

个旧南部地区锡铜多金属成矿作用

高建国, 念红良, 李西, 陈仕炎, 郭君
(昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 综合分析了个旧南部地区区域构造演化、火山沉积作用及花岗岩与成矿的关系, 推断成矿过程实际上是由于区域构造应力的作用, 导致花岗岩的侵入, 花岗岩侵入一方面为成矿提供了大量的成矿物质, 为主要的成矿物质源. 另一方面强大的侵入体是“热动力泵”或“动力源”, 它所产生的热量和动力活化并萃取了地层和基性岩层中的有用金属元素, 与岩浆后期的含矿热液构成混合矿浆溶液, 在上升运移过程中, 在有利的构造部位和有利的地层层位中形成锡铜铅多金属矿床(体).

关键词: 构造演化; 锡、铜多金属矿床; 成矿作用; 云南个旧南部

中图分类号: P237 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2004)04-0079-06

Metallogenesis of Sn, Cu Poly-metallic Deposit in the South of Gejiu Ore District Yunnan Province

GAO Jian-guo, NIAN Hong-liang, LI Xi, CHEN Shi-yan, GUO Jun

(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: The relationship between the regional tectonic evolution, volcano-sedimentary, granite and metallogenesis is synthetically analyzed. It comes to the conclusion that the process of mineralization acted by the driving force from region tectonics stress is granite intrusion. On the one hand, the granite intrusive provides a lot of metallogenetic materials as the source of metallogenetic material, on the other hand, as the thermo-source or thermo-dynamic source, it produces the thermo-energy and driving-force to extract the metallogenetic elements from strata and basic volcano, which blends the ore-bearing fluid to form the compounding ore paste. And the orebody forms in the propitious structure and strata during the course of ascending migration.

Key words: tectonic evolution; Sn, Cu, Pb poly-metallic deposit; metallogenesis; south of Gejiu Yunnan

0 引言

个旧矿区在大地构造上位于华南褶皱系的西南边缘, 西北为康滇地轴, 西南是哀牢山变质岩带, 东南邻越北古陆, 为滇东南锡多金属成矿带的重要组成部分. 矿区以南北向的个旧大断裂为界划分为东、西两区. 东区由北向南分为马拉格矿田、松树脚矿田、高松矿田、老厂矿田和卡房矿田^[1](图 1).

南部地区系指卡房矿田, 矿田北部以老熊洞断裂与老厂矿田为界, 南界为白龙断裂, 由北而南划分为新山、鸡心脑、龙树脚三个矿段.

1 矿田地质

矿田内主要出露三叠系中统个旧组(T_{2g})灰岩、白云质灰岩、白云岩、灰质白云岩、部分地段灰岩白云岩互层; 三叠系下统永宁镇组(T_{1y})泥质灰岩、泥岩、细砂岩; 飞仙关组(T_{1f})砂质页岩、长石石英砂岩、钙质

收稿日期: 2004-05-22. 基金项目: 云南省省院省校合作项目(项目编号: 2000YK-05).

第一作者简介: 高建国(1954~), 男, 教授, 硕士生导师. 主要研究方向: 矿产地质与勘查.

E-mail: Gaojianguo1969@hotmail.com

泥岩及二迭系上统龙潭组(P_2l)泥岩、泥质砂岩、薄层煤系在矿田南部有零星出露. 新生界第三系上新统及第四系沉积物分布于山间沟谷及岩溶凹地. 其中个旧组(T_2g)为主要的赋矿地层.

卡房矿田处于五子山复式背斜南段. 北北东向与东西向构造组成矿田构造骨架, 控制了矿田的成岩成矿作用.

