mg, \tag{7}$$

由式 (6) = 式 (7)，可得摆脱地球引力的速度（第一宇宙速度）：

$$v = \sqrt{gR} = \sqrt{6731 \times 0.0098} \approx 7.9 \text{ km/s}, \tag{8}$$

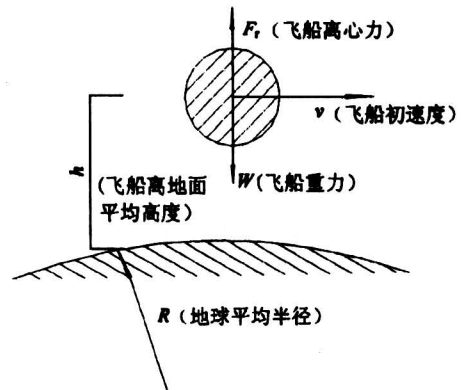


图 3 飞船绕地球运行

Fig.3 Flying-boat revolves around the earth

这里有两个近似条件：

- 1) 飞船离地球表面的平均距离 h 与地球半径 R 相比很小，可以忽略不计；
- 2) 飞船绕地球运行是椭圆轨道，这里按圆形轨道粗算。

飞船绕地球的周期为

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \times 6731}{7.9} = 5067 \text{ s} \approx 1.4 \text{ h}, (9)$$

飞船从离地到降落共 21 h, 减去升、降大致用 1 h, 实际绕地球时间约为 $t = 20 \text{ h}$, 故绕地球圈数为

$$\frac{t}{T} \approx 14. (10)$$

新华社几天后报道, “神舟”一号绕地球果然是 14 圈。式 (10) 的计算过程和结果, 已扩大了原有知识的适用范围, 用旧公式解答新范围的新问题, 应属创新。

7 美感与创造

7.1 美感的分类

美感是人们对各类美的一个主观体验和认识, 它要通过形象思维来体现。美分类如下:

1) 自然之美^[8]。自然界是一个宏观、微观和宇观三大系统组成的统一的、相互联系的、多姿多彩的世界。它体现: 对称与非对称的统一之美; 均匀性与非均匀性的统一之美; 稳定性与不稳定性的统一之美; 连续性与间断性的统一之美; 精确性与模糊性的统一之美; 可分性与不可分性的统一之美; 有序性与无序性的统一之美; 无限性与有限性的统一之美。

自然界又是一个发展与演化的日新月异的的世界。它反映: 可逆与不可逆的统一之美; 进化与异化的统一之美; 平衡与非平衡的统一之美; 守恒与不守恒的统一之美; 量变与质变的统一之美; 封闭与开放的统一之美; 扩散与收缩的统一之美; 渐变与突变的统一之美。

2) 人体之美。早在达·芬奇时代, 就发现人体的许多重要尺寸比例符合黄金分割规则, 于是“人体之美、人皆有之”。

3) 人工化环境之美。各种机器和家用产品以及各座建筑和环境设施的造型之美, 更是琳琅满目, 美不胜收。

4) 艺术之美。一切艺术作品, 无非写景、写人、写物、写情, 而景、人、物充满着美, 所以文艺作品描写的美, 是信手拈来的事。

5) 科技之美。一切科技成果, 无非是认识和改造充满着美的客观世界的结晶, 科技之美也是找之即有的事。例如以下公式、模型、造型都体现着科技美: 牛顿的万有引力公式 $F \propto m_1 m_2 / R^2$; 爱

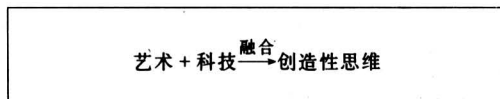
因斯坦的质能转化公式 $E = mc^2$; 人体基因的双螺旋线 DNA 模型; “神舟”号宇宙飞船的造型。

7.2 艺术与科技的交叉与融合^[9]

7.2.1 现代文化的发展趋势 人类文明和社会进步经历了三个经济发展阶段, 作为上层建筑的艺术与科技也出现合、分和交叉融合的三步曲。现在已进入艺术与科技的交叉和融合的新时代 (见表 1)。

