

一組天然珠寶玉石的 放射性測定與分析 Radioactivity Detection & Analysis of a group of gemstones

秦靖瑋 QIN Jingwei¹ 劉雲貴 LIU Yungui¹
張積運 ZHANG Jiyun²

黃清波 HUANG Qingbo² 王禮勝 WANG Lisheng¹

1. 河北地質大學 寶石與材料學院，河北 石家莊 050031

School of Gems and Materials,
Hebei University of Geosciences

Shijiazhuang 050031, Hebei, PR China

2. 石家莊核工業航測遙感中心，石家莊 050000

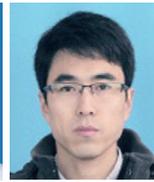
Shijiazhuang Nuclear Industry Aerial Survey and
Remote Sensing Center
Shijiazhuang 050000, PR China

電郵 : qinjingwei1997@163.com, liuyungui@hgu.edu.cn

Abstract: This article reports on a research project in which a group of natural gemstones including feicui (jadeite jade), nephrite (“Hetian jade”), serpentine, rock crystal, fluorite, ekanite (oxide of silicon, calcium and uranium-thorium), etc., were each tested, using the ARL multi-channel gamma spectrometer, to determine the specific activity values of their radionuclides (²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K). The radioactivity level of the samples was analysed, and the test results were compared with data obtained in earlier research projects and reported in articles by a different author. The results show that the radioactive intensity of most gemstones is very low, actually lower than the government permitted levels in most countries. So most gemstones are safe. However, test results on gemstones (crystals) such as ekanite containing radioactive elements such as U and Th as major components, showed strong radioactivity and are therefore deemed very harmful. Such stones should not be worn or even held for long and should also be stored inside a lead lined room or container. Gemstones such as metamict zircon, which register a small amount of radioactivity may also require more care. When radioactivity reaches a certain level in any substance, it is harmful to the human body.



秦靖瑋
QIN Jingwei



劉雲貴
LIU Yungui



張積運
ZHANG Jiyun



黃清波
HUANG Qingbo



王禮勝
WANG Lisheng

Key words: gemstone; radioactivity; ARL multi-channel gamma spectrometer; ekanite; feicui (jadeite jade)

摘要：本文以一組天然珠寶玉石材料作為研究對象，包含翡翠、和田玉、蛇紋石、水晶、螢石、埃卡石（硅鈣鈾鈷礦）等，利用ARL型多道伽瑪能譜儀逐個對樣品的放射性核素（²²⁶Ra、²³²Th、⁴⁰K）的比活度值進行測定，分析樣品的放射性水平，並結合前人測試數據進行對比和分析。研究表明，大多數寶石樣品的放射性強度很低，低於各國豁免值，是安全的，但埃卡石（硅鈣鈾鈷礦）主要成分中含有U、Th等放射性元素，具有強放射性，這類寶石材料對人體有很大危害，不宜佩戴或較長時間近距離接觸，收藏也應該使用鉛室存放。少量放射性元素以類質同象形式進入鋳石晶格中替代Zr，使其具有一定的放射性，應多加注意，這類寶石當其放射性元素的含量達到一定程度時，對人體有害。

關鍵詞：寶玉石材料；放射性；ARL型多道伽瑪能譜儀；埃卡石；翡翠

1 研究現狀及存在問題

隨着人們生活水平的提高，選購和佩戴珠寶玉石的品種和數量亦越來越多，其安全性也就成為了受到學者和消費者關注的問題。寶石是否具有放射性，主要取決於其中是否含有放射性元素(如U、Th、Ra等)。而放射性元素的含量達到某一定量時，放射性強度較高，對人體有害[1]。有人發出了寶石越名貴越損害人體健康的譁眾之語[2]，給不少消費者帶來了陰影。然而，歐陽慧萍等對市面上常見的珠寶玉石品種進行了核素測試，得出了所有樣品的放射性比活度處於安全限以下，不存在放射性危害的認識[3]。鄒灝認為除了少量有鈾礦伴生的紫黑色螢石外，絕大多數天然螢石的放射性是不會對人體的健康產生任何影響的[4-5]。劉晉華對山東昌樂的鉻石進行了放射性研究，認為可以安全佩戴

