

滇西大平掌铜多金属矿床流体包裹体研究*

李峰 庄凤良 杨海林

昆明理工大学地球科学系, 昆明 650093.

Department of Earth Science, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China.

2000-05-23 收稿, 2000-10-27 改回.

Li Feng, Zhuang Fengliang and Yang Hailin. 2000. Fluid inclusion characteristics of Dapingzhang Cu-polymetal deposit in western Yunnan. *Acta Petrologica Sinica*, 16(4):581~586

Abstract Dapingzhang Cu-polymetal deposit was composed of massive sulfide ore beds and veinlet-disseminated sulfide orebodies. Compared with the former, the inclusion in the latter was characterized by its complex assemblage in types, and higher homogenization temperature, salinity and trapped pressure. Such variations in different orebodies were related to the evolution of ore-forming solutions. Based on the studies of composition, H— and O— isotopes of fluid inclusions, it can be deduced that ore-forming fluid was characterized as being rich in K^+ , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , F^- , CO_2 and CO , and belongs to the K-type solution, epi- to mesothermal in nature, moderately salinity and high pressure, mainly derived from sea water mixed with magmatic water.

Key words Fluid inclusion, Ore-forming fluid, Dapingzhang Cu-polymetal deposit

摘要 大平掌铜多金属矿床由块状硫化物矿体(上部)和细脉浸染状矿体(下部)组成。前者的包裹体类型简单,均一温度、盐度和捕获压力较低。后者以包裹体类型复杂、均一温度及捕获压力较高为特征。其差异与成矿流体演化有关。研究表明,成矿流体以富 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 F^- 、 CO_2 和 CO 为主,属中低温、中盐度的 K 质溶液,主要来源于海水,并有深部岩浆水的混合。

关键词 流体包裹体;成矿流体;大平掌铜多金属矿床

中图法分类号 P618.51

1 引言

海底喷流沉积矿床的成矿流体来源长期存在争论,海水来源说虽更流行,但因该类矿床中的矿物流体包裹体极微小,观察测试困难,专项成果不多。近年来,一些学者对该类矿床或沉积物的流体包裹体进行了研究(Ulrich F Hein, 1993; Lopez Gutierrez, 1993; 卢焕章, 1997; 侯增谦, 1998, 1999),并不断探究形成大型、超大型矿床的成矿流体、成矿条件和成因的特殊性(何知礼, 1998; Tu Guangzhi, 1995; Haynes, 1995)。

大平掌大型铜多金属矿床是近年“三江”地区找铜的一大突破,倍受关注。作者率先对矿床的流体包裹体进行较系

统的研究,为进一步探讨成矿流体性质及来源、成矿作用和成矿模式提供了新依据。

2 成矿地质背景

大平掌铜多金属矿床位于思茅市竹林乡。矿床在构造上位于兰坪—思茅盆地南段西缘,是南澜沧江铜多金属成矿带的一部分,受控于区域性酒房断裂,形成于古特提斯的洋内岛弧环境。矿区出露地层为龙洞河组上段(C_3l^2)和下坡头组(T_{2x})。龙洞河组上段(C_3l^2)主要为一套分异良好的基性—中酸性—酸性火山岩,总体属钙碱性—拉斑系列的细碧角斑岩建造,其中部(C_3l^{2-2})的角砾状流纹岩及其顶部的硅质岩、层凝灰岩为含矿层(图 1)。

