第7卷 第4朝 1998年

滩间山金龙沟金矿区找矿矿物学填图应用效果

国家辉

(沈阳地质矿产研究所)

在简要介绍青海滩间山金龙沟金矿床地质特征的基础上,重点阐述了找矿矿物学填图在该矿区的 应用效果.黄铁矿热电性特征参数填图不仅可判断矿体剥蚀深度和延伸情况、半定量估算矿体垂深 进而推测矿床规模,而且可确定矿液活动中心和运移方向;石英热发光曲线特征不仅可区分矿石、 矿化、无矿石英类别和反映成矿期次、阶段及其温度区间进而反映矿化强弱,而且通过特征参数填 图可建立矿区温场特征、确定矿液活动中心和运移方向.

关键词 黄铁矿热电性 石英热发光 找矿矿物学填图 青海省

1 金龙沟金矿床地质特征概述

金龙沟金矿床隶属青海省海西州大柴旦滩间山金矿田,位于大柴旦镇北西约75 km处,滩 间山南东端. 赋矿地层为中元古界万洞沟群 (Ptwd),容矿岩石主要为其上岩组碳质千枚岩 片岩,次为华力西晚期斜长花岗斑岩中的破碎蚀变脉岩. 矿体受大型层间拖曳褶皱 (由赋矿 地层变形褶曲构成)翼部片理化带、轴部劈理化带及后期继生断裂构造系统控制,呈似层状 脉状、透镜状,具分枝复合、尖灭再现斜列特征,与蚀变围岩呈渐变过渡关系,无明显界线, 靠样品分析结果圈定. 矿石有碳质千枚岩 – 片岩和脉岩两种类型. 前者简称片岩型矿石,可 构成独立矿体,为本矿床最主要矿石类型,占矿石总量 90% 以上. 后者简称脉岩型矿石,主 要有斜长岩、花岗细晶岩、闪长玢岩或细晶岩、花岗斑岩及云煌岩等类型,但仅产于这些脉 岩中的构造破碎蚀变部位. 黄铁矿和石英为矿石中最主要的载金矿物,矿石主要结构类型有 黄铁矿的五角十二面体自形、半自形粒状结构、环边环带结构,主要构造类型有黄铁矿构成 的浸染状、细脉浸染状、团块状旋斑构造和由含黄铁矿石英脉构成的细脉、网脉状构造.

根据矿石结构构造及其演化特征、与矿化有关脉体形态产状及穿切关系,参考矿区地质, 特别是控矿构造演化特征,该矿床原生矿石形成过程可划分沉积变质初步富集期、变形变质 矿化期、岩浆热液矿化叠加期.其中岩浆热液矿化叠加期又划分为黄铁矿石英脉主成矿阶段 碳酸盐石英脉成矿尾声阶段.变形变质期矿化与晚奥陶世古裂谷闭合褶皱造山运动有关,形 成硫化物浸染状片岩型矿石;岩浆热液期矿化叠加与华力西晚期构造岩浆活动有成生联系,除 矿液渗透扩散作用使原浸染状片岩型矿石矿化叠加富集(浸染状黄铁矿具环边环带结构显示 增生)外,充填作用则形成黄铁矿石英细脉 网脉状构造的片岩型富矿石和脉岩型矿石.据 成矿物理化学条件研究资料,变形变质期成矿温度范围为 186~285^C,岩浆热液期黄铁矿石 英脉主成矿阶段温度范围为 194~31^{9C},碳酸盐石英脉阶段温度范围为 118~272^C.另据成 矿物质、流体来源资料分析和成矿机制探讨,该矿床为与变质热液、岩浆热液有关的多成因 复成金矿床类型,可称"滩间山式"构造蚀变岩型金矿.