[6-7]。而張洪石認為絕大多數天然寶石是不帶有放射性的，但鉻石是否具有放射性依其自身所含放射性元素鈾的含量而定[8]。還有一些學者對輻照處理寶石的安全性進行了研究[9-13]。總體來說，對天然單晶質和多晶質寶石的放射性研究不夠多，也不夠深入。

雖然前人對寶石與放射性的關係進行了一些研究[14]，但對哪些寶石可能有放射性還沒有形成規定性的認識，需進一步研究。

2 實測放射性強度數據分析及討論

本文共收集序號為1-6的樣品實測其放射性強度，其中，1、2、5號樣品為天然玉石，3-4號為晶簇和多種寶石晶體組合，6號為一種特殊單晶質寶石。本次放射性測試在石家莊核工業航測遙感中心完成。

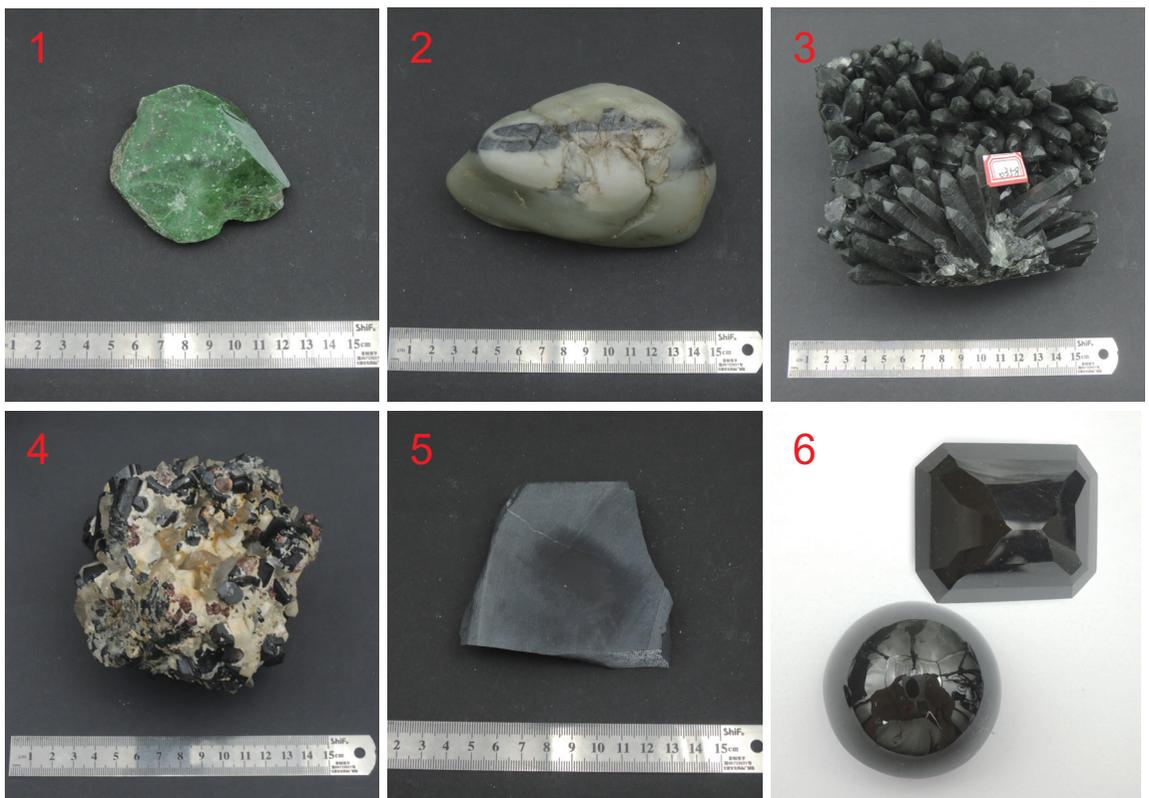


圖1 測試樣品：1翡翠；2和田玉；3綠水晶；4電氣石、石榴石、水晶組合；5黑色石英質玉石；6埃卡石
Test samples: 1 Feicui; 2 Hetian Jade (Nephrite); 3 green quartz crystal; 4 aggregate of tourmaline, garnet & rock crystal; 5 black quartzite; 6 ekanite

