

翡翠的结构特征及其对宝石质量的影响

高 媛¹, 肖渊甫¹, 管 琪²

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059; 2. 中国地质大学 珠宝学院, 北京 100083)

摘 要: 翡翠的结构是决定翡翠质量的重要因素。翡翠中常见的结构可分为 3 类: 变晶结构、交代结构、碎裂及变形结构。变晶结构是翡翠的主体标型结构, 交代结构、碎裂及变形结构对翡翠质量也有很大的影响。翡翠结构的复杂性导致了翡翠质地的多样性变化, 同时翡翠的结构直接影响翡翠工艺价值。

关键词: 翡翠; 结构; 宝石质量

中图分类号: P589.2; P619.281 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)02-0120-05

0 引言

在宝石学中, 结构是指组成多晶质天然宝(玉)石和人造宝石材料的矿物颗粒的大小、形态及其相互关系。与矿物单晶体构成的宝石不同, 翡翠是一种以硬玉为主的多晶体矿物组成的区域变质岩, 其形成经历了多期的地质作用, 如变质重结晶作用(高压低温)、动力变质作用(剪切力、扭应力的持续作用)及交代变质作用(后期热液侵入和压力作用), 因而形成了其复杂的结构特征。做为宝石翡翠的美观不但决定于颜色, 且质地也起很大的作用^[1]。翡翠的结构是决定翡翠质地的重要因素。

1 翡翠结构的分类

翡翠是一种特殊的变质岩, 是在一定温度和较高压力条件下, 经过变质结晶作用形成的, 在其形成之后可能还经历了不同类型的后期改造。根据变质过程不同阶段形成的结构特征, 变质岩结构的成因类型常可划分为 4 类: 变余结构、变晶结构、交代结构和变形结构^[2]。在变质过程中, 由于变形和重结晶作用不强烈, 原岩的矿物、结构、构造改造不彻底, 部分地被保留下来形成变余结构^[3]。变晶结构是指在变质作用过程中由重结晶或变质结晶作用形成的结构。交代结构通常是指在流体参与的条件下

经交代作用形成的结构。变形结构是指与变形有关的结构, 按性质可分为脆性变形和韧性变形, 脆性变形常见的结构为碎裂结构, 糜棱结构则属于韧性变形。其中后 3 种结构在翡翠中常见。

2 翡翠的结构

翡翠结构的分类见表 1。

2.1 变晶结构

变晶结构是翡翠的主体标型结构, 其变种虽然很多, 但翡翠都是由特定组分的原岩在一定的温度和相当高的压力条件下, 通过热动力变质结晶作用形成的。

2.1.1 按粒径粗细划分

直接测量颗粒长径的大小, 结合肉眼观察和薄片观察, 翡翠的结构可分为以下 4 级: 粗粒变晶结构(>3mm): 颗粒十分明显, 具粗糙感和很干的感觉, 不透明, 如粗豆种; 中粒变晶结构(1~3 mm): 颗粒肉眼可见, 如豆种; 细粒变晶结构(0.1~1.0 mm): 肉眼观察颗粒不明显, 放大镜下可见; 显微变晶结构(<0.1 mm): 颗粒肉眼不能见到, 透光性较好。

2.1.2 按粒度相对大小划分

在一块翡翠样品中, 可以看到有多种粒径的颗粒同时存在。按照同种类(或不同种类)矿物晶体颗粒粒径的大小关系, 一般可分为等粒变晶结构和不等粒变晶结构两类。等粒变晶结构: 晶体颗粒粒度大致相当, 也就是说, 它们的粒径相差不大。不等

表 1 翡翠结构的分类
Classification of jadeite texture

结构的成因类型	分类标准	结构类型	
变晶结构	按变晶粒径粗细分	中粒变晶结构(1~3 mm)	
		细粒变晶结构(0.1~1.0 mm)	
		显微变晶结构(<0.1 mm)	
	按变晶粒度相对大小分	等粒变晶结构	连续不等粒变晶结构
		不等粒变晶结构	斑状变晶结构
	按变晶形态分	粒状变晶结构	
		柱状变晶结构	
		纤维状变晶结构	
		交织变晶结构	
	按矿物间相互关系分	平直镶嵌粒状变晶结构	
镶嵌变晶结构		齿状镶嵌粒状变晶结构	
		弯曲镶嵌粒状变晶结构	
		平行变晶结构	
交代结构		边缘交代结构	
	核心交代结构		
	透入交代结构		
	交代假象结构		
	碎裂及变形结构	糜棱结构(韧性)	
碎裂结构(刚性)			

