

拔 1100m 左右深处两次见到盲矿体,而这两个盲矿体的正上方均在薄膜上用 PIXE 方法检测到铜异常以及砷、铅异常,同时也发现了一些重元素的含量增高点,例如,在剖面的 1200m 埋置的薄膜上发现铀的含量较高,后来检测钻孔 3 取上来的岩芯分析结果表明,在海拔 1100m 深处,岩芯中铀的含量高达 $20\mu\text{g/g}$,比火成岩和沉积岩中铀的平均含量高约两个数量级。地气法在瑞典等 30 多个国家以及在中国均有一些成功的实例^[2]。该方法具有的揭示地层深部奥秘的非凡能力以及它所涉及的机理不能不令人关注和深思。

从本文列举的近年来出现的两个新的研究方向的评述可看出,地质科学的前沿与尖端核技术融为一体,它们所开辟的科研领域和所达到的知识深度已超过了以往任何时代,现代地质学将沿纵向和横向交叉的方向发展,核物理与地质学的衔接日益紧密,界线日益模糊,它们的交叉点往往就是学科或新方向的生长点。

[1] 梁兴中等,核技术,14-2(1991),79.

[2] 董纯藻等,科学通报, No. 16(1990)-1280.

古画颜料鉴定的新技术——显微拉曼探针

蒋毅坚

(北京工业大学应用物理系,北京 100022)

张鹏翔

(中国科学院物理研究所,北京 100080)

一幅西洋古画,特别是文艺复兴时代的名作,往往价值连城。随着时光的流逝,这些艺术珍品或多或少会出现破损,有的褪色,有的产生裂缝,还有的颜料脱落。这种现象令艺术家和文物收藏家们心忧。因而,找出一种有效的修补古画的方法已成为当务之急。

要想完好地修复古画,关键在于鉴定古画颜料的成分。只有用相同的颜料去填补裂纹或残空,才能做到牢固和逼真。古画的颜料鉴定有两个特殊要求:一是实地无损检测,不能采用取样鉴定技术;二是空间分辨率要高,因为图案色彩的细微变化与颜料颗粒成分的改变密切相关。采用色谱分析、X 射线衍射、电子显微镜、核磁共振和红外光谱等检测手段,都不能同时满足上述要求,而显微拉曼探针则能取得令人满意的效果。

当一束光照射到物体上时,光子会与物体中的声子等元激发发生非弹性散射,造成散射光的频率与入射光的频率有所不同,这种现象称为拉曼散射。各种物质的拉曼光谱都不相同,就象人的指纹一样,由于拉曼散射是以光子为

探针,具有无破坏性,同时它对样品的结构和成分极为敏感,因而成为一种特别有力的无损检测手段。1974 年,Delhaye 等人在拉曼谱仪上装备了显微镜,使入射激光通过显微镜聚焦到样品上,从而可以在不受周围物质干扰的情况下测量微米尺寸颗粒的拉曼光谱,这便是最早的显微拉曼装置^[1]。现代的显微拉曼探针是由激光光源、显微镜、双光栅分光系统、检测系统和计算机控制系统组成。显微镜有明视场和暗视场两种照明方式,一个常规显微镜所能进行的各种观察,在这种仪器的显微镜上均能进行,因而可以对样品的微区进行观察和选择。检测系统由分开的两部分组成,一部分是以光电倍增管检测,将光谱图记录和打印出来;而另一部分则有一个三级像增强器、一个电视型检测器和一个能显示显微像的目视系统。利用这种装置可以准确地获得微区样品的化学成分、晶体结构、分子间相互作用以及分子间取向等信息,因而在矿物夹杂物、环境污染物、催化剂、生物细胞、工业材料疵斑和半导体器材微结构的分析中有广泛应用^[2]。

应用显微拉曼探针,可以对古画在大面积范围内进行实地的颜料分析.其基本思路是:通过显微系统的监视,详细地测量古画各个微区的拉曼光谱,再与已知颜料的标准拉曼谱图比较,便可确定各个部位颜料的成分.

