

河台金矿床石英热释光特征及其找矿意义*

Characteristics of Hetai Gold Mine Quartz Thermoluminescence and Its Mine Hunting Purport

全亚荣 李兆麟 翟伟 文勇军 李文

(中山大学地球科学系, 广东 广州 510275)

Quan Yarong, Li Zhaolin, Zhai Wei, Wen Yongjun and Li Wen

(Department of Earth Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275, Guangdong, China)

摘要 地下矿产信息的多源性给地质找矿勘探技术和方法的研究提供了广泛的空间。文章根据对广东河台金矿 118 个岩、矿石样品的石英热释光测定结果的研究, 发现热释光的发光曲线类型可以作为区分矿与非矿的评价标志: 指示为矿的热释光, 表现为范围窄强度大的尖峰型或为强度不大的中等峰宽的中峰型; 而窄峰型和宽峰型可以作为非矿的判别标志; 若矿体经历后期的构造热作用, 其热释光发生衰退, 则可表现为无峰型。热释光方法作为找金矿的一种辅助手段有重要应用意义。

关键词 热释光 TL 曲线类型 金含量 河台金矿

热释光 (thermoluminescence, 简称 TL) 是固体绝缘体受热后以冷光的形式释放其储存于晶格中的辐照响应能量的一种特征表现。这是一种非常微弱且不可重现的瞬时发光。不同物质受到不同种类、不同剂量的辐照, 其热释光强度和发光曲线形态是不同的。石英矿物因其分布广和具有良好的热释光特性, 而被广泛用于热释光测量。近十来年利用石英热释光所提供的微观矿物学信息辅助解决金矿找矿问题, 已取得了初步成效 (范宏瑞, 1990; 李兆麟等, 1997)。热释光测量之所以能被用于解决金矿找矿问题, 是在于矿石与岩石的石英热释光存在差异, 但如何根据热释光的测试数据, 建立起实用可行的金矿找矿评价标志, 仍是一个有待研究解决的课题。本文根据对广东河台金矿床石英热释光的测定结果, 探讨了的岩、矿石中石英热释光特征及其找矿意义。

1 矿区地质概况

广东河台金矿位于粤西吴川—四会深断裂带北西侧罗定—广宁断裂带的中部。矿区地质主体是罗定—广宁断裂变质带南东侧的韧性剪切带, 呈北东 70°~80°走向纵贯全区。出露的主要地层为震旦系 C 组, 由各类片状石英岩, 变粒岩, 片麻岩等组成片状无序变质岩带。在野外当变质岩的混合岩化程度较高时常不易区分而统称之为混合岩, 是糜棱岩带的主要围岩。该区经历了加里东—海西—印支及燕山运动等多次构造作用, 形成河台韧性剪切带蚀变糜棱岩金矿床。韧性剪切带内的强剪切带, 即糜棱岩带控制矿床的空间和规模。糜棱岩是金的富集岩石, 它又可分为初糜棱岩、糜棱岩和超糜棱岩, 其石英的含量分别为 30%~50%, 45%~55%, 50%~75%。可见, 石英的含量随糜棱化程度的加深而增加, 而石英是金的主要载体矿物之一, 糜棱岩中含有较多的石英, 为本研究提供了有利的物质条件。

* 本文得到国家自然科学基金项目 (编号: 49873018) 和广东省基金项目 (编号: 001255) 的资助

第一作者简介 全亚荣, 男, 1944 年生, 博士, 副教授, 现主要从事同位素地质、地球物理的教学和研究工作。

2 热释光测量结果

测试用样品全部采自地下坑道,为符合热释光测量要求的新鲜岩、矿石,岩性包括各种糜棱岩、糜棱岩化混合岩、糜棱化石英片岩、混合岩等。试样粒径约 177 μm (200 目),经物理、化学纯化处理后制得供测试用的石英测样。热释光测量使用设有计算机控制的 FJ-377 型热释光剂量仪。测量条件设定为:加热温度由室温至 500 $^{\circ}\text{C}$,升温速率 8.3 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$,每样作 3 次以上测定,样重 23 mg。热释光测量结果示于图 1,但因篇幅所限不可能把全部 118 个样品的测定结果都列出,这里只给出其中具代表性的 TL 发光曲线。

