

石英热释光的标型意义

——相山铀矿床的研究实例

王湘云 章邦桐

(南京大学地球科学系, 南京)

提 要: 对相山铀矿床岩石、矿石中石英热释光的研究发现, 热释光强度与其所在的岩性和其中的 U、Th、K 总量有关。总的趋势是 U、Th、K 总量增加, 热释光强度显著降低; 石英热释光辉光曲线上的峰形存在明显差异, 岩石中石英热释光辉光曲线的峰形比较复杂, 多数曲线呈双峰, 且都是中温峰的相对强度比高温峰的相对强度低; 矿石和近矿围岩中石英热释光辉光曲线都是双峰, 且都是中温峰的相对强度比高温峰的相对强度高。这些差异可作为该矿床的找矿标志。在石英热释光辉光曲线上, 任一特定峰温对相邻峰形存在一个叠加复合区间, 其范围为特定峰温 20℃左右。自岩浆冷却以后, 该地区至少经历了五次大的热事件。对应的温度分别为 250℃、288℃、310℃、335℃、350℃, 表明该矿床是多次热事件叠加的结果。

关键词: 热释光 叠加复合 热事件 找矿标志 相山铀矿床

热释光是一种辐射诱发现象, 对温度的变化非常敏感, 因而, 热释光技术被广泛应用于测定物体热事件发生的年代和解释热历史^{①②}。选择石英作为热释光载体主要考虑了下列因素: ①石英是本区最常见的矿物, 化学成分和晶体结构比较稳定。在相同物理化学环境中形成的石英, 具有比较稳定的热释光响应; ②石英热释光辉光曲线常常很复杂, 在不同成因类型的石英标本之间辉光曲线是不同的^①, 因而可用来鉴别不同成因的石英。热释光辉光曲线上峰的数目、形状和相对强度可用作标型特征; ③火山岩中石英热释光具有共同的零点^②, 能清楚的反映岩浆冷却后所发生的热事件。

相山铀矿床的发现和发展已有 30 多年的历史, 是一个大型铀矿床, 享誉国内外。前人对相山铀矿床进行过系统、深入的研究, 唯独没有采用热释光方法。本文所做的工作对该矿床的研究具有创新开拓意义, 对丰富热释光方法在地质研究中的应用具有实际价值。

王湘云, 男, 1955 年 1 月生, 讲师, 博士, 主要从事放射性物探、微型计算机在地质中的应用等教学和科研工作。

邮政编码: 210093

1995-6-7 收稿, 1995-7-24 修改回。由陶景连编辑

① 朱连芳, 1992, 国际热释光剂量学基础理论研究概况, 论文摘要汇编

② 刘京发, 1992, 岩庄陨石的释光位移和热事件年代研究, 论文摘要汇编, 中国第三次热释光和电子自旋共振测年及剂量学术讨论会

1 地质简况

相山火山岩型铀矿田位于华南加里东褶皱带北缘, 江绍断裂带南侧的中生代陆相火山岩铀成矿带西南端的芙蓉山火山构造盆地中。芙蓉山火山盆地呈等轴状, 面积约 300 km²。火山岩系属上侏罗统, 下部为打鼓顶组, 由砂砾岩、粉砂岩、流纹英安岩组成; 上部为鹅湖岭组, 由砂砾岩、熔结凝灰岩和酸性碎斑熔岩组成, Rb-Sr 等时线年龄为 147×10^6 a, 铀矿床主要产出在碎斑熔岩、流纹英安岩及次花岗斑岩中。铀矿床有钠交代型和萤石-水云母型两种类型。本文研究的铀矿床属萤石-水云母型, 成矿主岩为碎斑熔岩和流纹英安岩。矿体受密集裂隙带控制, 多呈脉状、群脉状产出。矿石成分较复杂, 以含钍高为特征, 矿石矿物以沥青铀矿及含钍沥青铀矿为主, 还有少量钍铀矿、铀钍石及方钍石。围岩蚀变广泛发育: 早期蚀变以水云母化为主, 呈面型分布; 晚期近矿蚀变有红化、萤石化、黄铁矿化、绿泥石化。矿化可分为早晚两期, 早期以红化(赤铁矿化)为特征, 成矿年龄为 139×10^6 a。晚期以萤石化为主, 品位富, 成矿年龄为 92×10^6 a。