粒变晶结构：可进一步分为连续不等粒变晶结构和斑状变晶结构两个亚类。连续不等粒变晶结构：矿物粒度粗细呈连续递变关系。斑状变晶结构：组成翡翠的晶粒粒度相差悬殊，粗的晶粒肉眼易见，称为斑晶，而细的颗粒肉眼难见，称为基质，两者之间存在粒级间断。这种斑状结构可以是由于多种原因形成。例如冰豆种，斑晶为粗粒，种为豆，而基质细，肉眼不可见，透明。又如油豆种，基质具有细粒纤维状的油青种结构特点，但是较粗粒者则是豆状的斑晶。翡翠斑状变晶结构也很普遍，最常见的有同种硬玉矿物呈变斑晶；有时可见透闪石变斑晶分布于硬玉矿物基质中，或硬玉呈变斑晶分布于透闪石基质中。具斑状变晶结构的翡翠可能有多种生成条件：斑晶矿物与基质同属于一种矿物，斑晶的形成是在岩石遭受到重结晶作用时，某些晶体处于生长环境较优越的部位（如物质供应充分），晶体生长速度快于基质晶体；根据薄片观察，有的斑晶系交代作用形成。例如，绿辉石沿硬玉颗粒边界交代，交代到一定阶段，硬玉的残余部分成为一粒粒的孤岛状斑晶，被周围纤维状绿辉石所包围，这在行内被称为油豆种。也有后期溶液交代先形成的硬玉而形成颗粒较大的晶体。例如，一些深绿色的硬玉大晶体是后期溶液交代

先形成的细粒硬玉形成的，这就成为一种“疵点”存在于翡翠中。只要仔细观察，翡翠中斑状变晶结构是极为普遍的。

2.1.3 按矿物的形态划分

根据矿物颗粒形态划分的变晶结构常见有：
粒状变晶结构（或花岗变晶结构）：指翡翠主要由短柱状或近等轴粒状的硬玉组成。肉眼可见组成翡翠的晶粒为短柱状，且主要晶粒大致相等。例如，许多豆种翡翠就具有这种结构。根据自形程度可分为：半自形粒状和他形粒状结构。柱状变晶结构：指翡翠主要由柱状、长柱状硬玉组成，纤维状变晶结构：纤维状变晶结构指翡翠主要由柱状、长柱状或纤维状硬玉组成，有时还可见数量不等的纤维状矿物（如透闪石）。纤维状矿物常呈定向或半定向排列，有时也呈无定向、束状或放射状分布。这3种结构是翡翠的常见结构，但往往互相重叠，如纤维粒状变晶结构，即同时有两种不同的晶体形态存在，以粒状结构为主。翡翠中的矿物多为辉石类，它们的结晶习性为短柱状，但也有长柱状，甚至纤维状。行内有句话：“十有九豆”，非常确切地概括了翡翠的晶粒形态，即多数为短柱状，像一粒粒的绿豆，因此而得名豆种。但细粒或极细粒的翡翠多数由纤维状晶体组成。

2.1.4 按矿物之间的相互关系划分

(1) 交织变晶结构: 是指组成翡翠的矿物形态, 主要呈纤维状、针状、长柱状和粒状交织在一起, 表现出定向性紊乱, 在显微镜下常常表现出束状、絮状、放射状和丝状的特征。

(2) 镶嵌变晶结构可进一步划分为: 齿形镶嵌变晶结构, 矿物岩石在变质过程中受热重结晶后形成的结构, 特别在单一矿物成分岩石中容易产生。如老坑种, 多数透光性好。弯曲镶嵌粒状变晶结构, 岩石受热后, 矿物围绕若干中心重结晶, 彼此加大互相挤压而出现弯曲的接触界面。如芙蓉种, 透光性中等。平直镶嵌粒状变晶结构, 颗粒有各自独立的晶体结构, 晶体结构中原子排列在晶界处中断, 颗粒边界清楚(直线状边界), 如豆种, 透光性很差。齿形镶嵌变晶结构和弯曲镶嵌粒状变晶结构是动态下晶界间结构和成分的相互扩散, 两侧颗粒的晶体结构在晶界处发生不规则排列, 形成一层与两侧晶体结构相联的非晶体结构层。尽管原子排列还没有像单晶体一样的完整晶格, 但这一界面的力学性质和化学性质已大大超过静态重结晶和较粗结构中存在的裂隙型晶界。

(3) 平行变晶结构: 矿物颗粒长轴有较好的定向性, 透入性片理极为发育, 矿物沿片理面重结晶互呈平行状排列, 这类结构往往在强大的侧向环境下形成, 如金丝种等。

