

胶东牟乳成矿带金矿床石英热释光特征及意义

薛建玲^{1,2}, 李胜荣³, 崔举超³

- (1. 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037;
3. 中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083)

摘要: 牟乳—乳山成矿带位于我国著名的胶东金矿集区东部, 牟乳—即墨断裂的东侧, 是仅次于招掖成矿带的第二大金矿远景区, 该区分布有我国典型的大中型石英脉型金矿床。石英作为该区贯通性脉石矿物, 也是金的主要载体之一, 对其研究和开发具有重要的理论意义和勘探价值。本文利用热释光剂量仪对区内金青顶、邓格庄、英格庄等 14 个矿床(点)进行石英热释光分析, 通过石英热释光曲线的特征及热释光峰值温度、热释光强度等参数进行分析比较, 得出一定的找矿信息。本区石英热释光曲线分成为四种类型, 分别是尖锐峰、宽峰、平缓峰和双峰, 其中尖锐峰和双峰石英与金成矿密切相关, 热释光中温峰、强度较大的石英也有利金的富集。石英热释光曲线峰型及热释光曲线峰值温度和热释光强度填图表明, 牟乳金成矿带石英大多生成较早, 为金矿含金石英, 整个区域指示出良好的找矿前景。

关键词: 牟乳成矿带; 石英; 热释光; 峰值温度; 热释光强度

中图分类号: P585 文献标识码: A 文章编号: 1004-4051(2016)S2-0183-06

Research on the characteristics of quartz thermoluminescence of the gold deposits in Muping-Rushan gold belt, Jiaodong peninsula

XUE Jian-ling^{1,2}, LI Sheng-rong³, CUI Ju-chao³

- (1. Institute of Geochemistry Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China; 2. Development and Research Center, China Geology Survey, Beijing 100037, China; 3. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, Chinese University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Muping-Rushan gold belt is the second largest gold-ore prospect area which located in the east part of Jiaodong peninsula. There are many typical large- and middle-scale quartz-vein gold deposits in the area. Quartz is the primary gold-bearing mineral. So it has great academic significance and exploration value. This paper has studied the quartz thermoluminescence of the Jinqingding, Denggezhuang, Yinggezhuang and other gold deposits in Muping-Rushan gold belt. According to contrast the characteristics of the thermoluminescence patterns, the peak temperature and the strength of thermoluminescence, we obtain some prospecting information. In this area, the thermoluminescence patterns of quartz can be divided into four types: pointed peak, wide peak, gently peak and double peak. The pointed peak and double peak are closely related to Au mineralization. And the middle temperature peak and larger thermoluminescence strength of quartz are beneficial for gold enrichment. Through the mapping of the quartz thermoluminescence patterns, peak temperature, and the strength of thermoluminescence, it show that the most quartz in Muping-Rushan gold belt have formed earlier, and are gold bearing quartz of the deposits. That also indicates a good prospect for prospecting in the whole area.

Key words: Muping-Rushan gold ore belt; quartz; Thermoluminescence; peak temperature; strength of thermoluminescence

收稿日期: 2016-09-01

基金项目: 中国地质调查局项目资助(编号:1212011220916)

作者简介: 薛建玲(1980—),女,主要从事成因矿物学、矿床学、找矿预测等方面研究。E-mail:xuejianling369@126.com。

通讯作者: 李胜荣(1956—),男,主要从事成因矿物学与找矿矿物学。E-mail:lisr@cugb.edu.cn。

热释光剂量仪可广泛应用于如石英、方解石、长石、锆石和磷灰石等具有热释光现象的矿物。随着其研究的深入,近年来热释光在金矿找矿过程中得到了很好的应用,并取得了一定成果。岩石中各成矿元素的不同,可反映到热释光的差异上,而石英是自然界存在最广泛的矿物之一,在石英脉型金矿中也是主要的载金矿物之一。石英的热发光表现出的强度和峰值温度的不同,可以区分出含石英和非含石英,且石英热释光的形态特征对寻找断裂破碎带具有指示意义^[1-2]。胶东牟乳成矿带上分布着众多矿床(点),以金青顶、邓格庄和英格庄等矿区开采较为成熟,本文主要通过对胶东地区牟乳金成矿带金青顶等 14 个金矿床(点)的石英样品热释光特征进行比较分析,从热释光曲线的特征得到找矿信息,建立石英热释光的找矿标志,为牟乳金成矿带深入勘探评价提供辅助依据。