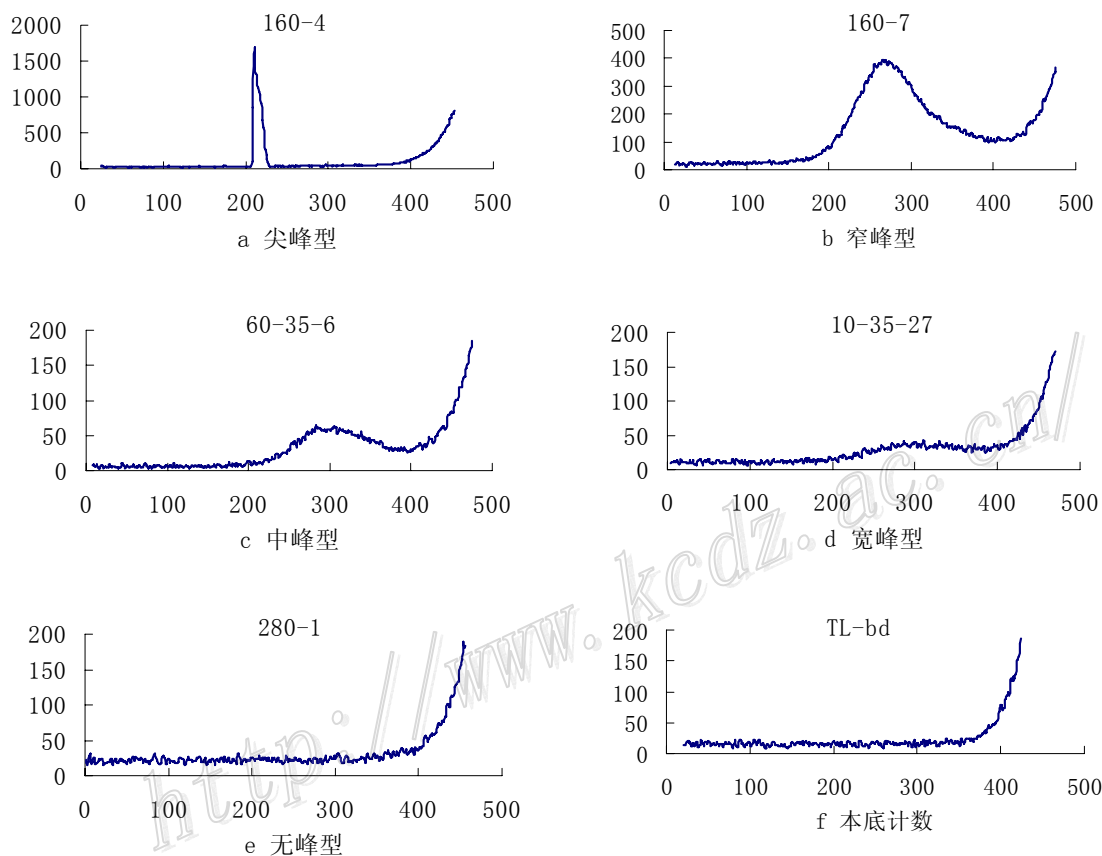


图 1 TL 发光曲线

(横坐标: 温度/ $^{\circ}\text{C}$; 纵坐标: TL 强度/光子数)

3 石英热释光特征

对所测定的 118 个样品的石英热释光进行分析,发现 TL 发光曲线形态跟半峰值间的宽度与其峰强之比有关,为此,定义该比值 k 为峰宽系数。由 k 系数可将 TL 曲线分为 $k=0.003\sim 0.009$ 的尖峰型、 $0.1 < k < 0.9$ 的窄峰型、 $0.9 < k < 1.4$ 的中峰型、 $k > 1.4$ 的宽峰型及无峰型。各类型的特点(表 1)分述如下:

(1) 尖峰型(图 1a) 有 7 个样品属此类型。其显著特点是有很强的发光峰,除 1 个样峰值记数 554 外,其余均在 1000 以上,最高者超过 5000,总强度超过 10000,最高近 100000。而半峰值宽度却很窄为 6~15 $^{\circ}\text{C}$,TL 曲线形如一个很强的电脉冲。其另一特点是峰的位置在低温段 213~251 $^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 窄峰型(图 1b) 窄峰型曲线的峰强比尖峰型弱,除个别略低于 100 外,均在 100~900 之间,但峰的位置比尖峰型高,位于 260~327 $^{\circ}\text{C}$,而总强度与尖峰型的差别不大。有 47 个样品属此类型。

