

敦煌石窟艺术应用颜料的产地之谜

王进玉

(敦煌研究院 敦煌 736200)

摘要: 论述了敦煌石窟彩绘艺术颜料的研究背景、科学分析方法和结果。并根据史料所载以及现代科学的实际勘探考察,结合颜料的科学分析,对敦煌石窟艺术所用的朱砂、铅丹、赭石、绛矾、雄黄、雌黄、密陀僧、金粉、金箔、石绿、铜绿、石青、青金石、群青、铅粉、石膏、白垩、云母、二氧化铅等主要矿物质颜料的化学成分、应用及其产地进行了探索。

关键词: 敦煌石窟; 彩绘艺术; 颜料应用; 产地

中图分类号: K879.21, K879.41 **文献标识码:** A

1 序 言

敦煌壁画是指同属敦煌艺术体系的敦煌石窟(包括敦煌市境内的莫高窟、西千佛洞,安西县境内的榆林窟、水峡口、东千佛洞,肃北蒙古族自治县的五个庙石窟,一个庙石窟等)内绘制的壁画。在古代,上述石窟都在敦煌郡境内,其内容及艺术风格亦同属一脉,因此,总称之为敦煌壁画。通常则大都以洞窟最多、时代最长、保存最完好的莫高窟为代表。大小七个石窟的 570 多个洞窟中,至今保存有近 6 万平方米的壁画。其时代为北凉、北魏、西魏、北周、隋、唐、五代、北宋、回鹘、西夏、元 10 个朝代。敦煌壁画以它无比丰富的内容和优美绚丽的艺术而驰名世界。

历代应用的大量艳丽的颜料反映了我国古代对矿物、植物的综合运用,颜料化学及其冶炼技术的高度发展,对颜料的科学分析获得了颜料的化学、物理性能,了解了一些颜料褪色、变色、产生病害及胶质老化等问题,为预防颜料变色、保护文物提供了科学依据。丰富多彩的敦煌壁画为我们提供了历代彩绘艺术颜料的样品,对古代颜料化学成分、应用及其生产技术的综合研究,对文物的保护和研究至关重要^[1]。

对敦煌石窟艺术彩绘颜料的来源、化学成分、应用及其生产技术的综合研究,是敦煌学、科技史、文物、考古界及其它方面的专家学者关注的课题,早已引起国内外专家学者的重视。更是我近 20 多年来

科研工作的一项重要课题。敦煌壁画中如此丰富的颜料是从那里来的呢?国内外学者早就提出了这个很有意义的问题。20 世纪 50 年代初夏鼐先生在论述到盖特斯分析出的 11 种敦煌壁画颜料时就曾指出:“前六种的制法较简单,只要磨成粉末便可利用。后五种要经过比较复杂的制造过程。这表示我国当时人民已能利用优良的技术制造颜料。并且这 11 种原料,大多不是敦煌的土产。即在今日的敦煌,也不容易全部弄到。我们不能不钦服当时的能力,能够将远处所出产的原料或制造品,运到敦煌来应用”^[2]。

很长时间内,许多艺术家只能从直观的感觉和绘画的调色实践经验来对敦煌壁画颜料进行推测判断,更多的则是以 20 世纪 30 年代美国哈佛大学福格博物馆名叫盖特斯的博士分析华尔纳偷窃去的敦煌壁画颜料所得出的很不全面的 11 种颜料为依据^[3]。20 世纪 50 年代我国的历史考古学家就曾如实地指出:“我们还没有分析壁画颜料的化学成分……我们深切的希望它慢慢地逐步开展起来”^[4]。20 世纪 60 年代,一位日本学者在他专门研究壁画颜料的著作中则说:“有关敦煌壁画的颜料,目前还尚未得知在中共管辖下的最近研究成果。可是自然想到的则是华尔纳著作中所引用的盖特斯未发表的那份唯一资料。这个资料没有被调查对象的记载,无明确年代”^[5]。

收稿日期: 2002-05-14; 修回日期: 2002-08-06

作者信息: 王进玉,男,1954 年生,1978 年毕业于兰州大学化学系,副研究员,甘肃敦煌市莫高窟,736200, E-mail: wangjinyu99@hotmail.

com 电话: 0937-8869038

1960 年国家科技发展十二年规划就将敦煌壁画颜料变色、褪色问题列为研究课题。由于当时条件所限,这项研究没能开展。1978 年以后,敦煌石窟艺术所用颜料的分析及变色原因的研究引起了国家和甘肃省有关领导的高度重视。1978 年秋,国务院副总理兼中国科学院院长方毅同志到敦煌考察,明确提出文物部门要和科技机构合作,进行敦煌文物的科学保护研究。在他的关心、支持下,1979 年春甘肃省科委下达了由化工部涂料工业研究所和敦煌文物研究所共同承担的敦煌四项文物保护科研项目,其中就有“敦煌莫高窟壁画、泥塑用彩色颜料的剖析研究”和“中国古代颜料史”这两个专门研究颜料的重点课题。由此开创了文物与科研部门合作,采用现代仪器对古代颜料进行分析研究的新局面。

2 颜料分析和结果

我们通过对莫高窟 492 个洞窟的调查,从十六国(北凉)、北魏、西魏、北周、隋、唐(初、盛、中、晚)、五代、北宋、西夏、元历代代表洞窟中选出 44 个洞窟作为壁画取样洞窟,清代颜料是从清代彩塑上采集

的。1979~1981 年涂料所颜料分析专题组用 X—射线衍射和 X 射线荧光分析法,由专题组人员一齐从莫高窟 11 个朝代 44 个洞窟中采集的红、蓝、绿、白、黄、黑及棕色变色等 293 个颜料样品进行了系统的分析和研究,分别得出了各种矿物颜料结构的化学组成^[9]。这是截止目前为止对敦煌壁画、彩塑颜料所作的较系统分析研究。随后,我们又对西千佛洞北魏、北周、隋、唐、北宋五个朝代 6 个洞窟的 36 个颜料样品作了分析^[7],为“中国古代颜料发展史的研究”课题积累了资料。近 20 年来,我们结合多项研究课题,又不断进行了颜料分析。

以采用 X 射线衍射法为主, X 射线荧光分析为辅,从而使古代颜料的分析简单快速,可靠准确,非破坏性对样品进行分析,样品不用分离。当时的取样方法是用小刀轻轻地在壁画上刮取试样,直接置于事先准备好的玻璃样板上,用一滴火棉胶均匀地涂布于该玻璃样板上凉干,置于分析仪器上进行扫描分析。这样的制样方法损失小,取样量可降低到最小,且能得到满意的衍射图。莫高窟部分洞窟颜料 XRD 分析结果见图 1—5 所示。