1 区域地质概况

牟平-乳山成矿带位于胶东矿集区东部,牟平即墨断裂的东侧,是仅次于招掖成矿带的第二大金矿远景区(图 1),面积约 2000km²,是胶东矿集区重要的黄金产地,已发现乳山、邓格庄等金矿床(点)

达百余处。区内出露地层简单,主要为元古宙荆山群变质岩系,多呈不规则残留体分布于昆崙山二长花岗岩体中,是区内古老结晶基底的组成部分,亦是金矿成矿的催化剂和原始矿源层^[3-4]。岩性主要由黑变粒岩、透辉大理岩、云母石榴石大理岩组成,夹有云母片岩、变粒岩、石墨片岩、二长石英岩和斜长角闪岩,底部含一定量的铁矿层,其原岩为碎屑岩、泥岩夹少量火山物质及大量碳酸盐岩的沉积岩系^[5],杨忠芳(1991)^[6]测得其金丰度为 3.00×10^{-9} 。元古宙粉子山群变质岩系仅在区内西北角少量零星出露,岩性组合上与荆山群相似^[3,5]。另有新生代第四系沿沟谷低洼地带分布,主要岩性以粘土、含砾质粘土、沙质粘土、沙、含砾沙等为主。

区内岩浆活动频繁,分布最为广泛的为昆崙山二长花岗岩,岩体呈岩基侵入荆山群变质岩系,包括五爪山弱片麻状含石榴石二长花岗岩、瓦善弱片麻状中粒二长花岗岩、垛崙山二长花岗岩 3 个岩体,SHRIMP U-Pb 年龄为 140M~160Ma^[7-9]。岩石呈灰白-浅肉红色,中细粒花岗变晶结构,块状构造,局部为片麻状构造。矿石成分主要有斜长石、石英、微斜长石、云母,副矿物主要有锆石、磁铁矿、绿

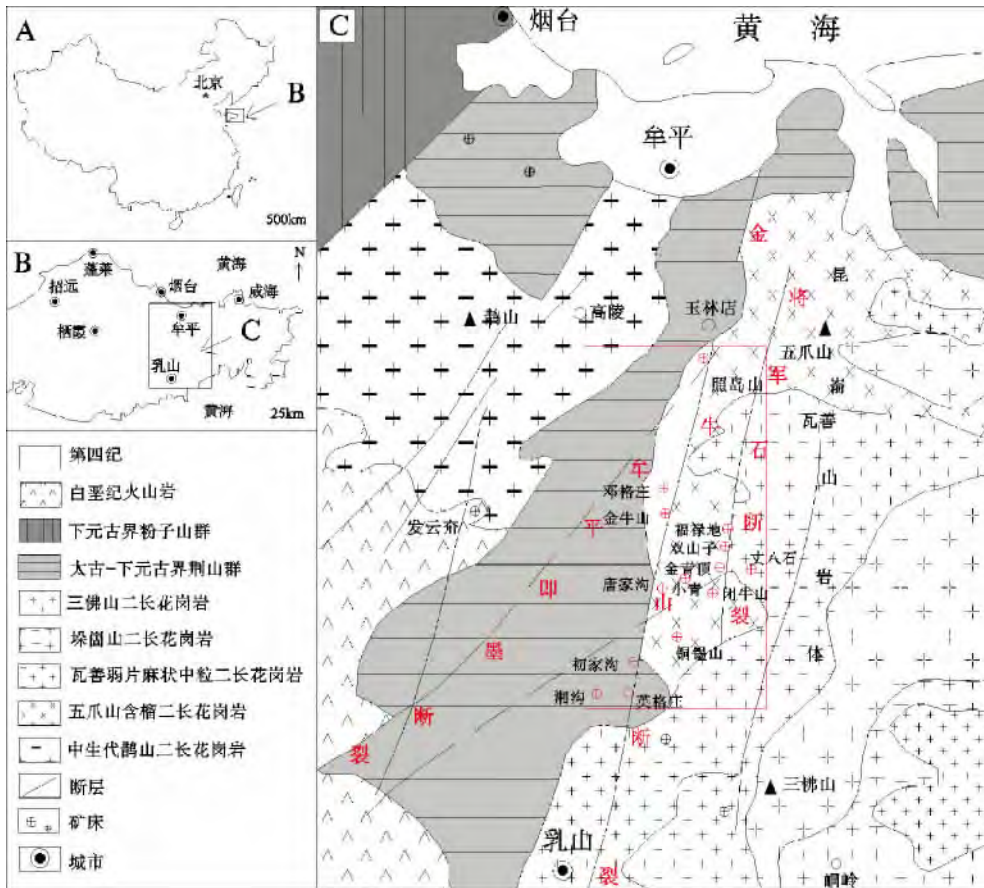


图 1 牟乳金成矿带地质简图
(据李胜荣等,1996,张华峰等,2004;范宏瑞等,2005 资料改绘)