* 本文为云南省自然科学基金项目(97D031M)资助成果。

第一作者简介:李峰,男,1957年出生,教授,矿产地质专业。

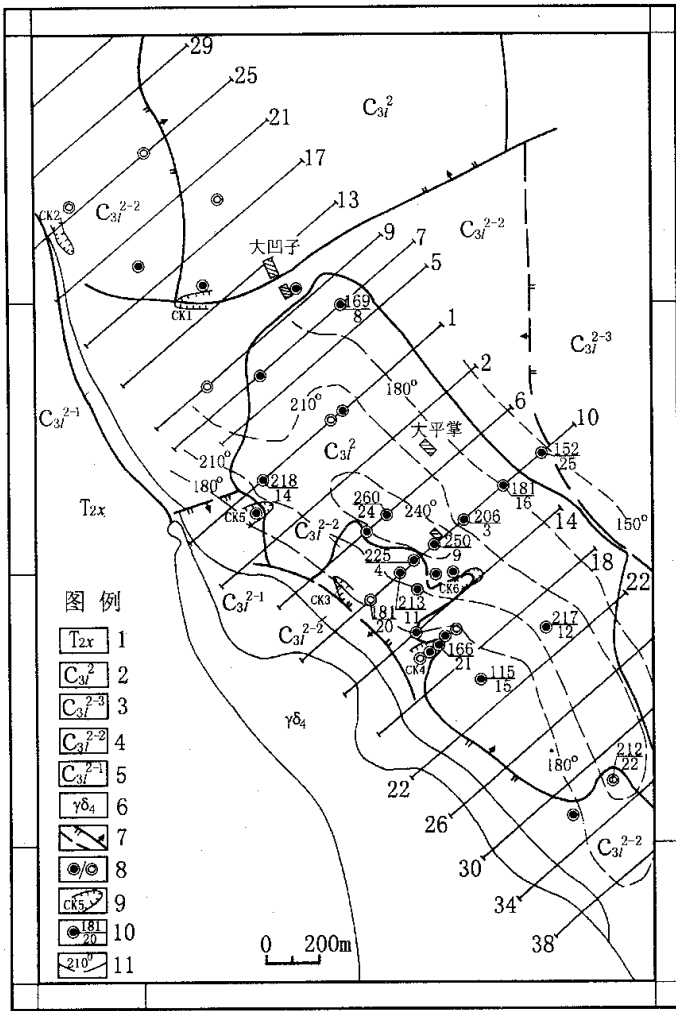


图 1 大平掌铜多金属矿床地质简图 (地质底图据云南地质五大队资料修改)

1. 下坡头组灰紫、灰绿色岩屑砂岩、粉砂岩、泥灰岩互层；
2. 龙洞河组上段(未分)英安岩夹凝灰岩；
3. 龙洞河组上段上部凝灰岩、流纹岩夹细碧岩、角斑岩；
4. 龙洞河组上段中部角砾状流纹岩、顶部为硅质岩夹凝灰岩；
5. 龙洞河组上段下部石英角斑岩、角斑岩夹细碧岩；
6. 花岗闪长岩；
7. 断层；
8. 见矿/未见矿钻孔；
9. 采样点及其编号；
10. 测温点温度/实验编号；
11. 1100m 标高左右测温点的等温线

Fig. 1 Generalized geological map of Dapingzhang Cu-polymetal deposit showing the isotherm

矿体多隐伏,按产状可分上、下两层矿体,构成典型的“双层结构”:

上部块状硫化物矿体:呈层状—透镜状分布于 C_{3l}^{2-2} 顶部的层凝灰岩和硅质岩之下或角砾状流纹岩之上,以 6~16 线间的中心区最厚,向四周变薄。主要金属矿物为黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿、砷黝铜矿等,脉石矿物以石英为主,次为方解石、绢云母和少量重晶石、绿泥石等。矿石除具微粒—细粒结构、乳浊状结构、包含结构外,笔者还发现典型的草莓结构和鲕粒结构。莓粒多由直径在 0.005~0.008mm 的黄铁矿组成。鲕粒状硫化物粒径一般在 0.05~0.07mm,个别达 0.1mm,鲕核有黄铁矿、石英和闪锌矿等,同心层主要由黄铁矿和黄铜矿交替组成,层数 2~7 层不等,层厚 0.005~