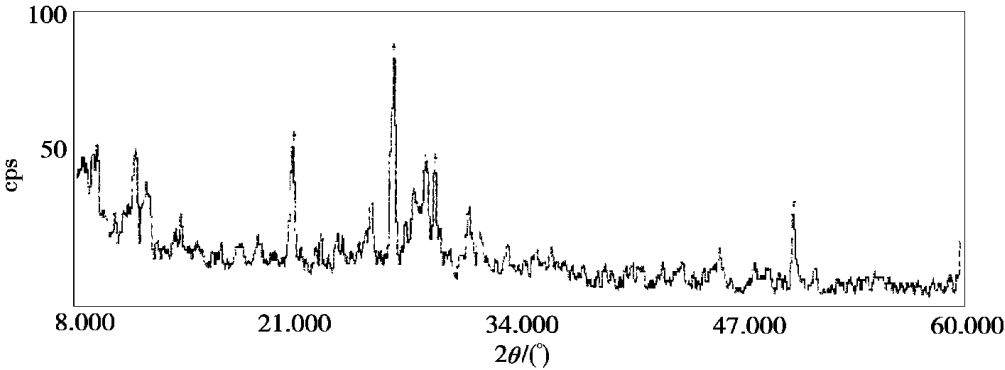


图 1 莫高窟北凉272窟朱砂颜料 XRD 谱
Fig. 1 XRD Spectrum of the pigment of vermilion on the Mogao Grottoes Cave 272 in Northern Liang

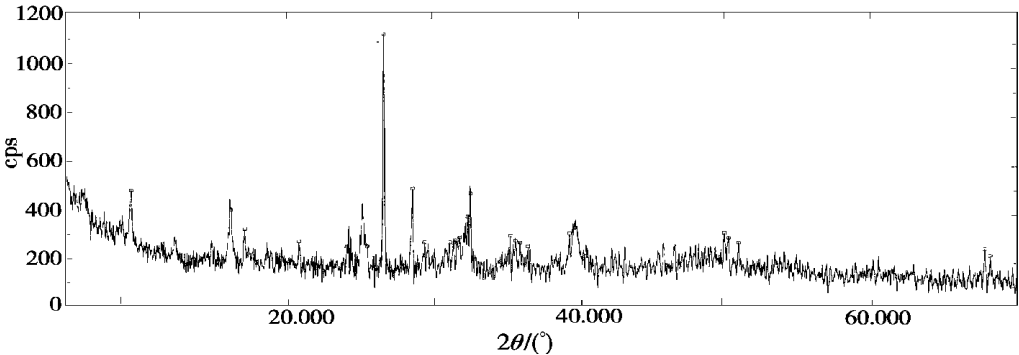


图 2 莫高窟西魏288窟铜绿(氯铜矿)颜料 XRD 谱
Fig. 2 XRD Spectrum of the pigment of atacamite on the Mogao Grottoes Cave 272 in Western Wei

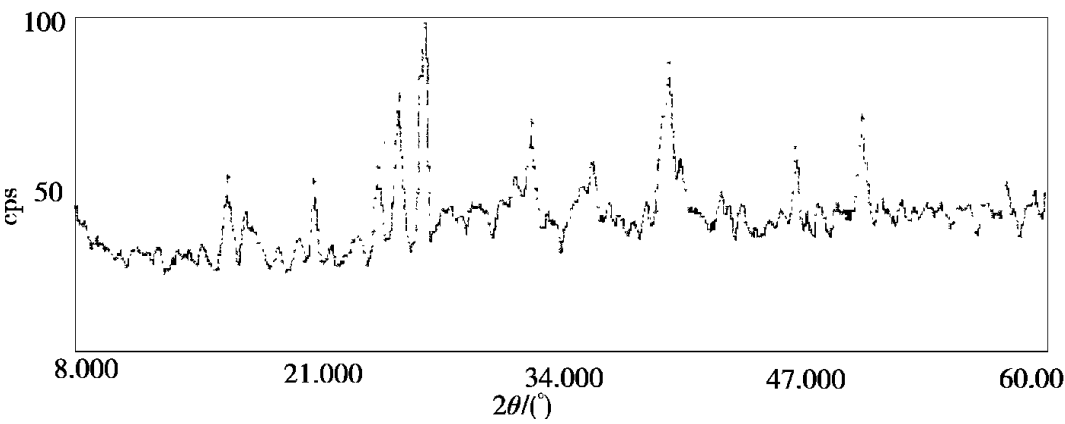


图 3 莫高窟北凉272窟石青颜料 XRD 谱

Fig. 3 XRD spectrum of the pigment of azurite on the Mogao Grottoes Cave 272 in Northern Liang

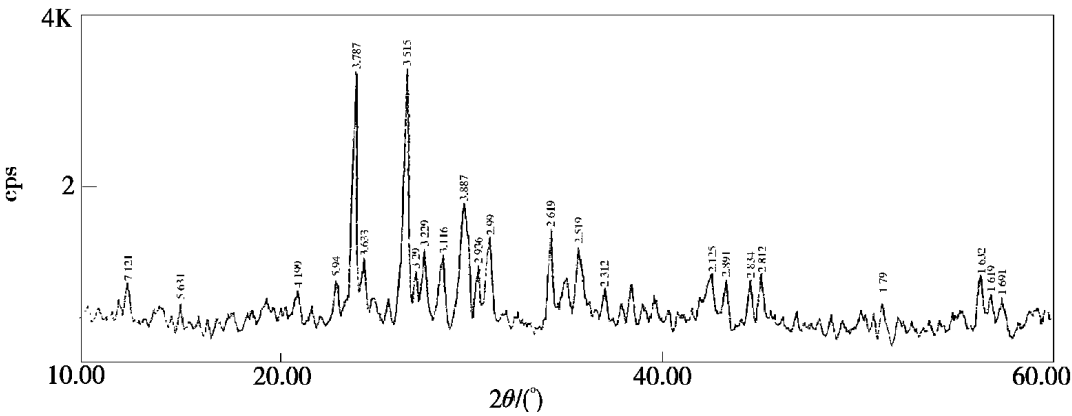


图 4 莫高窟北魏 260 窟青金石颜料 XRD 谱

Fig. 4 XRD spectrum of the pigment of lapis lazuli on the Mogao Grottoes Cave 260 in Northern Wei

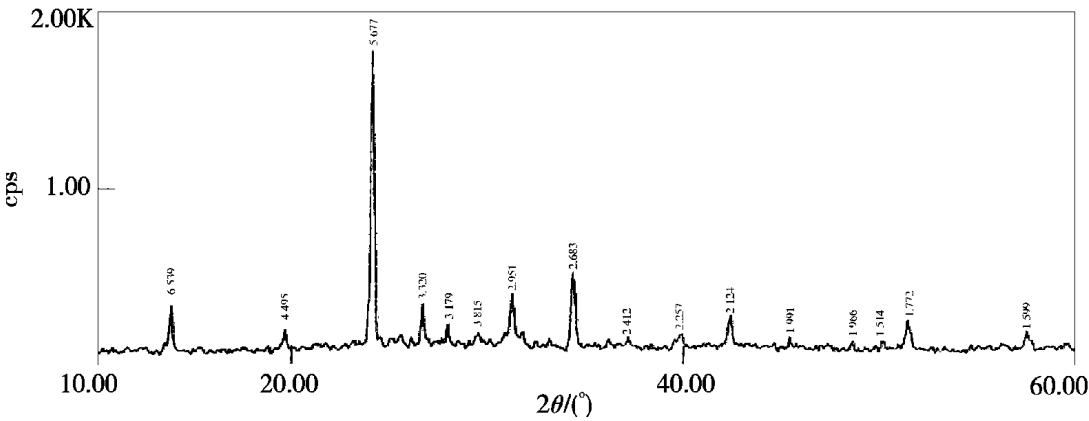


图 5 莫高窟清代 209 窟群青颜料 XRD 谱

Fig. 5 XRD spectrum of the pigment of ultramarine on the Mogao Grottoes Cave 209 in Qing dynasties

