



引用格式:杨俊峰. 基于 TRIZ 的钧瓷器型和釉的演化趋势分析与案例解析[J]. 郑州轻工业学院学报(社会科学版), 2019, 20(3): 100 - 108.

中图分类号:TQ174 文献标识码:A

DOI:10.3969/j.issn.1009-3729.2019.03.014

文章编号:1009-3729(2019)03-0100-09

基于 TRIZ 的钧瓷器型和釉的演化趋势分析与案例解析

Evolutionary trend analysis and case analysis of shape and glaze of Jun porcelain based on TRIZ

杨俊峰

YANG Junfeng

禹州市金丰钧窑, 河南 禹州 461670

关键词:

钧瓷;
器型;
分相釉;
呈色机理;
TRIZ

摘要:将 TRIZ 理论引入传统的钧窑领域,用于钧瓷技术、艺术的创新,研究发现:钧瓷在器型方面遵循着曲面化、协调化、多样化、人性化、精细化、高效化等演化趋势;在钧瓷釉色及其机理方面呈现出釉料由高集成转向简约、窑变从不可控到可控、降低成本与循环利用等发展趋势。实例分析表明:“不足”或“超额”行动是最有价值的发明原理,其次是“分割”。

[收稿日期] 2018 - 11 - 22

[作者简介] 杨俊峰(1952—),男,河南省禹州市人,中国民间文艺家协会会员,中国陶瓷协会会员,中国工笔画学会会员,河南省工艺美术大师,河南省陶瓷艺术大师,高级工艺美术师,主要研究方向:钧瓷艺术发展。

钧瓷作为宋代的五大名瓷之一,以铜化合物做着色剂,其外观色彩斑斓,湖光山色、云霞雾霭、花鸟虫鱼等变化丰富多彩,釉色莹润,五彩缤纷,可谓“入窑一色,出窑万彩”,在中国陶瓷界占据重要地位。中华人民共和国成立后,特别是改革开放以来,钧瓷业获得了长足发展,窑口星罗棋布,新品叠出,多次入选国礼,成为中国走向世界的名片。

钧瓷以型为体、以釉色为魂;型为釉的形成和釉色的充分展现提供了载体和基础;釉因型而生,并为形进行美化与包装。两者不可分割、相得益彰,堪称佳偶天成。但长期以来,钧瓷的创新发展依赖于传统的形象思维的创造,这在钧瓷器型的创作中表现得尤其明显。目前钧瓷行业在产品创作与生产经营等方面不容乐观。由于墨守成规、裹足不前,产品造型虽然从品种、类别的数量上已经颇为可观,但创新器型主要集中在行业内规模较大的企业,大部分企业因为规模小,无力负担昂贵的开发费用,以致传统器型泛滥,仿制现象屡禁不止,由此引发的价格战造成钧瓷市场的混乱,也影响了钧瓷的形象及其未来发展。钧瓷釉的创新发展依然是基于传统的“试错法”,对烧制过程中钧瓷釉的呈色规律探讨不够、研究不透,也限制了钧瓷釉的发展。由此可见,钧瓷的创新发展亟待新的理论、新的方法、新的思维来引领。TRIZ(萃思,俄文 Teorijz Rezhenija Izobretatel' skich Zadach 的缩写)是研究发明创新规律的理论与方法,被誉为“科技界的圣经”,成功揭示了创造发明的内在规律和原理,有助于快速确认和解决系统存在的矛盾,从而助推发明创新。TRIZ 已在机械、管理等领域得到了广泛应用,正在向微电子和广告设计^[1-2]等领域扩展,但其与钧瓷相关领域的结合研究尚属空白。鉴于此,本文拟