0.01mm,偶见复鲕。并常见重结晶的残余状莓团和鲕群。矿石具块状、碎块状—角砾状、条带—条纹状构造。矿石平均品位 Cu 3.84%、Zn 7.02%、Pb 2.26%,并含一定 Au,是富锌的铜矿体。

下部细脉浸染状矿体:呈不规则状产于角砾状流纹岩中,在 6~10 线间多与上部块状硫化物矿体连续过渡,深部与被硫化物网脉穿插的隐爆角砾岩带相连。矿物组成较简单,常见黄铁矿和黄铜矿,闪锌矿及方铅矿极少,脉石矿物以石英、长石、绢云母为主,次为方解石、绿泥石。矿石多具中—粗晶结构、交代结构、包含结构和浸染状、细脉状、网脉状构造等。Cu 品位一般 0.55%~1.9%,Pb+Zn 多小于 0.5%。

3 包裹体发育特征

对矿区 13 个钻孔和 4 个采场不同标高进行了采样,挑选 26 件代表性样品(石英为主,个别方解石)作包裹体研究,结果见表 1。

3.1 盆地相块状硫化物矿体中的包裹体

5 件样品中,包裹体有不规则状、长条形、圆形、椭圆形等,成群分布,大小一般在 3~50 μm ,大可达 90 μm 。以发育液体包裹体(70%)和纯液体包裹体(30%)为特征,气液比小,5%~15%。

表 1 大平掌铜多金属矿区流体包裹体特征表

Table 1 Main characteristics of fluid inclusions of Dapingzhang Cu-polymetal deposit

矿体类型	样品编号及测试号	采样位置或孔深(m)	测定矿物	流体包裹体类型	均一温度(°C)		盐度(wt%NaCl)		流体密度(g/cm ³)
					范围	平均	范围	平均	
块状	D16-1(21 [#])	采场	石英	I、II	149~189	166	6.8~9.6	8	0.95
	ZK1004-1(20 [#])	56	方解石	I、II	161~223	181	4.5~7.7	5.7	0.91
	D001-2(补 1)	采场	石英	I、II	102~157	139	4.1~8.2	6.3	0.96
	CK-4(补 4)	采场	石英	I、II	97~184	143	5.8~7.3	6.9	0.97
	ZK1401(17 [#])	采场	石英	I、II	78~148	114	3.6~7.1	6	0.97
脉	ZK1011-1(25 [#])	39.4	石英	I、II	113~198	152	5.8~8.9	7.7	0.96
	ZK1005-5(10 [#])	49.5	石英	I、II、III、IV、V	153~268	225	9.3~12.5	11	0.93
	ZK1005-4(9 [#])	127	石英	I、II、III、IV	224~275	250	8.2~11.6	10	0.88
	ZK1005-2(7 [#])	225	石英	I、II、III、IV	243~290	268	3.4~6.3	5	0.82
	ZK1007-2(3 [#])	153	石英	I、II	176~258	206	9~12	10.6	0.94
浸染状	ZK1007-4(6 [#])	176.5	石英	I、II	207~242	225	7.6~10.3	9.2	0.91
	ZK1007-6(12 [#])	256	石英	I、II、III、	220~275	250	4.7~9.6	7	0.86
	ZK1009-7(16 [#])	147.5	石英	I、II、III	145~213	181	7.7~10.6	9	0.98
	ZK1009-9(18 [#])	163	石英	I、II、III、IV	218~258	238	8~12.3	9.3	0.90
	ZK1009-12(5 [#])	258	石英	I、II、III	215~267	250	5.2~9.1	6.8	0.84
浸染状	ZK1003-8(2 [#])	30	石英	I、II、III	154~221	179	8.7~10.4	9.4	0.95
	ZK1003-5(4 [#])	149.5	石英	I、II	187~236	225	8.6~13	10.5	0.92
	ZK1003-3(1 [#])	292	石英	I、II、III	246~284	266	6.5~9.1	8.1	0.87
	ZK1001-3(19 [#])	48	石英	I、II、III、IV	146~210	175	6.2~10	8.7	0.95
	ZK1001-1(11 [#])	111	石英	I、II、III、IV	152~289	213	4.9~7.4	6.3	0.90
浸染状	ZK2003-1(13 [#])	257.5	石英	I、II	188~263	217	2.1~7	4.7	0.88
	ZK2001-2(15 [#])	104.7	方解石	I、II	96~132	115	3.4~5.5	4.5	0.95
	ZK3201-1(22 [#])	23.5	石英	I、II	167~256	212	11.5~14	13	0.97
	ZK605-4(24 [#])	99	石英	I、II、III	223~298	260	8.6~11.9	10.2	0.88
	ZK102-1(14)	76.4	石英	I、II	177~267	218	7.4~8.4	7.8	0.91
ZK702-4(8 [#])	67	石英	I、II	156~192	169	5.1~8.7	6.7	0.94	