帘石、磷辉石等, 钙碱性岩浆演化趋势。昆崙山岩体在东部又被中生代晚期三佛山斑状中粗粒二长花岗岩体侵入 (SHRIMP U-Pb 年龄为 $111\text{M} \sim 113\text{Ma}$ ^[10]。昆崙山杂岩体位于胶东陆块和苏鲁超高压变质带之间, 被认为是华北陆块与扬子陆块之间的缝合带, 即超高压变质带与华北陆块的分界带^[11], 三佛山岩体是昆崙山杂岩体的一部分。区内中生代脉岩发育, 类型复杂, 沿矿脉或穿切矿脉分布, 规模大小不等, 长数百米至数千米, 一般宽数米至数十米, 主要呈北东向, 北北东向展布, 倾角一般较陡。主要有煌斑岩、石英闪长玢岩、闪长玢岩、长英质伟晶岩、和石英脉。形成时代 $104.97\text{M} \sim 106.8\text{Ma}$ (K-Ar 法)^[12-13]。

区内构造极为发育, 以断裂为主。由于地质构造的多期性和长期性, 区内构造形迹较为复杂, 以北东向、北北东向断裂构造最为发育, 规模较大。具方向性、等距性分布特征, 自西向东为牟平即墨断裂带、金牛山断裂带、将军石-曲河庄断裂和仙姑顶断裂带, 断裂与金矿关系密切, 是区内主要的控矿、赋矿构造。而其他东西向和北西向的断裂规模较小, 多破坏矿体^[14]。

区内几乎所有的金矿床都分布于近南北向断裂带中, 如金牛山断裂带内分布有邓格庄金矿、英格庄金矿、胡八庄金矿等; 三甲断裂上分布有铜锡山金矿、三甲金矿和数个矿点; 将军石-曲河庄断裂带上分布有福祿地、双山子和金青顶等金矿。

2 石英热释光原理及实验方法

结晶固体中的各种离子都是按一定规则排列组合起来的, 形成固定的离子晶体。在晶体生长过程中, 各类离子所处的位置却是一种有序的规则排列。但在晶体生长过程中如果带进了杂质, 就会影响其固有的规则性, 而产生离子晶格的缺陷。离子晶格中缺陷的存在正是晶体中产生电子移动的根源, 因为晶格结合的固有规律遭到了破坏, 结晶固体中的电中性推动平衡, 晶体中就有了可移动的电子。

石英晶体在铀等放射性辐照作用下, 晶体中的价电子接收能量以价带进入导带。导带电子在晶格中运移时可以与晶格中的空穴结合, 而被其捕获, 使之处于热发光的受激状态。加热石英样品时, 陷入电子可以释放出来, 产生发光现象。因此, 热释光是陷入晶体结构中的亚激发态电子的热释放^[15]。

石英热释光的形态特征对寻找断裂破碎带具指示意义, 石英热释光峰值温度位置取决于石英电

子陷阱的尝试, 电子陷阱越深, 激发出光子所需要的温度越高。而电子陷阱的深度又由产生热释光中心杂质或缺陷类型所决定。年轻的石英出现明显的峰值低温区, 只需要加热到较低的温度就可出现热释光峰, 峰形也较为简单^[1,16]; 峰值处于中温和峰值高温区表明石英相对较老^[1], 需要加热到较高的温度时, 才能出现热释光峰。热释光峰的个数由矿物中电子陷阱的层次数决定, 并最终由热释光中心的缺陷或杂质种类数决定。热释光强度的大小由矿物中的热释光中心的数量决定, 但最终还是决定于杂质元素的浓度。导致石英热释光的缺陷主要是 Al^{3+} 代替 Si^{4+} , 然后 Na^+ 、 K^+ 离子进入结构空隙引起的杂质缺陷。研究表明, 石英中的 Al^{3+} 、 K^+ 和 Na^+ 离子含量增高, 可使石英的热释光强度增大^[17-18]。

