

X光、翻模显微照相、相机微距拍照齐上阵 圆明园马首的秘密被“揭穿”

近日，圆明园马首铜像回归的消息引发各界关注。在国家博物馆举行的《回归之路——新中国成立70周年流失文物回归成果展》上，不少观众聚拢在展柜前，一睹其风采。

眼前的马首铜像，神态栩栩如生，毛发分毫毕现，展现出极高的工艺水准，是一件非凡的中国古代艺术品。历百年风雨而不锈蚀的马首铜像，是用什么材料铸造而成的？采用了什么样的铸造工艺？其内里还藏着哪些乾坤？记者就此采访了相关专家。

材质为含微量铅锌的红铜

马首铜像为意大利人郎世宁设计，是清代圆明园长春园西洋楼建筑群海晏堂外十二生肖兽首喷泉的主要构件之一。

为了解马首的材质、铸造工艺以及可能的用途等方面信息，根据国家文物局工作安排，北京大学考古文博学院对马首铜像利用便携式X荧光光谱仪、X光照相、可塑材料翻模显微照相、相机微

失蜡法一次铸造成型

外形如此精美的马首是如何铸造而成的呢？

有人认为，马首头部、颈部和鬃毛是分别铸造而成，然后焊接在一起的。

但X光照相结果显示，马首除了颈部前方有数个铜钉外，其他各个部位都无明显的分铸焊接痕迹。由此可见，马首系浑铸而成，其颈部、脸部以及眼睛、耳部、嘴和舌头都应为一体铸造，非常形象逼真。马首顶部的鬃毛更是纤毫毕现，下部可见一明显的铜梗及几处铜块将一部分鬃毛撑起，造成悬空效果。

“据此判断，整个马首都是使用精密铸造的方法——失蜡法一次铸造成型。”崔剑锋表示。失蜡铸造又称熔模铸造，即采用一次性可熔失的柔性材料如虫蜡、蜂蜡等，作为模型材料，可以制作出层次丰富、形象逼真的模型，再通过加热脱蜡形成型腔，在腔中浇铸铁水或铜水

技艺精湛显示器物等级高

为了研究马首脸部汗毛和顶部鬃毛的制作方式，研究人员还进行了表面翻模的显微观察，采用可塑材料对其脸部、耳部等翻模，然后在超景深显微镜下进行微痕观察。

崔剑锋介绍，对马首眼部细节翻模后，可以看出整体线条圆润，翻模下凹而非凸起，且底部呈现圆弧而非三角。这表明马首脸部的细小毛发也是铸造出来的，而非刻画形成。仔细观察，线条并不连贯，且并不十分平行，与在蜡等柔性材料上刻画效果类似，说明预先在蜡模等软性材料上进行了雕刻，然后再铸造成型。“纹饰手法千变万化，说明制模工匠的技艺精湛，显示出器物的等级颇高。”崔剑锋分析

内壁附着白色残留物

除了对马首铜像的制造材料和工艺进行细致探究外，研究人员还在马首内壁发现了一些附着物。

他们发现，马首内壁附着了不少白色残留物，形态上看可能是水垢等沉淀物。这表明该器物内壁有可能和水长期接触，使用过程中在内表面沉积了一层水垢，水垢的形成很有可能和其作为十二生肖喷泉这一使用功能密切相关。

距拍照观察等方法进行了分析检测。

参与此项研究工作的北京大学考古文博学院副教授崔剑锋介绍，成分分析结果表明，马首使用的材质为含微量铅锌的红铜。铜含量达到98%左右，铅含量为1%左右，此外还含有一定量的铁和锌。红铜的熔点达到1083℃，浇铸需在较高温度下进行，使用红铜的原因应当是为了呈现紫红色的效果。

后可以得到纹饰清晰的精致铸件，现代很多精细铸件如飞机发动机叶片等也使用熔模铸造来成型。

马脸部为一空腔，该空腔直通马嘴部，空腔后部有一不规则三角形，可与颈部联通，此孔洞边缘部位极不平整。专家推测，该孔洞可能是在铸造完成后用工具临时破开，以便水能从颈部流入嘴内。

马首唯一铜钉处位于颈部偏下处。X光照相显示，该处明显比马首其他部位厚。究其原因，崔剑锋认为有可能是因为铸造前蜡模发生错位，为防止铸后引起表面开裂，工匠用铜铜钉将蜡模开裂部分固定在一起，同时在内壁加补蜡层，使得铸后铜壁厚度增加，而表面纹饰不致被破坏。浇铸后，铜钉两端被铜水包裹，在外部无法观察到，表明铜钉应是先于铸造而被安置的。