金龙沟金矿区经揭露 普查 (部分地段详查)勘探,迄今圈定矿体 27个.其中西矿段I、 III号矿体规模最大,勘探程度最高,提供本矿床的绝大部分储量,为本矿床的中心地段主矿 带.该地段水平控制 20条勘探线 (23~16,线距 30 m),垂直控制 3个中段 (PDs: 3442 m PD: 3408 m PDz 3378 m).基于黄铁矿、石英为本矿床矿石的最主要载金矿物,在不同成矿期 不同阶段具有不同的组构和产出特征,矿区中心地段主矿带三维空间工程控制又较理想,因 此对黄铁矿热电性、石英热发光标型特征进行了较系统的研究,并开展了特征参数找矿矿物 学填图,取得了较理想的效果,对确定矿区中心地段主矿带温场特征,矿液活动中心及运移 方向,矿体剥蚀程度,延伸情况以及成矿预测提供了重要信息和依据.

2 黄铁矿热电性

黄铁矿是半导体矿物,当含有某些杂质元素离子、原子时,晶体间隙有额外充填而引起 晶格局部价键轨道畸变,改变其导电性能.一般情况下,阳离子或金属原子过剩即实际含量 超过化学式中正常比值时,常引起电子型导电 (N型),热电系数 T为负值;反之,如阴离子 或非金属原子过剩时为空穴型导电 (P型),热电系数为正值.热电系数 T= $\frac{E}{\Delta t}$ 1000(μ V \mathcal{C}), 式中 E为补偿电动势 V_{np} 单位为 mV, Δt 为活化温度.一般资料依 V_{n} 进一步将导电类型划 分为 4种,考虑各单位测试时采用的活化温度 (Δt)不同,我们建议用热电系数来表征,使其 标准化,有利于对比,即依原 V_{n} 标准改换为热电系数标准:①电子型 (N), V_{np} < - 10mV→ T<-71.43 μ V \mathcal{C} (单位下同);②空穴-电子型 (P-N), - 10< V_{np} < - +→ -71.43<T< -7.14;③电子空穴型 (N-P), + 1< V_{np} < 10→ 7.14<T<71.43;④空穴型 (P), V_{np} > 10 → T> 71.43;

对金龙沟金矿床中心地段主矿带 4 7两个勘探线剖面和 PD坑道平面系统取样,共取测黄铁矿样品 82件,主要结果如表 1.

近年来利用黄铁矿热电性进行金矿研究的报道较多,尤其在脉金矿床的找矿、普查勘探 评价及探讨矿床成因方面积累了较多的经验,有几个较为统一的规律:① 热电系数 T为正值, 且越大含金性越好;② 矿体由根部向上部黄铁矿导电类型依次为 N P-N N-P P型,即 P型部位多为矿体头部,N-P P-N型部位为腰部,N型部位则为根部,并依此判断矿体剥 蚀深度和矿体延深情况;③ 热电系数 T值沿水平、垂直方向梯度变化小者矿体延伸大、变化大 者延伸小;④ 矿床中 P型黄铁矿所占比例大,矿床规模大.根据这些规律利用表 I可以分析金 龙沟金矿床中心地段矿带的矿化特征、矿体延伸情况.

2.1 3378 m标高 (PD2) 黄铁矿热电性标型特征

在 PD坑道主要穿脉分别采取了片岩型矿石中浸染状黄铁矿和石英脉中黄铁矿,共计45 件,其热电性参数统计数据参见表 1. 对其热电系数按样品产状、位置及标高进行了统计如表 2. 从表中可看出:① PD坑道内所有黄铁矿热电系数平均值 247.6⁴ V /^C,变异系数 0.40,

表 1 金龙沟金矿床黄铁矿热电性特征参数 Table 1 Parameter of pyrite pyroelectricity in Jinlonggou gold deposit