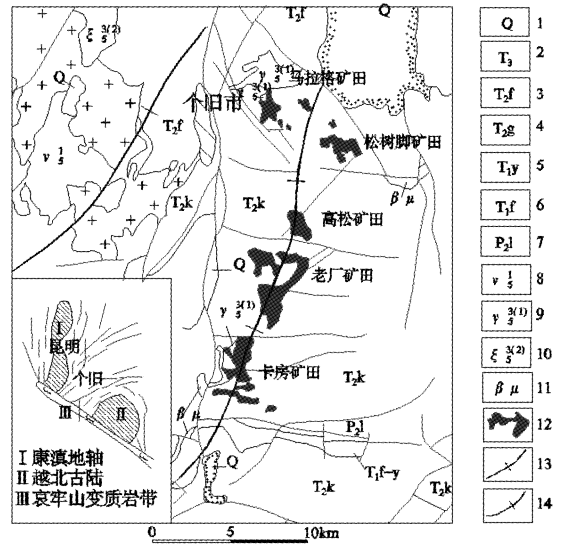
矿田内岩浆岩主要有辉绿岩、花岗岩两类. 辉绿岩呈岩床产于三叠系个旧组卡房段中上部地层中, 由于普遍发生不同程度的变质, 故称之为变辉绿岩. 变辉绿岩与石灰岩接触界面是矿田主要含铜部位. 矿田内花岗岩是老厂—卡房花岗岩体的南延部分, 沿北北东向新山背斜、黄泥坡背斜的轴部侵入, 分别称之为新山岩体和黄泥坡岩体. 花岗岩同位素年龄 66 ~ 67 Ma, 为燕山晚期产物.

2 区域构造演化与成矿的关系

卡房矿田在大地构造演化上与滇东南锡多金属成矿带具一致性. 滇东南锡多金属成矿带大地构造演化受控于扬子板块和华南褶皱系的相互作用, 其构造演化经历了由地槽(加里东期)到地台(海西期)、再到地槽(印支期)的复杂过程(图 2).

早元古代发育优地槽型火山复理石建造已形成的结晶基底和由中元古界冒地槽建造经吕梁运动全面褶皱回返隆升为古陆. 在早—中元古代, 云南境内皆为地槽型沉积. 自晚元古代始, 云南东、西部分野局面开始明朗化, 滇东南褶皱带北西面以弥勒—师宗断裂与扬子准地台分界, 南西由以元江断裂与哀牢山断块毗邻, 其南面和东南分别延入越南和广西. 早震旦世以后, 扬子板块与华南褶皱系开始拉张, 至志留纪末区内盆地演化经历了拉张裂谷($Z - \epsilon$)、缓慢沉降的被动大陆边缘($Q_1 \sim Q_2$)和挤压造山($Q_3 \sim S$)的一个完整构造旋回. 震旦纪主要沉积有类复理石建造, 寒武纪及早、中奥陶纪则连续沉积了厚层砂泥质建造和碳酸盐建造, 缺失了奥陶统和志留系. 泥盆纪以后, 进入第二个构造旋回. 受加里东运动影响, 形成南北和北北东向隆起和拗陷, 越北古陆边缘发生大陆边缘裂谷(个旧—丘北—富宁大陆边缘裂谷), 并发生大规模的海相火山喷发, 富宁地区有超基性—基性岩侵入, 个旧—丘北张裂及右江地槽(大陆边缘裂谷)中有海相基性岩浆喷溢及基性—超基性岩浆火山岩侵入和喷发. 泥盆纪—早二迭世区内沉积了碳酸盐岩和部分陆屑建造. 早三叠世至晚三叠世中期, 随着古特提斯和华南褶皱带扩张作用的加剧, 滇东南晚海西—印支期的张裂、拗陷强烈, 部分地区分别发育含大量基性火山岩、砂泥质碳酸盐岩、火山碎屑岩的优地槽型建造和只含火山碎屑岩的冒地槽型复理石建造. 位于元江断裂与个旧—丘北—右江裂谷的交汇处的个旧—开远裂陷槽经历了早期裂谷($D \sim P_1$)、晚期裂谷和被动大陆边缘($P_2 \sim T_2$)以及周缘前陆盆地(T_3)等阶段, 并于印支末期褶皱回返, 之后一直处于隆起剥蚀状态. 燕山期(195 ~ 80 Ma)除元江裂陷槽有代表裂陷封闭的侏罗纪沉积和与裂陷环境有关的镁铁岩侵入外, 滇东南乃至云南全面上升成为陆地. 在燕山中晚期, 强烈的燕山运动影响下, 基性、酸性、碱性岩浆大量侵入, 形成后造山构造—岩浆岩带, 与此同时伴有锡、铜、铅多金属成矿作用发生.

