

玻璃艺术的窑制技法

Techniques of Kiln-Formed Glass

[英] 基思·卡明斯 著

成乡 薛吕 译



中国建筑工业出版社

玻璃艺术的窑制技法

Techniques of Kiln-Formed Glass





玻璃艺术的窑制技法

Techniques of Kiln-Formed Glass

[英] 基思·卡明斯 著
成乡 薛吕 译

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2007-1226号

图书在版编目 (CIP) 数据

玻璃艺术的窑制技法 / (英) 卡明斯著; 成乡, 薛吕译.
北京: 中国建筑工业出版社, 2007
ISBN 978-7-112-09234-5

I. 玻... II. ①卡...②成...③薛... III. 玻璃熔窑-玻
璃熔制 IV. TQ171.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第052737号

Techniques of Kiln-Formed Glass/Keith Cummings
Copyright © 1997, 2001 Keith Cummings
Chinese Translation Copyright © 2007 China Architecture & Building Press

本书由英国A&C Black出版有限公司授权翻译出版

责任编辑: 董苏华 唐 旭
装帧设计: 楚 楚
责任设计: 崔兰萍
责任校对: 刘 钰 孟 楠

玻璃艺术的窑制技法

[英]基思·卡明斯 著
成乡 薛吕 译

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京嘉泰利德公司制版
北京盛通印刷股份有限公司印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 11 字数: 350千字
2007年9月第一版 2007年9月第一次印刷
定价: 98.00元
ISBN 978-7-112-09234-5

(15898)

版权所有 翻印必究
如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

目 录

写给中国读者的话	6
前言	7
第一章 玻璃语言	9
第二章 窑制玻璃技法引言	22
第三章 窑制玻璃技法的历史和发展	24
第四章 作为原材料的玻璃	38
第五章 窑制玻璃技法的原则	46
第六章 技法——惰性阶段	49
第七章 技法——弯曲阶段	52
第八章 技法——延展和熔合阶段	64
第九章 技法——流动阶段	72
第十章 技法——铸造阶段	81
第十一章 隔离物与模具	147
第十二章 窑炉、烧制周期及控制系统	153
第十三章 退火	161
健康与安全	167
结语	169
参考文献	169
供应商目录	170
注释	173
附表	175
译后记	176
译者简介	176

写给中国读者的话

自美索不达米亚平原最早发现玻璃材料以来5000年的历史中，玻璃的制作技术得到不断的发展，由于地理上的传播以及历史文明的延续，使玻璃材料在形式和功能上呈现出多样性和丰富性。

本书中文版的发行仅仅是玻璃发展史中一个小小的实例，至于玻璃艺术在当代中国的诠释以及她的具体发展，目前我们还不得而知，但相信是充满好奇的，且前景令人鼓舞。纵观历史，玻璃材料总是在具

有活力和多层次文化的背景中形成其独特的创造性表达方式，而当代的中国正处于这样的历史时期。

我非常高兴能将本书介绍给中国读者——一个新崛起的玻璃艺术中心，在未来玻璃艺术创造性的发展中，热切地期待着它的丰硕果实。

基思·卡明斯 (Keith Cummings)
英国，伍尔弗汉普顿 (Wolverhampton), 2006年

Glass making techniques have been developed continuously since the materials discovery some 5000 years ago in Mesopotamia. Its spread geographically from country to country and historically, from civilisation to civilisation has resulted in the diversity and richness of its forms and uses.

The publication of my book in China is one small example of this movement of information and ideas. Precisely how its contents will be developed and interpreted are, intriguingly, unknown; but the portents

are encouraging. Historically glass has formed its greatest creative expression in dynamic, multi-layered cultures like contemporary China.

I am delighted to think that this book will be available to a new body of students within a new centre for the further development of creative glass, and look forward greatly to the results.