				10	10		• • • • •	0	•		
样品		Т	导电	P+ (N- P)	Р	样品		Т	导电	P+ (N- P)	Р
编号	以件11/直	(µv/°C)	类型	Σ	₽ (N− P)	编号	以件12直	(µV/℃)	类型	Σ	₽ (N-P)
P 38*	PD ₂ CM 402	250.1	Р	1. 0	0.95	P28	PD ₂ CM 1101	262.6	Р	1. 0	0.95
P51*	$PD_2 CM 001$	301.9	Р	1. 0	1. 0	P25	PD2 CM 14101	267.2	Р	1. 0	1.0
P54	PD2 CM 002	312.7	Р	1. 0	1. 0	P24	PD2 CM 1101	248.6	Р	1. 0	0.9
P 56	PD2 CM 002	332.7	Р	1. 0	1. 0	P23	PD2 CM 1101	202.6	Р	1. 0	0.85
P 59*	PD2 CM 002	78.0	Р	0.9	0. 7	P22	PD2 CM 1101	235. 1	Р	1. 0	0.9
P71*	$PD_2 CM 301$	344.9	Р	1. 0	1. 0	P18	PD2 CM 1101	292.6	Р	1. 0	1.0
P 70*	$PD_2 CM 301$	348.9	Р	1. 0	1. 0	P35	$PD_2 CM 1701$	253	Р	1. 0	0.95
P69	$PD_2 CM 301$	267.5	Р	1. 0	1. 0	P36	PD2 CM 1701	382.5	Р	1. 0	1.0
P68*	PD2 CM 301	362.3	Р	1. 0	1. 0	D233	PD ₂ CM 2302 -	- 134. 1	Ν	0.05	0
P66	PD2 CM 301	215.6	Р	1. 0	0.75	Z25	ZK40127 m	280.6	Р	1. 0	0.85
P67*	PD2 CM 301	174.9	Р	0.85	0.96	Z26	ZK 40 133 m	119.9	Р	1. 0	0.45
P64*	PD ₂ CM 301	294.9	Р	1. 0	1. 0	Z28	ZK 40 144 m	207.4	Р	1. 0	0.85
P73	PD2 CM 302	68.8	N-P	1. 0	0.4	Z3	ZK 702 63 m	214. 1	Р	1. 0	0.7
Р76	PD2 CM 302	367.9	Р	1. 0	1. 0	Z5	ZK 72 65 m	240	Р	1. 0	0.7
P77*	PD2 CM 302	281.6	Р	1. 0	1. 0	Z7	ZK 702 100 m	117.8	Р	1. 0	0.4
Р78	PD ₂ X M 302	293.4	Р	1. 0	1. 0	Z8	ZK 702 118 m	60.8	N- P	0.9	0.3
P 80*	$PD_2 CM 302$	291.1	Р	1. 0	1. 0	Z9	ZK 702 118 m	12.4	N-P	0.9	0
P81*	$PD_2 CM 302$	189.9	Р	1. 0	0.75	Z10	ZK 702 165 m	34.4	N-P	1. 0	0.05
Р9	PD2 CM 701	328.6	Р	1. 0	1. 0	Z1 ľ*	ZK 702 165 m	263	Р	1. 0	0.9
P8*	$PD_2 CM 701$	331.7	Р	1. 0	1. 0	Z12	ZK 702 193 m	28.6	N-P	1. 0	0.05
P6	PD2 CM 701	299.4	Р	1. 0	1. 0	Z13*	ZK 705 10 m	59.6	N-P	1. 0	0.15
P5	PD2 CM 701	119.1	Р	1. 0	0.5	Z19	ZK 705 112 m	49.1	N-P	1. 0	0.15
P4	PD2 CM 701	195.4	Р	1. 0	0.75	Z21 [*]	ZK 705 139 m	46	N-P	1. 0	0.25
Р3*	PD2 CM 701	374.9	Р	1. 0	1. 0	Z23	ZK 705 162 m	309.4	Р	1. 0	1.0
P1	PD2 CM 701	166.2	Р	0.95	0.84	D35	PD ₂ CM 501	66.5	N- P	0.9	0.6
P11	$PD_2 CM 702$	288.4	Р	1. 0	0.95	D35- 1	PD ₂ CM 501	344. 3	Р	1. 0	1.0
P 12*	$PD_2 CM 702$	189.1	Р	1. 0	0.7	D35- 2	2 PD ₂ CM 501	312.3	Р	0.95	0.89
P 13	$PD_2 CM 702$	288.9	Р	1. 0	1. 0	D34	PD3 CM 1701	170.9	Р	1. 0	0.8
P 14*	$PD_2 CM 702$	165.9	Р	1. 0	0.65	D55	X X WI号矿体	46.5	N- P	0.8	0.25
P 15	$PD_2 CM 702$	208.6	Р	1. 0	0.65	D58	X X XI号矿体	271.6	Р	1. 0	0.9
P 16	$PD_2 CM 702$	223	Р	1. 0	0.65	D60	X X XI号矿体	222.6	Р	1. 0	0.7
P17	PD, CM 702	250.8	р	1.0	1.0	D100_1	1 XXV 号矿体	3/13 0	P	1.0	1.0