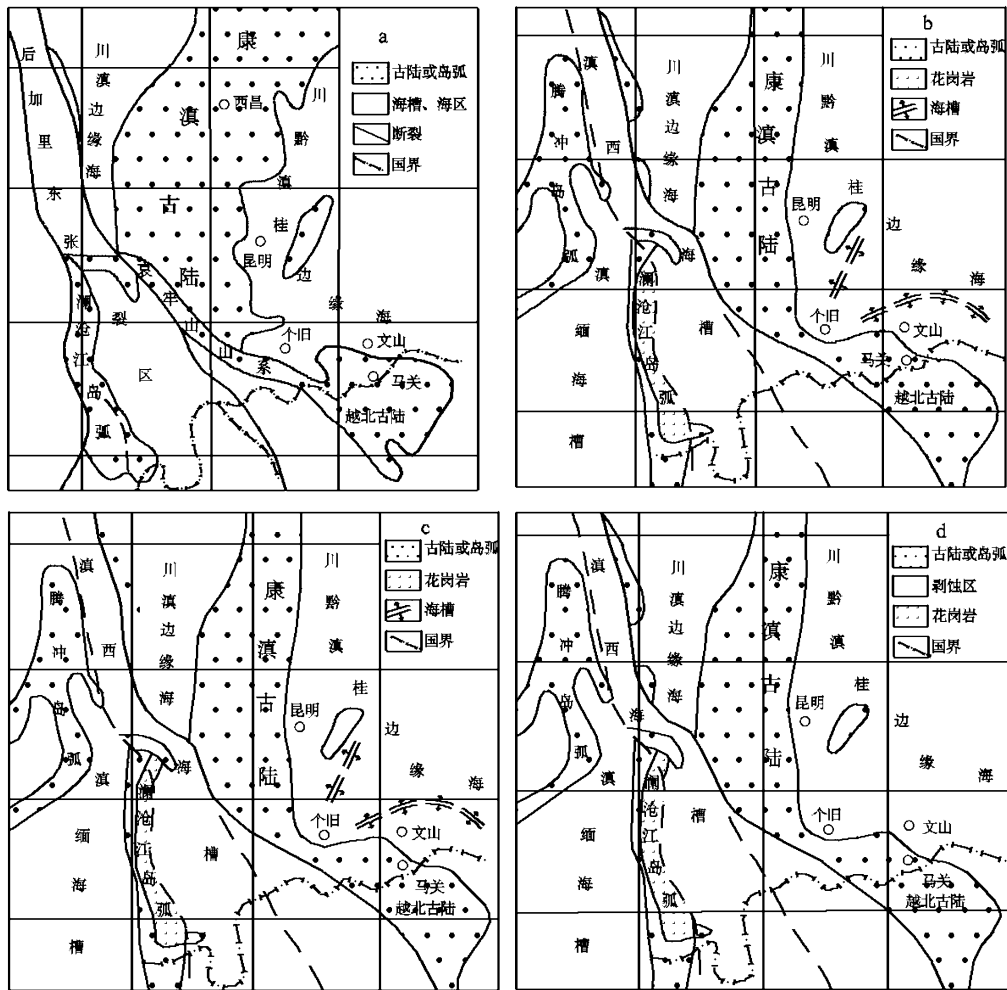
喜山期(80 Ma以后)元江裂陷槽云南部分已封闭, 其余地区仅有小型内陆盆地沉积. 在喜山运动影响下, 产生小规模基性火山喷发活动和超基性—基性岩脉侵入. 挽近期, 在个旧矿区形成以残坡积为主的砂锡矿.



