

以矿入画 流光千年

□ 文图 / 续琰祺 陈彦瑾 史洪峰

第一作者简介 续琰祺，地质矿产工程师，主要从事矿物学及地学科普研究。

霞光红、迎春黄、天霁蓝、长城灰和瑞雪白这五种颜色构成了2022年北京冬奥会和冬残奥会色彩系统中的五大主色，它们代表的中国色彩体系在北京冬奥会、冬残奥会中再一次向世界输出了中国文化。这套色彩系统的灵感源于中国传统矿物颜料色彩——朱砂、雌黄、石青、青金以及蛤灰。朱砂（辰砂）、雌黄、石青、青金等这些人们熟悉的名称，不仅仅是颜料色彩的名称，也是矿物的名称，这其中更是蕴藏着人类以矿物为原料描绘出人类文明的奥秘。

本文以具有代表性的几种矿物颜料为切入点，揭开它们的矿物学面纱，探究它们的历史典故，拓展它们的广泛用途，以此来普及矿物学知识，展示地球科学的魅力。

矿物色起源

人类以矿物为原料作画的形式由来已久，早在原始社会时期，人类祖先就懂得利用大自然馈赠的彩色泥土在身体、岩壁洞穴、

工具器物等处涂抹绘画，这可谓人类利用矿物色的起源，这种利用矿物色作画的形式一直流传至今，给漫长的人类绘画历史留下了浓墨重彩的一笔。

人类最早使用矿物色的记录可以追溯到7万年前，据《Science》发表的报告《南非布隆伯斯洞穴发现7.3万年前的抽象绘画》称，科学家发现了一块约6厘米×2厘米的小石块，石块上有交错的9根红色线条，这红色的线条来自于红褐色的赭石颜料。

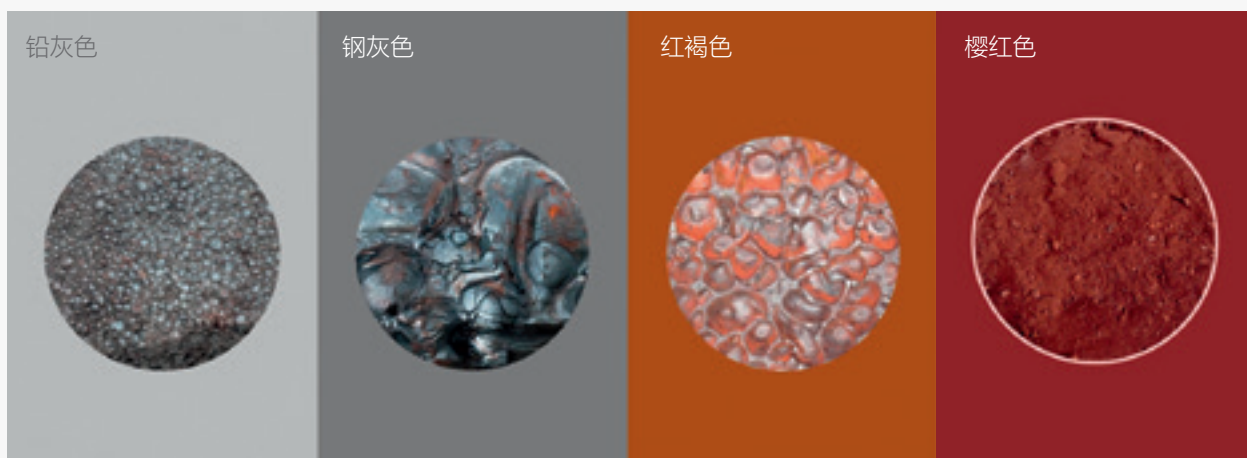
中国人用矿物作画的历史也有4万多年。据报道，2022年3月，在被誉为“东方人类的故乡”的河北泥河湾盆地内，考古学家发现了早期人类加工使用赤铁矿颜料的痕迹，这是中国乃至东亚地区目前已知最早的史前人类颜料加工与细小石器镶嵌使用的证据。

矿物色奥秘

中国画是我国传统绘画形式，其传统颜料主要有矿物颜料和植物颜料两大类。矿物颜料是人类使用最早、用时最久的绘画颜料，具有稳定、不易变色、覆盖力强、色相美丽且有光泽感等优点。我国古代遗留下的经典壁画名作如元代的永乐宫壁画、敦煌莫高窟壁画，就是运用矿物颜料作画，使之至今仍然色彩鲜艳明快、厚重富丽。