採用ARL型多道伽瑪能譜儀對樣品進行測試，定量分析其放射性水平，進而判斷樣品是否對人體有害。為了對比研究和獲得更系統認識，引用了歐陽慧萍的部分測試數據[3]，序號為7-12號。各樣品放射性核素測試結果如表1。

3 討論

目前，國內尚無專門的寶石放射性檢測方法和管理規範。查閱大量資料後，選取兩方面指標作為參照，採取規定值作為是否有害的依據。

一是參照《建築材料放射性核素限量》(GB6566-2010) [15] 的國家標準，該標準規定：建築主體材料中天然放射性核素鐳-226、釷-232和鉀-40的放射性比活度

應同時滿足內照射指數(I_{Ra}) ≤ 1.0 和外照射指數(I_t) ≤ 1.0 。內照射指數 I_{Ra} 的計算公式為 $I_{Ra} = \frac{C_{Ra}}{200}$ ，外照射指數 I_t 的計算公式為 $I_t = \frac{C_{Ra}}{370} + \frac{C_{Th}}{260} + \frac{C_K}{4200}$ ，其中 C_{Ra} 、 C_{Th} 、 C_K 分別為測試材料中天然放射性核素鐳-226、釷-232、鉀-40的放射性比活度，單位為Bq/kg，200為僅考慮內照射情況下，建築材料中放射性核素鐳-226的放射性比活度限量；370、260、4200分別為僅考慮外照射情況下，建築材料中放射性核素鐳-226、釷-232、鉀-40在其各自單獨存在時規定的限量。

二是參照國內外的放射性豁免值。我國以及法國、意大利、日本、泰國等國家和地區均採用74Bq/g作為豁免值；美國採用37Bq/g；英國採用100Bq/g[11]。

表1 樣品放射性核素測試結果
Determination of specific activity of sample radionuclide

序號	樣品編號	名稱	內照射指數 (I_{Ra})	外照射指數 (I_t)	各核素放射性比活度 (Bq/g)			備註
					^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	
1	Q02	翡翠 (含雜質)	<0.136	0.754 ($\pm 6.27\%$)	<0.0271	<0.0195	3.080	本文研究
2	Q04	和田玉	0.247 ($\pm 5.07\%$)	0.174 ($\pm 5.62\%$)	0.0494	0.0062	0.070	本文研究
3	Q09	綠水晶	<0.009	<0.008	<0.0018	<0.0014	<0.0117	本文研究
4	Q12	電氣石、石榴石、水晶組合	2.541 ($\pm 3.84\%$)	1.840 ($\pm 3.03\%$)	0.5083	0.0920	0.4732	本文研究
5	Q13	黑色石英質玉石	0.669 ($\pm 7.81\%$)	1.289 ($\pm 3.76\%$)	13.373	0.1687	1.1720	本文研究
6	Q15	埃卡石 (矽鈣鈷鈦礦)	2578.011 ($\pm 3.85\%$)	7393.746 ($\pm 2.80\%$)	515.6022	1345.5183	3465.656	本文研究 兩塊樣品
7	4-1	鑽石	9.4946	7.4190	1.8989	0.5933	0.0185	歐陽慧萍, 2016
8	18-1	珍珠	0.0277	0.0585	0.0055	0.0110	0.0036	歐陽慧萍, 2016
9	13-2	綠松石	0.0015	0.0019	0.0003	0.0012	0.0011	歐陽慧萍, 2016
10	16-2	孔雀石	2.4300	1.5100	0.4862	0.0391	0.1852	歐陽慧萍, 2016
11	25-1	黃沙皮翡翠	0.0100	0.0100	0.0017	0.0018	0.0025	歐陽慧萍, 2016
12	25-2	白沙皮翡翠	0.0100	0.0100	0.0013	0.0014	0.0059	歐陽慧萍, 2016