Keith Cummings
Wolverhampton, 2006

前言

当我在 1978 年开始写《玻璃成形技法》一书的时候，二战后的手工艺复兴仅仅经历了一代人的努力，而且玻璃作为手工艺的一种材料刚刚开始被研究、探索，一些分散在世界各地的实践者还处于该技术的探索阶段，他们充满了好奇、热情和活力。任何关于玻璃制作秘密的信息都显得很有价值，同时人们也预期会有无尽的新技术补充，这将推动玻璃作为当代重要工艺材料不断发展。17 年后，该形势更加明朗，总而言之，胜过我们任何的想像。

一种盲动的（但也是可理解的）追新热潮无论如何也要被包括从业者、收藏家、画廊、书籍、杂志多层次的系统所代替。不仅如此，在世界范围内还有部分或完全致力于玻璃专业的本科生、研究生课程网络。实践者从资深的创始人到热切的年轻学生都尝试着以玻璃为媒介，为艺术、设计或手工艺领域作出自己的贡献。由于大量的艺术家、设计师和手工艺者的投身而引起激烈的竞争，因此艺术家的个性在一些方面显得尤为重要。成功不再靠技术方面的一步领先，需要的是更高的技术水准、专业水准以及纯熟的传统技能与创造力的结合。

在窑制玻璃技法中，可以谨慎地说我们现在已经建立了一个全程通用工序操作基本原则，像术语 *pâte-de-verre*（碎玻璃粘合）和失蜡铸造技术已经不再被神秘的乌云所笼罩。令人兴奋的是从过去的摸索和失误中大举突破出来，从透彻的理解和成熟的方法趋向技术的日益完善。

在这一时期中，通过尚存的、展示在博物馆和收藏家那里的高质量的历史实物表明：那些存在于手工艺实践者和其从事的手工艺经历之间的关系也发生了剧烈的变化。自 18 世纪、19 世纪建立博物馆和出现私人收藏以来，古代历史实物对当代实践者有着极大的魔力和激励作用，我们很难脱离历史证据去正视蒂法尼（Tiffany）、拉利克（Lalique）、韦奇伍德（Wedgwood）或加莱（Gallé）的

发展。关于窑制玻璃技法，事实上我们现在不仅仅可以理解，而且可以在绝对不降低我们对物体欣赏水平或判断能力的情况下精确地复制这些历史遗物，但这样的做法会改变我们与这些作品的关系。将亚历山大时期的马赛克碗与克劳斯·莫耶（Klaus Moje）的作品或将罗马网罩（reticelli）碗与托茨·齐尼斯基（Toots Zynsky）的作品并列放置，我们可以意识到，与这些作品 2000 年的时间间隔相比，它们在潜在哲学观和共同使用方法上的相似性令人兴奋，很受启发。这样的解说可以帮助我们建立窑制玻璃实践自传统以来的血脉关系，尤其是 20 世纪 60 年代至 70 年代，那段明显缺乏窑制玻璃实践、强烈反对传统和历史态度盛行的时期。显而易见，随着窑制玻璃制作工艺在全世界范围内的发展与传播，制作过程和制作技术成为了两个相互联系、相互作用的因素。基本上，一般的窑制工序被使用者共同分享，不断更新，并通过改进的、可变通的各种技术使个人研究更加个性化；同时，基本过程的个性化特征对于那些发展这些制作过程和技术的人来说又是独一无二的。在写这本书的研究过程中，我认识到任何一种制作工序都会因人而异，而产生的变化将与创造力语言紧密相连，艺术家的这种“签名（个性）”将深深地烙刻在其作品中。在过去的二三十年里，玻璃史学家和考古学家开始越来越多地关注玻璃作品的制作过程。的确，似乎在古代，关于窑制玻璃技术的普遍规律，不同地区和个人工作室早就存在着这样一个具有地域差异性的网络体系。千花玻璃碗是如何制作的？已经不再仅仅是一个问题，而是与其制作工序联系的、相关的、存在微妙变化的变异技术范畴的定义，至今，这些变异仍然可以追根溯源到具体的工作室甚至是个人。玻璃所拥有的不断变异的特性以及因人们创造力需要而滋生的探索，一部分在既非固态、亦非液态的矛盾行为特征提供的成形机会中得到诠释，另一部分则在其作为合成物质的自然属性中得以体现。当然，来自个人实践者

真诚的贡献是窑制玻璃技术作为一种当代手工艺材料得以不断流传的主要原因。

对于窑制玻璃工艺的未来，我有三点意见，第一，随着制作过程的不断成熟，由此创作的作品形式范围将继续得以扩展；第二，该过程中的技术会在与非玻璃材料和技术融合中不断完善，因为玻璃材料从来就没有在独立的领域中繁荣发展，玻璃的发展需要其他材料、其他技术和方法的支持，这样才能创造一个跨领域获益的状态，推动该技术的前进。