7.2.2 艺术与科技结合的创新 艺术与科技是天生的一对伴侣, 有很大的互补性和互促性。艺术与科技的主体是人, 人脑本来就有理智的理性的左半脑与感情的悟性的右半脑为伴。许多知名的科学家爱好艺术, 并受到艺术的陶冶与启发; 不少知名的艺术家用科技的底蕴去从事创作。艺术与科学相结合产生的创新, 是一种新型的符合新时期趋势的创新。

艺术的形象思维转化为创造性思维的条件是与科技相融合:



7.3 艺术与科技的交叉科学——“工业设计”原理的探索^[10]

7.3.1 探索的程序 这里说的探索, 是因为工业 (艺术造型) 设计 (industrial design, 以 D_1 表示) 源于国外, 至今只有理念和要素的分析, 尚未见发表的理论。作为一门科学, 应有其规律性, 用理论去顺理成章。笔者尝试以创造学的方法, 去探索其原理。探索过程为: 用类比法找出已知的交叉学科的共同性 (类比对象是解析几何) → 找出工业设计的原理共性 → 建立数据模型 → 找出具体原理 (个性) → 研究其方法 (原理导出方法) → 应用。

7.3.2 交叉学科的原理应具备的特征

1) 共性特征。工业设计既是一门交叉学科, 其原理应具备与其他已知交叉学科相似的共同性, 即各交叉学科在一定的中介条件下进行综合, 融合为一体。学科交叉后, 有两种处理, 一种是仍自行其事, 没有新意; 另一种是融合, 融合后才有新意。融合后的原学科, 已是你中有我, 我中有你。

以解析几何为例。解析几何是代数与几何的交叉学科。代数是研究数的, 几何是讨论形的。数与形本来是两个概念。但是, 一经中介条件——坐标系介入后, 发生了质的变化, 使形中有数 (图形可用代数表示), 数中有形 (代数式可用图形显示)。

2) 个性特征。任何一门交叉学科，又有其自己的特征，这是自原交叉学科带来的特征。在解析几何中，几何的圆，可以代数式 $x^2 + y^2 = r^2$ 来表示。而代数的二元二次方程式 $x^2 + y^2 = r^2$ ，可用坐标中心为圆心的圆来表示。

7.3.3 工业设计总体原理的探索

1) 工业设计的总体原理。根据上述共性特征分析，工业设计是一门技术 (technology, 以 T 表示) 与艺术 (art, 以 A 表示) 和市场 (market, 以 M 表示) 为主体学科的交叉学科，当 T , A 与 M 交叉后，融合为一体，这个融合体是个可塑的空间 (plastic space, 以 S_p 表示)。这个空间由两部分分界面组成，即底层界面和外层界面。底层界面与产品结构的外层表面相配为一体，而外层表面构成了可塑的空间，见图 4。

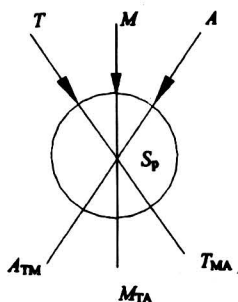


图 4 交叉学科工业设计的融合

Fig.4 The comprehension of cross-course industrial design

2) 空间的可塑性。它包含三层含义：**a.** 更新性：这个空间处于不断地更新换代（由产品的改进和换代引起）之中，以适应本身发展的需要，即创新原则。**b.** 重新组合：这个空间的造型可通过设计者的形象思维，通过图形与色彩的重新组合来塑造，即重新组合原则。**c.** 宜人性：这个空间要人体进行功能性操作，其操作不是在极限范围内强人所难，而是具有在周边的绿化环境与安全条件下尽量减少人的疲劳和厌烦，以及增加乐趣和美感的舒适性，即舒适美的宜人原则。

3) 学科交叉的中介。意在市场经济中供求双方意念的互动沟通 (market facilitation in market, 以 M_f 表示)，即供求的沟通原则，这个沟通也是工业设计赖以生存的条件和生命力所在。

4) 数学模型的表示为 $D_1 \in T \times A \times M \xrightarrow{M_f} S_p$ ，式中乘号表示 T , M , A 三个学科缺一不可，

而技术与艺术的融合，体现了科学精神的融合与共建，这也是当今世界文化演进的发展趋势；箭头右面用可塑的空间 S_p 表示工业设计最终的结晶，可用各种形式的图形和模型来显示； M_f 表示交叉学科存在的中介条件是市场经济供求双方的互动沟通。