2 样品采集与方法

文中所用样品系采自相山铀矿床某钻孔(90~520 m)和邹家山露天采场。主要采集了相山火山岩的主体岩石, 碎斑熔岩样品 7 个, 凝灰岩样品 2 个, 英安岩样品 1 个。将样品碎至 30 目过筛, 挑纯石英颗粒, 经浓盐酸浸泡处理, 风干后用作热释光测量, 将筛剩的样品碎至 200 目, 用作 X 荧光分析。将样品碎至 30 目挑纯石英, 主要考虑了下列因素: ①容易挑纯石英颗粒; ②进一步的研磨所产生的热会导致热释光强度的降低; ③在同一地区, 采用同一粒径的石英颗粒, 测量结果可以对比。

热释光强度是利用国产 FJ-377 型热释光剂量仪测量的, 升温速率为 5 °C/sec, 热释光辉光曲线是利用国产 XWT-164 型台式自动平衡记录仪记录的。

3 结果与讨论

3.1 岩石、矿石中石英热释光强度

石英热释光强度与 U、Th、K 含量从表 1 中可以看出:

(1) 钻孔样品, 石英热释光强度受垂向分带和岩性变化的双重控制, 除矿化碎斑熔岩外(430 m), 从 90 m 和 110 m 处的碎斑熔岩到 410 m 处的英安岩和 420 m、520 m 处的凝灰岩, 其热释光强度具有显著差异, 其变化范围为 19585.19 (90 m), 21129.73 (110 m) 和 8935.06 (410 m), 9510.71 (420 m) 以及 9440.00 (520 m); 单就碎斑熔岩而言, 从 90 m、110 m 处的碎斑熔岩到 430 m 处的矿化碎斑熔岩, 热释光强度随着铀、钍含量的增加而降低, 其变化范围为 90 m—110 m—430 m, 铀钍总量为 29.2×10^{-6} — 31.8×10^{-6} — 176×10^{-6} , 热释光强度为 19585.17—21129.73—4278.68。

(2) 邹家山采场样品, 石英热释光强度随着铀钍总量的增加而降低, 其变化趋势是: 水云母化碎斑熔岩—浅红化碎斑熔岩—强红化碎斑熔岩—矿石; 铀钍总量为 26×10^{-6} — 31×10^{-6} — 70×10^{-6} — 8543×10^{-6} ; 石英热释光强度从 11652.64—8284.56—3410.38—3122.21。

综上所述,石英热释光强度与其所处的深度、岩性和铀钍总量等有关,与 U、Th、K 含量有直接关系,总的趋势是 U、Th、K 含量越高,热释光强度越低,这种异常现象可能是由于石英晶体受到大剂量长期照射后,产生明显的猝灭现象,热释光强度明显减弱的原故^[3]。关于这种热释光猝灭现象,不属于本文的讨论范畴,笔者已另文详细讨论^①。

表 1 相山铀矿床岩、矿石中石英热释光强度和 U、Th、K 含量

Table 1. Quartz thermoluminescence intensities and U, Th, K contents of rocks and ores from the Xiangshan uranium deposit

石英样品产出岩性			样品 个数	热释光强度 (脉冲/g)	U (10^{-6})	Th (10^{-6})	K (%)	U、Th 总量 (10^{-6})
钻孔 样品	碎斑熔岩	90 m	1	19585.19	3.2	21	5.06	29.2
		110 m	1	21129.73	8.8	23	4.83	31.8
	矿化碎斑熔岩	430 m	1	4278.68	154	22	1.61	176
		英安岩	410 m	8935.06	6.8	20	3.64	26.8
	凝灰岩	420 m	1	9510.71	5.5	17	2.54	22.5
		520 m	1	9440.00	14.8	21	1.90	35.8
露采 样品	水云母化碎斑熔岩		1	11652.64	7	19	4.40	26
	浅红化碎斑熔岩		1	8284.56	9	22	4.39	31
	强红化碎斑熔岩		1	3410.38	44	26	4.92	70
	矿石(紫色碎斑熔岩)		1	3122.21	7724	823	1.29	8547

测试者: U、Th、K 含量是南京大学现代化析中心 X 荧光室刘笛、张孟群工程师测定,热释光强度是笔者测定;K 测定为 K_2O (%)

