宝石辐照的颜色改善

李世清
(武汉大学物理系 武汉 430072)

摘 要 宝石的颜色是其最重要的物理性质之一，也是宝石学界最关切的，提高宝石档次的关键问题之一. 本文介绍了宝石致色的一些因素和作为宝石颜色改善的新方法—辐照改色的一些动态.

关键词 宝石，颜色，辐照.

引 言

宝石以其特有的性质，长期以来为人们所喜爱：不仅作为美丽的装饰品，而且成为有价值的收藏品. 由于长期大量的开采，有限的天然宝石资源在日益减少. 天然宝石材料中，绝大部分是颜色不鲜艳和档次低的材料. 在我国，高档宝石资源仅有钻石，而低档次的宝石矿，如天然蓝色刚玉和黄玉有广泛分布，但因其颜色过深或过浅或不均匀而不能作为宝石材料应用. 因此，在我国进行宝石改善研究，提高宝石(矿物)档次，是宝石学界所面临的一个重要任务.

宝石(矿物)颜色，是其最重要的物理性质之一. 千百年来，人们为了改善宝石的颜色(使之更为美丽)已付出了无数的劳动. 随着科学技术的发展，人们已将固体物理和量子化学的基本理论用于宝石颜色本质的研究. 现在，在这方面的累累硕果已体现在许多宝石的品种上. 据报导，现在重要的宝石商品中，有百分之九十以上都已经过改色处理. 由于商品竞争的原因，有关宝石改色的方法和工艺几乎都是保密的. 对于宝石改色的机理研究，目前还是不够系统和成熟.

2 宝石的颜色

许多高纯的宝石晶体，必含化学分子式表达的元素，这样的宝石通常是透明无色的，如锆石、黄玉和水晶等；但这些宝石却常常呈现出各种颜色，颜色的出现并非其化学分子式元素造成的. 这种宝石矿物，称之为他色矿物；也有些宝石矿物的颜色是由其分子式表达的某种元素所引起的，如硅孔雀石，其分子式为 $CuSiO_2 \cdot 2H_2O$，颜色为微绿蓝色是由于含 Cu 金属离子所致. 这种宝石矿物，称为自色矿物. 自色矿物很少有色彩的变更.

目前，根据对宝石致色的研究，其致色原因可归结为：分散金属离子的存在、电荷转移现象、色心和固体能带的变化等. 其中研究得最充分的是金属离子的致色. 而这些金属离子主要是原子序数由 22 至 29 的 8 种过渡元素，即钛、钒、铬、锰、铁、钴、镍和铜[1]等. 不同的金属离子、金属离子不同的价态、配位以及金属离子邻近原子的性质等，都将影响宝石的颜色.

目前，关于宝石颜色改善的方法很多，可归结为三种基本手段，即热处理改色、辐照改色和表面浸涂颜料改色等. 热处理和表面浸涂颜料改色都有很长的历史，应用得仍旧很广泛. 辐照改色则是近二十多年来发展起来的一种新方法，并已受到国内外宝石界的重视.

3 辐照改色

实践证明，利用辐照可以改善宝石的颜色. 辐照可以很容易地从原子中移去电子，改变金属离子的价态，利用辐照时高能粒子与宝

石晶格原子的能量交换，也可能损坏晶体的晶格结构，如在晶体内产生大量的点阵缺陷—空位和位移原子，形成新的色心[2]；还有人利用一定能量的金属离子打入宝石材料内，使宝石材料内掺入金属离子[3]，达到致色的目的. 不同的宝石材料，往往采用不同的辐照方法来改善颜色. 常用的辐照源有：中子、质子、高能电子、γ 射线和一定能量的金属离子等.

值得指出的是：与热处理方法一样，辐照改色并不改变宝石本身原有的物理和化学性质；例如比重、折光率、硬度和基本化学结构等，而只是改变宝石内部微量杂质的情况或在晶体内部诱生缺陷而形成色心等. 因而改色后的宝石外观上除颜色发生变化或透明度提高外，其它均无变化.

我国的天然宝石资源并不丰富，而且绝大部分是低档的. 除了发展传统的热处理和表面浸涂等改色方法外，近几年来辐照改色研究已经取得可喜的成果.

清华大学核能技术研究所用 γ 射线和中子对黄玉进行辐照改色研究[4]. 采用 ^{60}Co γ 源辐照黄玉，一般可得到天蓝色；用反应堆中子辐照使黄玉变色为伦敦蓝. 然后进行必要的热处理，使宝石颜色达到稳定状态.

北京地质研究院用 γ 辐照黄玉，使无色变为褐色，经热处理后得到美丽的浅蓝色. 用 4MeV 的电子辐照，也得到了同样的效果. 用能量大于 10MeV 的高能电子辐照黄玉，产生较深的蓝色. 中国原子能科学院、南京大学等也进行了宝石辐照改色的研究，取得了成果.

从颜色改善的效果来看，快中子辐照改色的效率最高. 应该指出，宝石经中子辐照后，可能带有残余放射性，如用反应堆中子辐照黄玉改色样品，发现产生 10 种放射性核，其中主要的有钪—46（半衰期为 85d）、钽—182（半衰期 115d）等. 辐照改色后带有放射性的宝石，要经过一定时间的"冷却"（一般要经过 10 个半衰期），一直到放射性降到限制标准以下才能进入市场. 关于辐照宝石放射性限制标准，世界各国的规定有所不同，大约在 37Bq/g 到 100Bq/g 之间.

宝石的改色处理已为世界各地消费者认可，辐照改色也得到了国内外宝石界的重视. 不同种类、不同能量和不同剂量的辐照改色手段正在实验，改色的机理也在加紧研究. 虽然目前尚不完善，但可以预料，辐照改色必将成为取得色彩鲜艳宝石的一种重要方法.

参 考 文 献

1 周国平. 宝石学，中国地质大学出版社，1989，123

2 Schmetzer K. Journal of Gemm.，1987，20(6)：208

3 Saito Y, et al. Nucl. Instr. & Meth. in Physics Research, 1991, B59/60, 1173

4 杜兴庭等. 全国宝玉石学学术交流论文，北京，1991

Colour Improvement of Gem by Irradiation

Li Shiqing

(*Physics Department of Wuhan University*, *Wuhan* 430072)

Abstract The colour of gem is one of the most important physical properties of gem. Some factors on the colouring of gem and situations of colour improvement by irradiation are introduced in this paper.

Key Words gem, colour, irradiation.