根据国内外对敦煌石窟艺术所用颜料的分析可知,大体可分为无机颜料、有机颜料和非颜料物质三类。笔者曾将 20 多种主要无机颜料以类别、学名、俗名、英文名、化学式综合为一一览表^[8]。在应用的 30 多种颜料中,其中的个别颜料在绘画中是很早使用的,并且史料所不载。例如:青金石、密陀僧、绛矾、云母粉、金粉、银粉、铜绿、雌黄、雄黄、石膏等颜料的使用等等,所有这些都反映出我国古代在化学工艺方面长期居于世界领先地位的巨大成就^[9]。

3 颜料来源及产地考证

多年来,笔者调查研究了甘肃河西走廊特别是敦煌一带的自然矿产资源分布情况,查阅史书中所载甘肃、新疆等地有关颜料的资料。在敦煌藏经洞唐、五代时期的社会经济文书中,也有相当一部分商品交易的文书,其中就有纸墨及各种颜料的买卖记载。在敦煌寺院籍帐类文书中记载有各种颜料,几乎用于绘画的颜料大都是寺院从画师手中购买来的,绘画的高级工匠、画师和都料既是画匠又是从事绘画颜料生意的商人。常见出卖的颜料有金青、铜绿绛矾、胡粉、马牙朱、青、绿丹青、丹、银粉等。根据史料所载以及现代科学的实际勘探考察得知,敦煌石窟艺术所用的十几种主要的矿物质颜料,有些是经过比较复杂的物理加工制作而成的天然矿物颜料,有一些是从中原内地运来的成品或半成品,个别的则是从古代的“西域”远道运来的。现将这些颜料的产地分别简述如下:

1) 朱砂。朱砂是我国古代各族人民最喜爱的颜料^[10]。甘肃玉门火烧沟文化出土文物中就有朱砂。据现代勘探调查河西走廊只有酒泉南山有品位低的朱砂矿石,20 世纪 50 年代敦煌研究院的画家曾用来加工朱砂颜料。

魏晋南北朝以来,在各地、各民族的石窟、墓室、寺院、殿堂壁画中大都用朱砂作颜料。朱砂因使用普遍,大都可能是购置成品或者著名产地向各地的供应。像敦煌莫高窟北魏、隋、初唐、盛唐、壁画中都较多使用朱砂,尤其是初唐使用更为广泛,而中晚唐时,大约因吐蕃入侵河西地区,战事频繁,丝绸之路经常中断,古沙州(今敦煌)与中原地区隔绝而致,尽管敦煌附近也出产少量质量不高的朱砂,但很长一段时期,特别是在晚唐的壁画上,朱砂应用较少,分析其缘由,估计当时敦煌等地绘画用的优质朱砂大都来自中原地区。莫高窟第 156、85、12、94 等窟都是晚唐张氏归义军时期由张淮深等地方大官及担任都僧统的宗教领袖们修建的大型洞窟,彩绘艺术中

都用了优质朱砂颜料。敦煌遗书 P.3720V(“P”为法国伯希和编号)《张淮深造窟功德记》中详细记载了张淮深营造属于自己的“功德窟”94 窟,其中就有“龕内丹^[11] 尽用真沙;骆驿长安,贺兹宝货”。敦煌遗书 S.3553《启后和尚》(“S”为英国斯坦因 Marc Aurel Stein 编号)是一个小牧主类的人委托一位牧驼人给莫高窟某寺管理洞窟营造的和尚的信后,托他请画家画窟并带送颜料的事情。这位牧人在信上说:“今月十三日于牧驼人手上赴(付)将丹二升半,马牙朱两阿果,金青一阿果,……”。其中提到的“马牙朱”是一种天然产的上品朱砂,古籍中多有记述。北朝陶弘景《本草经集注》记载:“……如樗蒲子,紫石英形者,谓之马齿砂,亦好……”^[11]。从以上文献可以看出:小牧主托牧驼人带到莫高窟的马牙朱实际上就是文献中记载的马齿砂、马牙砂之类。在彩绘应用中,因朱砂质量优劣不同,而用于壁画、彩塑的不同部位。颜色鲜红的上品朱砂多用于主佛的嘴唇和面部,着色面积很小。品质优良的马牙朱适合这种用途。质次的朱砂因杂质很多,色泽较差,个别洞窟用于打底和涂不重要的地方。这种情况也反映出壁画中的一部分朱砂是就地取材,并根据质量优劣用于不同的画面。

2) 铅丹。铅丹,又名红丹、黄丹、漳丹,以及丹粉、朱粉红铅。其化学组成为四氧化三铅(Pb_3O_4)。铅丹是我国最早的合成化工产品之一,它的制造历史相当悠久,是我国炼丹家最早的一项重要成果,因颜色大多呈桔红色,故古人称之为黄丹。红丹用作化妆品、颜料等方面的历史当于铅粉一样悠久。汉代以来各地的壁画、彩塑等彩绘艺术中,铅丹是常用的红色颜料^[12]。敦煌遗书 S.4642 号是一份 10 世纪某寺各种物品收支帐残件,其中记载有:“麝叁硕,买丹用”。前述 S.3553《启后和尚》中提到的丹应该是指铅丹。

3) 赭石。赭石,矿物名称为赤铁矿,系天然氧化铁矿的一种,其主要化学成份为—— Fe_2O_3 。赭石是人类使用最早、应用时间最长的一种颜料。这是因为:一是天然颜料容易找,不必加工便可使用;二是红颜色耐久醒目,艺术效果强烈。此外,还需提及的是不管在中国,还是在欧洲,原始人类的装饰品都是喜欢用红色的。原始民族喜爱红色。除了美学的观念存在,大概还有宗教的观念存在^[13]。

经过对敦煌石窟 500 多个洞窟的逐个调查,土红的应用非常广泛,如北朝时期、隋代的洞窟,直接在泥壁上刷土红为底色,然后画千佛等。从敦煌壁画早期红土底色可以看出宗教观念和传统绘画色彩

对石窟艺术的影响。尽管唐代以来,很少用土红涂刷窟壁,但土红的应用还是无窟不有,例如在舟船、城墙、壁画榜题、衣饰、人体,特别是供养人服色、藻井边框、经变画、不同画面的分界线、窟顶四角天王底色、小千佛、菩萨的衣褶等等都广泛应用。

4) 绛矾。我国古代约有近30种文献记载了关于敦煌一带(瓜、沙二州)出产黄矾($\text{Fe}_2(\text{SO}_4) \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)、绿矾($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、绛矾、金星矾(铁矾)的情况^[14]。绛矾可由绿矾焙烧制得。古时称为绛矾,我国宋代的药物学家不但能够鉴别绿矾,而且注意把绛矾的颜色和红色的 Pb_3O_4 相比较。绛矾不仅是名贵的药品、炼丹的原料,而且也是自唐以来在敦煌石窟壁画、彩塑中使用的红色颜料。