3.2 石英热释光辉光曲线和峰所对应的温度特征

从图 1、2 中可以看出:岩石、矿石和近矿围岩中石英热释光辉光曲线上的峰形特征具有显著差异。岩石中石英热释光辉光曲线的峰形特征是,多数曲线(图 1 中曲线 1, 2, 3)呈双峰,少数曲线(图 1 中曲线 4, 5)呈单峰,且中温峰的相对强度低,高温峰的相对强度高;矿石和近矿围岩中石英热释光辉光曲线(图 2)都呈双峰,且峰形基本一致,中温峰的相对强度高,高温峰的相对强度低。这些差异表明:①岩石中石英热释光辉光曲线上的峰形较复杂。一方面,反映了岩性上的差异,更主要的是反映了相山铀矿床在形成过程中的热演化阶段;②矿石和近矿围岩中石英热释光辉光曲线上的峰形基本一致,反映出铀矿脉所处的物理化学环境是比较稳定的。

表 2 列出相山铀矿床岩石、矿石和近矿围岩中石英热释光辉光曲线各个峰所对应的温度。从表 2 中可以看出,各峰温的分布大致可以分为五个温度区间,其分布序列为 250 ℃—288 ℃—310 ℃—335 ℃—350 ℃,其中第二温度区间(288 ℃)是矿石和近矿围岩热释光中温峰对应温度(278 ℃、283 ℃、290 ℃、293 ℃、296 ℃)的平均值。笔者认为这一温度区间是相山铀矿床的成矿温度。这一结论与前人^②的研究结果一致。这一温度区间表明,铀成矿是多

① 王湘云、章邦桐,铀矿脉中石英热释光异常现象初析

② 王长华,1992,江西相山火山岩型铀矿田基底变质岩及与铀矿关系研究,南京大学硕士论文

次热事件叠加的结果。

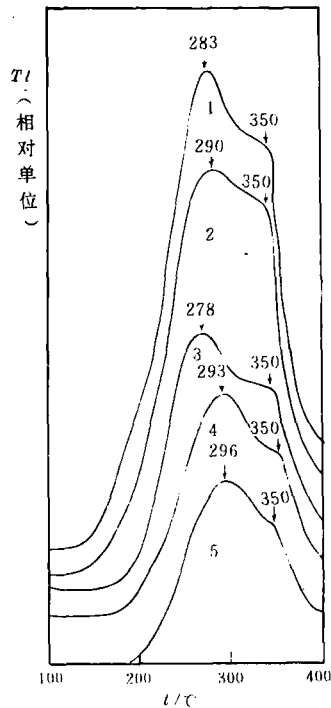


图 1 相山铀矿床岩石中石英热释光辉光曲线

1—碎斑熔岩 (90 m); 2—碎斑熔岩 (110 m);
3—英安岩 (410 m); 4—凝灰岩 (420 m);
5—凝灰岩 (520 m)

Fig. 1. Thermoluminescent glow curves of quartz from rocks of the Xiangshan uranium deposit.

1—Porphyroclastic lava (90 m); 2—Porphyroclastic lava (110 m); 3—Dacite (410 m); 4—Tuff (420 m);
5—Tuff (52 m).

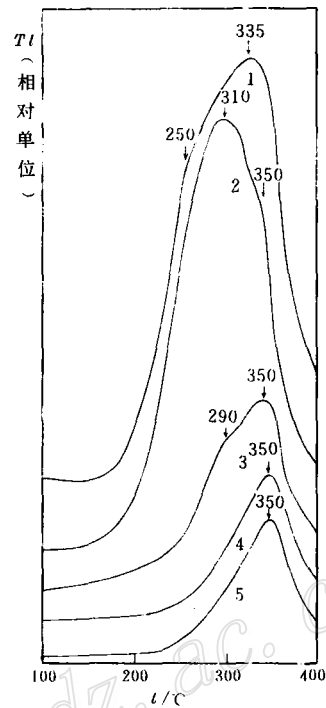


图 2 相山铀矿床矿石及近矿围岩中石英热释光辉光曲线

1—水云母化碎斑熔岩; 2—浅红化碎斑熔岩; 3—矿化碎斑熔岩; 4—强红化碎斑熔岩; 5—矿石碎斑熔岩

Fig. 2. Thermoluminescent glow curves of quartz from ores and near-ore wall rocks in the Xiangshan uranium deposit.