1. 第四纪浮土; 2. 乌格组、火把冲组; 3. 法朗组; 4. 个旧组; 5. 永宁镇组; 6. 飞仙关组; 7. 龙潭组; 8. 印支期辉长岩; 9. 燕山期花岗岩; 10. 正长岩; 11. 辉绿岩; 12. 脉锡矿床; 13. 五子山复式背斜轴; 14. 贾沙复式向斜轴

图 1 个旧矿区地质略图

Fig. 1 The geological sketch Map of gejiu ore district



a. 加里东期 b. 海西期 c. 印支期 d. 燕山期

图 2 滇东南地区古地理略图(据云南地质矿产局有改动)

Fig.2 Paleogeography of Jialidong - Yenshan period in the southeast Yunnan

3 中三叠世火山沉积作用与成矿

3.1 火山沉积作用

早三叠世,由于古特提斯和华南褶皱系的扩张作用的加剧,个旧矿区的北东、南东两侧沉降槽中最深的沉降狭谷(图 2),为该时期滇东南火山活动强烈地方.至中三叠世区内地壳沉降进一步加剧,海侵扩大,部分地方发生火山活动.反映地壳强烈活动的冒地槽型沉积,已由滇桂边境地区向西南延伸到个旧矿区北东约 80 km 处,沉积厚度达 4 000 余 m.在个旧矿区紧邻地域,早三叠世形成的沉降槽中沉降和沉积补偿更加剧,个旧—罗平成为沉降和沉积最剧烈的中心(图 3).安尼西期,个旧矿区处于局部海湾环境,由于沉降和沉积的均衡补偿都很强烈,因而沉积了 4 000 m 的厚大碳酸盐岩层,形成区内重要的含矿建造.与区内强烈的沉积作用相伴的是区内同生断裂活动强烈以及基性火山活动,火山岩产于个旧组下部,主要为碱性玄武岩,并有凝灰岩、或超浅成的辉绿岩床伴随,厚度可达数百米.拉丁尼期,矿区紧邻地区沉积了厚约 1 000 m 的泥质页岩、泥质灰岩、泥灰岩,其中夹数层含锰灰岩或锰硅质岩,表明部分地区处于较深水的沉积环境.该期成矿活动的一个重要特点是锰的成矿.

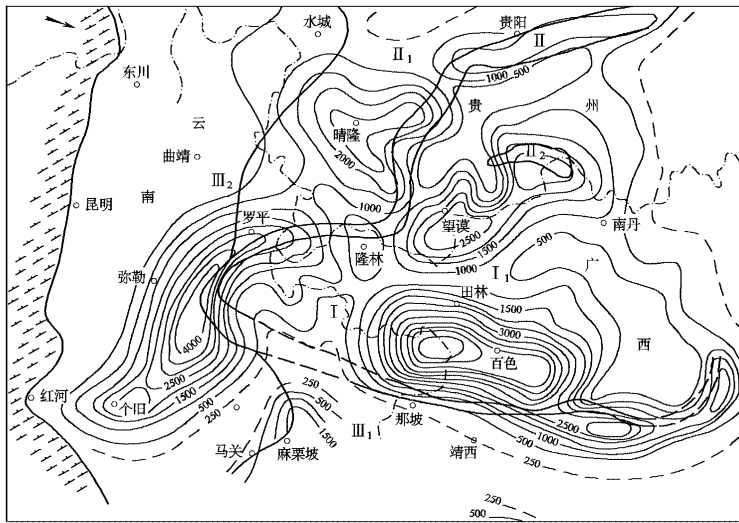


图3 滇黔桂地区中三叠世沉积相分区及沉积厚度等值线图(据南方石油地质勘探研究所)