最后，有创造力的个人实践者将一如既往地推动窑制玻璃工艺的发展，他们的灵感来自玻璃独一无二的特点，同时根据个人需要，他们挑战着最棘手的问题，拓展着该

领域的界限。

三十多年前，成功的窑制玻璃技术被小心地看护，而如今艺术家通常比较开明、通融，并且有自信与他人分享自己艰难掌握的技术知识。也许是因为他们明白了其中的道理：无论技术多么的特殊，它也不可能单独存在，光靠技术是远远不够的。许多艺术家慷慨的举动令我惊讶，他们不仅贡献自己作品的图片，还提供个人工作方法的详细资料。而且，也由于大多数图片都是公开的，所以我才能得以征集到所有作品的图片以及它们特殊的制作过程。我十分感激他们所作出的贡献，而使此书显得与众不同，我也希望通过本书能让所有的窑制工作者受益。

“尽管本书只适合较小的读者群体，但他们却是最能够从中获益的人群。为了那些渴望将他们的手工创造视为自身存在价值的人们。”

——C·R·阿什比 (C.R.Ashbee)

[引自他翻译本韦努托·塞利尼 (Benvenuto Cellini) 在1888年所写的《金艺技术》一书的前言]

第一章

玻璃语言

科学家们用“第四种状态”去界定玻璃的自然特性（即不同于气态、液态和固态），为合成化合物开创了另一种范畴，其中包括玻璃和塑料，而玻璃是年代最为久远的材料。

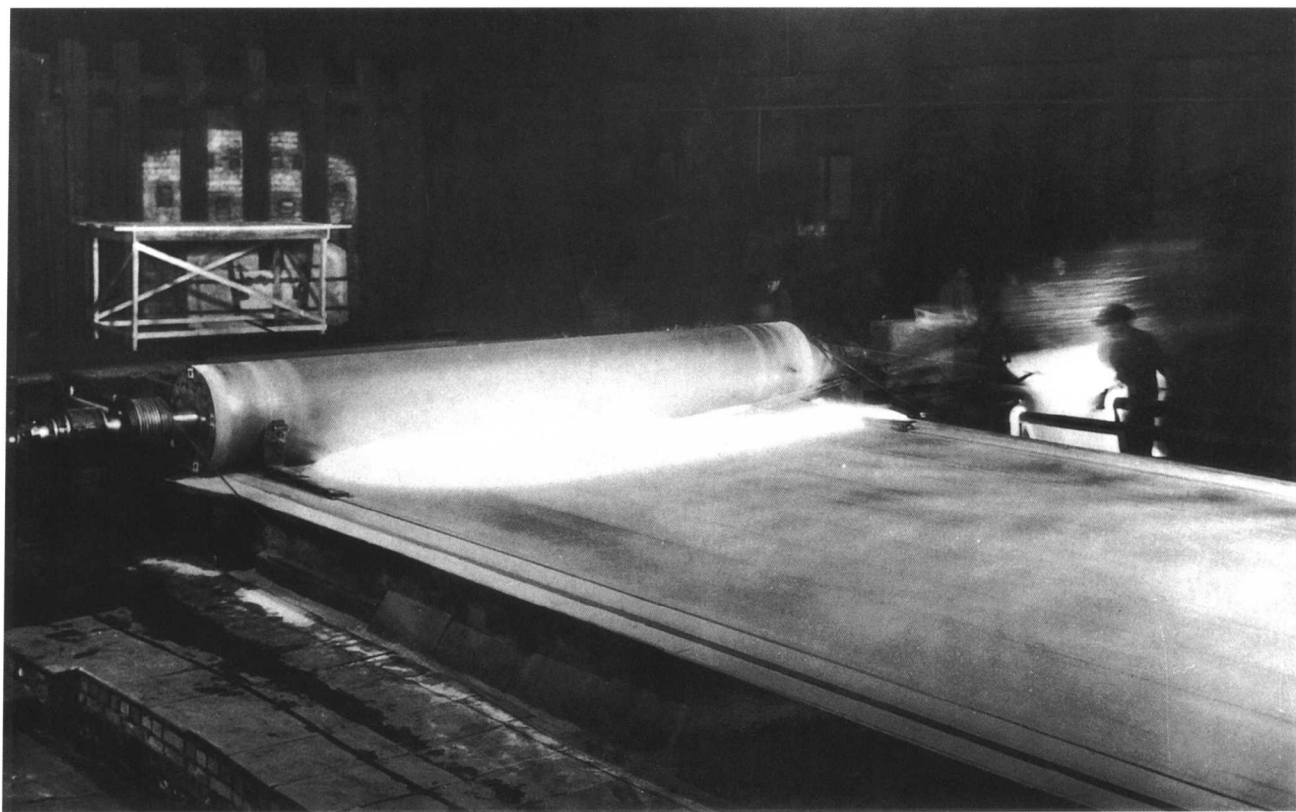
从形态上看，玻璃表现得比较特殊，尤其是在19世纪塑料发展之前，可以说是独一无二的。在分类上，玻璃具有丰富的视觉特性，与形态学上呈现的许多不同的成形机会相联系。如果不能理解这种特殊材料的性能和其行为特征，那么对玻璃历史的研究将不能很好地进行。