(註：7-12號樣品的照片及詳細資料，請參閱<http://dlj.bz/aFqG2N>，數據見表4，樣品照片見圖1中f4-1、h18-1、c13-2、f16-2)

從測試結果可見，6號樣品埃卡石（硅鈣鈾鈷礦）各核素放射性比活度： ^{226}Ra 為 515.6022 Bq/g、 ^{232}Th 為 1345.5183 Bq/g、 ^{40}K 為 3465.656 Bq/g，內照射指數為 2578.011、外照射指數為 7393.746，均遠高於限定值，放射性極強，對人體有很大危害。7號樣品鋯石的各核素放射性比活度： ^{226}Ra 為 1.8989 Bq/g、 ^{232}Th 為 0.5933 Bq/g、 ^{40}K 為 0.0185 Bq/g，遠低於各國家的豁免值；但是其內照射指數為 9.4946，外照射指數為 7.4190，均高於國家對建築材料中放射性核素的限量，其放射性問題值得重視。4號樣品電氣石、石榴石、水晶組合及10號樣品孔雀石放射性比活度遠低於各個國家的豁免值，但內、外照射指數均略高於國家對建築材料中放射性核素的限量，而5號樣品含雜質多的黑色石英質玉石的放射性比活度遠低於各國家的豁免值，其內照射指數也低於國家對建築材料中放射性核素的限量，但外照射指數略高於國家對建築材料中放射性核素的限量。1號翡翠樣品含金雲母和角閃石等雜質，雖然其內、外照射指數均低於國家對建築材料中放射性核素的限量，但與序號為11-12的常規翡翠樣品對比，其外照射指數0.754，接近1.0的限定值。其餘樣品，包括常見的珍珠、水晶、較純翡翠、和田玉、綠松石等常見珠寶玉石的放射性比活度也遠低於各個國家的豁免值，內、外照射指數亦均遠遠低於國家對建築材料中放射性核素的限量，故可安全接觸和佩戴。

對上述結果進行分析：埃卡石（硅鈣鈾鈷礦）的化學式為 $\text{Ca}_2(\text{Th,U})\text{Si}_8\text{O}_{20}$ ，主要化學組成中有放射性元素U和Th，故放射性極強，像這樣一類含常量放射性元素的寶石，對人的身體健康有危害，不宜佩戴及/或近距離接觸。鋯石的化學式為 ZrSiO_4 ，雖然主要化學組成中沒有放射性元素存在，但由於在鋯石中容易發生U、Th替代Zr的類質同象現象，這些放射性元素的存在使鋯石具有一定的放射性，當放射性元素含量達到一定值，可能影響身體健康。通過對三件翡翠樣品的放射性強度數據進行對比，1號翡翠樣品成分較為複雜，內含

角閃石、金雲母等礦物，推測可能含有微量的放射性元素，故其放射性外照指數接近1，有一定放射性但不足以嚴重影響人的身體健康；常規的、較純的翡翠樣品中不含明顯的雜質，放射性元素難以存在，故放射性強度遠遠低於限定值，安全可靠。電氣石、石榴石、水晶組合樣品，黑色石英質玉石樣品及孔雀石樣品成分均不單一，較為複雜，可能發生放射性元素替代，或被吸附，故有的放射性指標偏高。常見的天然珠寶玉石，與常規的、較純的翡翠一樣，由於不易發生放射性元素替代，故放射性強度遠低於限定值。

4 結論

(1) 埃卡石（硅鈣鈾鈷礦）具有強放射性，對人體有害。自然界中存在類似強放射性的單晶體或集合體，像這樣一類含常量放射性元素的寶石，不宜作為佩戴用珠寶首飾，甚至不應近距離觀察樣品，應放在厚鉛室中儲存。