绛矾与赭石的区别在于颜色和是否含石英;绛矾与铁朱砂、煨红土的颜色相仿,但石英含量不同。莫高窟从五代开始,某些含 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 颜料中没有,或者含有很少量石英,由此推断,如莫高窟的五代5窟、220窟;北宋378窟、西夏265窟、245窟、元代465窟及清代的红色均可能为绛矾所调制^[15]。

5) 雄黄。甘肃玉门火烧沟文化出土文物中就有雄黄。《神农本草经》和陶弘景《本草经集注》中都记载甘肃省河西及敦煌所出雄黄。陶弘景《名医别录》也载:“雄黄生武都、敦煌山之阳,采无时”^[16]。《正统道藏》中最大的一部丹经《黄帝九鼎神丹经决》,卷二至二十是七世纪初期唐代方士所撰的著作,该书卷十四第二也记载了武都、敦煌雄黄的质量好劣^[17]。雄黄不仅是敦煌本地的特产。还被作为地方特产上贡朝廷,五代后唐同光四年(公元926年)正月,沙州节度使曹议金进贡产品中就有雄黄^[18]。莫高窟西夏第310窟的一种红色,经X射线衍射分析是雄黄。美国的华尔纳和杰恩在位于甘肃酒泉的喀喇库图(额济纳)挖掘的壁画残片^[19],经分析,该壁画颜料中就有雄黄和雌黄的混合物^[20]。

6) 雌黄。在敦煌石窟壁画和藏经洞保存的唐代绢画中曾分析出雌黄颜料。据宋代《太平寰宇记》记载:沙州“(敦煌县)雌黄州:其土出雌黄、丹砂极妙,因产物以为名也”^[21]。敦煌县的雌黄州就是以产极好的雌黄、朱砂而名的。雄黄化学组成为硫化砷(As_2S_3),雌黄则为三硫化二砷(As_2S_3),在自然界中,雄黄常与雌黄共生,被称为矿物鸳鸯。敦煌一带含硫矿产也不少,古代工匠就是在当地采集到的雄黄和雌黄。

法国在敦煌藏经洞发现的E0.1214菩萨头部(净土图残片)纸画、E0.1189持金刚菩萨立像幡绢画、E0.1190兜跋毘沙门天王立像幡绢画、E0.1210

“普贤菩萨骑象像幡”绢画、E0.1223袈裟药师如来立像绢画、MG.17768地藏菩萨立像幡绢画几件艺术品中分析出石黄(雌黄)颜料^[22]。

7) 密陀僧。古代所利用的铅化合物中有两种叫做“黄丹”的铅氧化物,那就是红色的四氧化三铅(Pb_3O_4)和黄色的一氧化铅(PbO)。公元7世纪后期至8世纪中期的著名炼丹家张九垓(即世俗称为八仙之一的张果老《金石灵砂论》中最早明确了密陀僧与铅的关系:“铅者黑铅也,……可作黄丹、胡粉、密陀僧”^[23]。

黄丹也是唐代丝绸之路交流物品。日本龙谷大学藏吐鲁番出土的唐代交易文书中,有一些文书是唐代贸易市场各种交易物品的价格表。其中的唐天宝元年(公元742年)交易文书《交河郡市估案残卷》第3036、3081号(大谷文书编号)文书内容相同,均为五种颜料的价格,其中第3076号文书载:“黄丹壹两,上直钱玖文”。

经我们对莫高窟最早的七个北凉时期洞窟的彩绘颜料进行了分析,其中在北凉268、272的4个颜料样品中分析出 PbO ,而且这4个样品都是单一的 PbO ,没有铅丹(Pb_3O_4)及其它红色颜料混入。由此可知,我国黄丹作为壁画颜料的应用,最迟不会晚于3世纪。到了唐代,密陀僧作为绘画颜料已很普遍。在敦煌莫高窟盛唐第205窟壁画中也发现有此颜料^[24]。

8) 金粉、金箔。金粉在北朝时期就已应用,隋代由于“沥粉堆金”工艺的出现,使得金粉、金箔大量增多,使色调更为辉煌夺目。据研究考证,莫高窟保存至今的隋窟共约110个(不包括后代凿窟毁去的残窟)。经笔者对这些洞窟的调查,应用金色的洞窟约占隋窟的三分之一。特别是390、397、398、401、402、404、407、419、420、427等窟,由于大量应用金色,使色彩亮丽灿烂,金碧辉煌。

唐代壁画、彩塑用金色虽然没有隋代多,但装饰性加强,金色也大都用在佛像面容、肉体、佛弟子、菩萨的装饰及装饰图案等方面。唐代彩塑上也大量用金装饰。五代、北宋时期敦煌石窟艺术中金粉、金箔的应用比唐代大为减少,其应用范围也仅限于个别洞窟的佛像、菩萨等天国人物的装饰,金质器物及装饰图案等。北宋以后应用较少。

从敦煌遗书等史料记载来看,当地所用金箔大都是朝廷赏赐或从内地购买的。《宋会要辑稿》详细记载了瓜、沙二州的朝贡及朝廷诏赐等物品的实况:“景德元年(公元1004年)四月,宗寿遣使以良玉名马来贡。且言:‘本州僧惠藏乞赐师号,龙光、灵图二

寺修像计金十万箔,愿赐之’。又乞铸钟匠,及汉人之善藏珠者,至当道传授其术。诏赐惠藏师号,量给金箔,余不许。”“景德四年(公元 1007 年)五月,宗寿遣瓜沙州节度上司孔目官阴会迁等三十五人诣阙贡玉团、玉印、乳香、硃砂、橐驼、名马,诏赐紫袍、金带、器币、酬其值。仍降敕书示谕,所乞药物,金箔量赐之。闰五月,沙州僧正会请诣阙,以延禄表乞赐金字经一藏,诏益州写金字经一藏赐之……”^[25]。这种以物易物的“朝贡”,使我们看到归义军政权对中原文化不可分割的依赖与联系。

9) 石绿。石绿近代矿物名称为孔雀石,古代及近代绘画界称之为“石绿”,它是铜的表生矿物,矿物成分为 $(\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2)$,属于碳酸盐类。它是由原生铜矿床经风化后形成。产于原生铜矿床氧化带中即铜矿坑内,常与蓝铜矿、赤铜矿、自然铜共生,常作为铜的找矿标志^[26],古今都有“青绿同矿”的说法,即是指孔雀石和蓝铜矿。敦煌遗书 P.2032 号《后晋时代净土寺诸色入破历算会稿》中还记载于画人面上买_{石绿}、于福子面上买_{石绿}丹青等。前述唐代《交河郡市估案残卷》第 3036、3081 号记载:“石绿壹两上直钱拾文 次捌文”。

