

# 和田玉、玛纳斯碧玉及岫岩老玉(透闪石玉)的硅、氧同位素组成

万德芳, 王海平, 邹天人

(中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037)

**摘 要:**新疆和田玉是世界上最重要的透闪石玉矿产资源之一, 和田也是我国最重要的玉产地。对新疆和田玉、天山玛纳斯碧玉和辽宁岫岩老玉的硅、氧同位素对比研究表明, 和田玉  $\delta^{18}\text{O}$  值为  $+2.3\text{‰} \sim +6.5\text{‰}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$  为  $-0.1\text{‰} \sim +0.3\text{‰}$ ; 天山玛纳斯碧玉  $\delta^{18}\text{O}$  值为  $+9.4\text{‰}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$  为  $-0.5\text{‰}$ ; 辽宁岫岩老玉  $\delta^{18}\text{O}$  值为  $+8.7\text{‰} \sim +12.4\text{‰}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$  为  $+0.1\text{‰} \sim +0.3\text{‰}$ , 所有玉石矿的  $\delta^{18}\text{O}$  和  $\delta^{30}\text{Si}$  值均低于含矿围岩。由此认为新疆和田玉和辽宁岫岩老玉矿床属于岩浆热液交代型成因矿床, 天山玛纳斯碧玉矿则属于变质成因矿床。

**关键词:**和田玉; 玛纳斯碧玉; 岫岩老玉; 硅、氧同位素组成

**中图分类号:** P578.955; P597<sup>+</sup>.2 **文献标识码:** A

透闪石玉矿床在世界上分布不太广泛, 是世界最重要的玉石矿产资源之一。西方学者 Leaming (1978) 按玉石的成矿物质来源, 习惯上将透闪石玉称为软玉, 并划分为变质软玉和交代软玉两大玉石类型。在我国以新疆和田玉最著名, 主要集中分布在新疆的昆仑山、四川龙门山、胶辽台隆及华南褶皱系等地区, 属于接触交代型透闪石矿床。新疆玛纳斯碧玉主要集中分布于新疆北天山地区。不少研究人员曾对该两类软玉矿床做过大量矿床学、矿床学研究, 但其硅、氧同位素研究文献尚未见诸报道。本文对我国新疆和田玉、玛纳斯碧玉和辽宁岫岩老玉的硅、氧同位素组成做了初步对比研究。

## 1 矿区地质概况

### 1.1 新疆和田玉(阿拉玛斯)矿区

新疆和田玉产于塔里木板块南部的南缘活动带内(唐延龄等, 1994)。和田玉成矿带西起塔什库尔干县的安大力塔格, 中经和田的铁克里克塔格、柳什塔格, 往东至且末县、若羌县阿尔金山的肃拉穆宁塔格。该成矿带以盛产和田玉而闻名于世, 成矿带内有原生和田玉矿床 16 个, 矿体产于中酸性侵入岩与白云石大理岩接触交代变质带中。其中尤以于田县阿拉玛斯原生矿床最为典型。

阿拉玛斯矿床位于塔里木板块南缘活动带的公格尔—柳什塔格中间地块东端的背斜

北翼。矿区主要出露元古宙蓟县系的浅变质岩,其岩性为一套石英岩、菱镁岩、片岩、条带状大理岩和镁质大理岩组合,总厚约 1 000m,系浅海相碎屑岩-碳酸盐岩建造。矿区主要构造线呈北东向。侵入岩有加里东期片麻状花岗岩、华力西期花岗岩和花岗闪长岩。与成矿有关的岩体为花岗闪长岩,呈北东向岩株产出,岩体同位素年龄为 2.48 亿年(唐延龄等, 1994),属华力西晚期产物。该花岗闪长岩体内尚有闪长岩脉和正长岩脉贯入,二者系花岗闪长岩的同源补充侵入脉体。华力西晚期花岗闪长岩侵入产生接触交代作用,形成明显的交代蚀变分带,从花岗闪长岩体向外依次形成花岗闪长岩、尖晶石镁铁闪石带、透辉石带、透闪石白云石大理岩带和蛇纹石化大理岩带等。玉石矿体呈脉状、透镜状和囊状沿北东、北东东向产于透闪石白云石大理岩带中。软玉中的主要矿石矿物为透闪石,脉石矿物为白云石、方解石,少量透辉石、镁橄榄石和金云母等。