* 为石英脉中黄铁矿,未标者为浸染状黄铁矿

表 2 PD₂(3378 m标高)黄铁矿热电系数统计数据

Table 2	Parameter	of	pyrite	pyroelectricity	in	PD_2
---------	-----------	----	--------	-----------------	----	--------

勘拶	采线	23	17	7	1	1	-	7	2	3	C)	4	PD	2
黄银	失矿 型*	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2
	n	1	1	1	4	2	10	4	5	9	2	2	1	22	20
统	T -	134.1	382.5	253	253. 3	247.6	236.8	265.4	242.5	276.1	322. 7	190	250	248. 3	246.3
计 #	V				0.06	0. 26	0. 28	0.39	0.46	0.26	0.04	0. 83		0. 29	0.49
奴据	- T	134.1	317	. 3	25	1.4	24	45	264	4.5	256	i. 3	250	247	7.6
ц	V		0.2	29	0.	12	0.	31	0.	53	0	47		0.	40

* 黄铁矿类型: 1为浸染状黄铁矿; 2为石英脉中的黄铁矿

说明 3378 m标高黄铁矿热电系数变化梯度 (水平)不大,矿体水平延伸较大.这与该地段普 查实际情况相吻合.其导电类型除个别为 N-P(P73) N(D233)外均为 P型,说明该标高 以上均为矿体头部,矿体剥蚀深度不大.另 P型黄铁矿在全部样品中所占比例很大,达84% (52/62),说明该中心地段矿体规模较大.② 浸染状黄铁矿和石英脉中黄铁矿热电系数差异不 大,尤其是 3~ 御探线间更为接近.说明该区段可能为岩浆热液期矿化中心地段,浸染状黄 铁矿受岩浆热液期矿化叠加增生明显,含金、砷量与石英脉中黄铁矿相近.③ 从石英脉中黄 铁矿热电系数有 3~ 找最高、向两侧递减的趋势看来,岩浆热液期成矿流体的活动中心在 3~ 我,由此地段深部上升后可能向北东、南西两侧运移.浸染状黄铁矿热电系数变化规律则相 反,两侧 (17 0线)较高,中间较低,其原因可能与其形成温度较高及受岩浆热液期成矿作 用影响不同有关.

值得提出讨论的是 PD₂ CM2302中取的 D233号样品黄铁矿热电系数为负值,属 N型导电,但样品试金分析 (经内检)高达 29. & 10⁻⁶,这与本矿床金矿化与含砷黄铁矿关系密切不符,推测其可能为成矿晚期阶段黄铁矿或是矿体根部黄铁矿 (矿化向南西倾伏).

2.2 4勘探线剖面黄铁矿热电性标型特征

在该剖面通过钻孔岩心取样 3个 (Z25 Z26 Z28)及 PD-坑道取样 (P38)构成黄铁矿热 电性剖面填图,其取样位置如图 1,热电性特征参数参见表 1.从 4个样品黄铁矿导电类型看均 为 P型,但其中含有 N-P型颗粒,其中 P38样 P/ [P+ (N-P)]为0.95,即含有 5%的 N - P型颗粒;Z25 Z26 Z28中含 N-P型导电颗粒比例更大,分别为15%、55%、15%.这 说明 PD (3408 m)至 PD 下 6 m (3372 m标高)间黄铁矿导电类型应属 P型为主的混合型, 为矿体的中上部.