(3) 中峰型(图 1c) 该类型之特点是,与窄峰型相比峰强较低,属此类型的 20 个样品中强度由几

十至低于 130 记数，总强度亦明显比窄峰型低，大部分为数千记数，只有 5 个稍超过 10000，但峰宽系数却较窄峰型大。峰的位置与窄峰型没有什么差别。

(4) 宽峰型(图 1d) TL 曲线形态宽缓是该类型的特点，其峰强比中峰型要低，属此类型的 31 样品中除 2 个测样稍大于 60 外，均<60 记数且大部分为 50 以下，总强度<10000 记数，总体上也比中峰型低。峰的位置与中峰型同。

(5) 无峰型(图 1e) 特点是发光量很少，无峰，类似于 TL 本底记数。属此类型的样品有 13 个。

表 1 样品的热释光表征参数(部分测样的参数)

序号	样品编号	$w_{Au}/10^{-6}$	TL 总强度 /光子数	TL 峰强度 /光子数	TL 峰温度 /℃	半峰宽度 /℃	宽峰系数	曲线类型	备 注
1	00-40-5	0.23	17443	92	261	53	0.576	窄峰	1~2 同型
3	00-46-1	8.21	79915	5418	232	15	0.003	尖峰	
4	00-38-1	0.004	6952					无峰	
5	160-1	0.19	72156	575	263	109	0.189	窄峰	5~14 同型
15	160-4	2.96	23056	1578	214	9	0.006	尖峰	15~16 同型
17	160-6	0.55	10151					无峰	
18	280-2	3.79	8628					无峰	
19	280-3	0.07	10493					无峰	19~20 同型
21	80-56-4	3.86	57845	3536	224	11	0.003	尖峰	
22	80-56-6	0.17	22992	159	268	90	0.566	窄峰	
23	8-6-2	0.99	6158	36	277	65	1.806	宽峰	
24	8-6-17	14.14	5988					无峰	24~25 同型
26	40-16-1	0.30	16178	113	306	93	0.823	窄峰	26~39 同型
40	40-16-8	0.51	7093	45	299	80	1.778	宽峰	40~45 同型
46	40-16-27	1.62	32591	224	309	151	0.674	窄峰	46~47 同型
48	40-16-17	1.62	11262	80	306	93	1.163	中峰	48~53 同型
54	40-40-4	12.92	12905	103	277	96	0.932	中峰	54~56 同型
57	40-40-6	0.46	56627	503	280	78	0.155	窄峰	57~59 同型
60	40-40-11	0.41	6403	41	299	77	1.878	宽峰	60~62 同型
63	40-48-4	4.97	22476	1551	213	10	0.006	尖峰	
64	40-48-10	0.60	27076	234	267	78	0.333	窄峰	64~66 同型
67	80-16-5	1.00	53226	452	301	88	0.195	窄峰	
68	80-16-6	0.67	21885	189	301	95	0.503	窄峰	68~71 同型
72	80-16-8	0.70	7699	62	305	94	1.516	宽峰	
73	10-35-6	0.30	18763	119	327	60	0.504	窄峰	73~76 同型
77	10-35-12	3.72	10380	554	251	5	0.009	尖峰	77~78 同型
79	10-35-19	0.30	4655					无峰	79~81 同型
82	10-35-22	25.11	7782	56	276	77	1.375	中峰	82~90 同型
91	10-35-25	7.12	4908					无峰	
92	10-35-27	0.30	7151	42	287	122	2.905	宽峰	92~106 同型
107	60-35-1	0.30	7860	49	276	80	1.633	宽峰	107~111 同型
112	60-35-6	15.31	7584	59	302	81	1.373	中峰	112~113 同型
114	60-35-9	0.30	32134	294	286	89	0.303	窄峰	114~115 同型
116	110-41-1	0.50	11833	96	284	82	0.854	窄峰	
117	110-41-2	75.23	2260					无峰	
118	110-41-5	0.30	3673					无峰	