道。

此外鬃毛为铸造而非雕刻的一个证据是翻模显微照片可以看出，在马首表面有一处1毫米的凸起割断鬃毛，这反映了在铸造之前的模具上有一个槽，铸后就是凸起。恰恰说明纹饰都是刻在蜡模上，而不是刻在器物上，因此是失蜡法的佐证。

此外，研究人员还利用单反相机的微距功能对器物内壁细节进行了拍照观察。内部观察结果再次确证马鬃毛是铸造而成，鬃毛的分层现象清晰可见，特别是出现反复打结的效果，这也表明其制模时就进行了分层烫蜡，这样铸造出的鬃毛会出现分层的立体效果，这种情况也是雕刻无法做到的。

“器物内壁残留有可能是使用留下来的沉积物，这和其功能密切相关，若对沉积物做相应的分析或可得到更确凿的证据。”崔剑锋说。

在他看来，马首铜像的回归为我国灿烂的传统失蜡铸造工艺复原提供了宝贵的实物资料，目前所做的研究和推断还较为初步，圆明园十二生肖兽首的制作工艺值得深入研究和发掘。（科技日报）



“这种增长能持续几十年” 5G来了，显示屏的春天也来了

“很多媒体都关心，显示产业发展这么快，会不会造成资源过剩？事实上，经过市场分析后我们发现，人们对显示产品的需求明年还会增长，这种增长能持续几十年。”近日，首届世界显示产业大会在合肥召开，中国科学院院士欧阳钟灿在大会上指出，5G给显示产业带来新的机遇。

超高清带来电视换机需求

今年3月，我国《超高清视频产业行动计划（2019—2022）》（以下简称《行动计划》）发布；今年6月，5G牌照发布。这一系列事件，都让显示产业未来可期。

《行动计划》中提出了“4K先行、兼顾8K”的总体技术路线；对4K电视和8K电视也提出了不同的发展目标：2022年，4K电视终端全面普及，8K电视占比要达到5%。

超高清能呈现更为立体、精细的画面，展现更多层次的颜色细节，让人产生更强烈的“在场感”。而且，竞技赛事对显示产业的带动作用不容小觑。2022年中国即将举办冬奥会，届时会进行4K/8K直播

和转播。

这一切意味着，普通消费者可能需要换电视了。

据欧阳钟灿介绍，目前中国的2K电视有2亿台，就算现有的几条显示产线同时开工，最多也只能提供4000万台电视，最多也只能提供4000万台电视，最多也只能提供4000万台电视，最多也只能提供4000万台电视。

今年7月，海信推出了叠屏电视，采用了上下两块面板的叠屏显示方案；小米、华为等企业在做智慧屏，并将其作为未来智慧家庭的控制中心……欧阳钟灿表示，太多新的技术创新正在发生，5G带给显示产业超乎想象的大变革。

折叠屏将让面板消耗成倍增长

随着5G时代的到来，消费者要换电视，也要换手机。不仅如此，越来越多地方会出现多种类型屏幕融合在一起的新型“大屏幕”。

中国电子信息产业发展研究院副院长刘文强指出，尺寸大型化和形态柔性化是当前显示市场的主要发展方向。未来，个人消费者网络流量的80%以上和行业应用流量的70%以上是视频数据，显示应用场景将向“多点开花”转变。

“5G会对显示屏产生重大影响。它能提供海量信息，消费者的观影体验将更为个性化。”TCL集团股份有限公司副总裁赵勇指出，看同样的视频内容，消费者可以选择不同视角，这也意味着，他们需要更多窗口。5G时代到来后，屏幕自然越大越好；但在使用上，当然是越便携越好。折叠，可能是最

好的解决方案。赵勇说：“能折叠了，显示屏的面积就会翻倍，未来对于面板面积的消耗，也会成倍增长。”

尽管需求真实存在，但若真要满足这些需求，技术创新仍是显示产业发展的核心动力。

刘文强认为，在技术方面，柔性、高分辨、高性价比是显示技术发展重点。随着显示技术不断演进，追求视觉效果真实性变得越发重要，消费者也更为关注显示技术与产品成本之间的平衡。他建议，显示产业要加强超高清显示面板的创新，加快超高清显示器开发和量产；突破曲面、折叠、柔性等关键技术，还要开发对比度好、显示效果优的新兴技术；并注重新兴技术的研究和储备，比如加强Micro LED等新技术的专利、标准建设。

（科技日报）