10) 铜绿。我国史书中记载了两种含铜化合物:绿盐和铜绿,其化学成分是氯化铜 $(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$,绿盐又名盐绿,最早是西北新疆等地少数民族的地方特产。较早记载绿盐制备方法的是唐代医学家苏敬,他在《新修本草》中说:“绿盐出焉耆国,水中石下取之,状如扁青、空青,为眼药之要。今人以光明盐、硃砂 (NH_4Cl) 、赤铜屑酿之为块、绿色以充之。”五代李_{时珍}的《海药本草》曰:“绿盐,出波斯国,生石上,舶上将来谓之石绿,装色久而不变。中国以铜、醋造者,不堪入药,色也不久。”由于古代文献中“绿盐”、“盐绿”常与矿物颜料相关,而且形状、颜色的描述都以扁青、空青为例,甚至干脆称为“石绿”,所以,古代“绿盐”、“盐绿”除了作为医药、炼丹药物等外,也作为彩绘绿色颜料应用。

“铜绿”的记载以新疆吐鲁番和敦煌莫高窟藏经洞文书为早,前述唐代《交河郡市估案残卷》第 3036、3081 号记载:“铜绿壹两上直钱叁拾伍文次(叁拾文)下贰拾伍文。”

在敦煌藏经洞唐、五代时期的社会经济文书中,关于记载铜绿颜料的文书有 3 件。

据目前的科学分析结果可知,以氯铜矿、水氯铜矿作为绿色颜料的使用以我国西北地区为最早,甘肃永靖炳灵寺石窟西秦(公元 385~431 年)时期的壁画、彩塑中就有,天水麦积山石窟后秦(公元 384

~417 年)、隋代壁画、彩塑也都应用。而应用最广泛的是甘肃河西走廊各地石窟和墓室彩绘壁画。敦煌石窟应用的时间最长,用量最多,从北凉(公元 397~439 年)到元代千余年间一直应用。五代至西夏敦煌石窟中出现的“绿壁画”几乎全部是氯铜矿。唐代以来,敦煌、新疆等石窟中绿色颜料主要是氯铜矿,这与当地制取出售铜绿的文献记载相符^[27]。

11) 石青。蓝铜矿,古代绘画称其为石青,其化学成分为 $(\text{Cu}_3[\text{CO}]_2(\text{OH})_2)$,地质上称蓝铜矿,化学名称为碱式碳酸铜,属碳酸盐类。前述敦煌遗书 P.2032 也载:“栗貳斗,苏定子青价用”。“栗貳斗,于法深买青用”。前述《交河郡市估案残卷》第 3081 号记载:“空青壹两上直钱捌拾文 次柒拾文 下陆拾文。”

12) 青金石。其化学组成为 $(\text{Na}, \text{Ca})_{7-8}(\text{Al}, \text{Si})_{12}(\text{O}, \text{S})_{24}[\text{SO}_4, \text{Cl}_2(\text{OH})_2]$ 。青金石是中国古老的传统玉石之一。在我国出土的东汉鎏金镶嵌兽形铜砚盒;东魏、北周的金戒指、隋代的金项链上都发现有镶嵌青金石的。由于青金石具有美丽的天蓝色,所以,我国古代很早就把它作为彩绘用的蓝色颜料。通过对甘肃、新疆等地石窟、墓室壁画的初步分析,至今已在 10 余座石窟壁画、彩塑中发现了青金石颜料^[28]。而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。通过对敦煌石窟所属莫高窟、西千佛洞、安西榆林窟、东千佛洞等石窟北魏至元等 11 个朝代的洞窟中取样分析,证明在北朝至元的石窟壁画、彩塑艺术中都应用了青金石颜料^[29]。

在敦煌文书和史书中还出现了“金青”这样一种颜料名称。通过对古代颜料命名的考证可知,由于“唐时金精似指‘青金石’”,而前述 S.3553《咨启和尚》中的“金青”即是五代时期“金精”的另一种叫法和写法,实际就是青金石。这在史书上也有记载:五代后唐同光四年(公元 926 年)二月沙州曹议金进贡皇后的贡品中就有用金青雕琢的神符。在敦煌寺院籍帐类文书中记载了当时应用的多种颜料,如 S.5050《年代不明(10 世纪)某寺诸色斛斗入破历算会稿残卷》记载:“栗貳斗,买金青用”。前述 P.2032 号也载:“栗貳斗,苏定子青价用”。“栗貳斗,于法深买青用”。帐中还记载于愿果买金青等。但截至目前,在中国还没发现有青金石的矿产资源^[30]。

13) 群青。群青为最鲜艳之蓝色矿物颜料之一,其化学组成为 $\text{Na}_{6.88}\text{Al}_5.63\text{Si}_{6.35}\text{O}_{24}\text{S}_{2.4}$ 。由于其抵抗热及碱类之侵蚀力甚强,故成为最为人称美之蓝色颜料。经采用 X 射线衍射(XRD)、X 荧光(XRF)分析,证明在敦煌石窟清代壁画、彩塑艺术中都应用

了群青颜料。根据莫高窟清代重妆彩塑的时间和我国制造合成群青的年代考证,莫高窟在清代至1940年以前应用的合成群青是从国外进口的颜料^[31]。

14) 铅粉。古代各族人民在冶炼铅的同时,也炼制出了铅的人工化合物。其中作为颜料应用的就有铅粉、铅丹、密陀僧三种。铅粉是迄今为止我国所制造的最早的人造颜料,也是世界上最早的人造颜料之一^[32]。

铅粉既是一种高级化妆品,亦是石窟彩绘、幢幡等纺织品绘画常用的颜料,寺院保存或购买胡粉显然是为了石窟、幢幡绘画的需要。关于胡粉的价格,敦煌藏经洞遗书P.2912号为《吐蕃丑年正月己后入破历稿》之《炫和尚贷卖胡粉历》其中,有23行有炫和尚签字的出卖胡粉的记录,炫和尚等以每两4石至5石麦的价格出卖了其中的49两多,其价格一般每两为5石麦,个别的为5石,近1斤没出卖可能用于绘画。4斤胡粉折合麦128—160石。说明当时胡粉价格昂贵。前述敦煌遗书S.4642号中还记载有:“赆壹硕五斗,买胡粉用”。“赆叁硕,买胡粉画幡用”。敦煌遗书P.2837号背《辰年支刚刚等施入疏》(14件)中也记载了“胡粉半两”。以上表明这些颜料是作为商品在市场出卖的,从事颜料生意的是画院的画人、画匠和画师、都料等,集商人、工匠于一身。

15) 石膏。石膏类,包括石膏、硬石膏、熟石膏(又称半水石膏)。石膏类在敦煌石窟壁画上从早期十六国至北宋均出现在有白垩、滑石等成分的混合颜料中,但含量很少,不大于10%—20%。这从历代样品的分析中也可以看出。唐代以来,出现了以纯石膏为白色颜料或以石膏为主要成分的颜料样品。20世纪50年代曾在莫高窟第53—55窟窟前遗址发掘中,发现画工调颜色的碟子及一块蓝色颜料,为已加工好的产品,其中混有白色物质,是古代画工使用的遗物。也是珍贵的古代画工颜料实物。经X-射线衍射分析颜料中的蓝色颗粒,为较纯的青金石;白色颗粒为熟石膏。熟石膏又称半水石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$),性质尤如水泥,遇水固化,从分析结果来判断,这块青金石颜料应是当时画工用熟石膏调制浅蓝色过程中固化下来,被画工遗弃的,其中蓝白两色尚未调匀。这证明了古代画工用石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)或熟石膏调色^[33]。