测试工作在中国地质大学(北京)成因矿物实验室完成。测试仪器为北京核仪器厂生产的 FJ-427A1 型微机热释光剂量仪。将样品粉碎至 40~60 目, 用浓度为 10% 的盐酸浸泡 24h 除去碳酸盐矿物杂质, 然后将样品在温度为 40°C 的烘干箱中烘干, 挑出纯净的石英单颗粒矿物, 用精度为 0.001g 的电子天平称取 5mg 样品, 将其均匀平铺于热释光剂量仪的托盘中进行测试。仪器初始温度设定为 40°C , 最高加热温度 480°C , 升温速率 $1^\circ\text{C}/\text{S}$, 预热时间为 5S, 测量时间 470S, 退火时间 20S。

3 实验结果及讨论

本次在照岛山、邓格庄、福祿地、双山子、金青顶、丈八石、唐家沟、小青、闭牛山、铜锡山、初家沟、湘沟和英格庄等 14 个矿床(点)选取 33 个石英脉样品进行测试, 其中湘沟矿区包括湘沟、大椿耩和小豆顶三个矿点, 测试结果见表 1。

按热释光曲线形状牟乳成矿带石英热释光曲线可分为四个类型(图 2), I 为尖锐锋型, 发光强度较大, 峰宽较窄, 其石英热释光曲线可作为矿的指示标志; II 为宽峰型, 曲线具有明显的热释光峰, 峰型较宽, 其石英热释光可作为非矿的指示标志^[19]; III 为平缓型, 吸收能量缓慢, 能级较高, 峰值温度一般较高, 发光强度较弱; IV 为双峰型, 其石英多为多金属硫化物阶段石英^[20], 与成矿关系密切。

测试结果中有 9 个样品为双峰型, 第一个峰值温度多位于 $110 \sim 230^\circ\text{C}$ 间, 为低温峰; 第二个峰值温度多在 $185 \sim 300^\circ\text{C}$ 间, 为中温峰; 发光强度多在 $33932 \sim 86850\mu\text{C}$ 之间;

24 个样品为单峰型。单峰型样品中, 14 个样品为尖锐峰, 发光强度在 $3000 \sim 16000\mu\text{C}$ 之间, 数

值为 10^4 数量级,为金矿床含金石英^[21]。7个样品为平缓峰,3个样品为宽峰。

石英的热释光峰值温度区间直接说明石英的形成温度,与金的形成有直接关系,而热释光成矿强度随样品金含量增高而增高,并有近似的正相关

关系^[21]。所以热释光曲线特征可以对乳金成矿带的找矿提供一定依据,将其峰值温度和热释光强度进行填图,在区域上对比各矿床(点)的热释光参数变化,从而从宏观上评价成矿带的找矿前景。

从石英热释光峰值温度等值线图(图3)看出,

表1 牟乳金成矿带石英热释光参数

样品号	峰高	峰位	半宽度	峰面积
BNS-1	2033.76	188.402	61.59	139184
BNS-2	130.74	204.456	79.71	11580
CJG-3-2	172.42	229.347	91.63	17555
CJK-6-3	798.04	213.772	76.26	67620
DCJ-5	1357	179.261	66.13	99706
FLD-1	348.95	224.816	75.29	29191
FLD-2	998	179.702	77.28	85701
SSZ-1-1	770.72	184.408	82.88	70979
SSZ-1-3	317.61	221.164	78.06	27547
ST5-1	964.8	207.04	70.57	75653
TJG-1-1	1480.03	185.725	77.12	126657
TJG-1-2	75.2	228.228	97.46	8144
TXS-1-3(双峰)	163.4	193.122	42.12	7648
	835.59	278.458	93.54	86850
TXS-1-5(双峰)	1591.73	220.445	51.1	90382
	4887.32	271.198	75.53	410160
XG-XDD-4(双峰)	272.3	215.526	51.58	15607
	515.15	284.448	88.36	50575
XG-XG-2-8(双峰)	50.5	177.535	32.17	1805
	418.21	255.852	80.44	37380
XG-XG-4(双峰)	301.06	221.118	45.03	15065
	647.41	293.906	89.06	64066
ZBS-1	261.9	225.202	106.14	30887
ZK4-1-1	12151.8	261.646	101.39	1368967
ZK12-2-3	3217.03	280.763	91.57	327304
ZK16-4-1	2075.71	251.584	67.12	154801
ZK72-3-2(双峰)	36.18	113.066	26.78	1076
	612.36	188.106	49.87	33932
JQD385-2	1546.57	247.017	75.1259	129099
JQD485-8	860.275	304.58	104.356	99752
JQD535-7-1	302.019	272.151	96.9656	32540
JQD635-N1	504	269	69.4	38845
YGZ n-40-3(双峰)	39.884	116.388	30.6307	1357
	34.2942	185.034	33.76	1206
YGZ S-75-6	36.37	186	76.3	3084
DGZII-385-CM2-1(双峰)	65.2943	65	40	2902
	432.852918	180	55	26452
DGZII-ZK6-1-3	405.086	227.063	84.3997	37988
DGZII-ZK9-2-1	139.666	224.512	67.15	10420
DGZII-ZK38-2-1	265.58	218.08	87.1167	25708
Xq01-10(双峰)	852.28	196.932	72.4429	68603
	707.971	265.069	69.8234	54926