注: I、液体包裹体; II、纯液体包裹体; III、气体包裹体; IV、含液体 CO₂ 包裹体; V、含 NaCl 或 KCl 子矿物包裹体

3.2 管道相细脉浸染状矿体中的包裹体

21 件样品中, 各类原生包裹体多呈圆形、长条形、椭圆形和不规则状成群分布, 个体较小(多在 1~20 μ m), 类型多, 除液体包裹体(60%~75%, 气液比 10%~30%)、纯液体包裹体(20%~40%)为主外, 还发育气体包裹体(2%~10%, 气液比 70%~90%)、含液体 CO₂ 包裹体(1%~3%, 气液比 40%~70%), 个别样品还见含 NaCl 或 KCl 子矿物包裹体。后三种包裹体主要出现在 10 线剖面的 ZK1005、ZK1009、ZK1001 等孔的样中, 同一钻孔中, 由浅部向深部, 包裹体有个体变大、数量增多的趋势。

4 流体包裹体的均一温度和盐度

液体包裹体的均一温度和盐度测试结果见表 1。

4.1 均一温度

不同相带矿体的流体包裹体均一温度不同。上部盆地相

矿体的流体包裹体均一温度最高为 223 C, 最低 78 C, 平均为 114~181 C。显示成矿流体具典型的低温热液特点。下部管道相细脉浸染状矿体的流体包裹体最高均一温度可达 298 C, 平均在 152~268 C 之间, 绝大部分大于 200 C, 具中温热液性质。

流体包裹体均一温度在空间上的变化规律:

(1) 上部块状硫化物矿体的成矿温度明显低于下部细脉浸染状矿体的温度。

(2) 细脉浸染状矿体中, 同一钻孔由浅至深, 流体均一温度明显增高。如 ZK1005 孔中, 49.5m 处均一温度为 225 C, 至孔深 225m 处时, 均一温度达 268 C, 10 线的其它孔也都类似(表 1)。

(3) 从 10 线剖面的等温线图看(图 2), 以 ZK1005 孔为中心, 均一温度以较大梯度向东、西两侧降低。为避免因采样高度不同使有关问题的讨论失真, 作者以标高为 1100m 左右的样点, 绘制出该平面的等温线(图 1), 得出温度高值区位于 6~10 线之间, 呈北西向延伸的椭圆形。