石膏是古代敦煌地区的重要矿产。敦煌藏经洞遗书S.5448号《敦煌录一卷》中记载:“石膏在州北三百五十六里,乌山峰山,石间出其膏,开皇九年(公元599年)乌山变白,中验不虚,遣道士皇甫德琮等

七人祭醮,自后望如雪峰。”《新唐书·地理志》、《元和郡县志》、《通典》沙州条下的贡品中都有石膏。《清一统志》肃州条下载:“又有寒水石山”。《甘肃新通志》中载:“石膏安西出者佳,似寒水石”。关于敦煌地区出产石膏的具体地点,《敦煌录》中记载的石膏山在此后的史书中没有记载,唐代的沙州城在今敦煌市城西南不远,从行程计算,石膏山应在今青墩峡泉附近。据现代地质矿产调查,安西石膏约在踏实南独山子,三危山中也有少量夹层石膏,属淋滤型石膏。莫高窟南大泉河南山中也有,20世纪80年代初,笔者曾采集到标本。

16) 白垩。白垩在古代又称为“白善土”、“白土粉”、“画粉”等。天然白垩化学组成为碳酸钙,属石灰岩,是方解石矿物,外观为软质的白色或浅色土状物,是由上古的深海生物骨骼堆积风化而生成,在我国分布较广泛。绘画中主要选取纯净的方解石矿石进行粉碎,经研细,漂洗后使用,但这一类在绘画中应用的较少。敦煌石窟壁画北朝至隋代大都是在抹光的泥壁上直接绘画。唐代以来则都是在泥壁上刷一层白灰(俗称白粉层),然后在白粉层上绘画,白粉层有薄有厚,有的洞窟甚至用白灰和麻刀(切碎的麻)或棉花等纤维制作表面地仗,有的彩塑表面也用白灰和麻刀、棉花等制作。特别是五代时期,在莫高窟崖面上搞了大量的露天壁画,其制作材料也是以白灰和麻刀、沙子制作地仗,然后直接绘壁画。莫高窟周围保存的同时期的一些佛教建筑的墙壁表层也是同样制作。由此可知,白灰在石窟壁画中的用量是非常大的,它就是古今画界广泛使用的白垩(CaCO_3),化学名称为碳酸钙,为方解石结构。这些方解石结构的碳酸钙都能够直接粉碎用于绘画,也可以煅烧成为生石灰之后再用于绘画,这样不仅便于粉碎,而且能去掉一些杂质,使之更纯、更洁白。生石灰能吸收二氧化碳变为方解石;也能吸收水分变成熟石灰(氢氧化钙),再吸收二氧化碳变为方解石。因而煅烧过的方解石(包括贝壳)在用于绘画之前或之后又都变成为方解石了。并且,在这些化学转变过程中像水泥一样起着一种胶固作用。这就是如今露天壁画非常坚硬牢固的原因。唐代敦煌有专门制作这种“灰麻”地仗的工匠,敦煌遗书P.3878《己卯年(公元979年)都头知军资库官张富高牒(麻支出状)并判凭》第1件中载:“军资库司:伏以今月二十日楼上天王堂及神堂上灰麻贰拾斤”。第3件中载:“军资库司:伏以今月三日楼上天王堂子上灰麻壹斤”。P.2032V《净土寺诸色入破历》、敦煌研究院藏遗书001号《归义军衙内酒破历》中均有“灰匠”的记

载。

17) 云母。敦煌莫高窟中唐 112 窟,是个仅几平方米的方型小窟,著名的“反弹琵琶”壁画就绘于此窟南壁。这个窟不仅在绘画艺术上具有唐代敦煌壁画的一流水平,而且颜料的加工也达到绝妙的程度。这个洞窟所用的银白色颜料闪光发亮,经 X 射线衍射分析得知,这种银光闪烁的颜料是很纯的天然片状白云母粉,细碎的鳞片在画面上显色效果极佳。莫高窟晚唐 12 窟壁画中也有银白色云母颜料,但杂质含量较高,粒子粗,显色效果差,此外,在其它一些洞窟中也有云母作白色颜料的。敦煌鸣沙山和莫高窟的崖岩砂石中常可见到云母,莫高窟南面不远处水沟坡中还有天然云母矿,古代民间画工是就地取材加工使用的。从史料可知,我国古代炼丹大师在汉代已有制取云母粉的先进方法。东汉、隋、唐炼丹著作中,都有关于制云母粉方法的记载^[26]。在敦煌一带也有人制备云母粉,由于这种技术当时还掌握在少数炼丹家手中,他们保守严密,使这一先进制作方法未能很好的推广和流传,所以云母粉在莫高窟 112 窟的出现只能是昙花一现,很快就消失了。而一般加工的云母粉作颜料效果不好,所以唐代之后壁画中不再应用。法国对 MG. 17658 号唐开元十七年(公元 729 年)绢画“比丘”、E0. 1171 号绢画“阿弥陀说法”所用白色颜料中分析出大量云母,特别是 E0. 1210 号绢画“普贤菩萨骑象像幡”的肉色部分和“六牙白象”的白色都是云母^[34]。E0. 1190“兜跋昆沙门天王立像幡”绢画、E0. 1189“持金刚菩萨立像幡”绢画白色也是白云母。

18) 二氧化铅。各朝代壁画都存在程度不同的变色,敦煌石窟壁画颜料的变色大体上有两种类型。一种是早期壁画的变色,即北朝至隋代部分洞窟的颜色大多变为浅灰色和黑色。另一种是唐代,特别是盛唐时期的大多数壁画变成褐色或棕黑色。

铅白和铅丹都会在一定条件下转变成二氧化铅,使白色或红色颜料变棕色或黑色。铅粉一旦受大自然紫外光等因素的作用,就会逐步分解氧化成二氧化铅。红色的铅丹经过自然氧化最终也变成棕褐色的二氧化铅。通过对历代洞窟中壁画明显变色的颜料进行分析,进一步证明了变色的事实^[35]。

4 结论

根据国内外对敦煌石窟艺术所用颜料的分析可知,大体可分为无机颜料、有机颜料和非颜料物质三种类型 30 多个品种。

根据史料所载以及现代科学的实际勘探考察得

知,敦煌石窟艺术所用的十几种主要的矿物质颜料,如石绿、石青、铜绿、雄黄、雌黄、白垩、石膏、云母粉等是敦煌一带的矿产经过比较复杂的物理加工制作而成的;绛矾是由绿矾焙烧制得的。朱砂、铅丹、铅粉、密陀僧、金箔等是从中原内地运来的成品或半成品,青金石等个别的则是从古代的阿富汗远道运来的。叶蛇纹石等非颜料的矿物质,都是古代富有经验的民间画工因地制宜挑选来做颜料代用品的。通过对颜料来源的研究,揭示了古代中西文化、贸易、科技交流方面的许多秘密。