千年不腐

矿物色是怎样做到千年不腐的呢？这与矿物的形成密不可分。矿物是由地质作用或宇宙作用形成的天然单质或化合物，经过千万年漫长地质岁月的洗礼，它们的物理化



＞ 赤铁矿作为矿物标本时，会呈现出不同的颜色（左边三图），而磨成粉末以后，便会显示出特殊的樱红色（右一），这也是由赤铁矿制成的颜料赭石所呈现出的颜色

学性质已经相对稳定，经过十几道工序加工后制成的矿物颜料具有颜色鲜艳、覆盖性强、不易氧化等特点，用这些矿物颜料作画，颜色可以保持千年而不褪色。

既然矿物色千年不腐，为何敦煌壁画还会出现变色现象呢？比如有些壁画中人物的肤色变成了黑色，还有些部位出现褪色现象。其实，这些变色的颜料恰恰不是矿物颜料，如橘红色的朱丹（又称铅丹、红丹）是化学颜料，加入白色后可调成肤色，它的化学成分为四氧化三铅（ Pb_3O_4 ）在长期强光、高温、高湿度下会氧化成黑色的二氧化铅（ PbO_2 ）；还有一些部分变色则是由于使用的植物颜料经过几千年氧化而直接褪色，等等。如敦煌壁画这般的变色现象在其他地区的壁画中也有出现。

真实本色

为什么矿物颜料和我们看到的矿物晶体颜色不同呢？比如颜料赭石以赤铁矿为原料，赤铁矿标本多呈铅灰色、钢灰色、红褐色，但颜料赭石却是统一的红褐色。

这是因为矿物制作颜料时必须先研磨成粉，粉末的颜色在矿物学中又叫作条痕，条痕可以消除或

减弱杂质等外界致色因素的影响，使矿物呈现出最真实的本色，具有鉴定意义。

矿物色 知多少

古人常用“丹青”来比作绘画，用“妙手丹青”来比喻绘画技艺高超的人，这里的“丹青”是指绘画用的颜料朱砂和石青，它们分别由矿物辰砂和矿物蓝铜矿制成。像这样将矿物的美术用途引申为典故的例子不胜枚举，如朱砂点绛、信口雌黄、赭衣塞路、涅而不缁，等等。下面选择了红、黄、蓝、灰、白五种具有代表性的冬奥色及其原料矿物进行科学、典故及用途等方面的介绍。

红——朱砂

冬奥色霞光红的灵感来源于朱砂。中国人对红色有着特殊情怀，其寓意红红火火，象征着喜庆与节庆。我们常说的中国红最早便来自颜料朱砂。朱砂色如其名，猩红艳丽、华而不俗。它同石青、石绿都是矿物色中的主要代表，极具东方特色。朱砂由矿物辰砂制成，成分为硫化汞（ HgS ），有毒性，古时除用作红色颜料和提炼水银（汞）的原料外，

还是古代汉方的药用矿物之一。

据记载，我国使用朱砂的历史逾 6 000 年，在新石器时代河姆渡文化遗址中曾出土一件国宝级文物——木胎朱漆碗，在碗身斑驳的红色涂料中就鉴定出了朱砂的痕迹。

《释名·释首饰》中记载：“唇脂，以丹作之，象唇赤也。”此“丹”便是朱砂，这句话很直观地说明了朱砂是汉代美人们的唇妆用品，古诗词中常见的“点绛唇”亦是如此，如“白雪凝琼貌，明珠点绛唇”。朱砂点绛在美术史上也有体现，在湖南长沙楚墓出土的距今 2 300 年前战国时期的帛画中，人物的唇上与衣袖上施点的朱色便是朱砂。

“丹”还见于“炼丹”“丹炉”，丹药之“丹”是取其添加朱砂后的色泽。朱砂是古代道教仙术中提炼灵丹妙药必不可少的材料，而朱砂具有毒性，使用时必须慎之又慎。

黄——雌黄

冬奥色迎春黄灵感源自雌黄，雌黄既是矿物名也是颜料名，成分为三硫化二砷（ As_2S_3 ），条痕鲜

雄黄也是一种古代颜料，提炼自矿物雄黄，这种矿物有着与雌黄相似的成分——硫化砷（ As_4S_4 ），用途也同雌黄相似，是提炼砷的主要矿石之一。作为传统的颜料矿物，雄黄制作出的颜料呈现出娇艳的橘红色，无论在东方还是西方，都曾长期用于绘画，在距今 3 300 年左右的火烧沟遗址出土的颜料中发现了雄黄、雌黄以及其他化合物。