任何材料都不会孤立地存在，玻璃——作为一种由不同材料组成的化合物，决不是单一的，它的存在预示着尖端的工艺知识水平，同时也反映了一系列其他材料，包括金属、陶瓷的加工制作过程，而且由于玻璃能仿制其他材料，使得它的技术在发展过程中经常能够从其他材料和技术中吸收重要的养分。

尝试将玻璃放置在其广阔的历史文脉中，综合材料的特性和成形工序对它的影响，我们就更加有理由认为窑制玻璃技术仅仅是玻璃语言中的一部分。对我个人而言，有一点至关重要：窑制玻璃技术并不是对一些狭窄、不断确立的技术和步骤进行纯熟、复杂版本的简单发展。作为新材料的玻璃，早期玻璃的制作方法并不是全新的，而是在对其他如石材（宝石）、金属、陶瓷、陶瓷锦砖、釉彩等材料认识的基础上，随着制作步骤和技术的不断更新，经历了上百年的发展，逐渐形成独有的材料形式。所有的制作技术和作品都蕴涵着文化、地域信息，我们可以从中有有效地追溯玻璃发展的原始痕迹。

我们必须认识到：窑制玻璃技术是玻璃制作技法中一个重要的研究方向，但是，目前它仍属于纯艺术和应用艺术的边缘学科。这种固有的被社会忽视、排斥的趋向需要

加以预防，并且要在任何可能的情况下积极地与这种不利形势进行抗争。有三种主要途径可以应用：从材料自身出发，追溯材料的历史以及研究在美学规律推动下的使用价值。充分地了解玻璃的性能和历史可以证明以上观点，例如：液态玻璃表面与空气接触面上会产生一个表层，该特性隐藏在许多玻璃制作的标准工序背后，这些工序包括拉管成形、平板滚形及吹制玻璃。窑制玻璃技术仅仅是该庞大家族中的一员，除了了解玻璃材料以外还有必要了解其他材料，具有较宽的知识结构，这样才能有益于对各种材料进行比较、参照。同样，对创造性哲学原理以及主流艺术与设计普遍形式语言的最广阔理解，会帮助避免玻璃艺术及玻璃手工艺被主流艺术钝化，而形成自我封闭的分支。当然，玻璃艺术已在重要的艺术与设计运动中扮演了一定角色，处于核心地位，没有了蒂法尼（Tiffany）和加莱（Gallé）的新艺术运动（Art Nouveau）就如同没有拉利克（Lalique）的装饰艺术运动（Art Deco）一样不可想像。而所有的这些艺术家都研究过玻璃的历史（蒂法尼的彩虹色是从罗马和波斯人的作品中得到灵感），并且所有的艺术家都对其他艺术媒体（绘画、陶瓷及金属）有相当的认识，他们用自己的作品一直与具有创造性发展的主流艺术保持联系。同样，在世界范围内致力于专门课程的玻璃艺术教育研究机构显然是一把具有潜在力量的双刃剑。在玻璃手工艺运动的先驱们开始试验的40年后，学生们学到了许多玻璃制作技术以及相应的操作工序，而今天这些技术可以很容易地被理解并得到有效的文献记录。我们可以发现，如今与窑制玻璃技术相关的知识范围、知识深度以及所取得的成绩与几十年前相比令人惊愕，尽管这本书是要告诉人们关于窑制玻璃技术的方法，但是我觉得（也许是不可避免地经历了30多年的教学工作），除