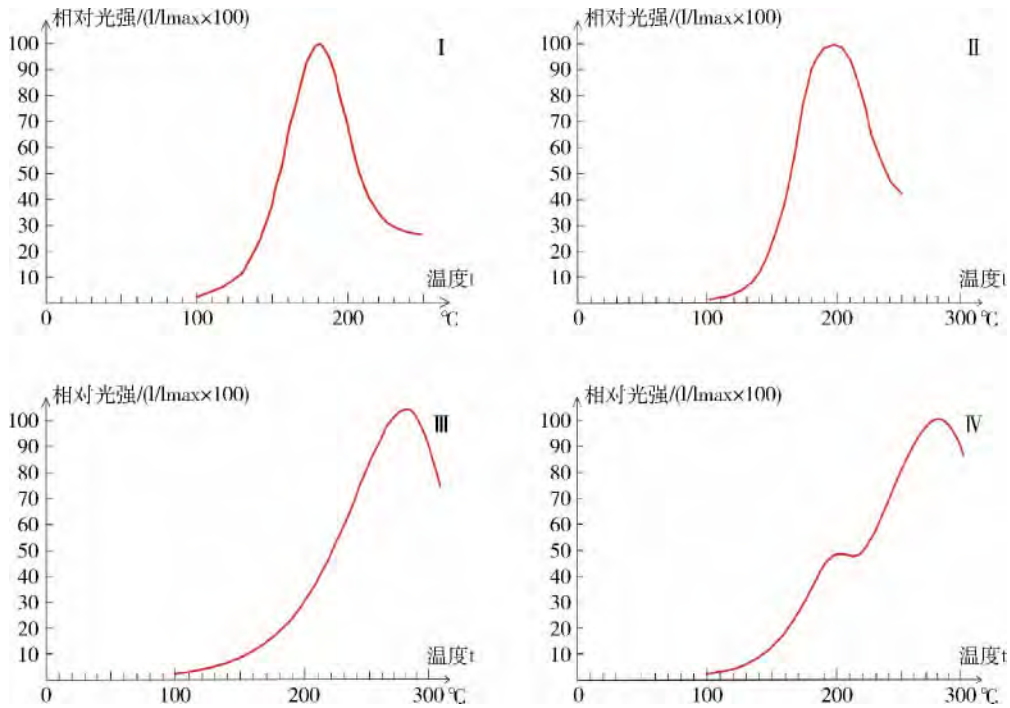


图 2 牟乳金成矿带石英热释光曲线类型图

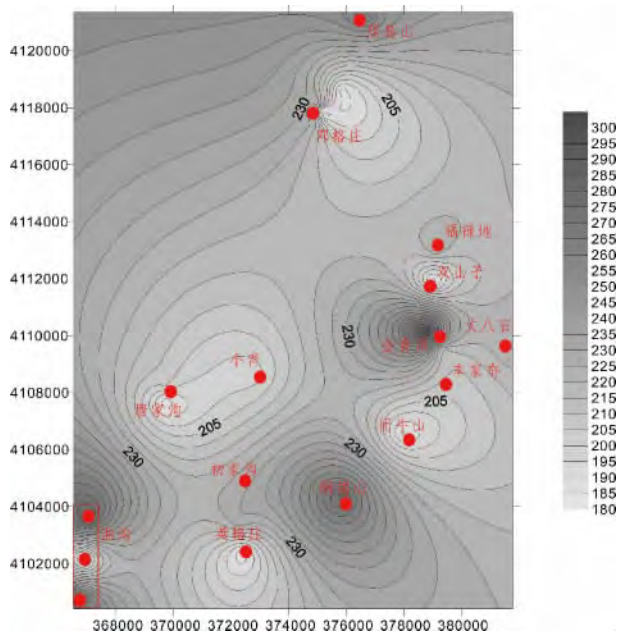


图 3 牟乳金成矿带石英热释光峰值温度等值线图

牟乳金成矿带热释光峰值温度大多在 185~295℃ 之间,为中温峰,整个区域石英多相对较老。峰值相对较低的英格庄、唐家沟、闭牛山等矿点周围表明石英遭受了后期构造剥蚀作用;高值出现在金青顶金矿,其次为邓格庄、照岛山、铜锡山,在初家沟和湘沟南段及北段也显示出一定的高值。

石英热释光强度等值线图(图 4)表明,牟乳金成矿带热释光强度在 15000~140000μC 间变化,高值区出现在唐家沟、闭牛山以及湘沟中段,其值在

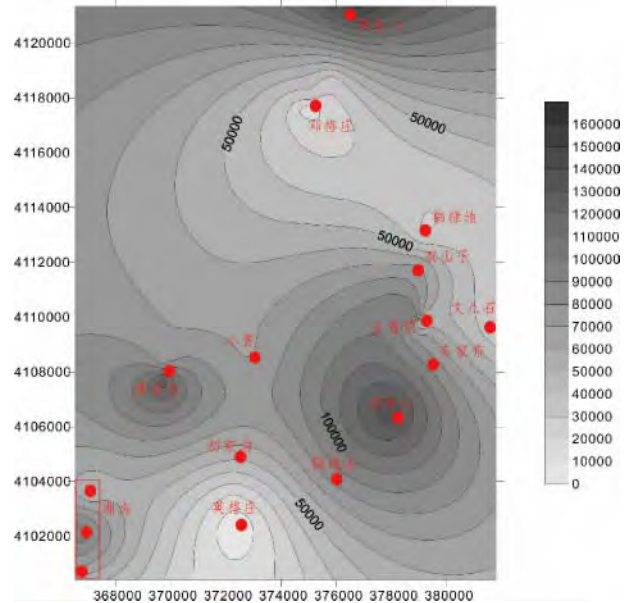


图 4 牟乳金成矿带石英热释光强度等值线图

80000 以上;而中值区出现在金青顶、邓格庄及小青、福禅地、丈八石等矿(区)点,其值在多在 10000~70000μC 间,在英格庄表现为低值区,其热释光强度小于 10000μC。

热释光参数的区域填图,表明金青顶、邓格庄等已开采大型金矿床热释光峰值温度为中温峰,热释光强度也处在中值区,石英的热释光强度大,表明石英中的 Al³⁺、K⁺ 和 Na⁺ 离子含量高。对于石英脉型金矿,有与此相似的热释光参数矿床(点),如小青、照岛山等金矿(点),均指示为矿床的有利

地段,找矿前景良好。

4 结论

1) 牟乳成矿带石英热释光曲线可分为尖锐锋型(I),为宽峰型(II),为平缓型(III)和双峰型(IV)四个类型,其中尖锐峰和双峰型石英与金成矿密切相关。本区双峰型热释光曲线所占比例为24%,而尖锐型单峰所占比例为48%,无多峰型热释光曲线出现。

2) 热释光参数的区域填图表明,热释光峰值温度为中温峰,热释光强度为中值区的矿床(点)为成矿有利地段,石英脉含金性好,这一特征为牟乳成矿带区域找矿指明了方向。

参考文献

[1] 范宏瑞. 石英热释光测量方法在金矿找矿上的应用[J]. 黄金科技动态, 1990(4): 16-18.

[2] 李兆麟, 杨荣勇, 毛艳华, 等. 新疆鄯善县乔尔山金矿中含金石英的天然热释光研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(S1): 11-13.

[3] 薛建玲. 胶东牟乳成矿带金矿床成矿作用和深部远景研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2013.

[4] 杨敏之, 吕古贤, 等. 胶东绿岩带金矿地质地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1996.

[5] 李士先, 刘长春, 安郁宏, 等. 胶东金矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 2007.