黄色，从矿石开采出来的雌黄有着仿若云母般的质软、易碎、片状晶体，因而有“四两雌黄，千层金片”的说法。

雌黄是一种极具代表性的黄色矿物色，雌黄在中西方绘画史中均大放异彩。据宋代《太平寰宇记》记载，敦煌县的雌黄州就是以产出极好的雌黄而得名的，如此说来，在敦煌石窟壁画和藏经洞保存的唐代绢画中都使用到的雌黄颜料，焉知不是聪明的古代画师就地取材呢？

除用作颜料，雌黄还是提炼砷（As）及制造各种砷化物的主要矿石矿物，还可用于中药。砷在古代又称为“砒”，是制作毒药“砒霜”的原料之一，砒霜的化学成分为三氧化二砷（ As_2O_3 ），又称“鹤顶红”，有剧毒。

在古代中国，雌黄还有更广泛的作用——“涂改液”，这一用途在诸多古籍中都有记载。如北魏贾思勰《齐民要术·杂说》中“雌黄治书法”一节，详细记述了利用雌黄制作涂改液以及给书籍防蛀的技术；宋代沈括《梦溪笔谈·故事》“馆阁新书净本有误书处，以雌黄涂之……惟雌黄一漫则灭，仍久而不脱。”大意是说由于古时写字用的是黄颜色的纸，如果写错了就用雌黄涂抹后重写。正是雌黄有更改错别字的作用，而有了成语“信口雌黄”，意为随口更正不恰当的话，后指不顾事实，随口乱说或妄作评论。雌黄与雄黄在自然界中常常相伴而生，在某些条件下还可以相互转化，被称为“鸳鸯矿物”。

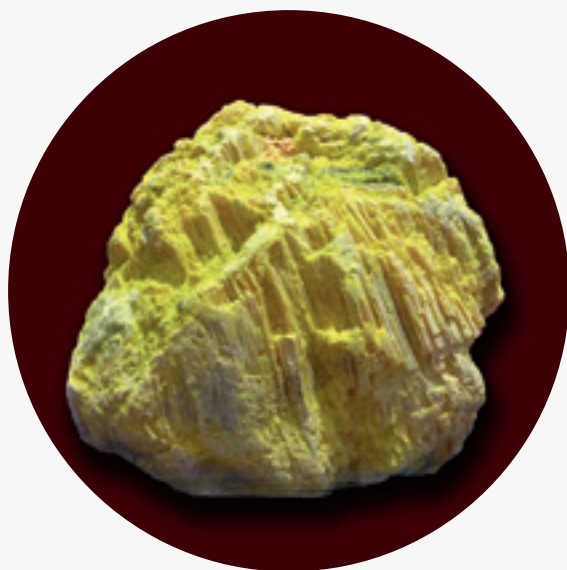
蓝——石青

冬奥色“天霁蓝”灵感源自石青，石青即矿物蓝铜矿，成分为碱式碳酸铜 $\{\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2\}$ ，颜色呈浅蓝、深蓝，制成的颜料呈现出鲜艳厚重的蓝色，艳而不俗。

自古以来蓝铜矿就是我国重要的蓝色颜料，古



＞ 雌黄雄黄共生标本，偏红色者是雄黄，雄黄居多，黄色片状矿物是雌黄



＞ 雌黄标本

代汉语语境中，“青”的色相为绿色、蓝色、黑色；现代汉语语境中，“青”常被以绿色、蓝色表达，而这就是青原本的色相。在中国画颜料中，石青是标志性矿物色之一（另一色为石绿），“青出于蓝而胜于蓝”这句话用在石青上最合适不过。根据原料的粗细、色彩深浅可分为头青、二青、三青等，中国画颜料中的曾青、空青、白青、扁青、藏青等也都是蓝铜矿。

古人对于石青色的应用始于先秦时期，蜚声海外的秦始皇兵马俑彩绘中就检测出石青与石绿，这可能与陕西在古代盛产蓝铜矿与孔雀石有关。在敦煌莫高窟、新疆克孜尔石窟等壁画中都使用了石青。石青在汉代正式被

记录为颜料，大约在宋代以后，石青作为颜料专有名词被泛化使用。现在，石青仍然是生产和制作高级绘画颜料的原料。

说到蓝铜矿，就不得不提它的“姐妹矿物”——孔雀石，即石绿。蓝铜矿和孔雀石同为孔雀石族矿物，它们二者是成分相似、晶体结构相同的类质同象，古今都有“青绿同矿”的说法，说的正是它们在野外常常共生，并且在特定条件下可以互相转换。