Fig.3 The isoline map of sedimentary thickness and lithofacies subarea in Middle Triassic Epoch among Yunnan, Guizhou and Guangxi province

表1 卡房矿田安尼西期火山岩岩石化学成分

Tab.1 The chemical composition of the volcanic rocks of Annisi period in Kafang ore field (%)

采样地	岩性	编号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Q(查氏值)
卡	碱性玄武岩	31	38.78	3.25	13.25	1.28	11.26	0.09	15.83	6.10	0.90	3.10	0.37	-24.47
	变玄武岩	32	40.86	3.69	14.00	9.48	1.10	0.06	9.02	6.13	1.35	2.02	0.32	-7.45
	变玄武岩	33	41.84	3.07	11.67	9.45	4.80	0.19	7.45	7.98	1.45	1.96	0.31	-8.67
房	碱性玄武岩	35	42.84	2.73	13.87	6.62	8.78	0.20	8.97	9.09	1.60	1.58	0.44	-13.62
	碱性玄武岩	36	42.94	3.30	13.54	0.30	12.59	0.11	11.69	6.60	2.10	3.10	0.44	-20.25
	碱性玄武岩	37	44.18	3.64	14.13	10.73	2.90	0.07	12.07	3.00	1.02	1.87	0.33	-6.55
	平均		41.91	3.28	13.41	6.31	6.91	0.12	10.84	6.48	1.40	2.27	0.37	-13.50

注:据庄严永秋、王任重、杨树培等,1996

表2 卡房矿田安尼西期火山岩中微量元素含量($\times 10^{-6}$)

Tab.2. The microelement content of the volcanic rock of Annisi period in Kafang ore field ($\times 10^{-6}$)

采样地	岩性	样品数	Sn	Cu	Pb	Zn	W	Sb	Mo	Ag	As	Bi
卡房	变基性岩	2	18	109	71	154	0.45	4.4	1.5	0.54	24.5	0.1
卡房	火山岩	6	51	236	83	328	9.82	0.75	2.4	1.47	20	7.6
世界基性岩(维氏)			1.5	100	8	130	1	0.1	1.4	0.1	2	0.007
平均值			34.5	172.5	77	241	5.14	2.58	1.95	1.005	22.25	3.85

注:据庄严永秋、王任重、杨树培等,1996

3.2 三叠纪安尼西期火山岩

印支旋回安尼西期的基性火山(次火山)岩沿个旧东区五子山复式背斜轴部呈北东向分布,长约20 km.地表出露在卡房坝子至老鹰岩一带,在双竹和老厂均有深部工程揭露呈隐伏产出.在卡房矿田内分布面积达15 km²以上,龙树脚矿段的西段北面金光坡一带,1520 m中段29穿北部分布变基性火山铜金矿床(体).基性火山(次火山岩)产于中三叠统个旧组 T₂g₁¹中上部的碳酸盐岩中,其顶底板波状起伏,与地层产状一致,呈岩床状产出,由1至数层与大理岩互层或相互包夹.厚度5~13 m,一般厚20~50 m.

从表1中可以看出:SiO₂含量为38.78%~44.18%,平均41.91%,查氏Q值为-6.55~24.47,平均-13.50,属硅不饱和;Na₂O含量为0.9%~2.1%,平均1.40%;K₂O含量为1.58%~3.10%,平均2.27%,与大陆的碱性橄榄玄武岩较之钠质偏低,钾质则高.钛含量甚高,TiO₂含量为2.73%~3.69%,平

均 3.28%, 反映了大陆碱性橄榄玄武岩的突出特征。

3.3 火山岩的成矿元素特征

从表 2 中可以看出安尼西期主要成矿元素含量与世界基性岩的丰度(维氏值)比较, 成矿元素的含量一般高于维氏值. 锡含量 $(17.5 \sim 51) \times 10^{-6}$, 富集倍数 11 ~ 34 倍; 铅含量 $(35 \sim 83) \times 10^{-6}$, 富集倍数 4 ~ 10 倍; 铜虽然相对的富集倍数不甚高, 然而绝对丰度为 $(92 \sim 236) \times 10^{-6}$, 还是较高, 此外其它元素富集倍数也较高. 这种成矿元素的高含量, 使其成为矿区中最重要的矿源层。