将 TRIZ 引入钧瓷的创新研究之中,用 TRIZ 理论去分析解决钧瓷行业面临的创新问题,以期对钧瓷的发展提供一种新思路。

一、TRIZ 理论与方法简介

TRIZ 传统的研究与应用主要集中在工程设计领域。经过多年的发展,TRIZ 理论的运用不断扩展。目前,国内外众多学者正在挖掘其应用潜力。与传统靠形象思维解决问题的方法相比,TRIZ 的主要特点在于,它是基于工程技术的发展规律来探讨解决创新问题的。TRIZ 理论认为,技术系统的发展有其自身的规律和模式,是可以预测的。这种以逻辑思维为主要思维方式,采用系统化方法,通过给定问题解的约束边界,继而开展定向搜索,不断缩小搜索空间,直到寻找到创新问题的最优解的求解过程,叫“技术预测”。传统创造性思维方法与 TRIZ 的求解模式的对比如图 1 所示。

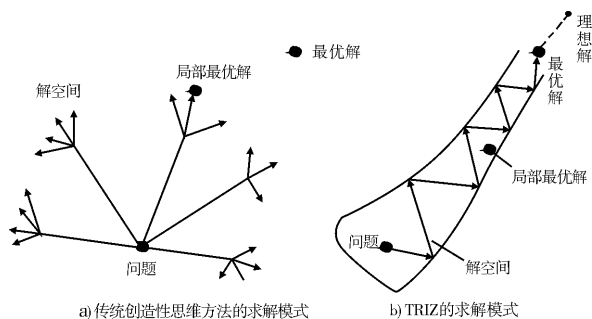


图 1 传统创造性思维方法与 TRIZ 的求解模式对比

技术进化理论是 TRIZ 的核心理论之一,其主要观点是发现并确认了技术系统在结构上的进化趋势,即技术系统进化模式与技术进化路线。该理论不仅能预测技术的发展方向,而且还能展现用预测技术实现产品的可能状态,对于产品创新具有指导作用。TRIZ 的技术进化理论的研究结果有多个版本,本文只列出 A.

Zusman 等的直接进化理论(DE, Directed Evaluation 的缩写),该理论有如下 8 种进化模式^[3]:

模式一:技术系统的 S 曲线进化法则。技术系统的成长一般经历婴儿期、成长期、成熟期、衰退期四个阶段。

模式二:提高理想度法则。

模式三:子系统的不均衡进化法则。

模式四:动态性和可控性进化法则。

模式五:增加集成度再进行化简的法则。

模式六:子系统协调进化法则。

模式七:向微观级和增加场应用的进化法则。

模式八:减少人工介入的进化法则。

冲突就是辩证法中所指的矛盾,TRIZ 获得创新解的过程就是解决设计中工程冲突的过程。工程冲突分为技术冲突、物理冲突和管理冲突三类,传统 TRIZ 主要解决前两种冲突,对于管理冲突目前才逐渐开始对其进行研究探讨。

技术冲突是指系统在一个方面得到改进时却削弱了另一方面的期望。一般表现为两个子系统的冲突,即在一个子系统中引入或增大有益功能或者减小有害功能的影响,均会导致另一子系统或整个系统的恶化。

TRIZ 解决技术冲突的工具是冲突矩阵,而构成冲突矩阵的主要内容是 TRIZ 的两大理论成果:发明原理和通用工程参数^[3]。其中,发明原理是 Altshuller 通过对大量的专利进行深入研究而总结出的 40 个发明原理(见表 1)。通过运用发明原理,可大幅提高发明效率,使看似不可能解决的问题获得突破性解决。TRIZ 总结的 39 个通用工程参数(见表 2)是一些物理、几何和技术性能参数。在问题的定义、分析过程中,常选择 39 个工程参数中合适的参数来表

表 1 40 个发明原理

序号	名称	序号	名称
1	分割	21	紧急行动
2	抽取	22	变害为利
3	局部质量	23	反馈
4	非对称	24	中介勿
5	合并	25	自服务
6	普遍性	26	复制
7	嵌套	27	一次性用品
8	配重	28	机械系统的替代
9	预先反作用	29	气体与液压结构
10	预先作用	30	柔性外壳或薄膜
11	预先应急措施	31	多孔材料
12	等势原则	32	改变颜色
13	逆向思维	33	同质性
14	曲面化	34	抛弃与再生
15	动态化	35	物理/化学状态转变
16	不足或超额行动	36	相变
17	一维变多维	37	热膨胀
18	机械振动	38	加速氧化
19	周期性动作	39	惰性环境
20	有效作用的连续性	40	复合材料