1—Hydromicratized porphyroclastic lava; 2—Porphyroclastic lava that experienced light red alteration; 3—Mineralized porphyroclastic lava; 4—Porphyroclastic lava that experienced strong red alteration; 5—Porphyroclastic lava of ore.

综合图 1, 图 2, 表 2 可以发现: ①特定峰温对相邻峰形会产生叠加复合作用, 其范围大致为特定峰温 20 °C 左右, 超过这一范围将形成“肩峰”, 例如, 图 1 中的 1、3, 图 2 中的全部。也就是说, 当 330 °C 的热释峰出现时, 310 °C 和 350 °C 的热释峰被叠加复合, 而 290 °C 以下或 370 °C 以上的热释峰将形成“肩峰”。②区域性发生的热事件有两次, 对应的温度为 350 °C 和 290 °C 左右。因为这两个区间的温度很集中, 反映了整体趋势。局部发生的热事件有若干次, 主要发生在碎斑熔岩之中, 可检出的温度为 250 °C, 278 °C, 283 °C, 310 °C, 335 °C。

表2 相山铀矿床岩、矿石中石英热释光曲线上峰对应的温度分布

Table 2. Distribution of temperatures corresponding to peaks along thermoluminescence curves of quartz from rocks and ores in the Xiangshan uranium deposit

石英产出岩性			热释光峰对应的温度 (°C)							
			250—	280—	290—	300—	310—	320—	330—	340— 350—
钻孔样品	碎斑熔岩	90 m	250						335	
		110 m					310			350
	英安岩	410 m			290					350
	凝灰岩	420 m								350
		520 m								350
露采样品	水云母化碎斑熔岩			283						350
	浅红化碎斑熔岩				290					350
	矿化碎斑熔岩 (430 m)			278						350
	强红化碎斑熔岩				293					350
	矿石碎斑熔岩				296					350

4 结 论

综合前面的研究结果,得到如下结论:

(1) 相山铀矿床岩石、矿石及近矿围岩中石英热释光强度与其所在的岩性和岩石中 U、Th、K 总量有关,总的趋势是, U、Th、K 总量增加,热释光强度显著降低。

(2) 岩石、矿石及近矿围岩中石英热释光辉光曲线的峰形存在显著差异,岩石中石英热释光辉光曲线峰形比较复杂,多数曲线呈双峰,且都是中温峰的相对强度比高温峰的相对强度低;矿石和近矿围岩中石英热释光辉光曲线都是双峰,且都是中温峰的相对强度比高温峰的相对强度高。

(3) 相山铀矿床的成矿温度 (°C) 区间为 278—283—290—293—296。是多次热事件叠加的结果。

(4) 区域性发生的热事件有两次,对应的温度为 350 °C 和 290 °C 左右。局部发生的热事件有若干次,可检出的温度为 250 °C, 278 °C, 283 °C, 310 °C, 335 °C。

参 考 文 献

- 1 A C 马尔富宁著. 矿物的谱学、发光和辐射中心. 北京: 科学出版社, 1984
- 2 王维达. 古代陶器的热释光年代. 考古, 1979, (1): 82~88
- 3 王湘云, 章邦桐. 相山铀矿床多期石英的天然热释光及 EPR 特征. 岩石矿物学杂志, 1995, 14 (3).

TYPOMORPHIC SIGNIFICANCE OF QUARTZ THERMOLUMINESCENCE IN ORE PROSPECTING: A CASE STUDY IN THE XIANGSHAN URANIUM DEPOSIT

Wang Xiangyun and Zhang Bangtong

(*Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093*)

Key words: thermoluminescence, superimposed compounding, thermal event, the Xiangshan uranium deposit, criteria for ore prospecting

Abstract

Thermoluminescence study of quartz from rocks and ores in the Xiangshan uranium deposit shows that both thermoluminescence intensity and kurtosis of quartz vary remarkably, which can be used as ore-prospecting criteria in this ore deposit. On the thermoluminescence curve of quartz, there exists a superimposed compounding interval of about ± 20 °C for any specific peak relative to the neighboring peak. Since the cooling of magma, the area has at least experienced five notable thermal events with the corresponding temperature being 250 °C, 288 °C, 310 °C, 335 °C and 350 °C respectively, suggesting that the ore deposit was formed through superimposition of several thermal events.