### 1.2 新疆玛纳斯碧玉(黄台子)矿床

位于北天山优地槽内的哈比尔尕山复向斜北翼。区内主要出露地层为中泥盆统和中石炭统,前者为一套细碧岩、凝灰岩、层凝灰岩、凝灰质砂岩和灰岩等岩石组合,系优地槽型火山岩-火山碎屑岩建造,后者为一套凝灰岩、层凝灰岩、凝灰质砂岩及含凝灰质角砾岩等岩性组合,系冒地槽型火山碎屑岩建造。矿区侵入岩主要为斜辉橄榄岩、斜辉辉橄岩组成的超基性岩,沿近东西向断裂侵入,岩体南倾,已强烈蛇纹石化。矿区内近东西向断裂发育,多为压、压扭性。矿化作用主要发生在超基性岩南侧(近东西向断裂的上盘),矿体呈脉状、透镜状或串珠状产于超基性岩体的基性火山岩捕虏体的接触带上。碧玉矿石的主要矿物为阳起石,脉石矿物主要为透辉石、蛇纹石、绿泥石、石榴子石和少量磁铁矿。

### 1.3 辽宁岫岩老玉(细玉)矿区

位于华北地台营口—宽甸古隆起细玉沟—王家堡子复向斜的南翼。矿区出露地层主要为元古宙辽河群大石桥组和高家峪组,岫岩老玉产于大石桥组中上部白云石大理岩中。大石桥组由一套变质较深的片岩、白云石大理岩、透闪石白云石大理岩、透闪岩、片麻岩、变粒岩、蛇纹岩及蛇纹石化白云质大理岩等组成,总厚约 400~750m,其原岩系浅海相富镁碳酸盐建造(李庆森等, 1984)。区内褶皱轴多呈近东西向。断裂构造以北西向为主,次为北东向和少量南北向。北西向断裂产状与矿体一致,多发生在矿体与围岩接触处,成矿后仍有活动。北东向断裂常切割矿体。侵入岩在矿区以层脉状体产出,主要为细晶岩、闪长岩和闪长玢岩等。玉石矿体呈透镜状、不规则脉状产于白云石大理岩中的滑石化带内,矿体产状与地层及滑石化带产状基本一致。矿石矿物主要为透闪石,少量滑石、和蛇纹石。脉石矿物为白云石、方解石、滑石、硅镁石和橄榄石等。

## 2 硅、氧同位素的基本特征

本文对新疆和田玉、新疆玛纳斯碧玉和辽宁岫岩老玉共做了 18 件样品的硅、氧同位素分析(见表 1),其硅、氧同位素组成具如下特征。

### 2.1 新疆和田玉

阿拉玛斯矿床的围岩  $\delta^{18}\text{O}$  值为 +6.1‰,  $\delta^{30}\text{Si}$  值为 +0.4‰,前者低于正常沉积碳酸盐而接近花岗岩  $\delta^{18}\text{O}$  的下限值(张理刚等, 1985),后者低于沉积型碳酸盐中硅质条带的  $\delta^{30}\text{Si}$

值 +1.1‰~+2.8‰(丁悌平等, 1994)。这一分析结果表明矿体围岩在华力西晚期交代作用中发生了明显的氧同位素交换, 交代作用产生硅质带入, 矿体围岩(白云岩)中的硅质主要来自华力西晚期侵入的花岗岩体。玉石矿体的  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$  值均低于围岩, 并与沉积型碳酸盐岩的  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$  值有明显的差别, 表明华力西晚期发生的岩浆热液交代作用导致玉石矿体产生氧同位素交换, 玉石中的硅质亦来源于华力西晚期侵入的花岗岩岩体。由侵入体向外依次出现的青玉→青白玉→白玉矿石分带, 其  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$  值亦显示出递增趋势, 说明岩体侵入过程所产生的交代作用中有硅、氧同位素分馏作用发生。

