

附表 1 列廷冈-勒青拉 Pb-Zn-Fe-Cu-Mo 矿床流体包裹体显微测温结果

Appendix table 1 Microthermometric data of the fluid inclusion of the Liatingang-Leqingla deposit

矿段	阶段	寄主矿物	类型	Tm <sup>hh</sup> (°C)		Th <sub>L-V</sub> (°C)		Tm <sub>ice</sub> (°C)		盐度(wt% NaCl eq.)	
				范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
铁铜钼矿段	矽卡岩阶段	石榴子石	LV	—	—	449.8~600	535.7	8.5~-21.2	-13.5	12.28~23.18	17.26
	石英硫化物阶段	石英+方解石	LV	—	—	220.5~426.3	321.7	0.7~-16.6	-4.6	1.23~14.97	7.83
		石英+方解石	W	233.8~310.5	269.8	282.2~365.3	322.3	—	—	33.48~38.94	36.03
	碳酸盐阶段	方解石	LV	—	—	154.6~236.8	199.2	1.5~-10.7	-3.4	2.57~10.73	5.26
		方解石	W	164.8~202.6	184.3	203.4~251.1	218.6	—	—	30.06~31.87	31.27
铅锌铜矿段	石英硫化物阶段	石英+方解石 +闪锌矿	LV	—	—	206.3~403.2	305.8	0.7~-9.4	-3.6	1.40~13.29	7.19
		石英+方解石	W	174.9~325.8	284.8	216.5~348.7	290.6	—	—	34.07~39.76	37.93
	碳酸盐阶段	方解石	LV	—	—	163.2~223.3	189.7	1.6~6.8	-3.2	2.73~11.93	5.34
		方解石	W	163.3~182.6	176.2	143.5~212.6	184.1	—	—	30.06~31.87	30.63

注：Tm<sup>hh</sup>—子晶融化温度；Th<sub>L-V</sub>—均一温度；Tm<sub>ice</sub>—冰点温度

附表2 列廷冈-勒青拉矿床氢氧同位素分析结果

Appendix table 2 Hydrogen and oxygen isotopic compositions of the Lietinggang-Leqingla deposit

矿段	样品号	主矿物	成矿阶段	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰)	$\delta\text{D}_{\text{V-SMOW}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{fluid}}(\text{‰})$	
铁铜钼 矿段	LTG13-2-52-12	石榴子石	矽卡岩阶段	-27.1	3.0	-164	5.0	
	LTG13-2-53-10	石榴子石	矽卡岩阶段	-28	2.0	-172	4.0	
	LTG13-4-35-2	石榴子石	矽卡岩阶段	-27.6	2.5	-172	4.5	
	LTG13-2-1	石榴子石	矽卡岩阶段	-23.6	6.5	-127	8.5	
	LTG13-4-36-3	石榴子石	矽卡岩阶段	-27.6	2.5	-170	4.5	
	LTG13-3-16-11	石榴子石	矽卡岩阶段	-22.8	7.4	-140	9.4	
	ZK162-10	阳起石	退蚀变阶段	-23	6.3	-129	7.8	
	LTG12-2-2	阳起石	退蚀变阶段	-24	4.7	-138	6.2	
	LTG13-3-16-1	绿帘石	退蚀变阶段	-26.1	4.0	-138	4.8	
	LTG13-4-35-4	绿帘石	氧化物阶段	-29.6	0.4	-136	1.2	
	LTG13-2-28-1	石英	石英硫化物阶段	-19.9	10.4	-145	3.9	
	LTG13-2-33-2	石英	石英硫化物阶段	-20.4	9.8	-124	3.3	
	LTG13-2-52-10	石英	石英硫化物阶段	-22.7	7.5	-118	1.0	
	LTG13-2-59-2	方解石	石英硫化物阶段	-2.8	5.7	-109	0.8	
	LTG13-2-28-1	方解石	石英硫化物阶段	-3.5	6.3	-114	1.4	
	LTG13-4-36-3	方解石	石英硫化物阶段	-1.5	6.4	-101	1.5	
	LTG13-2-53-10	方解石	碳酸盐阶段	-4.5	8.1	-99	-0.2	
	LTG13-3-16-1	方解石	碳酸盐阶段	-2.6	6.7	-94	-1.6	
	铅锌铜 矿段	LQL13-52-3	阳起石	退蚀变阶段	-24.2	6.0	-147	7.5
		LQL13-75-3	阳起石	退蚀变阶段	25	5.2	-140	6.7
LQL13-12-2		阳起石	退蚀变阶段	-26.5	3.5	-148	5.0	
LQL13-3-35-1		绿帘石	退蚀变阶段	-24.8	5.3	-133	6.1	
LQL13-3-42-4		绿帘石	氧化物阶段	-29.6	0.3	-141	1.1	
LQL13-52-7		石英	石英硫化物阶段	-26.6	3.5	-157	-4.4	
LQL13-53-14		石英	石英硫化物阶段	-26.3	3.8	-162	-4.1	
LQL13-8-8		石英	石英硫化物阶段	-26.6	3.4	-164	-4.5	
LQL13-10-10		石英	石英硫化物阶段	-24.2	5.9	-170	-2.0	
LQL13-12-2		石英	石英硫化物阶段	-25	5.2	-151	-2.7	
LQL13-13-3		石英	石英硫化物阶段	-23.3	6.9	-166	-1.0	
LQL13-13-4		方解石	石英硫化物阶段	-25.5	4.6	-103	-1.4	
LQL13-8-8		方解石	石英硫化物阶段	-27.8	2.3	-111	-3.7	
LQL13-10-10		方解石	碳酸盐阶段	-27	3.1	-101	-7.3	
LQL13-52-2		方解石	碳酸盐阶段	-24.4	5.8	-105	-4.6	