表 2 39 个通用工程参数

序号	名称	序号	名称
1	运动物体的重量	21	功率
2	静止物体的重量	22	能量损失
3	运动物体的长度	23	物质损失
4	静止物体的长度	24	信息损失
5	运动物体的面积	25	时间损失
6	静止物体的面积	26	物质或事物的数量
7	运动物体的体积	27	可靠性
8	静止物体的体积	28	测试精度
9	速度	29	制造精度
10	力	30	物体外部有害因素的敏感性
11	应力或压力	31	物体产生的有害因素
12	形状	32	可制造性
13	结构的稳定性	33	可操作性
14	强度	34	可维护性
15	运动物体作用时间	35	适应性或多用性
16	静止物体作用时间	36	装置的复杂性
17	温度	37	监控与测试的困难程度
18	光照强度	38	自动化程度
19	运动物体的能量	39	生产率
20	静止物体的能量		

述系统的性能,将一个普通、具体的问题用 TRIZ 的通用语言表述出来,其目的是将技术系统的性能用参数的形式来表述,用参数的变化来度量技术系统性能的改变,为构建冲突矩阵做好铺垫。冲突矩阵中的第一行和第一列分别代表需要改进的 39 个技术参数和日益恶化的 39 个技术参数,而在行与列的交叉处表面构成的是技术冲突和推荐的发明原理序列号。

物理冲突是产品设计中某一部分同时表现出的两种相反状态。例如,在机械设计中,如果想增加一个零件的强度就会增加该零件的尺寸或质量,而尺寸与质量的增加往往又是设计者不希望出现的,这就是设计中的物理冲突。分离原理是解决物理冲突的发明原理,其主要内容可概括为空间分离、时间分离、基于条件的分离、整体与部分分离四个部分。

钧瓷作为商品,需要不断推出满足市场需求的新产品来吸引新顾客、留住老顾客。因此,利用有限的资源来快速实现产品的创新设计,已成为钧瓷企业成功乃至生存的关键。产品设计是从市场需求开始到求得产品详细理解的求解过程。对于产品设计过程来说,从设计任务角度出发,可以把它分为需求获取、产品规划、概念设计、技术设计和详细设计五个环节。在这五个环节中,产品的概念设计是最重要、最复杂,同时又是最活跃、最富有创造性的环节。因此,产品的概念设计环节是产品创新性的关键环节。概念设计中传统的创新方法主要有两种:一是头脑风暴法。头脑风暴法分为两步,即想法的产生和想法的过滤。二是试错法。作为现今应用最广泛的问题解决方法,试错法是设计人员根据已有的产品与以往的设计经验提出新的设计方案,并通过不断尝试、修改获得最终的满意解。这两种传统的靠形象思维解决问题

的设计方法的共同缺点是效率低下,所以将 TRIZ 理论引入钧瓷的创新研究,具有一定的理论和现实意义。

二、钧瓷器型和釉色的 TRIZ 演化分析

钧瓷经过一千多年的发展,历经朝代更迭与审美变换,各个时期的钧瓷均有自己鲜明的特点,但万变不离其宗。从 TRIZ 的观点来看,这样的发展过程可视为钧瓷的演化过程。

1. 钧瓷器型的演化分析

产品外形的美学功能是产品外部形态通过人们视觉感受而产生的一种心理反应。人们对于美学功能越来越高的追求与个性化需求导致产品设计形态的逐渐多样化。产品形态美已经成为产品风格和形式的核心,直接影响产品的质量 and 市场表现。设计出具有较强市场竞争力的产品已经不能仅仅依靠提高产品内部的各种技术性能,还必须设计出符合人们审美需求的产品形态。因此,研究人们审美过程中的心理特征与产品形态美的规律是十分必要的。

人们在审美过程中,由产品形态设计所显示出来的心理特征包括力感、通感、个性、联想等^[4]。其中,力感是指在产品的形态设计中注重力的表现,使形态生动、有力,给人一种扩张的气势和强烈的视觉冲击力,从而达到吸引消费者视线并激发其购买欲望的目的。形态的美学规律主要包括:①统一与变化;②对比与调和;③均齐与平衡;④节奏与韵律;⑤过渡与呼应;⑥主从与重点;⑦比例与尺度。^[4]这 7 个方面互相配合、相得益彰,共同构成了产品形态美的具体内容。