表 1 和田玉、玛纳斯碧玉和岫岩老玉矿床的硅、氧同位素组成

Table 1 Silicon and oxygen isotopic compositions in ore deposits of Hetian jade, Manasi green jade and Xiuyan old jade

玉石类别	样品编号	矿区	样品名称	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{NBS-28}}(\text{‰})$	备注
新疆和田玉	9872	阿拉玛斯	围岩	6.1	0.4	于田县
	9893	阿拉玛斯	白玉	3.8	0.3	于田县
	98105	阿拉玛斯	青白玉	3.7	0.2	于田县
	9896	阿拉玛斯	青玉	3.6	0.2	于田县
	98102	和田黑山	羊脂玉	2.3	0.2	
	98104	和田黑山	白玉	5.8	0.2	
	98113	和田黑山	青白玉	5.6	0.1	
	98108	和田黑山	碧玉	6.5	-0.1	
	98110	若羌县	青白玉	4.4	0.2	
	9846	且末县	青白玉	3.4	0.1	
	98117	苏格拉西沟	青玉	5.3	0.2	叶城县
	98122	大同	青玉	4.6	0.3	塔什库尔干县
玛纳斯碧玉	98127	黄台子	围岩	9.8	-0.2	玛纳斯县
	98123	黄台子	碧玉	9.4	-0.5	玛纳斯县
辽宁岫岩老玉	S-1	岫岩细玉沟	围岩	22.6	1.6	
	S0-1	岫岩北瓦沟	白玉	12.4	0.3	
	S-10	岫岩细玉沟	黄白玉	9.3	0.3	
	S-12	岫岩细玉沟	黄玉	8.7	0.1	

新疆和田玉成矿带内其他玉石矿区玉石的  $\delta^{18}\text{O}$  值, 除和田的一件样品(羊脂玉)为 +2.3‰外, 余者皆分布在 +3.4‰~+6.5‰ 范围,  $\delta^{30}\text{Si}$  值为 -0.1‰~+0.3‰, 说明其硅、氧同位素组成较集中, 其  $\delta^{18}\text{O}$  值因交代作用发生了同位素交换, 其  $\delta^{30}\text{Si}$  值仍在花岗岩类  $\delta^{30}\text{Si}$  值范围内, 表明这些矿区的玉石硅质主要来自华力西晚期侵入的花岗岩。

## 2.2 新疆玛纳斯碧玉(黄台子)矿床

矿体围岩(蚀变基性火山岩)的  $\delta^{18}\text{O}$  值为 +9.8‰,  $\delta^{30}\text{Si}$  值为 -0.2‰, 前者略高于正常基性岩而接近变质火山岩的  $\delta^{18}\text{O}$  值, 后者仍在地球镁铁质岩  $\delta^{30}\text{Si}$  值 -0.4‰±0.2‰ 的范畴。碧玉矿石的  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$  值分别为 +9.4‰和 -0.5‰, 低于赋矿围岩值, 其  $\delta^{18}\text{O}$  值高于和田玉,  $\delta^{30}\text{Si}$  值也在地球镁铁质岩的范围内。矿床  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$  组成的上述特征, 表明成矿蚀变作用中有明显的氧同位素分馏过程, 玉石矿体与围岩的硅质系原岩成分, 没有明显的外来硅质带入。

## 2.3 辽宁岫岩老玉(细玉沟)矿床

矿体围岩(白云质大理岩)的 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$ 值分别为+22.6‰和+1.6‰,均高于新疆和田玉、新疆玛纳斯碧玉矿体围岩,其硅、氧及碳同位素( $\delta^{13}\text{C}$ 为0.07‰)组成特征表明原岩系浅海相沉积的富镁碳酸盐岩。岫岩老玉矿石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为+8.7‰~+12.4‰,  $\delta^{30}\text{Si}$ 为+0.1‰~+0.3‰,其氧同位素组成表明有同位素交换发生,其 $\delta^{30}\text{Si}$ 值小于浅海相沉积型碳酸盐中硅质条带值,在花岗岩类 $\delta^{30}\text{Si}$ 值(-0.4‰~+0.4‰)范围内,推测岫岩玉中硅质可能源自花岗岩类。