注：相应流体的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{fluid}}$  值的计算所采用的矿物-水同位素分馏方程式为： $10^3\ln\alpha_{\text{石榴子石-水}}=1.22\times 10^6/T^2-3.70$  (Bottinga, 1975)； $10^3\ln\alpha_{\text{阳起石-水}}=3.96\times 10^6/T^2-8.25\times 10^3/T+2.37$  (Zheng et al., 1993)； $10^3\ln\alpha_{\text{绿帘石-水}}=4.05\times 10^6/T^2-7.81\times 10^3/T+2.29$  (Zheng et al., 1993)， $10^3\ln\alpha_{\text{石英-水}}=3.38\times 10^6/T^2-2.90$  (Clayton, 1972)， $10^3\ln\alpha_{\text{方解石-水}}=2.78\times 10^6/T^2-2.89$  (O'Neil et al., 1969)；换算温度采用测温结果的峰值温度。

计算结果：Fe-Cu-Mo 矿化矽卡岩阶段石榴子石样品的  $\delta\text{D}_{\text{V-SMOW}}$  介于-171.5‰~-126.8‰，平均为-157.2‰， $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 2.0‰~7.4‰，平均为 4.0‰，计算获得流体中的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{fluid}}$  介于 4.0‰~9.4‰，平均为 6.0‰。退蚀变阶段阳起石  $\delta\text{D}_{\text{V-SMOW}}$  介于-138.3‰~-128.6‰，平均为-133.5‰， $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 4.7‰~6.3‰，平均为 5.5‰，计算获得流体中的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{fluid}}$  介于

6.2‰~7.8‰, 平均为 7.0‰; 该阶段绿帘石  $\delta D_{V-SMOW}$  为-138.2‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  为 4.0‰, 计算获得流体中的  $\delta^{18}O_{fluid}$  和  $\delta D$  值分别为 4.8‰和-94.1‰。氧化物阶段绿帘石  $\delta D_{V-SMOW}$  为-136.3‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  为 0.4‰, 计算获得流体中的  $\delta^{18}O_{fluid}$  和  $\delta D$  值分别为 1.2‰和-94.9‰。石英硫化物阶段的石英和方解石  $\delta D_{V-SMOW}$  分别介于-145.4‰~-117.9‰、-114.2‰~-101.4‰, 平均为-129.1‰和-108.2‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  介于 7.5‰~ 10.4‰、5.7‰~6.4‰, 平均为 9.2‰和 6.1‰, 计算获得流体  $\delta^{18}O_{fluid}$  分别为 1.0‰~3.9‰、0.8‰~1.5‰, 平均为 2.7‰和 1.2‰。碳酸盐阶段的方解石  $\delta D_{V-SMOW}$  介于-99.4‰~-93.7‰, 平均为-96.6‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  介于 6.7‰~8.1‰, 平均为 7.4‰, 计算获得流体  $\delta^{18}O_{fluid}$  为-1.6‰~-0.2‰, 平均为-0.9‰。