传统钧瓷器型以瓶、炉、尊、洗、盆、钵、壶等为主。中华人民共和国成立后,特别是改革开

放以来,钧瓷业步入了快速发展时期。钧瓷造型艺术在传承经典中兼收并蓄、开拓创新,既广泛吸取国内其他瓷种的表现手法,又融合西方美学理念,使得这一时期的钧瓷造型既有在传统器型上增加饰物的改良,又有人物、动物等异形件、壁挂、摆件等创新造型,大大拓宽了钧瓷器型的范围。钧瓷的器型可以分为以下三类:①日用器件及其变形,包括瓶、炉、尊、洗、盆、钵、壶及在其基础上的再创造;②人物和动物,包括拟物类、抽象夸张类造型(以韩美林大师钧瓷作品为代表);③平面类器物,如壁挂、挂盘和瓷板画。由于第一类器型占钧瓷器型中的绝大多数,因此,下面就以第一类器型作为主要分析对象。

日用器件及其变形又可以分为主体和饰物两部分,如经典造型双龙瓶(见图2),两条作为饰物的龙口咬瓶嘴,纤细的龙身搭配作为主体的瓶身,显得张力十足,有强烈的视觉冲击力。由此可见,饰物在造型中可以起到画龙点睛、锦上添花的作用。

钧瓷日用器件的主体部分可以认为是各种



图2 钧窑双龙瓶

体——长方体、圆球、圆柱、圆锥等——的变形与组合。主体部分轮廓多为曲线,柔和圆润、富于变化,体现了美感,同时也是客观制作条件的反映,比如历史上坯体的制作以手拉坯为主。当然,也有部分钧瓷创作为追求个性采用了棱角分明的造型,但烧制时候的热应力会给烧成质量带来严峻挑战。总体上说,钧瓷主体的造型多以曲面化为规则。

相比于主体,饰物的选择范围更大,也显得更为活跃。例如,钧瓷口沿部作为辅首装饰常用的龙、凤、鱼、虫等物品,旋纹瓶与某些茶具上用到的旋纹装饰、汉风尊、龙纹尊等,在器物局部不施釉处采取的是浅浮雕方法,在釉面浅色处采用的是图画与不施釉处浮雕相结合的方法。

综合钧瓷器型的分析,以人的审美与产品形态的美学规律为边界条件,并结合TRIZ的进化模式和产品外形的进化模式^[5],可总结得到钧瓷器型未来的演化趋势如下:

趋势一:曲面化。指外形设计中多采用曲线和曲面,而避免出现棱角分明的直线和平面。

趋势二:协调化。这里的“协调”既指主体与饰物尺寸上的协调,也指饰物在主体上的位置、风格和数量的协调。比如在风格上,虎头瓶的瓶身上粗下细,显得威武端庄,如果模仿双龙瓶,配以虎的轮廓造型在两边就显得太纤细,无法体现不怒自威的气势。此外,在饰物之间也要注意协调。比如,不同的饰物之间要注意风格一致,摆放位置合理,避免因为饰物的乱用或滥用而起到适得其反的作用。

趋势三:多样化。这既包括产品设计时融入不同的风格,如不同国家、不同民族的风格或者如服装、汽车等其他领域的外形风格和理念,进行的多样化设计,也包括考虑性别、年龄、职

业、性格爱好等方面因素而进行的多样化设计。

趋势四:人性化。以人为中心来设计作品,全面满足人的各方面需求。钧瓷绝大部分的功能集中在观赏性上,形体的线条配合华丽的釉色能给人带来视觉和心理上的愉悦感。但随着钧瓷中如茶具、酒具这些功能化产品的走俏,设计符合人机工程学原理和人—机关系的产品显得越来越重要。比如,考虑左撇子的使用习惯去设计作品,考虑个人饮茶与快节奏生活而设计的快客杯(见图3)等。