注：(1) 样品的金含量，1~25 号由中科院广州地球化学研究所胡光黔、高思登分析，其余样品由广东河台金矿选冶厂分析；(2) 备注中的“同型”是指 TL 曲线类型相同且同是矿样品或非矿样品。

4 石英热释光与金矿的关系

从表 1 可看出，TL 曲线类型与岩、矿石之间存在相关性，图 2 更清楚直观地显示出这种关系(注：因篇幅所限，金含量 51.67 $\mu\text{g/g}$ 的尖峰型和 25.11 $\mu\text{g/g}$ 的中峰型两个测样数据没有放入图中)。

(1) 属尖峰型 TL 曲线的 7 个样品的金含量($w_{Au}/10^{-6}$) 分别为：8.21、2.90、3.24、3.86、3.72、51.67、4.97。按 $\geq 1 \mu\text{g/g}$ 作为矿的边界品位，它们皆为矿石(除一个 2.90 $\mu\text{g/g}$ 外，其余均 $> 3 \mu\text{g/g}$)。样品化学元素含量的分析结果(限于篇幅分析结果没有列出)表明，具尖峰型曲线的样品硫的含量较高，均 $> 1\%$ ，最高

为 00-46-1 达 10.57%，其含金量亦相应较高。反映出样品的含金量与含硫量之间存在正相关性。研究表明，在元素地球化学中金常呈硫络合物迁移，故高的含硫量往往伴随着金的富集。

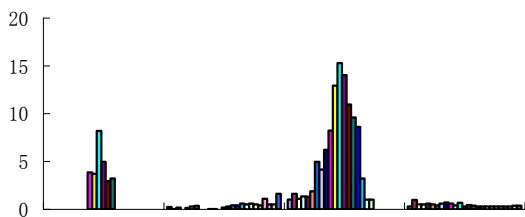


图2 样品金含量与TL曲线类型关系图 ($w_{Au}/10^{-6}$)

(2) 具中峰型 TL 曲线的样品，金含量均 $>1 \mu\text{g/g}$ ，最高为 $25.11 \mu\text{g/g}$ ，样品个数比尖峰型多近 3 倍。反映出该曲线类型与金矿的关系更为密切。

(3) 在窄峰型样品中，40-16-13、40-16-27 和 80-16-5 的金含量 ($w_{Au}/10^{-6}$) 分别为 1.11、1.62、1.00，其余 44 个样均 $<1 \mu\text{g/g}$ ，按此计算，具此类型曲线的样品绝大部分为非矿样品，只有约 6 % 可能是矿样品。至于宽峰型曲线，样品金含量

皆 $<1 \mu\text{g/g}$ ，且大部分 $<0.5 \mu\text{g/g}$ ，全部是无矿样品。

(4) 无 TL 峰的 13 个样品，有 5 个矿样，8 个非矿样，反映出 TL 曲线无峰多数为非矿样品。

5 结 论

综上所述，本区含矿和无矿石英的热释光特征存在明显差异，特别是 TL 曲线类型与矿或非矿关系密切。利用所定义的峰宽系数 k ，可作为本区糜棱岩带含矿性的主要定量评价标志：① $k=0.003\sim0.009$ 的尖峰型或 $0.9<k<1.4$ 的中峰型 TL 曲线是矿的指示标志；② $k>1.4$ 的宽峰型 TL 曲线是无矿的指示，而 $0.1<k<0.9$ 的窄峰型是基本无矿的判别标志；③后期的构造热作用会使矿体的热释光发生衰退，矿样品的热释光可能减弱为只有微弱发光的无峰型，而与无矿的无峰型相混淆，故无峰 TL 曲线不能给出矿与非矿的确切信息，此时须结合地质、地球化学等资料才能作出判断。以上标志对本区深部找矿及糜棱岩带成矿远景评价有重要指导意义。

参 考 文 献

范宏瑞. 1990. 石英热释光测量方法在金矿找矿上的应用. 黄金科技动态, 4:16~18.

李兆麟, 杨荣勇, 毛艳华, 等. 1997. 新疆鄯善县乔尔山金矿中含金石英的天然热释光研究. 矿物岩石地球化学通报, 16 (增刊):11~13.