Pb-Zn-Cu 矿化退蚀变阶段阳起石  $\delta D_{V-SMOW}$  介于-148.4‰~-139.7‰, 平均为-144.9‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  介于 3.5‰~6.0‰, 平均为 4.9‰, 通过计算获得流体中的  $\delta^{18}O_{fluid}$  为 5.0‰~7.5‰, 平均为 6.4‰; 该阶段绿帘石  $\delta D_{V-SMOW}$  为-133.3‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  为 5.3‰, 计算获得流体  $\delta^{18}O_{fluid}$  和  $\delta D$  值分别为 6.1‰和-91.9‰。氧化物阶段绿帘石  $\delta D_{V-SMOW}$  为-140.8‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  为 0.3‰, 计算获得流体  $\delta^{18}O_{fluid}$  和  $\delta D$  值分别为 1.1‰和-99.4‰。石英硫化物阶段石英和方解石  $\delta D_{V-SMOW}$  分别介于-169.7‰~-151.0‰和-110.5‰~-102.6‰, 平均为-161.7‰和-106.6‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  分别介于 3.4‰~6.9‰和 2.3‰~4.6‰, 平均为 4.8‰和 3.5‰, 通过计算获得流体中的  $\delta^{18}O_{fluid}$  分别为-4.5‰~-1.0‰和-3.7‰~-1.4‰, 平均为-3.1‰和-2.6‰。碳酸盐阶段方解石  $\delta D_{V-SMOW}$  介于-105.4‰~-100.7‰, 平均为-103.1‰,  $\delta^{18}O_{V-SMOW}$  介于 3.1‰~5.8‰, 平均为 4.5‰, 通过计算获得流体中的  $\delta^{18}O_{fluid}$  为-7.3‰~-4.6‰, 平均为-6.0‰。

附表 3 列廷冈-勒青拉矿床碳氧同位素分析结果

Appendix table 3 Carbon and oxygen isotopic compositions of the Lietinggang-Leqingla deposit

位置	样品号	样品	$\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$ (‰)
铁铜钼矿 段	LTG13-2-37-5	S4 阶段方解石	-0.8	-28	2.1
	LTG13-4-36-3	S4 阶段方解石	-1.5	-28	2.0
	LTG13-2-28-1	S4 阶段方解石	-3.0	-27.6	2.4
	LTG13-2-59-2	S4 阶段方解石	-3.0	-29.6	0.3
	LTG13-2-53-10	S5 阶段方解石	-4.0	-25.5	4.6
	LTG13-3-16-1	S5 阶段方解石	-2.5	-27.6	2.4
	LTG13-2-40-1	灰岩	-3.9	-24.9	5.2
	LQL13-88-7	灰岩	-1.7	-25.1	5.1
	LTG13-4-35-6	大理岩	-0.1	-15.5	14.9
	LTG13-2-54-2	大理岩	1.2	-13.9	16.6
	LTG13-2-61-1	灰岩	-0.4	-20.1	10.2
铅锌铜矿 段	LQL13-2-7	S4 阶段方解石	-2.4	-24.6	5.5
	LQL13-13-4	S4 阶段方解石	-1.7	-25.4	4.8
	LQL13-8-8	S4 阶段方解石	-2.1	-27.1	3.0
	LQL13-52-2	S5 阶段方解石	-2.9	-24.1	6.1
	LQL13-10-10	S5 阶段方解石	-1.7	-27.4	2.7
	LQL13-2-2	灰岩	-1.5	-23.4	6.7
	LQL13-12-4	灰岩	2.1	-23.2	7.0
	LQL13-14-1	灰岩	1.8	-23.2	7.0
	LQL13-8-1	灰岩	-0.3	-29.0	1.0
	LQL13-53-1	灰岩	1.2	-17.8	12.5
	LQL13-62-6	灰岩	1.7	-19.0	11.3
LQL13-76-2	灰岩	1.7	-16.9	13.5	
无矿化地 层	LQL13-5#-4	灰岩	-1.9	-11.6	18.9
	LTG13-4-5-1	灰岩	1.3	-11.6	19.0

说明:Fe-Cu-Mo 矿化石英硫化物阶段的 4 件方解石  $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$  变化范围-3.0‰~-0.8‰,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 0.3‰~2.4‰; 碳酸盐阶段 2 件方解石  $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$  变化范围为-2.5‰~-4.0‰,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 2.4‰~4.6‰; 5 件赋矿地层灰岩(大理岩)  $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$  变化范围-3.9‰~1.2‰,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 5.1‰~16.6‰。Pb-Zn-Cu 矿化石英硫化阶段 3 件方解石  $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$  变化范围-2.4‰~-1.7‰,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 3.0‰~5.5‰; 碳酸盐阶段 2 件方解石样品  $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$  变化范围-2.9‰~-1.7‰,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 2.7‰~6.1‰; 7 件赋矿地层灰岩  $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$  变化范围为-1.5‰~2.1‰,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 1.0‰~13.5‰。矿区内 4 件未赋矿地层灰岩  $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$  变化范围-1.9‰~1.5‰,  $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-SMOW}}$  介于 13.5‰~19.0‰。