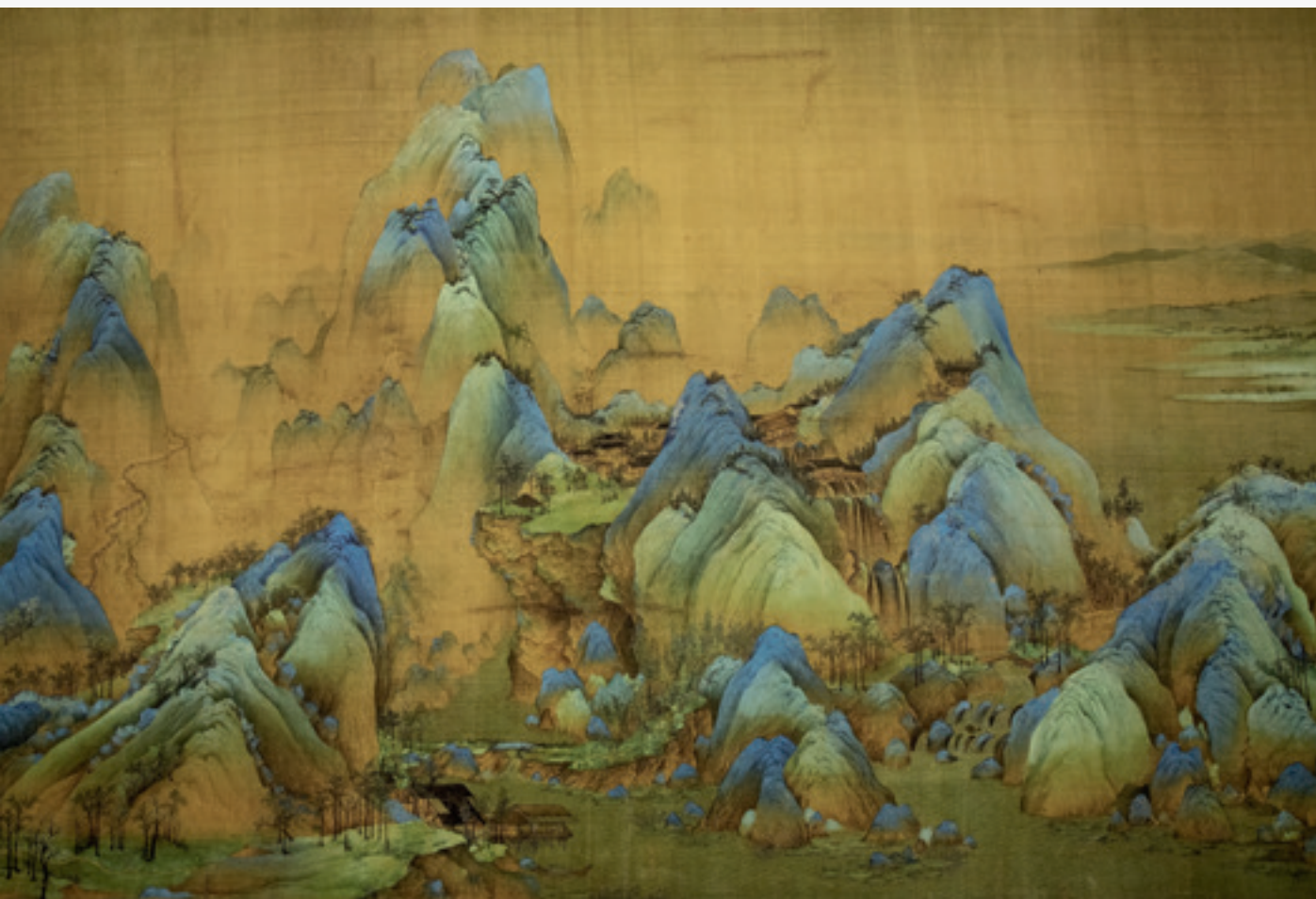
在 2022 年央视春节联欢晚会上，一出舞蹈诗剧《只此青绿》惊艳了全国观众，这部作品灵感来自于中国十大传世名画之一《千里江山图》。画卷设色和画法继承了隋唐以来的“青绿山水”画法，这种绘画创作始于魏晋南

北朝，盛于隋唐，特点是常用以石青、石绿为主的矿物色。

《千里江山图》被称作“中国青绿山水画巅峰之作”，王希孟在这幅作品中大胆使用了大青绿为全图的基调，他先用红色颜料赭石铺底（因红色与青绿色为互补色，以红色铺底可将青绿色衬托得更加鲜艳），再层层叠加石青、石绿这些覆盖性很强的矿物颜料。

灰——青金灰

冬奥色“长城灰”源自青金灰，是一种灰色，代表着万里长城最初的颜色。而青金石因具有美丽的天蓝色，在我国古代很早就被用来制作天然蓝色颜料。那么问题来了，蓝色颜料矿物青金