(4) 均一温度高值区与矿化强度吻合较好, 块状矿体和细脉浸染状矿体在等温线高值区厚大、品位高。

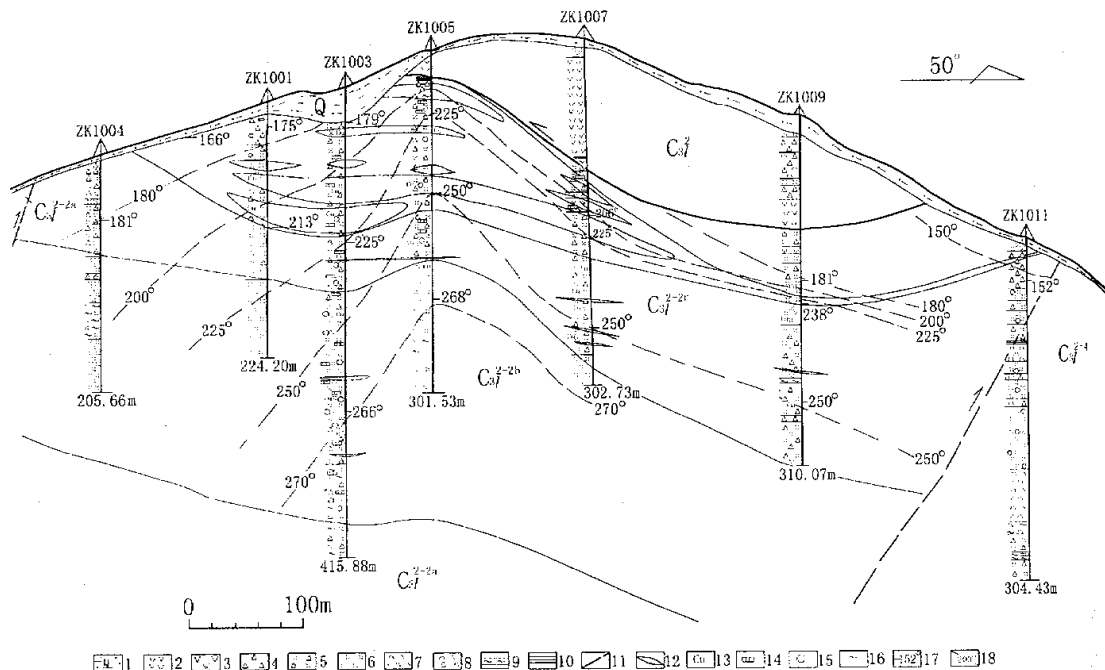


图 2 大平掌 10 号勘探线剖面及等温线图 (地质剖面据云南地质五大队资料简化)

- 1. 第四系残、坡积物; 2. 英安岩; 3. 安山岩; 4. 角砾岩; 5. 角砾状流纹岩; 6. 流纹岩; 7. 流纹质凝灰岩; 8. 流纹质角砾凝灰岩; 9. 绿泥石岩;
- 10. 硅质岩; 11. 断层; 12. 矿体; 13. 铜矿化; 14. 硅化; 15. 黄铁矿化; 16. 绿泥石化; 17. 测温点及其温度; 18. 等温线

Fig. 2 Geological section of Dapingzhang copper deposit showing the isotherm

4.2 流体的盐度及密度

流体包裹体的盐度及按盐度—均一温度—密度关系计算的流体密度见表1。块状硫化物矿体成矿流体的平均盐度(wt% NaCl)变化范围小(5.7%~8%),密度0.91~0.97 g/cm³。细脉浸染状矿体成矿流体的盐度变化较大(4.5%~13%),密度0.82~0.98 g/cm³。二者均具中低盐度和密度接近海水(1.03g/cm³)的特点。进一步分析可见,细脉浸染状矿体成矿流体的盐度由喷流管道的深部至浅部,有逐渐增高的趋势,如ZK1005、ZK1007、ZK1009、ZK1001和ZK1003等钻孔的不同孔深样品中,均有这种变化规律。反映成矿流体在演化过程中,初始盐度较低,随向上运移,盐度渐增,甚至出现含盐类子矿物的多相包裹体。但到达喷口处时,因与海水快速相混,不但温度骤降(低于200℃),盐度也有所降低,使块状硫化物矿石中的包裹体盐度偏低。