上图 19 世纪晚期的平板玻璃生产机器，独创性的开发、利用了液态时热熔玻璃表面与空气接触的面会产生一层介质的特性，使热熔玻璃在滚轴的挤压下迅速凝固成为固态薄片。

图片由皮尔金顿（Pilkington）兄弟有限公司档案处提供

非将窑制玻璃技术的方法经常与个人艺术创作的过程以及个人艺术创作的目的相权衡，否则某些关键的部分将会丢失。阐释个人创作的目的需要对历史态度、古代先例和其固有的价值体系有正确的认识，一定程度上讲，它会影响当代意义上窑制玻璃作品的制作及认知；同时力图从玻璃的发展历史中找出高质量实物，因为这些实物本身可以为艺术家提供实现创作目的最好的依据，并通过研究这些实物解决创作过程中出现的问题。

窑制玻璃技术中的创造力

我通过对比作为典型玻璃热成形技术中的手工吹制技术和窑式制作工艺这两者的自然属性。手工操作热熔玻璃是一个连续、短暂、需要高技术的过程，与那些不连续、耗时较多、分阶段的工艺流程形成极为鲜明的反差，窑式

制作工艺流程中各个步骤是连合在一起的，专业手工操作技术并不是窑式玻璃技术的核心。如果将各步骤连合起来，那么就能够实现窑式玻璃真正独特的创造性。决策的制定，形制的产出需要多个步骤的积累而不是单一过程能够实现的，由此创造力将在过程的逐步发展中发挥作用；而且因为成形过程分为几个不同的步骤，人们就有时间反馈试验中的问题，并加以校订、调整。简而言之，制作工序将对创造方向和窑制工作者所创造的形式产生重要的作用。如果从正确的角度加以认识，窑制玻璃技术是以间接的处理方式（不像吹制技术那样可以直接与材料进行面对面的对话）来拓展蕴藏在玻璃这种反复无常材料中的局限性，这也许对建立一整套具有考虑价值、有挑战性的、出类拔萃的参考性观点具有很大的帮助。对材料的不断探索以及拓展操作过程中的局限性是二战后窑制玻璃技术发展及传播的重要特征。

事实上我坚信，窑制工艺所特有的创造性是艺术家和手工艺师将玻璃作为表达媒介并使用窑制技术的根本原因，历史上由窑制技术制作的高水平玻璃制品以及当代实践中发现的独特形制、表面肌理和颜色都反映出这一特

性。窑式工艺流程中的许多步骤就其自身而言并没有什么意义，但每一步骤却都是制作最终作品必需的环节，因此需要具有专业能力的人去彻底地研究、探索整个出炉过程。我觉得不仅现在而且在未来，这一点都会成为窑式工艺流程中的重要部分，尤其与 30 年前相比，今天人们的经验更丰富、教育更先进、文献更充足，从而必定会产生新的、更有见地的发展方向。古时，人们本能地跟随传统原则，在 19 世纪 50 年代和 60 年代，许多杰出的中年窑制工作者都是以陶艺家、雕塑家或者画家的身份开始他们的玻璃事业。如今，对那些在事业初期就采用玻璃材料，运用窑式工艺的实践者来说，在艺术和手工艺的理论中实践以及在历史中发掘、吸收养分，积累更广阔的知识背景或许是明智的选择。

文艺复兴以来，西欧文明已经与一种所谓人类发展进步论为依据的辉格党观点相结合。在此，每一个文明和时代都无情地在相应的复杂性和控制性增长过程中建构于它先前的知识和成就之上。这一发展概念事实上与当代

普遍的工艺实践尤其是玻璃制作工艺背道而驰，因为间隔 1000 年，不同时期的产品在技术控制没有精确联系、没有任何显而易见进步的情况下居然可以分享各自的技术、审美观念和价值体系。另外还存在一个不太稳定的松散的认知体系，在对材料认识的不断变换中该体系经常重新浮现，这种看似巧合的方法并不仅仅是一种偶然，它揭示了在材料发展的历史中，成就的顶峰可能随时出现在历史的

下图 “乐曲线”，软化熔合碗，48cm，克劳斯·莫耶 (Klaus Moje) 创作于 1995 年

最初的灵感来自散落在玻璃工厂角落里色彩艳丽的玻璃棒，至此克劳斯开始寻求玻璃棒特有的熔合可能性，逐步探索，用了超过 30 年的时间，不断积累了大量的成就，并且仍然能够继续表达他最初的灵感。他运用基本的玻璃棒熔合技术，达到多彩色的平面图案效果，随后软化这些平面，程序上类似于制作古罗马帝国的熔合玻璃器皿。莫耶使用金刚砂切割技术来扩展他的艺术语言，因此在制作玻璃片以及之后的软化阶段之间有额外的加工步骤，在不失去其本质特点的情况下通过切割、钻孔、重新排列等手段继续探索。作品内部的图案以及非常精致的表面都反映了他对细节和成品质量的注重，这样也确保了他的作品能处于同时期窑制玻璃艺术水平较高的位置。