参 考 文 献:

- [1] 王进玉. 敦煌石窟全集·科学技术画卷[M]. 香港: 商务印书馆(香港)有限公司, 2001. 173-206.
WANG Jin-yu. The Complete Collection of Dunhuang Grottoes. (Vol. Science and Technology) [M]. Hong Kong: The Commercial Press (Hong Kong) Limited, 2001. 173-75.
- [2] 夏鼐. 漫谈敦煌千佛洞和考古学[J]. 文物参考资料, 1951, (5): 72-75.
XIA Nai. Rambling the Dunhuang Thousands Caves and the archeology [J]. Ref Cult Relics 1951, (5): 72-75.
- [3] Andrews F H. Wall-Paintings of Buddhist Shrines in Central Asia (recovered by Sir Aurel Stein). [M] London: Oxford University Press, 1948.
- [4] 陈梦家. 敦煌在中国考古艺术史上的重要[J]. 文物参考资料, 1951, (4): 69-73.
CHEN Meng-jia. The Importance about Dunhuang on the archeology and the art history in China [J]. Ref Cult Relics. 1951, (4): 69-73.
- [5] [日] 山崎一雄. 西域壁画颜料之考察[J]. 美术研究, 1960, (212): 31-33.
YAMASAKI Kazuo. Pigments in the Wall - Paintings in Central Asia [J]. Ref Materi Art Res, 1960, (212): 31-33.
- [6] 徐位业、周国信、李云鹤. 莫高窟壁画、彩塑无机颜料的 X 射线剖析报告[J]. 敦煌研究, 1983, (创刊号): 187-197.
XU Wei-ye, ZHOU Guo-xin, LI Yun-he. A report of on X-ray analysis on the inorganic pigments in the murals and sculptures of Mogaoku [J]. Dunhuang Res. 1983 (Foreword): 187-197.
- [7] 周国信. 敦煌西千佛洞壁画彩塑颜料剖析[J]. 考古, 1990, (5): 467-470-475.
ZHOU Guo-xin. A scientific examination of the paints of murals chromatic sculptures in the Western Thousand - Buddha Grottoes at Dunhuang [J]. Archaeology, 1990, (5): 467-470-475.
- [8] 王进玉. 敦煌石窟艺术与颜料化学[A]. 见吴嘉丽, 周湘华主编: 世界华人科学史学术研讨会论文集[C]. 台北: 淡江大学历史学系、化学系, 2001: 75-85.
WANG Jin-yu. Chemistry on pigments and Dunhuang Grottoes art [A]. In: Wu Jia-li, ZHOU Xiang-hua ed. International Symposium on the Chinese History of Science [C]. Taipei: Danjiang University, 2001. 75-85.
- [9] 王进玉. 敦煌石窟艺术与颜料科技史[J]. 科学月刊(台北), 1999, 30(5): 403-409.

- WANG Jin -yu. History of science and technology on pigments and Dunhuang Grottoes art[J]. (Taipei) Science Monthly, 1999, 30(5): 403-409.
- [10] 王进玉. 中国古代朱砂的应用之调查[J]. 文物保护与考古科学, 1999, 11(1): 40-45.
- WANG Jin -yu, WANG Jin -cong. Application vermilion pigments in ancient China[J]. Sci Conser Archaeol, 1999, 11(1): 40-45.
- [11] 明·李时珍:《本草纲目·金石部》第九卷[M], 影印文渊阁四库全书, 子部七八医家类, 第七七二册, 台北, 台湾商务印书馆, 1985.
- Li Shi -zhen ed. Min Dynasty. Ben Cao Gang Mu·Jin Shi Bu. Vol. 9. Photocopies of medical sort of Imperial Collection of Four[M], Vol. 772 stored at Wen Yuan Sanctum. Taipei: Taiwan Commercial Publication, 1985.
- [12] 王进玉. 古代铅颜料的应用及其变色问题[J]. 文物保护与考古科学, 1991, (3)2: 28-34.
- The application of ancient lead pigment as well as their color change[J]. Sci Conserv Archaeol, 1991, 3(2): 28-34.
- [13] 王进玉, 王进聪. 赭石在原始艺术及宗教中的应用[J]. 陇右文博, 1999, (1): 62-66.
- WANG Jin -yu, WANG Jin -cong. The application of burnt ochre in the field of primitive art religion[J]. Relics and Musicology Logyou, 1999, (1): 62-66.
- [14] 王进玉. 敦煌矾石的初步研究[J]. 考古与文物, 1986, (4): 102-105.
- WANG Jin -yu. The preliminary study of Dunhuang aluminize[J]. Archaeol Cult relics, 1986, (4): 102-105.
- [15] 王进玉. 敦煌壁画中使用的绛矾及其它含铁颜料[J]. 敦煌研究, 1986, (4): 78-81 转 55.
- WANG Jin -yu. On the crimson vitriol and the ferrous pigment used in Dunhuang wall paintings[J]. Dunhuang Res, 1986, (4): 78-81-55.
- [16] 魏·吴普等述, 清·孙星衍, 孙冯翼辑. 神农本草经[M]. 卷二, 北京: 人民卫生出版社, 1984: 59.
- WU Pu (Wei Dynasty, state), SHEN Xing -yan, SHEN Fen -yi (Qi Dynasty) ed. Classical Pharmacopoeia of the Heavenly Husbandman [J]. Vol. 2. Beijing: People Sanitation Publication Company, 1984. 59.
- [17] 黄帝九鼎神丹经诀. 正统道藏[M]. 之卷十四第二, 台北: 艺文印书馆印行, 1977.
- Huang Di Jiu Ding Shen Dan Jing Jue·Zheng Tong Dao Zang[M]. Vol. 14, Section 2. Taipei: Yiwen Publication, 1977.
- [18] 册府元龟·帝王部·纳贡献[M]. 卷 169. 沙州·敦煌. 第 2 册, 北京: 中华书局影印, 1960 2036 上.
- Ce Fu Yuan Gui·Di Wang Bu·Na Gong Xian[M]. Vol. 169, section 2, Sha Zhou·Dunhuang. Beijing: Photocopied by Zhonghuan Publication, 1960. 2036.
- [19] Peter Hopkirk. Foreign Devils on the Silk Road—The Search for the lost Cities and Treasures of Chinese Central Asia[M]. London: John Mumay fifty Albemarle Street, 1980. 9.
- [20] [美] 盖特斯著, 江致勤、王进玉译. 中国颜料的初步研究报告[J]. 敦煌研究, 1987, (1): 98-103.
- Rutherford J. Gettens ed. WANG Jin -yu, JIANG Zhi -jing translate. Preliminary report on the research of Chinese pigments[J]. Dunhuang Res, 1987, (1): 98-103.
- [21] 宋·乐史撰. 太平寰宇记[M]. 卷 153. 陇右道四·沙州·敦煌. 影印文渊阁四库全书. 第 470 册. 史部地理类. 台北: 台湾商务印书馆, 1985: 441.
- Tai Ping Huan Yu Ji[M]. Vol. 153, Long You Dao Si·Shazhou·Dunhuang, Yueshi, Song Dynasty. In: Photocopies of "Imperial Collection of Four". Vol. 470, Geography sort, stored at Wen Yuan Sanctum. Taipei: Taiwan Commercial Publication, 1985. 441.
- [22] (法)吉埃编, (日)秋山光和等译.《西域美术》[M]. (1), 法国集美博物馆、日本讲谈社联合出版, 1994: 368.
- The Art of Central Asia The Stein Collection in the[M]. France Museum, I Kodansha Ltd. Printed in Japan, 1994. 368.
- [23] 唐·张九垓. 张真人金石灵砂论[M]·黑铅篇. 正统道藏. 第 31 册, 1997. 25204.
- Zhang Jiu -gai, Zhang Zhen -ren ed. Tang Dynasty. Jin Shi Lin Sha Lun[M], Hei Qian Pian, Zheng Tong Dao Zang. Vol. 31, 1977. 25204.
- [24] 王进玉. 密陀僧的早期发现和应用[A]. 远望集——陕西省考古研究所华诞四十周年纪念文集(下)[C]. 西安: 陕西人民美术出版社, 1998. 843-848.
- WANG Jin -yu. The early discoveries and application of litharge[A]. The 40 Anniversary of Shaanxi Archaeology Research Institute Special Publication[C]. Vol. 2. Xian: Shaanxi People Artistic Publication Company, 1998. 843-848.
- [25] 清·徐松辑. 宋会要辑稿[M]. 卷 5770, 第 198 册, 北京: 中华书局, 1957: 7767.
- Xu Song -ji ed. Qing Dynasty. Song Hui Yao Ji[M]. Vol. 5770, Book 198. Beijing: Zhonghua Publication, 1957. 7767.
- [26] 王进玉. 中国少数民族科学技术史丛书·化学与化工卷[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2002.
- WANG Jin -yu. History of science and technology of the Chinese minority, Vol. Chemistry and chemical industry[M]. Nanning: Guangxi of Science and Technology Press, 2003.
- [27] 王进玉、王进聪. 西北少数民族对铜绿颜料的应用与制造[A]. 第四届中国少数民族科技史国际学术讨论会论文集[C]. 广西民族学院学报(自然科学版), 1999, (增刊): 141-143.
- WANG Jin -yu, WANG Jin -cong. The Manufactures and Applications of Verdigris Pigment of the Minority Nationalities in the Northwestern China[A]. Special Issue of the Fourth International Conference on History of Science and Technology of Chinese Minority Nationalities[C]. Guangxi Univ Nationalities (Nat Sci Ed), 1999, (Supplement): 141-143.
- [28] 王进玉. 中国古代青金石的应用[J]. 中国宝石, 1993, (4): 65-68.
- WANG Jin -yu. Researching the different names of Lapis Lazuli both in jades and pigments[J]. China Gems, 1993, (4): 65-68.
- [29] 王进玉. 敦煌·麦积山·炳灵寺石窟青金石颜料的研究[J]. 考古, 1996 (10): 77-92.
- WANG Jin -yu. Analysis of Lapis Lazuli used as pigments in Dunhuang Maijishan and Binglingsi Grottoes[J]. Archaeology, 1996, (10): 77-92.
- [30] 王进玉. 古代青金石颜料的质子激发 X 荧光分析[J]. 核技术, 1995 18(3): 183-187.
- WANG Jin -yu. PIXE analysis of the ancient Lapis Lazuli pigments [J]. Nucl Tech, 1995. 18(3): 183-187.
- [31] 王进玉. 敦煌石窟合成群青颜料的研究[J]. 敦煌研究, 2000,