趋势五:精细化。作为北方瓷的代表,钧瓷具有浑厚古朴的特点,胎质较厚。但考虑人们携带时的方便以及南方窑变釉产品带来的冲击,提高工艺水平、凝练器型已成为钧瓷势不可挡的发展方向。

趋势六:高效化。器型的设计和制作,在经历了手工设计与制造的漫长、低效率过程之后,计算机辅助设计(CAD, Computer aided Design的缩写)的广泛应用,为钧瓷造型数字化和效率提升提供了一条途径。然而,应用层面提高效率是有限的。将钧瓷器型完全数字化,并建成标准化数据库以方便设计时随时调用生成概念解,将会大幅度提高工作效率。此外,如果能解决面临的若干难题,快速成型技术也将大大提升坯体的生产效率。



图3 钧窑快客杯

2. 钧瓷釉色及其机理的演化趋势

釉是覆盖在陶瓷制品表面的无色或有色的玻璃质薄层,釉层的厚度一般为 $200 \sim 800 \mu\text{m}$ 。釉层是由矿物原料(长石、石英、滑石、高岭土等)粉和特定化工原料按一定比例配制(部分原料可先制成熔块),经过研磨制成釉浆,施于坯体表面,通过煅烧而成^[6]。釉的组成及其性质,与硅酸盐玻璃类似,由近程有序、远程无序的微粒状非晶态结构组成。釉只能依附于陶瓷坯体表面而存在。在釉层中, SiO_2 和 B_2O_3 等氧化物一般被称为玻璃相的“网络形成体”。长石、方解石、滑石等低熔点矿物原料中的金属氧化物如 K_2O 、 Na_2O 、 CaO 、 MgO 等称为“网络修饰体”。此外,还要用 Al_2O_3 这种性质稳定的“网络形成剂”来控制玻璃相的形成。

钧釉属于分相釉,即在烧制时会分离成两种不同成分而又互补混溶的共存液相,其中一相以孤立液滴形式分散于另一连续相中。这种釉具有特定的化学组成,该组成中的磷含量较高,硅铝比也比其他透明釉高。宋元时期的钧釉,其连续相成分为富 SiO_2 ,孤立相成分为富 CaO 和富 MgO 。

“乳光”效果和“窑变”现象通常被认为是钧瓷釉色异彩纷呈的主要原因。乳光是指釉面具有柔和的光泽和优雅的玉质感,同时又具有不透明的乳浊状态。钧釉之所以会有乳光效果,是因为钧釉属液—液分相釉的缘故。窑变现象是指钧釉在高温下熔融流动,通过烧制过程使釉色偏离其本色而变得绚丽多彩,给人一种大自然瞬息万变的美感。

颜色是由光照而引起的人类眼睛的一种生理感觉。显色分为化学色和物理色。化学色是由色剂(色素、颜料)产生的颜色,其显色的原理是:当其原子或离子被激发后,原子核外的电

子因为能级不同会产生不同的跃迁,如果该电子跃迁所需的能量正好是可见光区域内的光子所具有的能量,就能选择性地吸收各种可见光,从而产生不同的颜色。自然界中大部分的颜色为化学色。物理色又称结构色,是由物质内部的微观结构对可见光进行选择反射、透射、散射或衍射而呈现出的颜色,不含任何着色化学元素。与化学色相比,结构色对光线的作用更为敏感,多具随角异色性或虹彩性。常见的结构色有鸟类羽翅、蛋白石、甲虫体壁表面等的色彩。一般认为,自然界的结构色来源于几种光学效应中的一种或其组合产生的结果,这些光学效应包括单层或多层薄膜的干涉效应、表面衍射光栅效应、光子晶体或体衍射光栅(具有光子带隙的材料)效应、光线的散射效应。

钧釉的呈色是结构呈色与化学呈色共同作用的结果^[7]。钧瓷釉中的微小粒子有发生瑞利散射产生蓝色的可能,较大粒子也有发生米散射形成乳浊效果的可能。钧釉中也发现了孤立液滴形成的类蛋白石结构^[8-10]和连通状液滴形成的类反金刚石结构。但通常情况下,这种结构色本身是微弱的。瓷釉中的结构色类型基本上可用分相结构色来概括,主要源于釉中的分相结构(包括液—液分相与气—液分相)。在分相结构中,气—液两相的结构色甚至比液—液两相更明显。此外,由钧釉中多层膜的干涉作用而引起的结构色也可能存在。