图 1 金龙沟金矿床 4勘探线剖面黄铁矿热电性填图

 Fig. 1
 Diagram showing pyrite pyroelectricity of No. 4 exploration line in Jinlonggou gold deposit

 ビ矿体及编号 (ore body and number); 2-黄铁矿取样位置及编号 (pyrite sampling spot and number); 3-黄铁矿导

 电类型及热电系数 (pyrite conductive type and pyroelectricity parameter); 4-坑道及编号 (exploring opening and number); 5-钻孔及编号 (borehole and number); 6-据黄铁矿热电性得分估算的矿体延深标高 (estimated orebody level based on pyrite pyroelectricity score)

另外根据前苏联学者H[·]3[·]叶夫济科娃利用黄铁矿热电系数垂向变化梯度半定量估算矿 体垂深的计算方法,对其剖面矿化垂深情况进行估算.具体方法如下: 首先计算不同标高样品黄铁矿热电性得分值 y:

y = (2fv + fv) - (fi + 2fi)

其中 $f_1 \sim f_V$ 分别代表一个样品中热电系数 T值 (单位为 $\mu_V \Gamma$)在> + 200 + 200 + 100 + 100 0 0 - 100 < - 100区间的颗粒数在测量总数 (一般测 20颗粒)的百分比,计算一个样品热电性得分值需根据测试原始资料数据 (本文略).

然后,根据以下经验公式求得矿体的垂深:

$$L_{\rm H} = \frac{y_{\rm H} - y_{\rm min}}{gh} \quad (1); \qquad L_{\rm B} = \frac{y_{\rm max} - y_{\rm B}}{gh} \quad (2); \qquad gh = \frac{y_{\rm B} - y_{\rm H}}{h_{\rm B} - h_{\rm H}} \quad (3)$$

将 (3) 代入 (1) (2) 后为:

 $L_{\rm H} = \frac{y_{\rm H} - y_{\rm min}}{y_{\rm B} - y_{\rm H}} (h_{\rm B} - h_{\rm H}) \quad (4); \qquad L_{\rm B} = \frac{y_{\rm max} - y_{\rm B}}{y_{\rm B} - y_{\rm H}} (h_{\rm B} - h_{\rm H}) \quad (5); \qquad L = L_{\rm B} + (h_{\rm B} - h_{\rm H}) + L_{\rm H}$

式中 *L*: 矿体垂向延深; *L*^R B组样品断面至矿头间的 垂深; *L*^R H组样品断面至矿尾间的垂深; *h*^R *h*^R 分别为 B组、H组样品断面标高 (参见图 2); *gh* 为黄铁矿热电性得 分变化梯度; *y*^R *y*^B 分别为 H B组样品黄铁矿热电性得分 平均值.

根据样品黄铁矿热电性实测原始记录分别求得 B样品 组 (Z25 Z26) H样品组 (P38 Z28)黄铁矿热电性得分 为 y_B= -152.5 y_H= -117.5,均为负值,因热电系数得分 垂向变化梯度与黄铁矿晶体形态得分 (公式由其引来)垂向 变化梯度相反.将其代入公式 (4) (5)分别求得: L_H= 63.64 m, L_B= 271.93 m, L= 63.64+ 27+ 271.93= 362.57 m.

即: 4勘探线剖面处矿体垂幅 362.57 m,已剥蚀到矿体中 下部, PD: 3378 m中段下可能有 60余米的延深 (参见图 1).这 种估算剥蚀深度较大,与黄铁矿导电类型判断的剥蚀深度较 小、取样位置为矿体中上部有些差异,可能与热电系数的变 化梯度在剖面上、下不一致有关.梯度固定不变只是理论推 测,实际情况复杂,梯度变化是可能的.因此,这种估算误 差较大,最大可达 50%,只能是供参考的半定量概念.尽管 如此,反映的剥蚀深度较大与该剖面所处的地貌位置还是比 较吻合的.

图 2 求垂深经验公式中代号 示意图

Fig. 2 Sketch showing the symbols in formula of vertical depth calculating ト地形线 (topographic line); 2-矿 体 (orebody); 3-剥蚀矿体 (denuded orebody)

2.3 勘探线剖面黄铁矿热电性标型特征

利用 PD₂ CM 701 PD₂ CM 702内样品 (14件)和 ZK 702 ZK 705钻孔岩心样品 (13件)构 成该剖面黄铁矿热电性填图,其黄铁矿热电性参数见表 1,取样位置及填图结果如图 3.从表和图可以看出:

(1) 黄铁矿导电类型在该剖面显示明显的垂直分带现象,大约 3340 m 标高 (图 3中一一 线)以上的坑道、钻孔样品黄铁矿均为 P型导电,以下样品除个别为 P型外,皆为 N- P型. 这不仅符合脉状矿体黄铁矿导电类型垂直分带的一般规律,而且揭示该剖面矿体剥蚀程度相

(6)

对较浅并与地貌吻合.