4 燕山期花岗岩与成矿的关系

个旧矿区广泛分布壳源重熔型花岗岩, 西区有龙岔河和神仙水岩体; 东区花岗岩岩体呈北东向大脊状体侵位于五子山复式背斜轴部, 围岩为个旧组碳酸盐岩, 从北东到南西依次有白沙冲岩体, 马拉格岩体、松树脚岩体(二者合称马松岩体), 老厂岩体(包括竹林岩体)、卡房岩体(二者合称老卡岩体). 这些岩体以其岩石学和地球化学的递变密切相关, 构成两阶段(混染型斑状花岗岩和侵入型粒状花岗岩)、四期(偏基性粗粒斑状花岗岩、正常斑状花岗岩、中粗粒等粒黑云母花岗岩, 中细粒黑云母花岗岩或淡色花岗岩)演化系列. 其中粒状花岗岩阶段以老卡岩体为代表的中细粒黑云母花岗岩是个旧矿区锡多金属的最佳成矿岩体。

表 3 个旧矿区花岗岩中微量元素含量 ($\times 10^{-6}$)

Tab.3 The microelement content of the granite in Gejiu ore district ($\times 10^{-6}$)

岩体	岩石种类	Sn	Cu	Pb	Be	Li	Nb	Ta
龙岔河岩体	斑状黑云母花岗岩	10	20	-	4	140	63	30
马松 马拉格	斑状黑云母花岗岩	10	18	41	9	270	70	10
岩体 松树脚	斑状黑云母花岗岩	15	10	-	9	153	70	11
白沙冲岩体	中粗粒黑云母花岗岩	23	12	52	11	381	122	17
神仙水岩体	中粗粒黑云母花岗岩	20	6	9	9	381	119	13
老卡 老厂	中细粒黑云母花岗岩	25	14	38	11	530	98	33
岩体 卡房	中细粒黑云母花岗岩	16	12	48	4	279	63	20
世界花岗岩平均值(维氏)		3	20	20	5.5	40	20	3.5

注: 据《个旧锡矿地质》, 1984.

4.1 花岗岩中成矿元素的丰度

在各种岩浆岩中, 花岗岩是锡丰度最高的火成岩. 在个旧地区, 各花岗岩体中的锡含量差别较大, 但总体上较高, 与维诺格拉多夫(1962)所给出的世界花岗岩的锡含量相比, 各岩体高于世界花岗岩平均含量的 2.3 ~ 7.3 倍. 老卡岩体是区内成矿最好的岩体, 锡的浓度高出花岗岩平均含量的 4.3 ~ 7.3 倍, 除锡以外, 铅、铍、锂、铌、钽的含量也较高(表 3). 表明个旧南部花岗岩岩浆能够提供大量的成矿物质。

4.2 花岗岩中黑云母含锡量

在花岗岩各种造岩矿物中, 锡主要分配在黑云母中, 大约有 80% ~ 90% 的锡为黑云母所携带. 同一成矿区中的成矿岩体黑云母中的锡含量较非成矿岩体高, 这可以作为评价成矿物质来源的重要标志. 个旧南部的老卡岩体造岩矿物黑云母中的锡含量范围 $(208 \sim 380) \times 10^{-6}$, 与非成矿岩体龙岔河岩体黑云母锡含量 (32×10^{-6}) 相比, 其含量显著偏高, 从另一方面证明花岗岩岩浆能够提供大量的成矿物质。