钧釉分相结构是由釉中对分相起促进作用和阻碍作用的两类氧化物之间的正确比率决定的,其中起关键作用的是 P_2O_5/Al_2O_3 (或 $(P_2O_5 + TiO_2)/Al_2O_3$), 低的 Al_2O_3 含量 ($< 10\%$) 和高的 SiO_2/Al_2O_3 含量 (> 12) 是获得良好窑变效果的关键因素^[11]。

以铁呈色的蓝釉和以铜呈色的红釉是钧釉

的两大代表性系列,由于这两种颜色都偏紫,称为紫蓝与紫红更合适。在这两种釉色的基础上可以变幻出许多釉色来,如月白、天青、鹦鸽绿都是从天蓝釉中变幻出来的;海棠红、茄皮紫、玫瑰紫、丁香紫都是从铜红釉衍化而来的。此外,钧瓷还可以通过不同的施釉方式或组合来创造绚丽多彩的变化。钧瓷施釉,有浸、涮、涂、喷等方式。浸就是将素坯全部置于釉浆之中,然后提出来;涮,就是把釉浆倒进素坯的容器内,在内部涮匀后再倒出来;涂,就是用毛刷等蘸上釉浆,在素坯上涂抹。

以铁呈色的蓝釉色泽的深浅与铁含量多少、骨灰量、温度高低、胎色深浅、还原气氛强弱、釉层厚薄和施釉方法等因素有关,而以铜呈色的红釉色泽的深浅则与铁、骨灰、石膏含量和温度高低等因素有关^[12]。由此可见,影响钧瓷釉色的因素是复杂的。

从总体上看,对于钧瓷釉色呈色机理的研究,经历了一个从宏观到微观,从单因素到多因素、从局部到整体的过程。作为千年传承的古老工艺,钧瓷既面临着创新与发展,也要适应快速变化的市场环境。以下几个方面将成为钧瓷釉的演化趋势或发展方向。

趋势一:釉料由高集成转向简约。古代钧窑工匠在釉中引入铜元素,创造了铜红色,相当于是增加了传统釉色的集成度,而引入更多的金属元素创造更多彩的釉色相当于进一步增加了钧釉这个系统的集成度。然而物极必反,过分引入其他元素势必会加剧钧釉的复杂程度,也将增加釉料的成本。因此,引入其他元素之后寻找相应的替代呈色,将成为钧瓷釉未来的发展方向之一。

趋势二:窑变从不可控到可控。窑变作为钧瓷生产的一大特点,使得釉色千变万化、美不

胜收。但过多地变化也限制了其应用范围,长期使其使用主要集中于观赏瓷(花盆、花瓶、摆件、寺内陈设等)之列。较高的生产成本和过于绚烂的釉色将会使其远离日用瓷(餐具、茶具等)这个广阔的市场。窑变本是一种不可控现象。但研究钧瓷釉的目的也是要找到其变化的科学规律,并加以利用。如果将这种规律控制在有限范围内且用到需要窑变的地方,将会收到物尽其用的效果。

趋势三:降低成本。钧瓷的烧制温度在 1300°C 左右。高的烧制温度背后是高的制造成本,如何降低成本将是一个永恒的主题。如果采用某种物质替代钧瓷釉中熔点高的物质,将会有效降低烧成温度,如采用 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 替代骨灰。此外,研发快速烧成釉也会大大提高钧瓷的生产效率,降低生产成本。

趋势四:循环利用。陶瓷釉用原料是不可再生资源,而众多尾矿和矿渣的堆积排放对环境会造成严重污染,如何变废为宝、用在传统陶瓷行业,将会有可观的经济、社会效益。利用铁矿渣替代传统着色剂,可制备出分相花釉和黑釉^[13-14],这为钧瓷釉料的发展提供了一条有益思路。