(2)标高近似、倾向相对的矿体黄铁矿热电性参数具较明显的相似特征 (表 3),说明左右两侧矿体形成时成矿热液来自中间的深部,褶曲两翼片理化带控制其流动方向.这与矿化受赋矿地层拖曳褶皱变形褶曲构造控制认识相吻合,从而验证青海地矿一大队对矿体的连接思路是有道理的,当然具体连接尚值得推敲.

表 3 金龙沟金矿床 1勘探线剖面左右侧矿体黄铁矿热电性特征对比 Table 3 Contrast of pyrite pyroelectricity between orebodies on both sides of No. 7 exploring line section in Jinlonggou gold deposit

矿体 代号	样品编号	Т (µч V /°С)	导电 类型	<u>P+ (N- P)</u> Σ	P P+ (N-P)	矿体 代号	样品编号	Т (# V /°С)	导电 类型	<u>P+ (N- P)</u> Σ	$\frac{P}{P+ (N-P)}$
3	P11	288.4	Р	1. 0	0. 95	3'	P13	288. 9	Р	1. 0	1. 0
4	P1 P3 P4	213.6	Р	0.99	0. 75	4'	P15	208. 6	Р	1. 0	0. 65
5	P5 P6	209.3	Р	1. 0	0. 75	5'	P16	223	Р	1. 0	0. 65
6	P8 P9	330. 1	Р	1. 0	1. 0	6 - 1	P17	250. 8	Р	1. 0	1. 0
5	Z8	60.8	N– P	0. 9	0.3	6 - 2	Z 19	49.1	N- P	1. 0	0.15
6	Z10	34.4	N– P	1. 0	0.3	6 - 3	Z 21	46	N- P	1. 0	0. 25
6	Z11	263	Р	1. 0	0. 9	7	Z23	309.4	Р	1. 0	1. 0

(3)利用黄铁矿热电性得分垂向梯度估算的矿体向下延深情况(表4吸图3),也说明左右 相对应的矿体在估算的延深标高处交汇.这又说明左右两侧矿体形成时成矿热液来自中间的 深部,该部位向形褶曲的轴部劈理化带可能为其通道.因此认为左右矿体交汇部位矿体形态 可能较为复杂,不能简单地连接为"向形"的"V"状,很可能呈"Y"状.所以建议在进一

表4 金龙沟金矿床 7勘探线剖面黄铁矿热电性得分估算矿体垂幅结果*

步详查时,在坑道内设计钻孔进行验证,有可能发现更大的矿体.

 Table 4
 Estimated orebody s vertical depth based on pyrite pyroelectricity score on No. 7

 exploring line section in Jinlonggou gold deposit

矿体	B组;	样品	H组	样品			Lв		$H_{\rm B}-h_{\rm H}$	L
代号	编号	<i>h</i> _H (m)	编号	<i>h</i> _H (m)	ΥB	Y _H	(m)	$L_{\rm H}$ (m)	(m)	(m)
3	Z4	3395	P11	3378	- 125	- 180	159.6	9.8	27	196.4
4	P1 P4	3378	Z7	3366	- 110	- 70	81	39	12	132
5	P5 P6	3378	Z8 Z9	3345	- 142.5	- 10	52.3	47. 3	33	132.6
6	Р9	3378	Z10	3316	- 200	- 10	130.5	62	62	262.5
6	P17	3378	Z21	3344	- 190	- 10	35.9	73. 6	34	143.5

* 表中符号、代号参见前边公式介绍及图 3.