### 3 讨论

新疆和田玉是世界范围内为数不多的透闪石玉矿床。现有资料表明,世界上其他软玉产地的玉石多为绿色调为主的深色软玉,浅色调软玉甚少,白色软玉就更为珍稀,而世界上为数极少的白色软玉就产于新疆和田玉矿(唐延龄等,1984),因此研究和田玉矿床地质、同位素地球化学等特征,并与我国其他典型软玉矿床进行对比研究有着重要的理论和现实意义。有关软玉矿床的成因,目前存有多种解释和不同的认识。

通过对新疆和田玉、天山玛纳斯碧玉和辽宁岫岩老玉矿床硅、氧同位素组成的对比研究可看出:

- (1) 赋矿围岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$ 值均高于软玉矿石;
- (2) 软玉矿石的 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$ 值变化范围小,硅氧同位素组成分布相对集中;
- (3) 软玉矿石 $\delta^{18}\text{O}$ 值均为正值, $\delta^{30}\text{Si}$ 值除玛纳斯碧玉外也几乎都为正值(仅一件和田黑山碧玉的 $\delta^{30}\text{Si}$ 为-0.1‰);

据我国主要软玉矿床硅、氧同位素组成特征,结合我们对辽宁岫岩老玉样品及大量地球岩石样品的硅、氧同位素研究,新疆和田玉和辽宁岫岩老玉的氧同位素组成从侵入岩到矿石出现有规律增加并呈现出部分花岗岩氧同位素组成特点,表明其成矿作用过程中有同位素分馏和交换,玉石中的硅质主要由花岗岩侵入作用所带入。因此,这两类软玉矿床当属岩浆热液交代型成因矿床。天山玛纳斯碧玉矿床中赋矿围岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$ 值高于矿石值,且矿石的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值较低(-0.5‰),明显低于新疆和田玉和辽宁岫岩老玉,并与地球镁铁质岩石的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值(-0.4±0.2‰)一致,据此推测该矿床很可能属于变质型成因的软玉矿床。

#### 主要参考文献

- 戴立军. 1988. 岫岩北瓦沟构造序列及构造演化[J]. 辽宁地质, 1:54~62.
- 丁梯平, 蒋少涌, 万德芳, 等. 1994. 硅同位素地球化学[M]. 北京:地质出版社, 27~45.
- Leaming S F. 1978. Jade in Canada[M]. Ottawa: Geological Survey of Canada.
- 李庆森, 聂奇英, 孙积玺. 1984. 岫玉成矿地质特征及矿床成因[J]. 辽宁地质, 4:321~329.
- 唐延龄, 陈葆章, 蒋王华. 1994. 中国和阗玉[M]. 新疆人民出版社, 178~233.
- 张理刚. 1985. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 陕西科学技术出版社, 129~150.

## Silicon and oxygen isotopic compositions of Hetian jade, Manasi green jade and Xiuyan old jade(tremolite)

WAN De-fang, WANG Hai-ping and ZOU Tian-ren

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of

Geological Sciences, Beijing 100037, China)

**Abstract:** Hetian jade is one of the most important tremolite jade resources in the world, and Hetian is the most important jade locality in China. A study on oxygen and silicon isotope of the nephrite ore deposits has been stated in this paper. The analytical results show that the  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{30}\text{Si}$  values of the nephrite ore deposit are distributed in a narrow range, which are all lower than the values of the host rocks. It is suggested that the nephrite ore deposits in Hetian and Xiuyan may be the magmatic hydrothermal replacement deposit, and the nephrite deposit of Manasi green jade may be the metamorphic ore deposit.

**Key words:** Hetian jade; Manasi green jade; Xiuyan jade; silicon and oxygen isotope composition