初步的颜料鉴定可以帮助估计一幅画的创作年代和识别赝品.例如,曾有人宣称找到一幅失踪多年的中世纪古画.正当艺术家和文物鉴赏家们难辨真伪时,显微拉曼的分析结果显示:这幅画中的蓝色是由一种叫普鲁士蓝的颜料画成的.而普鲁士蓝是一种人工合成颜料,其化学制备工艺极其复杂,直到1704年才由Diesbach制造出来.由此可以推断这幅画的创作年代是在1704年以后,它不过是一幅仿制品.

不久前,国际光散射专业委员会主席R. J. H. Clark教授介绍了他们对一幅古画所作的鉴定^[3].这是一幅16世纪德国的宗教画,由天使、修女、床蓬、立柱、天空和字母“R”等图案组成.通过显微拉曼光谱分析,可以确定这些图案是由何种颜料绘制的,结果如表1所示.

表1 16世纪德国古画的实地颜料鉴定

图案	颜色	颜料
天使的翅膀和脚	绿	孔雀石
修女的外衣	浅蓝	石青
修女的披肩	深蓝	石青
立柱顶部	深灰	混合物
床蓬顶部	黄、棕	雌黄、雄黄、 铅黄和铅锡黄
图边框	黑	碳
“R”字母明亮处	白	铅白

画中,修女身着浅蓝色外衣和深蓝色披肩.

从颜色上判断,它们应由不同颜料画成.但显微拉曼谱的分析结果表明,它们都是由石青这种颜料绘制成的,只不过颜料颗粒的大小不同罢了.用于深蓝色披肩上的石青由直径约 $30\mu\text{m}$ 的粗糙晶粒组成,而那些外衣上的石青晶粒的直径仅 $3\mu\text{m}$ 左右.精细的研磨会使石青颜色变浅而呈现出某种灰白色.这是因为粉末颗粒的颜色由漫反射决定,当颗粒尺寸减小时,光被反射前的平均穿透深度减小,因而颜色变浅.天使的翅膀和脚是绿色的,由孔雀石绘制.孔雀石是一种类似于石青的硫酸铜矿,只不过包含了更多的结晶水.深灰色的柱子顶部由铅白、碳、石青和少量的朱砂、红铅、铅黄与铅锡黄等颜料混合而成,这种混合可以在100倍的放大镜下显示出来.使用不同配比的红、蓝和黄色颜料的混合物已经使画家制成了一系列其他颜色,这些颜色是用其他颜料所不能得到的.

一幅画的颜料成分一旦被确定,修补起来也就不是难事.由此可以看出上面介绍的鉴定方法的先进性和实用性.随着科学与技术的发展,显微拉曼探针将在地球物理、地球化学、考古学、生物学、材料科学和工业产品质量控制方面发挥越来越重要的作用.

- [1] R. J. H. Clark, R. E. Hester *Advances in Infrared and Raman Spectroscopy*, Heyden, London, Vol. 7, (1980), 223.
- [2] 李长治, *分子光谱新技术*, 科学出版社, (1986), 24.
- [3] S. P. Best et al., *Proceedings of the XIIIth International Conference on Raman Spectroscopy*, John Wiley & Sons, (1992), 1042.

(上接第442页)

最近,瑞典Lund学院的Sune Svanberg教授领导的小组设计并研制成一个掺钛蓝宝石激光系统,能产生TW峰功率、10Hz重复率的飞秒激光脉冲,波长在760—840nm范围内可调谐^[4].

高功率脉冲是通过啁啾脉冲放大技术(再生放大和多次通过放大相结合)而获得的.先把脉冲的宽度从130fs展宽到200ps,然后让它通过再生放大器放大到8mJ能量,再通过多级线性放大器放大到超过300mJ能量,脉冲能量被放大以后,再把它压缩到160fs,每个

脉冲的能量大于180mJ.

此激光系统已经安装在Lund的一个新建的激光实验室里,将用于高次谐波产生,高密度等离子体的形成,用作硬X射线产生和X射线激光的泵源.

- [1] V. Petricevic et al., *Appl. Phys. Lett.*, **52**(1988), 1040.
- [2] A. Seas et al., *Opt. Lett.*, **16**(1991), 811.
- [3] A. Seas et al., *Opt. Lett.*, **17**(1992), 937.
- [4] *News Fronts Lasers & Optronics*, **11-8**(1992), 6.

(中央民族学院物理系 朱振和)