3 石英热发光

矿物热发光,系指矿物被加热时、晶体结构中被抑制的激发态电子活化,突破能量屏障 回落到基态而释放出一定能量(光波)的性质.石英,尤其是金成矿作用过程中形成的载金 石英晶体结构中常含有杂质元素 (如 Al³⁺、 Fe³⁺等),这些杂质元素往往以类质同象的形式替 代 Si⁴ 而形成大量空穴心,构成发光的复合中心.当受热后处于动态平衡的激发电子回落到基 态而释放一定能量发蓝光,所释放能量的大小和时间长短可通过智能化矿物热释光仪记录下 来,构成热发光曲线.根据曲线特征,不仅可以判断石英与金矿化的关系,而且可以分析矿 化的期次和强弱,同时还可以建立矿区的温场特征,进而确定热液活动中心和运移方向.

60

对研究区内区域和矿区地层中发育 的变质分异石英脉、矿区各成矿阶段脉体 中的石英进行了大量的热发光测试. 3.1 矿石、矿化及无矿石英的热发光曲 线特征

线特征 分析区域和矿区各种石英脉体中石 英热发光曲线特征,发现矿石石英(岩浆 热液期含黄铁矿石英脉)发光强度较大、 热发光曲线峰值较高,尤其为多峰曲线, 另外尚显示隐伏的低温、高温峰,曲线高 低、峰值大小与含金性呈不严格正相关关 系;无矿石英、尤其变质分异石英脉石英 发光强度很低,曲线几乎为直线;矿化石 英热发光曲线特征居中,峰值不大,双峰 或多峰特点不甚明显,如图 4.因此,根据 发光强度、峰值大小及峰态可估测成矿期 次和矿化强弱.

3.2 曲线形态和峰值温度可反映成矿期 次阶段及其温度区间,进而反映矿化强弱

在金龙沟金矿区中心地段 PD:坑道 内系统采集了含黄铁矿石英脉、碳酸盐石 英脉中石英样品,其样品分布及发光强度 直方图如图 5, 热发光参数统计如表 5. 由



图 4 研究区矿石、矿化及无矿石英热发光曲线特征 Fig. 4 Diagram showing the curve feature of quartz thermoluminescence

→ 矿石石英曲线 (峰高者未分析,向下依次含金1.0% 10 € 42.3 × 10⁻⁶,均为含黄铁矿石英脉中石英) [ore quartz, Au(top to bottom): unanalysed, 1.0% 10⁻⁶, 42. ※ 10⁻⁶]; 2-矿化石英为碳 酸盐石英脉样品,含金1.2¾ 10⁻⁶ (mineralized quartz from carbonate quartz vein, Au 1.2¾ 10⁻⁶); 3-无矿石英 (为变质分异 石英脉样品,含金0.2¾ 10⁻⁶) (barren quartz from metamorphic differentiated quartz v ein, Au 0.2¾ 10⁻⁶)

于样品皆为岩浆热液期两个成矿阶段产物,其晶体结构不受岩浆热液期前热事件的影响,仅 反映岩浆热液期及以后的热事件.从表 5可看出:几乎所有样品热发光曲线都显示了低温峰, 其峰值温度区间为 160~20°C,平均温度 171.9°C,变异系数仅 0.08.该低温峰应代表碳酸盐 石英脉成矿阶段,峰值温度区间与前述该阶段成矿温度一致;另绝大部分样品显示了低温峰 中温峰的双峰曲线特征,中温峰温度区间为 200~30°C,各勘探线平均温度区间为 240~ 264°C,平均温度 249.5°C,变异系数仅 0.04.其中温峰应代表黄铁矿石英脉主成矿阶段的充 填作用,与前述该成矿阶段成矿温度一致;另有些样品显示低.中.高温三峰曲线特征,其 高温峰应代表黄铁矿石英脉主成矿阶段的早期渗透扩散交代作用,峰值温度区间 300~ 40°C,各勘探线平均温度区间为 346~39°C,平均温度为 374.2°C,变异系数仅 0.004.渗 透扩散交代作用阶段早于充填阶段,温度区间理应高于充填阶段.显示低温、中温.高温三