2.2 交代结构

交代矿物多半形成在变质结晶作用之后, 是在叠加变晶结构之上的结构, 并且与流体的交代作用有关。由于交代矿物形成的温度、压力条件均比硬玉低, 所以应属退变质作用阶段的产物。

根据交代作用发生的部位及交代作用的特点, 翡翠的交代结构可以进一步划分为边缘交代结构、内核交代结构、透入交代结构和交代假象结构 4 个亚类。

2.2.1 边缘交代结构

边缘交代结构的特点是: 交代环带结构: 交代作用使硬玉矿物的边缘或外环的化学成分发生改变, 这种变化在偏光显微镜下不一定能显示出来, 但从 EPMA 背散射成分图像上可见, 例如, 矿物颗粒内核成分为硬玉, 而外环为绿辉石, 或内核为绿辉石, 而外环为硬玉; 交代蚕蚀结构: 交代作用使原生矿物边界的轮廓呈港湾状; 交代残余结构: 当交代作用较强时, 原生矿物仅保留少量残留物, 例如, 干青种翡翠内的钠铬辉石中可见铬铁矿的交代残

余; 硬玉交代钠长石时, 有时还在二者接触边界形成一圈清洁的边缘, 可称它为交代净边结构。

2.2.2 核心交代结构

这是交代作用从翡翠核心开始而形成的一种结构。其典型代表是: 交代穿孔结构的交代作用是从矿物内核开始交代形成的; 穿心交代环状结构的交代作用发生在束状或放射状硬玉交汇的核部。

2.2.3 透入交代结构

透入交代结构是交代作用沿矿物颗粒内部解理、矿物颗粒间的空隙以及矿物集合体中的显微裂纹发生的, 由此形成的结构变种有: 交代条纹结构: 交代作用沿一组或几组解理发生, 同一方向的交代条纹有相同的光性方位; 交代网状结构: 交代作用沿矿物的显微网状裂纹或矿物颗粒之间的空隙发生, 交代矿物呈网状或网脉状分布, 如钠铬辉石呈网状交代铬铁矿。

2.2.4 交代假象结构

交代假象结构是指一种矿物颗粒被另一种矿物完全交代。如花青种翡翠中的铬铁矿可以完全被钠铬辉石所交代而形成等轴粒状的交代假象结构。

2.3 碎裂及变形结构

是在翡翠变晶结构形成之后的叠加结构, 与翡翠形成之后的地质事件有关。

2.3.1 碎裂结构

由脆性变形形成的结构形成于浅部至近地表, 翡翠在应力作用下产生裂隙, 进而发生破碎, 形成许多棱角状或次棱角状的碎块, 碎块间有少量破碎所成的细粒及粉末状物质充填, 并有轻微粒化现象出现, 矿物晶粒发生破裂、扭折或位移、波状消光等。

2.3.2 糜棱结构

糜棱结构是在地壳较深的部位, 在强烈的应力作用下, 岩石在地壳较深的部位发生韧性变形作用形成的。其中糜棱物质(0.2~0.5 mm 以下)含量>50%, 糜棱物质排列有方向性。在糜棱结构形成的过程中, 随着应变加大可依次出现变形结构(波状消光、变形纹、变形带等)、动态恢复结构(亚颗粒结构及多边形化结构等)、动态重结晶结构(锯齿状、缝合线状结构、聚结结构等)^[4]。

3 翡翠结构对质量的影响

3.1 变晶结构对质量的影响

变晶结构是翡翠最主要的结构, 因此它们对翡

翠的质量也有最重要的影响。翡翠内部矿物的大小、形态以及它们之间相互关系不同, 质量将有明显差异。在肉眼或放大镜下较易测定矿物的粒径, 粒径的大小直接影响其质量的优劣。一般来说, 具细粒变晶结构、显微状变晶结构的翡翠质地柔和, 水头较佳, 抛光性能好; 而具有细-中粒变晶结构、中粒-粗粒变晶结构的翡翠肉眼一般可见颗粒或解理面, 具有粗糙感。镜下对翡翠颗粒粒径的统计结果表明, 在宝石级的翡翠中, 粒径在 0.1~1.0 mm 的颗粒最多, 表明细粒变晶结构的翡翠质量高。

翡翠硬玉颗粒的相对大小对质量有明显影响。具斑状结构者, 即存在粒度悬殊的矿物时, 肯定为不透明的。呈不等粒结构者, 其粒度频率分布越接近正态分布, 而且正态分布的峰度值越大时, 说明局部出现等粒结构的几率越大; 如果绝对粒度 < 0.50 mm 时, 往往翡翠的透明度就好, 反之则差。