这个模型显示出：人（供方）造物与物适人（求方）的原理；供方设计者在沟通 M 的构思下通过 T 与 A 创新，造出适用 (T)、宜人 (A) 与廉价 (M) 的新产品 (物)。

7.3.4 工业设计的五个具体原理 详见参考文献 [10]。

7.3.5 工业设计的方法 方法有层次，由原理导出：

- 1) 最高层次——创意，即以形象思维为主导的不断创新和超前创新方法；
- 2) 第二层次——构思方法，即市场经济中供求双方的沟通方法；
- 3) 第三层次——构形方法，即宜人之美的方法；
- 4) 第四层次——构图方法，即相关面、体、色和文字诸要素的重新组合方法。

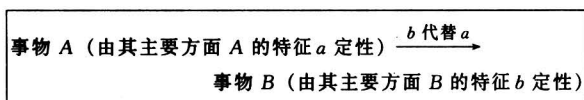
8 哲学参与创造活动

唯物辩证法不但指导创造活动（哲学高于各学科），而且还可以参与创造活动（哲学来自各学科）。

8.1 对立统一规律引出一种新的创造性思维——创造就是事物的质变

1) 事物由其内部诸矛盾所构成。其中的主要矛盾 A 与 B 共存于事物中，设 A 为主要方面，则事物的性质由 A 的特征 a 所确定，此时事物可用 A 来代表。

2) 在事物的发展过程中，矛盾中非主要方面 B 相对于 A ，发生此长彼消的变化；在一定条件下， B 可能上升到主要方面地位， A 退到非主要方面地位，此时，事物即发生质变，新事物可用 B 代表， A 变成 B ， B 的性质由其特征 b 确定：



8.2 举例

以齿轮创新为例，续上例（见 5.2 节）

1) 主要矛盾分析。任何一种齿轮都有两种圆: 加工时的圆——分度圆, 工作时的圆——节圆, 这两个圆构成了齿轮内部的主要矛盾。

2) 主要矛盾的主要方面的易位。对于传统设计思路, 节圆 a 是个变量, 引起轴交角的变化, 居于主要方面 (此时分度圆 b 不变, 居于非主要地位) (见模式 (A)); 对于新设计思路, 分度圆 b 居于主要方面, b 是个变量, 不引起轴交角的变化 (此时, 节圆不变), 分度圆 b 变化 (变小), 模式 (B) 发展为 (D):

分度圆 b 变小, 节圆 a 不变 \rightarrow 轴交角不变 (D) (D) 满足于 (C) 的要求, 即发生质变。

3) 顺理成章。(D) 是新知识, 可用演绎法, 推出一套与传统 (A) 不同的计算方法和相应技术, 发明了新型锥齿轮 (见文献 [6, 11]), 这种创新的方法, 是常规的创造性思维所不能胜任的。这里, 显出了哲学的高级参与作用。

9 结语

1) 思维构筑真理。思维是一个经常遇到又非常深奥的范畴性概念。从辩证唯物论的哲学高度来看, 可以认为: 思维是主体 (人脑) 在理性 (含悟性) 认识阶段中对客体 (世界) 的规律性 (理性) 或本质 (悟性) 的概括性反映活动。思维成果, 经过实践的验证, 可以成为真理。

2) 有条件的知识显示相对真理。相对真理, 长期存在。在一定条件下的知识, 显示相对真理。

3) 思维的分类。将心理学和生理学成果融合起来, 可以把思维分为两大类: 理性思维与悟性思维; 把思维的基本形式分为 7 种: 逻辑、定势-习惯、想象、直觉、灵感、美感和联想。

4) 思维的两面性。各种基本思维形式都有创造与否的两重性, 即两者都并存, 而且可在一定条件下相互转化。

5) 矛盾的分析 and 主要矛盾方面易位, 将引起质的变化, 产生新知识, 这是一种哲学参与创造思维活动的高级表现方式。

6) 结论。思维形式及其构筑的相对真理和相应知识的内部, 都有对立的双方形成的两重性, 这个“两重性”可理解为两方并存和在一定条件下相互转化或双方互相渗透、互补与共融, 以形成创造成果的辩证法: 非创造性思维与创造性思维的两重性; (推) 理性思维与 (感) 悟性思维的两重性; 原有知识与新知识的两重性; 设想与验证的两重性; 发明与发现的两重性; 科学 (真感) 与艺术 (美感) 的两重性。