[6] 杨忠芳, 徐景奎, 赵伦山, 等. 胶东区域地壳演化与金成矿作用地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1998, 33-53.

[7] 张德全, 徐洪林, 孙桂英. 山东邓格庄金矿与崑崙山花岗岩的定位时代及其地质意义[J]. 地质评论, 1995, 41(5): 415-424.

[8] 郭敬辉, 陈福坤, 张晓曼, 等. 苏鲁超高压带北部中生代岩浆侵入活动与同碰撞-碰撞后构造过程: 锆石 U-Pb 年代学[J].

岩石学报, 2005, 21(4): 1281-1301.

[9] Hu F F, Fan H R, Yang J H, et al. Mineralizing age of the Rushan lode gold deposit in the Jiaodong Peninsula: SHRIMP U-Pb dating on hydrothermal zircon[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49: 1629-1636.

[10] 胡芳芳, 范宏瑞, 杨奎峰, 等. 胶东邓格庄金矿含金石英脉中锆石 LA-ICPMS U-Pb 年龄及其意义[J]. 第八届全国矿床会议论文集[J]. 2006: 10-13.

[11] Zhai M G, Yang J H and Liu W J. Large clusters of gold deposits and large-scale metallogenesis in the Jiaodong Peninsula, eastern China[J]. Sci. China Ser. D, 2001, 44: 758-768.

[12] 杨敏之. 胶东金矿带金矿床类型、成矿特征、区域—地史演化模式。“七·五”地质科技重要成果学术交流会议论文集[M]. 北京: 科学技术出版社, 1992.

[13] 赵伦山, 吴悦斌, 叶荣, 等. 胶东金矿成矿构造-地球化学动力学研究[J]. 现代地质, 1996, 10(2): 213 - 221.

[14] 刘玉潭, 万鹏, 于东斌, 等. 山东省烟台市牟平区邓格庄金矿接替资源勘查报告[R]. 烟台: 山东省第三地质矿产勘查院, 2008, 10-61.

[15] 陈光远, 孙岱生, 殷辉安, 等. 成因矿物学找矿矿物学[M]. 重庆: 重庆出版社, 1984.

[16] 吴尚全. 夹皮沟变质热液金矿床中石英的天然热释光发光研究[J]. 矿物岩石, 1984, 4(1): 29-34.

[17] 邵克忠, 李胜荣. 石英热光性在祁雨沟(式)金矿床研究中的意义[J]. 石家庄经济学院学报, 1989, 12(2): 127-13.

[18] 李胜荣, 陈光远, 邵伟, 等. 胶东乳山金矿田成因矿物学[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

[19] 全亚荣, 李兆麟, 翟伟, 等. 热释光测量在河台金矿找矿上的应用[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2001, 40(6): 77-80.

[20] 邓磊, 王建国, 李胜荣, 等. 河北大西沟金矿床中石英热释光和黄铁矿热电性标型特征研究[J]. 地质找矿论丛, 2008, 23(3): 213-217.

[21] 谭凯旋, 刘顺生. 新疆阿尔泰地区哈巴河花岗岩体及邻近金矿床中石英的释光特征及其意义[J]. 核技术, 2001, 24(12): 969-972.

姜大明对地质科技工作提出四项具体要求

国土资源部党组书记、部长、国家土地总督察姜大明近期先后调研了中国地质调查局地质力学所和地质所,考察了中国地科院京区基地和北京离子探针中心,并针对地质科技工作提出了具体要求。

姜大明强调,创新是推动国土资源事业发展的第一动力,而科技创新在创新体系中处于核心位置。

他针对地质科技工作提出了具体要求:一要加快体制机制改革,切实以科技创新引领地质调查,加强调查与科研的深度融合;二要加快创新运行机制,按照国家科技体制改革的部署要求,赋予研究所最大的自主权,主动给科学家松绑,主动调动他

们的创新积极性;三要加强人才队伍建设,树立“以人为本,以科学家为主体”的理念,按照人才成长规律制定人才成长的阶梯式计划,大力营造风清气正的选人、用人文化;四要加快国家级科研平台建设,发挥专业特色,每个研究所至少要争取建设一个国家重点实验室。要统筹全局力量,排除万难,推进国土资源领域国家实验室建设,真正把向地球深部进军的任务完成好、落实好,全面提升国土资源系统科技创新能力,支撑服务国家经济社会发展需要。