矿物颗粒形状对质量亦有明显影响。据镜下观察, 一般从粒状变晶结构→柱粒状变晶结构→柱状变晶结构, 透明度会有不同程度地增加。根据全反射在光学纤维中的运用, 为了使光线透过玉石时, 单心光束尽量不被破坏, 当矿物晶体为沿结晶轴生长成细长的柱状且柱体的直径较细小时, 光线通过界面的次数将会减少一些, 使翡翠具有较高的透明度, 同时亦使翡翠的力学性质有所增强。对于柱状硬玉集合体, 越接近于平行排列, 光泽度越强, 质地越佳; 而越近于束状排列、放射状排列, 光泽度越差, 质地越劣。这是因为晶体排列不规则, 晶体大多与切面斜交, 显露的多为晶体断口或是在晶体间杂乱排列的细小充填物, 就会造成光的散射现象。

具有齿状镶嵌变晶结构、弯曲镶嵌变晶结构的翡翠样品具有相对较高的透明度, 而具平直镶嵌粒状变晶结构的翡翠样品的透明度则相对较低。造成这种现象的原因是: 在一些结构疏松的翡翠中, 硬玉矿物之间不是紧密接触, 而是有一定的空隙, 这些空隙之中充填有空气。空气的折射率值为 1.0, 与硬玉的折射率 1.67 有大的差值, 导致粒间光学效应达到一定强度, 降低了透明度, 使得翡翠不透明或微透明^[5]。而结构紧密的高档翡翠矿物之间排列紧密, 基本上不具有空隙。而且由于后期应力作用, 晶体排列有序度增加, 边界融合不清, 光学性质趋于一致, 岩石的光学特性向准晶体方向转化, 减少了光线的能量损失, 形成良好的透明度^[6]。

3.2 交代结构对质量的影响

交代结构的形成伴随着化学成分的变化, 不同

类型的交代结构实际上反映了不同类型化学成分的改变。如翡翠中硬玉交代钠长石的结构对质量的影响, 主要由残留钠长石数量的多少来决定。残留少量钠长石有利于提高透明度。交代作用使翡翠的质量等因素的降低不易为肉眼觉察, 所以这种交代结构对质量没有直接影响, 有时由于透明度的提高反而增加了翡翠的价值。闪石族矿物(阳起石、透闪石、钠镁铁闪石等)交代硬玉形成的结构对质量有至关重要的影响。因带入了 Fe、Mg, 故使翡翠颜色发邪、偏暗, 透明度降低^[7]。只要发生这种交代反应, 那怕数量很少, 也会大大降低翡翠的透明度, 当然相对密度、硬度等参数也相应发生改变。同时, 这类矿物容易蚀变成绿泥石, 而绿泥石的硬度比硬玉小得多, 抛光后在翡翠表面会出现凹坑, 这也影响了翡翠的抛光效果; 所以, 这类结构的发育明显地降低了翡翠的价值, 甚至使翡翠无法达到工艺要求。

交代作用形成的翡翠由于硬玉、角闪石和钠长石共存, 其硬度(摩氏)有差异, 硬玉为 6.5~7.0, 角闪石为 5.8~6.4, 钠长石为 6.0~6.5, 抵抗磨削的能力不同, 这样的翡翠往往表面粗糙不平, 光发生部分散射。另一方面, 角闪石和钠长石的折射率分别为 1.625, 1.628, 1.530~1.535, 比硬玉的折射率(1.654~1.667)低些, 而光泽的强度一般取决于反光量, 光线在晶体中穿越的速率越小(折射率越大), 其反射光量越大, 光泽越强。因此, 交代作用形成的翡翠中含角闪石和钠长石越多, 光的反射效应越差, 从而降低翡翠的光泽度。

3.3 碎裂及变形结构对质量的影响

具破碎结构的翡翠由于动力变质作用引起硬玉产生晶内滑动, 晶格发生位错和扭曲, 光率体发生偏转, 不利于光的传播, 必然降低透明度。同时, 具碎裂结构的翡翠, 矿物晶体发生碎性变形, 内部联接力受到损害而变小, 从而降低了翡翠的硬度。因此, 动力变质作用形成的具碎裂结构的翡翠质地较差。另外, 从工艺角度考虑碎裂结构的发育, 无论其碎裂程度如何, 都会降低材料的利用率。