图片由 Klaus Moje 提供





上图 由马赛克和多色彩玻璃棒横切面组成的图案点缀着黄色切片的大玻璃盘，在透明层之间镶嵌了不透明的白色和金色的箔，制作于公元前 200 年

这个尺寸较大的浅盘由不同的碎玻璃被十分精细地熔合在一起，形成扁平盘，而后在模具中（可能是陶瓷盘）软化成形。这样构成的盘子进一步切割出精确的边缘，然后抛光，使整个表面完美无瑕。精密复杂有节奏的玻璃块之间的熔合、软化同当代艺术家克劳斯·莫耶的作品很相似，尽管他们代表了不同的时代和文化。

图片由大英博物馆提供

任何一个时期，不需要依靠材料各方面积累性的掌控，作品的最终质量主要取决于制作者对材料的认识，通过比较以下几组作品可以说明这个问题。

将公元元年由玻璃棒熔合而成的亚历山大 (Alexandrian) 碗与克劳斯·莫耶 (Klaus Moje) 或托茨·齐尼斯基 (Toots Zynsky) 制作的碗相比较，我们能够发现，尽管它们之间有 2000 年的间隔，表面上的风格不同，但还是存在着一系列的相似点，玻璃棒熔合后形成的作品由原料的性能以及原料的可获得性决定。克劳斯·莫耶将玻璃棒沿纵向切开，后将各个小部件按照几何图形熔合在一起，由此，在他的作品中能明显地看到由金刚砂切割机切割形成的菱形图案，如果缺乏以上特点它的美学价值就无法体现出来。同样托茨·齐尼斯基的作品依靠他发明的一种特殊的装置，制作大量极细的玻璃丝，使用这样的工艺，他的作品就明显地有别于他人。



左图 真人尺寸光学玻璃雕塑，“激情不眠夜”（“The Passion of Sleepless Nights”），查尔斯·奇休米·尤哈拉（Charles Chihumy Uehara）创作于1995年

标准的失蜡铸造，这件令人惊讶的单体浇注用了大约400lb重的玻璃原料，整块的垂直造型加大了艺术家面临的问题。需要熔化50gal的蜡，而且模具外部要靠铁丝捆绑加强牢固性，铸造后退火时间长达6~10周，以确保如此大体积的玻璃能够均匀地下降至室温，拆除模子后，浇注作品最后用含氟化氢的酸清洗、研磨并抛光（见第121页）。

图片由 Charles Chihumy Uehara 提供



上图 铸造玻璃雕塑，“Spring”，36cm × 23cm × 10cm，戴维·鲁斯（David Ruth）创作于1999年

David Ruth 最初接触玻璃材料时使用吹制技术，后来他对多层浇注玻璃作品的内部空间产生了兴趣，多年后，发展到可以控制玻璃内部颜色的运动，并不断探索这一空间潜在的创造力。如他自己所说“我的创作概念是简单的，来源于想要表达的纯视觉美感，技术只是达到它的手段。”

这一技术的发展需要在铸造巨大尺寸的玻璃作品上不断试验（加入1000lb重的玻璃原料），要创作一个巨大的有内部空间的玻璃作品包括以下步骤：a) 在加热前将玻璃原料填入模具；b) 熔融状态时额外添加大量的玻璃原料；c) 玻璃铸造品冷却后进行切割、打磨等冷加工操作（见第136页）。

图片由戴维·鲁斯（David Ruth）提供

然而，当你将以上这些作品放在一起比较时，它们的相似之处就有深远的意义了。除了以上已经论述的不同之处以外，在技术上它们都运用了简单、相同的方法，即预先准备好玻璃棒，在窑中用较低的温度加热成一个下陷的平面，形成不透明的彩饰碗，尺寸小，但价值高且传达了作品的美学价值和独特的风格。

尽管在过去的30年中窑制玻璃技术有了长足的进步，可使用的技术有了增加，且许多技术包含了复杂而又纯熟的现代高科技，但是，窑制玻璃技术的基本原则却没有发生变化。早期窑制技术的目的主要是对古代技术的重新开发和发展，而如今重点已经直接转向具体的个人目的，通常转向大尺寸的物件。