图 5 金龙沟金矿床 PD_坑道石英热发光强度直方图

Fig. 5 Histogram of quartz thermoluminescent intensity in tunnel PD2 of Jinlonggou gold deposit ー 矿体 (orebody); 2-花岗斑岩 (granite-pomphyry); 3-勘探线与编号 (exploring line and No.); 4-坑道 (tunnel); 5-石英热发光强度直方图 (histogram of quartz thermoluminescent intensity)

峰曲线特点的样品可能经历了岩浆热液期黄铁矿石英脉主成矿阶段渗透扩散交代、充填交代 和碳酸盐石英脉阶段全过程,其各峰值温度均与其协调一致.由此看来,石英热发光曲线峰 态特征可以反映其经历的成矿期次阶段并显示其温度区间.成矿期次阶段与矿化强弱有直接

表5 金龙沟金矿床 PD_坑道石英热发光参数统计

 Table 5
 Quartz thermoluminescent paramenter in tunnel PD2 of Jinlonggou gold deposit

	勘探线		17	11	7	3	0	4	PD2
	发	п	3	10	11	16	7	6	53
	光强	\overline{x}	43. 3	116	107. 3	87.8	74. 3	70	90. 9
	度	v	0.35	0. 92	0. 51	1.0	0.58	0. 6	0. 22
_ 统	低	n	3	10	11	4	3	6	37
	温 峰 夏	$\frac{1}{x}$	170	160	163. 6	197.5	196	180	171. 9
计		v	0. 10	0	0. 07	0.03	0. 03	0. 03	0. 08
_	 史	n	1	9	10	12	5	3	40
2) 」 」	$\frac{1}{x}$	240	240	260	245	264	240	249. 5
数	温度	v	0	0. 05	0. 08	0.1	0. 06	0. 13	0. 04
_	高	n	3	2	3	8	3	4	23
	温峰	\overline{x}	346	365	380	390	366	370	374. 2
	温度	v	0. 13	0. 14	0. 05	2.56	0.16	0.16	0. 045

*n*为样品数,x为平均值 (发光强度单位为 csp 温度为^ℂ), *v*为变异系数

关系,期次阶段多、矿化强度大,故而发光曲线多峰,反映矿化强度大.中心地段石英热发 光曲线上述双峰 三峰特点也充分说明了这一点.

3.3 矿区温场特征

从图 5 表 5可以清楚地看出金龙沟金矿区 PD²坑道,即 3378 m标高中段的平面温场持征, 3~ 7勘探线间温场最高,低 中、高温峰值温度均最高,向 NE 向 SW均显示降低趋势,另 热发光强度也与其一致.这充分说明该部位为热液活动中心,成矿热液由此段向两侧分流.实 际的矿化强度、前述的黄铁矿热电系数变化规律也十分协调一致地说明了这一点.因此该部 位深部应有较好的矿化前景,建议坑道钻孔应先从该中心设计施工,再向 NE SW 两侧扩展.

4 参考文献

1 叶夫济科娃H3.晶体形态法在找矿和填图中的应用.见:找矿矿物学与矿物学填图.福州:福建科学技术出版社,1987.

THE APPLICATION OF MINERALOGICAL MAPPING ON PROSPECTING IN JINLONGGOU GOLD FIELD, TANJIANSHAN

Guo Jiahui

(Shenyang Institute of Geology and mineral Resources)

Abstract

On the basis of geologic features of Jnlonggou gold deposit, the author stresses on the application of prospecting mineralogical mapping. The mapping by pyrite pyroelectricity characteristic parameter can not only determine orebody 's denuded depth and extension, subquartitatively estimate orebody 's vertical depth and indicate the deposit scale, but also set up temperature field and determine ore-fluid 's moving centre and transporting direction. The curve feature of quartz thermoluminescence can identify the types of ore, mineralized and barren quartz, and reflect metallogenic periods and stages, temperature range and mineralizing intensity.

Key words pyrite pyroelectricity quartz thermoluminescence prospecting mineralogical mapping Qinghai Province

作者简介 国家辉 男 1942年生,1966年毕业于长春地质学院矿产地质及勘探系,现任沈阳地质矿产研究所研究员.从事金矿地质研究,通讯地址:沈阳市北陵大街 25号,邮编 110032.