参考文献

- [1] 钱学森. 关于思维科学[M]. 上海: 上海人民出版社, 1986. 13~27
- [2] 赵光武, 王 雯, 卢明森. 思维科学研究[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1999
- [3] 鲁克成, 罗庆生. 创造学教程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- [4] 王舜清. 反转你的头脑[M]. 台北: 海潮出版社, 2001
- [5] 杨卫平. 也论创造性思维与逻辑思维的关系[J]. 发明与革新, 2001, (12): 10~11
- [6] 梁桂明. 分度锥综合变位和为正值的曲线锥齿轮[P]. 中国专利 8476, 1990-06-20
- [7] 祝毓琥. 机械原理(下册)[M]. 第2版, 北京: 高等教育出版社, 1986. 72~23
- [8] 沈殿忠. 打开自然界奥妙的钥匙[M]. 北京: 中国青年出版社, 1987
- [9] 北京大学现代科学与哲学研究中心. 钱学森与现代科学技术[M]. 北京: 人民出版社, 2001
- [10] 梁桂明. 论工业设计的原理和方法[J]. 中国工程机械, 2002, 13(12): 1073~1076
- [11] 梁桂明. 齿轮技术的创新和发展趋势[J]. 中国工程科学, 2000, 2(3): 1~6

Duality of Thinking and Turning It Into Creative Thinking

Commemorating Publication 15th Annual of on Thinking-science
by Academician Qian Xuesen

Liang Guiming

(Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China)

(cont. on p. 74)

Application of Uncertainty Reasoning Theory to Satellite Fault Detection and Diagnosis

Yang Tianshe, Li Huaizu, Cao Yuping

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710043, China)

[**Abstract**] Generally, reasoning theory can be divided into certainty reasoning theory and uncertainty reasoning theory. Traditionally, certainty reasoning theory is used to detect and diagnose satellite faults. However, in practice, it is difficult to detect and diagnose some satellite faults automatically only by use of certainty reasoning theory. The reason is that detection and diagnosis of these faults requires reasonable reasoning and fault-tolerant capability, but certainty reasoning theory can not realize the capability. Fortunately, uncertainty reasoning theory can meet this requirement. Now, it is attracting attention of many researchers and practitioners in the space field all over the world that uncertainty reasoning theory is applied to detect and diagnose the satellite faults which can not be handled properly by certainty reasoning theory. Uncertainty reasoning theory includes several kinds of theories, such as inclusion degree theory, rough set theory, evidence reasoning theory, probabilistic reasoning theory, fuzzy reasoning theory, and so on. This paper introduces three new methods to detect and diagnose the satellite faults, in which inclusion degree theory, rough set theory and evidence reasoning theory of the uncertainty reasoning theory are used respectively.

[**Key words**] satellite; fault; detection; diagnosis; uncertainty reasoning theory

(cont. from p. 34)

[**Abstract**] Entering the era of 21st century, there are two characteristics bearing on thinking—innovation and comprehension. As to innovation, how to exite creative-thinking is a warm problem. From the high level of philosophy—epistemology and relative-truth of materialist-dialectics, this paper shows that there is the duality of every form of thinking including the thinking of deduction and that of socalled fixed-accustoming. There is an existence of both non-creative thinking and creative thinking and under certain conditions non-creative thinking may be turn into creative thinking which can make new knowledge and innovative achievements. As to comprehension, there are many different opinions on how to define and classify thinkings. By combining physiology and psychology, this paper divides thinkings into 2 parts and 7 basic forms. Connecting dialectics with comprehension, the conclusions of this paper are shown: the duality of non-creative thinking and creative thinking, the duality of reasoning thinking and understanding thinking, the duality of original knowledge and new knowledge, the duality of idea and test-verification, the duality of discovery and invention, the duality of science (sense of truth) and art (sense of beauty). The last conclusion is expressed as an example of seeking the theory of a cross-course —industrial design, the main contents of which are technology, art and market. This theory of ID is the first advance in ID.

[**Key words**] creative thinking; turn-condition; relativity of knowledge; comprehension