三、用 TRIZ 方法解决钧瓷造型设计中的冲突实例与结论

1. 钧瓷造型设计中的冲突解决实例

如前所述,在产品设计中,力感强的作品显得更加生动。例如,垂直的形体会产生一种向上的动感,更适合男性使用者。但垂直且有棱角的形体在烧制过程中容易出现变形,这一缺陷严重影响烧制钧瓷的成品率。下面我们尝试用 TRIZ 的冲突矩阵来解决这个问题。

对照 39 个工程参数来描述问题,欲改善的

参数是 35——适应性与多用性,恶化的参数是 32——可制造性。查找冲突矩阵,得到方格中推荐的发明原理序号共有 4 个,分别为 1、15、16、34。与发明原理对照,可得到详细内容,依次是:(1) 1——分割;(2) 15——动态化;(3) 16——不足或超额行动;(4) 34——抛弃与再生。

发明原理分析:(1) 1——分割,将形体进行分割,可以做成组合结构,从而减小单件烧制时的变形;(2) 15——动态化,提前进行烧制时的应力分析,动态调整烧制时的位置,防止变形过大;(3) 16——不足或超额行动,对于垂直平面,可将一边直线适度曲线化,对棱角部分可进行倒圆角处理,尽量减少烧制时的应力;(4) 34——抛弃与再生,此方案对解决问题无贡献。

综合以上分析可知,“不足”或“超额”行动是最有价值的发明原理,其次是“分割”。

2. 结论

将 TRIZ 中的进化理论和冲突解决方法引入钧瓷的器型和釉的创新研究中,得出的主要结论如下:

(1) 在对钧瓷器型的演化分析的基础上,总结得到了曲面化、协调化、多样化、人性化、精细化、高效化 6 种演化趋势;

(2) 在对钧瓷釉色及其机理的演化分析的基础上,总结得到了釉料由高集成转向简约、窑变从不可控到可控、降低成本、循环利用 4 种演化趋势;

(3) 利用 TRIZ 的冲突矩阵,实例给出了钧瓷造型设计中冲突的解决方法,得出了“不足”或“超额”行动是最有价值的解决方法的结论。

参考文献:

[1] 张东生,徐曼,袁媛. 基于 TRIZ 的管理创新方

- 法研究[J]. 科学学研究, 2005(S1):264.
- [2] 李皞. TRIZ 与文化创意产业创新人才培养[J]. 创新与创业教育, 2013(4):23.
- [3] 杨清亮. 发明是这样诞生的:TRIZ 理论全接触[M]. 北京:机械工业出版社, 2006:63-115.
- [4] 刘国余. 产品设计[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2000:23-45.
- [5] 赵瑾. 基于 TRIZ 进化理论的外形创新设计系统研究[D]. 成都:电子科技大学, 2006.
- [6] 李家驹. 陶瓷工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001:151-165.
- [7] 王芬, 杨长安, 苗建民, 等. 钧瓷釉与乳光、窑变及结构色[J]. 中国陶瓷, 2015(5):1.
- [8] 陈显求, 黄瑞福, 陈士萍, 等. 河南钧窑古瓷的结构特征及其两类物相分离的确证[J]. 硅酸盐学报, 1981(3):245.
- [9] 温昶. 钧官瓷断代和不同时期刘家门窑钧瓷的研究[D]. 郑州:郑州大学, 2010.
- [10] KINGERY W D, VANDIVER P B. Glaze structure and its interaction with light: An example of Song Dynasty Jun ware [J]. The Studio Potter, 1986(2):23.
- [11] 刘凯民. 钧窑釉的进一步研究[M]//上海硅酸盐研究所. 中国古陶瓷研究. 北京:科学出版社, 1982:239-241.
- [12] 郭强. 钧瓷釉的仿制实验[J]. 中国陶瓷, 2001(4):10.
- [13] 吴建文, 汪涛, 施佩, 等. 利用铁矿渣为着色剂制备分相花釉的研究[J]. 硅酸盐通报, 2016(5):1612.
- [14] 林莹, 王芬, 杨海波, 等. 利用铁矿渣制备黑釉的探讨[J]. 中国陶瓷, 2014(9):71.