用Potter(1978)压力校正曲线及相关相图,估算的块状硫化物矿体成矿流体的捕获压力为33~45 MPa,细脉浸染状矿体成矿流体的捕获压力为38~74 MPa。压力最大值部位集中在ZK605、ZK1005、ZK1003和ZK1001等钻孔区,与温度高值区相当。同一钻孔由浅部向深部,压力值渐增高。显

示成矿是在压力较高的环境下进行的。

5 流体性质

据对细脉浸染状矿石中石英样品原生包裹体成分分析结果(表2),成矿流体中的阳离子主要有K⁺、Na⁺,次为Ca²⁺、Mg²⁺,K/Na比值1.5~3.82,平均2.4,明显富K。阴离子以Cl⁻、SO₄²⁻为主,其次为F⁻。气体成分H₂O>CO₂>CO≥CH₄。是一种高K,并含一定量CO₂、CO、CH₄、F⁻等深源气体的流体。结合流体包裹体的初熔温度为-21℃至-24.3℃,可确定成矿流体属NaCl-KCl-H₂O三元体系。三件细脉浸染状矿石的石英样品的H、O同位素测试结果为:δD=-71‰~-84‰,δ¹⁸O=7.2‰~8.7‰,经换算的成矿溶液的δ¹⁸O_{H₂O}=-1.34‰~-2.52‰,在δD-δ¹⁸O_{H₂O}图上,投点均落入岩浆水区之外的左方。综合成矿地质条件和流体的其它特征,可以认为,成矿流体主要由海水和岩浆水混合而成。三个样品中,标高大、靠近喷流管道顶部的ZK1005-5样,δ¹⁸O_{H₂O}值最小(-2.52‰),氧同位素向大气降水线漂移更明显,应与愈近喷口处流体受海水混合愈充分有关。

表2 大平掌矿床包裹体分析结果

Table 2 Fluid inclusion compositions of Dapingzhang copper-polymetal deposit

样号	矿物名称	液体成分(μg/g)							气体成分(10 ⁻⁶ mol/g)			
		Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	H ₂ O	CO ₂	CH ₄	CO
ZK1005-5	石英	2.75	10.50	0.03	0.03	0.15	17.69	0.43	41.268	0.383	0.030	0.053
ZK1009-9	石英	4.03	7.13	0.25	0.05	0.19	14.03	2.10	66.086	1.191	0.013	0.026
ZK1009-12	石英	2.20	3.30	0.10	0.03	0.08	7.93	0.67	62.587	0.341	0.014	0.014

中国地质科学院矿床地质研究所测试; NO₃⁻、PO₄³⁻、Br⁻、N₂ 等未检出;

6 成矿意义讨论

(1) 大平掌铜多金属矿床成矿流体总体具中低温、中低盐度的性质,但上部块状硫化物矿体和下部细脉浸染状矿体的矿流体包裹体特征差别明显,这种差别是成矿流体在运移循环过程中演变的结果。晚石炭世火山活动的间歇期,在深部地质营力驱动下,岩浆房的高温富CO₂、CO、CH₄、Cl⁻、F⁻等矿化剂的流体或地幔气沿高渗透性火山管道侵入,与下渗海水混合,并形成温度为300℃±的含矿热液流体。含矿流体向上循环时,又通过不断的水—岩反应、与海水混合及传导冷却等,使流体特征不断变化。这种变化在细脉浸染状矿体和块状硫化物矿体的流体包裹体中会留下记录。

近几年在Juan de Fuca 洋脊(Leitch *et al.*, 1991)、大西洋TAG区(Edmond *et al.*, 1995)、冲绳海槽JADE区(侯增

谦等,1998,1999;于增慧等,2000)等海底热液沉积物的流体包裹体中,不但发现来自岩浆房或地幔的CO₂、CH₄等气体组分,还证实其盐度较低(一般<10 wt% NaCl),流体包裹体均一化温度具深部高(最高为320~390℃)、喷口处低(如Juan de Fuca热液活动区为133~158℃)的特点。大平掌矿区的流体包裹体特征与之类似。