(2) 像鋯石一樣易發生放射性元素類質同象替代的樣品要考慮其安全性，放射性元素含量達到一定情況下，對人體有害；成分較為複雜的寶石樣品，也要考慮這些成分中是否含有對人體有害的放射性元素。

(3) 對翡翠樣品的研究表明，成分單一的翡翠對人體無危害，可以放心的佩戴；而成分較複雜的翡翠樣品測試到一定強度的放射性，具體原因有待進一步研究，此類樣品應重視放射性檢測及其規律性研究。

(4) 常見珠寶玉石的內、外照射指數和放射性比活度值均遠低於限定值，對人體無害。即大多數珠寶玉石的放射性水平對人體無害！

參考文獻

- [1] 湯彬, 葛良全, 方方等.核輻射測量原理[M]. 2011年8月第1版
- [2] 寶雲龍.對人體健康有害的名貴寶石[J].醫學視聽教育, 1996(01):19
- [3] 歐陽慧萍, 巫翔, 唐賓, 張詩.常見寶玉石材料的放射性研究[J].岩石礦物學雜誌, 2016,35(S1):169-174

- [4] 鄒灝, 張壽庭, 方乙, 陳安清, 高峰, 唐利, 鄧銘哲. 天然螢石的放射性元素含量及其影響 [J]. 物探與化探, 2014, 38(03): 478-484
- [5] 鄒灝. 天然螢石的放射性對人體健康的影響 [J]. 礦床地質, 2014, 33(S1): 885-886
- [6] 劉晉華, 白峰, 羅書瓊, 余水蓮, 吳志遠. 山東昌樂鉛石的熱處理實驗及呈色機理研究 [J]. 岩石礦物學雜誌, 2012, 31(03): 454-458
- [7] 劉晉華. 山東昌樂鉛石的呈色機理及放射性研究 [D]. 中國地質大學(北京), 2012
- [8] 張洪石. 鉛石鈾含量變化及其寶石學意義——兼論寶石放射性問題 [J]. 火山地質與礦產, 1997(04): 308-316
- [9] S.M.Tang, T.S.Tay, 謝意紅, 黃慧芝. 中子輻照處理的放射性金綠寶石貓眼 [J]. 寶石和寶石學雜誌, 2001(04): 8-10
- [10] 沈才卿. 寶石的輻照改色及其安全性 [A]. 國土資源部珠寶玉石首飾管理中心、中國珠寶玉石首飾行業協會. 珠寶與科技——中國珠寶首飾學術交流會論文集 (2015) [C]. 國土資源部珠寶玉石首飾管理中心、中國珠寶玉石首飾行業協會: 國土資源部珠寶玉石首飾管理中心, 2015: 3
- [11] 丁競, 李子玥, 李水平, 姜嵐. 輻照處理寶石放射性水平檢測及分析 [J]. 計量與測試技術, 2014, 41(01): 1-2
- [12] 王璨輝, 康璽, 胡創業. 輻照加工寶石的放射性測量研究 [J]. 原子能科學技術, 2018, 52(10): 1879-1883
- [13] 徐曉明. 寶玉石改色原理與輻照改色寶石的殘餘放射性 [J]. 資源開發與市場, 1994(01): 20-22
- [14] 沈才卿. 寶石與放射性的關係 [J]. 鈾礦地質, 2003(01): 62-63+61
- [15] 中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局. 2010.GB6566-2010 建築材料放射性核素限量 [M]. 北京; 中國標準出版社, 1-2

Laboratories Accredited by HKAS of HKSAR Government on Fei Cui & Diamond Testing

香港特別行政區 香港認可處認可的 翡翠及鑽石實驗所

www.gahk.org/en/label.asp

Coronet
Amazing Museum

冠玲瓏 鑽石藝術博物館



www.aaronshum.com



theamazinggallery.simplybook.asia/v2