一直以来，窑制玻璃技术关注的是个性化、具有明显创造力及产量有限的作品，这一点可以通过对比两件间隔



上图 铸造玻璃桌，“钥匙孔桌”（Keyhole Table）92cm，约翰·刘易斯（John Lewis）创作于1993年

艺术家对于制作过程的再次定义是创造力中不可缺少的部分，这是一个极好的例子，约翰·刘易斯（John Lewis）发展着自己个性化的玻璃铸造语言。严格地说，他的创作不能被描述成窑式铸造，但从自己最初从事吹制玻璃的经验中成长起来的方法是很有价值的个人历史。他的灵感来自玻璃铸造过程本身，而不是对传统玻璃制品的兴趣，他使玻璃的铸造过程有了进步，如：模子的设计和相关技术，玻璃原料的放置和移动，退火周期的处理和广泛的冷加工都十分独特，他的概念、设计和制作构成了完整的作品。在另一方面，他类似于18世纪早期平板玻璃制作过程中的实践先驱，以他个人的才干从一个未被感染的视角去接近铸造玻璃的真谛。

图片由 John Lewis 工作室提供



左上图 “浑沌之地” (“Provincial Chaos”), 熔合、软化作品, 托茨·齐尼斯基 (Toots Zynsky) 创作于 1995 年。独特的工艺技术和形式是艺术家经过多年发展和抉择的结果, 包括一台小型机器的设计和制造, 用于拉伸玻璃丝作为适合她创作的玻璃原材料。是反映主流艺术家创新性特点与创作方法的另一个例子, 她将自己的发展描述为理念和克服技术问题的混合体, 某些时候工艺本身确实有些令人厌烦, 但结果却使作者着迷了很长时间, 否则早在多年之前她的实践就会偏离这种创作方式。

图片由 Toots Zynsky 提供

左下图 大浅盘, 半透明的蓝绿色玻璃, 可能是意大利人的制品, 公元 1 世纪, 高 9cm, 直径 39cm

高质量、华丽的单色玻璃铸造, 外部和内部分别打磨、抛光, 与内部中央相比, 可明显看出底部的圆环偏离了中心, 这个环可能是切除注料口时留下的, 而注料口是玻璃注入的基孔, 该作品很可能是从坩锅中逐渐倾注玻璃原料铸造而成。由于大块玻璃的易碎性, 它有可能被水平固定在一个由脚操作的类似制陶车轮的中央进行必要的冷加工操作。