5 成矿作用

5.1 成矿流体特征

对卡房矿田中矿物流体包裹体研究表明: 矿物中流体包裹体以液体包裹体为主, 其均一温度主要分布于 205 ~ 255℃ 之间, 平均 218.5℃, 其盐度(质量分数)分布于 2.5% ~ 8.4% NaCl 之间, 平均 5.34% NaCl 以中温、中偏高温及中低盐度为主要特征; 成矿压力分布于 $(5.2 \sim 6.8) \times 10^7$ Pa 之间, 平均 6.1×10^7 Pa, 具中等偏高压特征; 流体密度多分布于 0.82 ~ 0.93 范围内, 平均流体密度 $\rho = 0.869$, 具高密度特征。

5.2 成矿物质来源

卡房矿田中硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 分布于 1.18‰ ~ 3.3‰ 之间, 接近于陨石成分, 反映了幔源硫同位素的特

征. 矿石中铅的同位素十分均一, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.513 \sim 15.942$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.986 \sim 18.650$, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.523 \sim 39.98$, 比值变化范围较小, 表明矿石中铅在岩浆中充分混合均一, 其来源具幔源和上地壳铅混合的特点. 综合研究地质及硫铅同位素特征表明个旧南部地区成矿物质具多源性, 但以幔源物质为主.

5.3 锡铜铅多金属成矿作用

燕山中晚期, 在燕山运动的影响下, 矿区内花岗岩大量侵入. 在个旧南部地区, 老卡岩体侵位过程中花岗岩熔融体中的 Sn, Cu, Pb 等成矿元素与 F^- , Cl^- , S^{2-} , HS^- , CO_3^{2-} , OH^- 等络合剂络合形成各种络合物, 富集于岩浆后期热液中, 形成高密度、中高盐度的含矿热液. 热液在构造应力、压力梯度以及温度梯度等驱动力的作用下, 沿断裂裂隙系统向上运移, 当含矿热液上侵到中三叠统个旧组碳酸盐岩层(地层中富含锡多金属元素)和变基性火山岩(次火山岩)层中(基性岩床(脉)本身含铜、金等元素)时, 萃取了地层和基性岩层中由构造应力和岩浆入侵所带来的热能活化了的金属元素, 形成“混合矿浆溶液”. “混合矿浆溶液”在运移过程中, 一部分矿液充填到断裂裂隙及层间“虚脱”空间中, 由于矿液本身温度、压力、pH 值、Eh 值等条件的变化, 使得原先稳定的络合物发生分解, 矿质沉淀, 形成层间、脉状锡、铜、铅多金属矿床(体); 另一部分矿液与有利的围岩接触发生双交代作用, 由于矿液和围岩中组分的带入和带出, 矿液中化学平衡被破坏, 矿质在有利部位沉淀形成以锡铜为主的“矽卡岩型”矿床(体).

6 结论

综合区域构造演化、火山沉积作用及花岗岩与成矿的关系, 推断成矿过程实际上是由于区域构造应力的作用, 导致花岗岩的侵入, 花岗岩入侵一方面为成矿提供了大量的成矿物质为主要的成矿物质源. 另一方面强大的侵入体是“热动力泵”或“动力源”, 它所产生的热量和动力活化并萃取了地层和基性岩层中的有用金属元素, 汇同原岩中的含矿热液构成混合矿浆溶液, 矿液向有利空间渗透、扩散和运移, 就位成矿.

参考文献:

- [1] 彭程电. 试论个旧锡矿成矿地质条件及矿床类型、模式[J]. 云南地质, 1985, 4(1): 17~31.
- [2] 黄廷燃. 个旧原生锡矿典型矿床概论[J]. 1984, 云南地质, 3(1): 36~47.
- [3] 牟保磊. 元素地球化学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1999. 56~112.
- [4] 袁见齐. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社, 1985. 104~120.
- [5] Hosking K F G. The world's major types of tin deposit[A]. editor: Hutchison C. S. In: Geology of tin deposits in Asia and the Pacific; mineral concentrations and hydrocarbon accumulations in the ESCAP region. 3. [C]. Springer - Verlag. New York, NY, United States. 1988. 3~49