(2) 成矿流体以中心式喷流为主,6~10线之间为喷流管道中心区。依据有:气体包裹体、含液体CO₂包裹体相对发育;流体包裹体盐度及捕获压力较高,是均一温度高值区;流体中富K⁺、Cl⁻、CO₂、CO、CH₄、F⁻;ZK605、ZK1005等钻孔深部发育典型的气爆角砾岩,黄铁矿化、硅化、绿泥石化等热液蚀变最强。

(3) 据流体包裹体均一温度和成分在空间上的分布规律,结合宏观地质条件,今后应侧重沿北西向控岩控矿构造带南、北两段寻找新的喷流成矿中心。

野外工作中得到云南地矿局丁俊总工、五大队张富良总工和张子雄工程师等的大力帮助,谨此致谢。

References

- Guangzhi Tu. 1995. Some problems pertaining to superlarge ore deposits of China. *Episodes*, 18(1&2):83~86
- Haynes DW. 1995. Olympic Dam ore genesis. *Econ. Geol.*, 90(2): 281~307
- He Zhili, Xie Yulin. 1998. Discussion about some problems in studies of superlarge ore deposits and prospectin. *Journal Chengdu University of Technology*, 25(2): 206~214 (in Chinese with English abstract)
- Hou Zengqian, Zhang Qiling. 1998. CO₂-hydrocarbon-rich fluid of modern hydrothermal activity regions in the Okinawa trough: evidences of fluid inclusions. *Science in China (Series D)*, 28(2): 142~148(in Chinese)
- Hou Zengqian, Ai Yongde, Qu Xiaoming. 1999. Possible contribution of magmatic fluids to seafloor ore-forming hydrothermal system in Okinawa trough. *Acta Geologica Sinica*, 73(1): 57~65(in Chinese with English abstract)
- Leitch C H B. 1991. Preliminary studies of fluid inclusions in barite from the middle valley sulphide mounds, northern Juan de Fuca Ridge. *Geol. Surv. Can. Curr. Res.*, Part A:27~30
- Lopez Gutierrez J. 1993. Fluid inclusion study of the seafloor hydrothermal deposit of Herreias (SE Spain). Twelfth Biennial symposium, European current Research on Fluid Inclusions. Warsaw-Cracow, 133~136
- Lu HZ. 1997. Ore forming fluids. Beijing: Beijing Science and Technology Press, 120~151 (in Chinese with English abstract)
- Potter RW, Clyne MA, Brown DL. 1978. Freezing point depression of aqueous sodium chloride solutions. *Econ. Geol.*, 73(2): 284~285
- Ulirch F Hein, Ute Oswald. 1993. The fluid inclusion record of siliceous exhalites. Lower Carboniferous of Rhenish Massif, Germany. Twelfth Biennial symposium, European current Research on Fluid Inclusions. Warsaw-Cracow, 96~99
- Yu Zenghui, Zhai Shikui. 2000. Progress in the study on fluid inclusions in submarine hydrothermal deposits. *Mar. Geol. & Quaternary Geol.*, 20(1): 93~96 (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

- 何知礼,谢玉玲. 1998. 超大型矿床研究中某些问题的讨论及找矿. *成都理工学院学报*, 25(2):206~214
- 侯增谦,张绮玲. 1998. 冲绳海槽现代活动热水区 CO₂-烃类流体:流体包裹体证据. *中国科学(D辑)*, 28(2):142~148
- 侯增谦,艾永德. 1999. 岩浆流体对冲绳海槽海底热水成矿系统的可能贡献. *地质学报*, 73(1):57~65
- 卢焕章. 1997. 成矿流体. 北京:北京科学技术出版社,120~151
- 于增慧,翟世奎. 2000. 海底热液沉积物中流体包裹体的研究进展. *海洋地质与第四纪地质*, 20(1):93~96