图片由美国纽约康宁玻璃博物馆提供

下图 浇注碗 特莎·克莱格 (Tessa Clegg) 创作于 1989 年, 直径 38cm

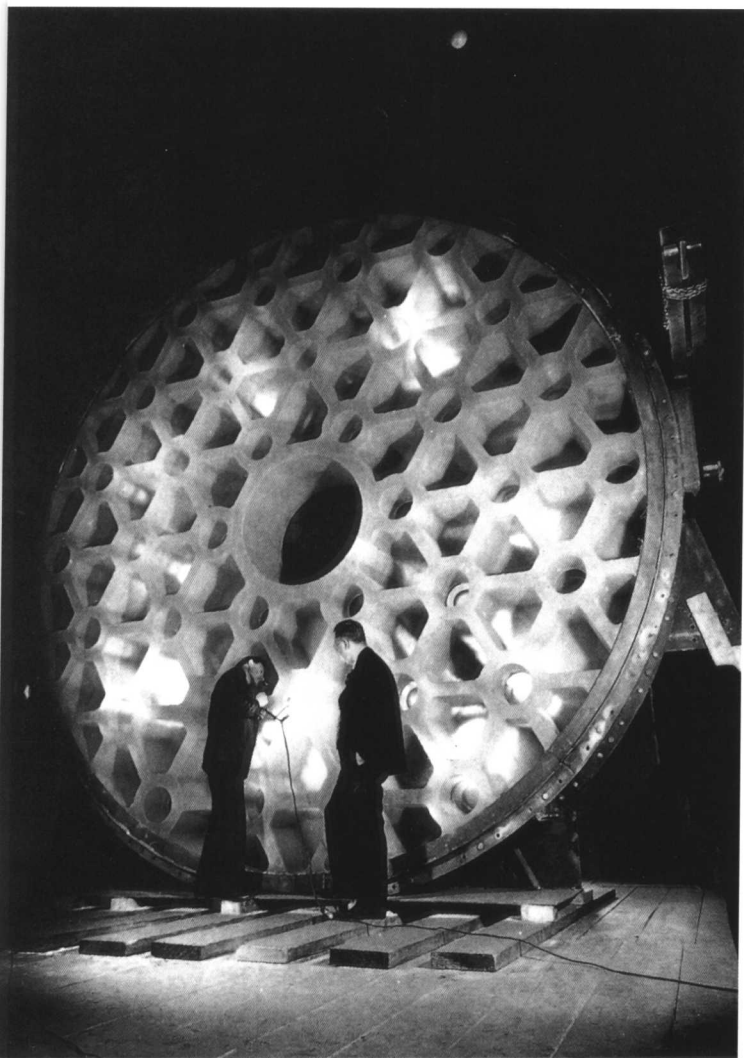
图片由克里斯·温莎 (Chris Windsor) 拍摄

2500 年的铸造作品加以说明。一件是公元前 400 年的波斯碗, 另一件是 1934 年美国加州西南部帕洛马山望远镜的反光镜面。

这两个作品都是将玻璃原料填入耐火材料模中一次性铸造而成, 且都是孤品。除了反光镜的尺寸规模巨大外 (这是历史上规模最大的玻璃铸件), 作品的操作步骤相同, 过程都比较简单。加热玻璃和模具, 直至玻璃完全填入模子的各个隙缝后迅速降温, 逐步冷却退火以释放压力 (帕洛马山望远镜的反光镜面退火历时两年多), 随后固体玻璃经冷加工形成高光洁度的表面。虽然其中的一个作品用于科学研究, 有实用价值, 而另一个则用于艺术欣赏, 但它们的制作方案都忽略了制作过程中财力、能源及时间的消耗, 并且尽管制作的原因不同, 但它们都运用当时最先进的制作技术, 力求达到玻璃制品表面的完美无暇。

比较另一对碗制品可以进一步阐明这个问题, 虽然在年代上它们的制作日期相隔超过 2000 年, 却只在风格上有一些不同。蓝色罗马碟很可能是由制陶车轮旋转修整的手工蜡模失蜡铸成, 事实证明, 这件作品由金匠铸成, 它的外形与当时珍贵的金属制作的器皿相匹配。特莎·克莱格 (Tessa Clegg) 的碗也使用失蜡技术, 在翻制橡胶模之前, 她常用其他材料做成原始模型, 然后再翻制蜡模。





这两个作品使用的技术都是在耐火材料模具中通过蒸烘或熔化的失蜡技术真空浇铸而成，与原始的失蜡技术相比，当代特莎·克莱格碗的制作中只是在窑炉的燃料和使用的温度控制器上发生了变化。这种连续性或者更精确的巧合蕴涵着潜在的原由，主要与价值和功能有关。它们都是惟一的、具有表现性的签名式作品，制作过程耗时长，它们都旨在打入高消费市场，其次还有另一种因素即材料本身的性能和语言，它们直接关系着工艺流程周期和最终的作品。

比较以下一对作品也说明上面的问题，一个是公元前2世纪制作的“金夹层碗”，另一个是由萨拉·麦克唐纳（Sara Macdonald）制作的现代“金夹层碗”，这两件

左图 200ft 直径的帕洛马山（美国加利福尼亚州西南部）望远镜盘这块重 20t 的铸造玻璃盘仍是迄今制作的最大单体玻璃，该图片显示了玻璃的厚度和全部尺寸，后部有一个较深的蜂窝状形式，减少了玻璃的重量并使退火成为可能。虽然工艺难度很大，但它使用的仍然是古代玻璃制造者所发展的基本成形方法。
图片由康宁公司档案记录馆提供

下图 1934 年帕洛马山直径为 200ft 望远镜铸造时使用的模具就我所知，是有史以来最大的玻璃模具，模具细致的蜂窝状部分是用来使质量与表面积之比下降到这个玻璃铸造物能被退火的程度，但即使这样，还是用了两年的时间进行退火。铸造时，将热玻璃用勺子舀进模具，填充并超过蜂窝状形体后成为一个平的火抛光表面。该区域经过打磨、抛光等冷加工后作为望远镜的反射镜。值得注意的是：这个区域中央部分凸起是为了在玻璃的盘中央形成孔洞。
图片由康宁公司档案记录馆提供