> [北宋]王希孟《千里江山图》(局部) 视觉中国/供

石是如何产出灰色的青金灰呢？笔者认为这种灰色极有可能是受“杂质”影响。

青金石是一种古老的玉石（岩石），主要矿物有青金石、方钠石、蓝方石，次要矿物有方解石、黄铁矿、透辉石、云母、角闪石，等等。如此复杂的成分变化也会引起色调、色相的变化，例如方钠石是灰蓝色或淡蓝色的矿物色，方解石是非常重要的白色颜料，黄铁矿条痕为绿黑色，

透辉石条痕为无色至深绿色，角闪石条痕为黑色，等等。随着这些“杂质”在青金石中的含量逐步增多，矿物色青金石也会由青色向灰色过渡。

古籍文献中关于青金石颜料的记载几乎多是蓝色颜料，作为灰色颜料着墨甚少。在古代，青金石有着“色相如天，帝王之石”的说法，因而多被用来制作皇室的各种玉器工艺品。同样是因为青金石美丽的天蓝色，我国

古代很早就将其作为蓝色颜料用作彩绘。例如，开凿于公元3世纪前后的新疆克孜尔石窟是最早发现青金石颜料的地点，青金石也是该石窟所用的唯一的蓝色颜料，敦煌石窟是应用青金石颜料时间最长、用量最多的地点之一，我们甚至可以说丝绸之路的西半部是“青金石之路”。自唐代以后，蓝铜矿逐渐取代青金石作为蓝色颜料广泛应用于壁画等彩绘创作。

2022 年的北京冬奥会赋予了青金石以新的生命色彩，青金灰的输出不仅符合当代审美趋势，更是为世界色彩史留下了属于中国特色的一笔。

白——蛤粉

冬奥色“瑞雪白”是一种温暖的白色，灵感源自蛤灰，即蛤粉。在中国传统颜料中，蛤粉是一种白色颜料，属于古代天然土质矿物色，相较于朱砂等天然矿物色来说，土质矿物色的颗粒更加细腻。蛤粉采用海生软体动物蚌蛤的壳为原料，主要产于中国沿海，其化学成分为碳酸钙（ CaCO_3 ），在矿物学中属文石，许多软体动物贝壳、珍珠的主要物质成分都是文石，多数软体动物贝壳内壁的珍珠质部分是由极细的片状文石沿贝壳面平行排列而成。


史书上关于蛤粉记录较多的作用是作为建筑材料。春秋战国时期《左传》中记载：“成公二年（公元前 635 年）八月，宋文公卒，始厚葬，用蜃灰。”明末宋应星《天工开物》中记载：“凡温、台、闽、广海滨，石不堪灰者，则天生蛎蚝以代之。”这些记录都能够说明聪慧的古人自两千多年前就已懂得利用蛤壳烧制石灰，以此作为防潮材料和凝胶材料来修筑墓室等建筑。

虽然历史上关于蛤粉颜料的记载较少，却也有迹可循。明代《大明会典》中有用苏芳与蛤粉染造紫粉作为颜料的明确记载；清代蒋驥在《传神秘要》



＞ 蓝铜矿（蓝色矿物）与孔雀石（绿色矿物）共生标本
孔雀石与蓝铜矿同为孔雀石族矿物，成分相似、结构相同，常共生
蓝铜矿的稳定性不如孔雀石，在地表环境下很容易因风化作用而转变成孔雀石

中称赞蛤粉“最妙，不变色兼有光彩”，说明在清代已有画家能熟练使用蛤粉并发挥其妙用；清代曹雪芹在《红楼梦》第四十二回中列举一系列画材时也提到了蛤粉。必须指出的是，古籍中蛤粉作为建筑材料和作为颜料之间的选材与制作工艺都有所区别，因此，这两种蛤粉不可混为一谈。

在科学技术飞速发展的今天，人类合成绘画颜料的技艺已炉火纯青，制造出的色彩系统之庞大与绚丽是古人无法比拟的，但是矿物颜料仍然承载着中华优秀传统文化的自信与浪漫。回望历史，我们看到仰韶文化彩陶的原始古朴，我们也看到敦煌石窟壁画的金碧辉煌，我们还看到唐人工笔重彩的绚烂富丽……这些辉煌的历史篇章让中国色彩系统经久不衰。再看今朝，2022 年北京冬奥会让世界看到成长的中国，也让世界看到独特的中国色！

第一作者单位 / 江苏省地质调查研究院

（本文编辑：张佳楠）