- (1): 76 - 81.
- WANG Jin - yu. The study on composed ultramarine of Dunhuang Grottoes[J]. Drottoes. Dunhuang Res. 2000, (1): 76 - 81.
- [32] 王进玉. 古代铅颜料的应用及其变色问题[J]. 文物保护与考古科学, 1991, 3(2): 28 - 34.
- WANG Jin - yu. The application of ancient lead pigment as well as their color change[J]. Sci Conserv Archaeol. 1991, 3(2): 28 - 34.
- [33] 王进玉. 敦煌莫高窟出土蓝色颜料的研究[J]. 考古, 1996, (3): 74 - 80.
- WANG Jin - yu. A study of blue color pigments from the Mogao at Denhuang[J]. Archaeology, 1996, (3): 74 - 80.
- [34] [法] 雅克·吉埃. 伯希和特藏和敦煌绘画语言——甘肃佛教圣地绘画年代的考察[A]. (1987)敦煌石窟研究国际讨论会文集(石窟艺术篇)[C]. 沈阳: 辽宁美术出版社, 1990. 80 - 94.
- Jacques Gies. Pellion' s Collections and Dunhuang' s Language of Paintion[A]. A Complex Research at the Chronology of the Murals in the Sacred Place of Gansu[C]. Shen yang: Liaoning Artistic Publication Company, 1990. 80 - 90.
- [35] 王进玉. 敦煌石窟全集·科学技术画卷[M]. 香港: 商务印书馆(香港)有限公司, 2001. 197 - 206.
- WANG Jin - yu. The Complete Collection of Dunhuang Grottoes. Vol. Science and Technology[M]. Hong Kong: The Commercial Press (Hong Kong) Limited, 2001. 197 - 206.

The producing area of Hecuba Juno application of pigment on Dunhuang Grottoes art

Wang Jin - yu

(Dunhuang Research Academy, Dunhuang 736200)

Abstract: The Dunhuang Grottoes is not only a Buddhist art famous treasure house in the world, but also a museum of various pigment specimens. More than thirty types of pigments have been found. Some of them, such as lapis lazuli, litharge, crimson vitriol, mica powder, gold powder, silver powder, aerogun, orpiment, railcar, gypsum, etc., were used in the early time but there were not recorded. The application of the above pigments indicates that ancient China had a great achievement in chemical technology. A huge amount of pigments used in the past indicates that minerals and plants pigments were applied integrally an ancient time and also reflects the well development of pigment chemistry and the related metallurgic technology at the time. Ancient people through the analytical methods obtained some information such as: chemical and physical properties of pigments, color fading, color change and other problems of pigments, and aging of binding media. The information has been applied to color change prevention and cultural relics conservation. The research on pigment sources revealed some facts about the exchanges of cultures, trades, and techniques between the East and the West at ancient time. The rich, splendid, and colorful mural paintings at Dunhuang provide variety of pigment samples from polychromy arts at different dynasties. Studying the compositions, applications, and production techniques of ancient pigments are very important for cultural relics conservation practice and research. Based on the international studies on the pigments used at the Mogao Grottoes, more than thirty types of pigments have been found. Vermilion or cinnabar, red lead, ochre, red vitriol, reagan, orpiment, litharge, gold power, gold foil, malachite, atacamite, azurite, lapis lazuli, ultramarine, lead powder, gypsum, chalk, mica, lead dioxide based on the historical records and current scientific research, more than ten major mineral pigments were found and they were either manufactured locally through very complicated physical process, or transported semi or final products from central China; or imported from far away ancient Western world.

Key words: Dunhuang Grottoes; Art coloured drawing or pattern; Application of pigments; Producing area