具糜棱结构的翡翠在较低温度、较高应力及高应变速率的条件下, 矿物以位错滑动和位错蠕变机制为主导作用产生动态恢复和动态重结晶。随着变形强度的增加可分别形成金丝种、蛋清种、冰种直至玻璃种。开始变形时部分硬玉晶粒被压扁和拉长, 形成透镜状, 晶粒内出现波状消光和变形纹等结构, 进一步剪切则由透镜状发展为缎带状, 并由于位错滑动而产生亚晶粒, 形成镶嵌结构, 并在边缘部分或亚

晶界上出现细粒的动态重结晶。在此阶段变形以位错滑动和位错蠕变为主,因而晶粒间的间隙以及解理和显微裂隙等未被完全消除,品质改进还不是很大。由于构造运动温度有所上升,扩散蠕变开始缓慢进入,晶间间隙、解理和显微裂隙等空隙被部分消除,翡翠质地逐渐变得细腻,形成金丝种、蛋清种和蛋青花青种等。变形继续进行,缎带状晶粒可以全部被细小的重结晶晶粒代替,形成超糜棱结构。变形过程中温度不断上升,扩散蠕变逐渐加强,使细小动态重结晶晶粒之间的各种空隙被很好地填补,透明度大大增强,形成老坑玻璃种的优质翡翠。故优质翡翠常常是强烈剪切带中韧性变形的糜棱岩类。由于动态重结晶晶粒表面能很高不稳定,导致了静态恢复作用,其结果使晶粒拉长变粗(可大于 0.5 mm),晶粒边界拉直,柱状定向排列,不同程度上破坏了原来紧密镶嵌的状态而出现一些晶粒间隙,从而影响其透明度,例如常见的半透明和质地细腻的蛋清地和藕粉地等。故静态恢复将使原来的优质翡翠档次降低^[8]。

由于韧性变形使硬玉晶粒显著减小而成糜棱-超糜棱结构,绿色又是在较低温度、较高压力和高应变速率的条件下,以位错滑动和位错蠕变为主要机制的韧性变形并有钠质流体参与下铬的淡化作用形成的,故真正的优质翡翠都形成在地壳深部,曾遭受强烈和复杂的构造运动并已发生高度韧性变形的韧性剪切带中^[8],即属动力变质的糜棱岩岩石。当然优质翡翠的成因除与韧性变形所形成的结构有关外,还与矿物成分、致色元素种类和含量、热液交代作用

等复杂的地质作用有关。

4 结语

翡翠的形成经历了变质重结晶作用、交代变质作用和动力变质作用。不同类型的变质作用形成了不同类型的翡翠结构,其中以变质重结晶作用下形成的变晶结构最具代表性。各种不同的结构类型都直接影响到翡翠的质量。同时对地质找矿、成因探讨、赌石预测也有重要的意义。

参考文献:

- [1] 欧阳秋眉.翡翠结构类型及其成因意义[J].宝石和宝石学杂志, 2000, 2(2): 1-5.
- [2] 游振东.变质岩岩石学教程[M].武汉:中国地质大学出版社, 1991.62-71.
- [3] 王仁民,游振东,富公勤.变质岩石学[M].北京:地质出版社, 1989.26-42.
- [4] 张树业,康维国,赵鸿.变质岩结构构造图册[M].北京:地质出版社, 1985.59-67, 7-20.
- [5] 黄凤鸣,古清慧,邹严寒.翡翠的成分和结构特征及其与种或地的关系[J].宝石和宝石学杂志, 2000, 2(1): 7-12.
- [6] 奥岩.翡翠的结构、矿物成分与其物理性质的关系[J].珠宝科技, 1998, (2): 43-45.
- [7] 陈志强.翡翠结构论[J].桂林工学院学报, 1995, 15(4): 343-350.
- [8] 袁奎荣,邓燕华.优质翡翠与显微构造的成因关系[J].桂林工学院学报, 2001, 21(1): 2-5.

TEXTURE TYPES OF JADEITE JADE AND ITS GEMOLOGICAL APPRAISEMENT SIGNIFICANCE

GAO Yuan¹, XIAO Yuan-fu¹, GUAN Qi²

(1. College of Earth Sciences Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. College of Gemology, China University of Geology, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper discusses the definition and the texture types of jadeite jade. The texture is an important element of jadeite jade, which affects not only the varieties of jadeite jade, but also the beauty, transparency and the finishing product of jadeite jade. The texture of jadeite jade can be classified into three types according to their geological origin: crystalloblastic texture, replacement texture, deformation texture. So, the texture of jadeite jade has important significance for gemological quality.

Key Words: jadeite jade; texture; gemological quality