图书在版编目(CIP)数据

2008 年湖南矿物岩石地球化学论丛/戴塔根主编. —长沙:
中南大学出版社,2008. 9
ISBN 978-7-81105-749-2

Ⅰ. 2... Ⅱ. 戴... Ⅲ. ①矿物学 - 湖南省 - 文集②岩石学 -
湖南省 - 文集③地球化学 - 湖南省 - 文集 Ⅳ. P5 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 122131 号

2008 年湖南矿物岩石地球化学论丛

主编 戴塔根

□**责任编辑** 胡业民 秦瑞卿
□**责任印制** 汤庶平
□**出版发行** 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482
□**印 装** 长沙市华中印刷厂

□**开 本** 787 × 1092 1/16 □**印张** 21.5 □**字数** 539 千字 **插页**
□**版 次** 2008 年 9 月第 1 版 □2008 年 9 月第 1 次印刷
□**书 号** **ISBN 978-7-81105-749-2**
□**定 价** **65.00 元**

图书出现印装问题,请与出版社调换

2008 年湖南矿物岩石地球化学论丛

戴塔根　主编

中南大学出版社
www. csupvess. com. cn

序

光阴似箭、日月如梭，转眼之间5年又过去了，上届学会理事会的任职期限于去年年底到期了，所以，在去年底我们湖南矿物岩石地球化学学会进行了换届选举，选出了新的学会理事会，理事会成员的年龄普遍降低、学历与职称普遍提高，理事们的工作热情高，为我会在今后几年的工作注入了新的活力，可以预见，我会的各项工作将会得到更好的开展，学会的工作定会上升到一个新的水平。作为学会新一届理事长为此感到十分高兴，在这里预祝新的理事会工作顺利、学会工作取得更大的成绩。

由于工作关系和年龄的原因，老一届的理事们有些已经退出了学会理事会，在学会过去的工作中，正是他们的辛勤劳动与付出，才有我们学会工作的成就，在此，我代表新一届学会理事会向他们表示衷心感谢，并祝他们在新的工作岗位上和在退休后的岁月中工作顺利、身体健康、万事如意。

在过去的岁月里，我们学会在省科协的领导下、在学校科协的帮助下、在全体会员和会员单位的大力支持下、在挂靠单位的协助下，各项工作都取得了较好的成绩：每年出版一本《湖南矿物岩石地球化学论丛》、主办一次学术年会；并结合学术年会，先后主办了湖南青年地质学家论坛、纪念地洼学说诞生50周年学术研讨会等有意义的活动。通过这些活动，展示了我们青年地质学家的生产、研究成果，活跃了我省地学界的学术氛围，特别是中南大学地学与环境工程学院的研究生们的论文写作能力和报告表达能力得到了很大的提高，为此，我感到十分高兴。

今年，对于我们国家来说是不平凡的一年，既有汶川大地震的悲伤、又有成功主办奥运会的喜悦和骄傲，所有这些都会铭记在我们每个国民的心中，我们将以此为动力，更加努力工作，为我国的各项事业贡献力量。

与往年一样，这次论文集的征稿得到了广大会员的积极响应，特别是年轻的地质工作者踊跃投稿，论文内容协及范围十分广泛，基本反映了他们的最新研究成果，通过该论文集的出版，使他们的成果得到大范围的交流，我相信这必将推动我省地学事业的发展。

与往年一样，这次论丛的出版得到了中南大学出版社一如既往的大力支持，在此，我代表我们学会致以衷心感谢。

我想说的还有很多，但归根到底，只想说“谢谢”二字。我要谢谢的不只上面已经提到的，还要由衷的谢谢由于太多而上面没有提到的所有对我们学会有过帮助的领导和同仁们。

戴塔根

2008年8月28日

于长沙岳麓山

目 录

矿床地质与找矿预测

老挝 **Paksong** 铝土矿地质特征及物质组分研究 …… 戴塔根 伍永田 龙永珍(1)
崩塘铁矿床地质特征及成因分析 …… 王 伟 秦 臻 许令兵(7)
湖南黄沙坪铅锌矿床的地质特征及成矿规律 …… 谭辉跃 息朝庄(9)
大厂矿田黑水沟区锌铜矿成矿预测理论找矿实践 …… 范森葵 王明艳 伍永田(14)
湖南省永顺县朗溪钒矿床地质特征及成因 …… 张惠军 戴塔根 翟文斌(20)
湖南东山钨矿控矿构造研究 …… 魏铮 李 佐 黄满湘(25)
刚果金科卢维齐市 **LONG** 铜钴矿床地质特征及成因 …… 宫江华 戴塔根(29)
西藏波密县沙拢弄铅锌矿床地质特征及找矿前景 …… 张德贤 戴塔根 黄德志(33)
河北省石湖金矿床控矿因素研究 …… 李凤辉 胡斌 夏 天 邓国幸(37)
湖南省桃江县泗里河锑矿控矿条件分析 …… 李凤辉 胡斌 夏 天 邓国幸(40)
马关县水堆房矿区铅锌多金属矿成矿环境研究 …… 任武行 李 华 杨德寿(44)
新疆天山的地球动力学及其成矿作用 …… 雷显权 陈运平(49)
大厂矿田铟成矿物质来源与富集规律研究 …… 伍永田 戴塔根 陈松岭(55)
黔西北地区构造与铅锌成矿 …… 金中国 戴塔根 武国辉(60)
青海阿尔金小赛什腾铜铁矿化区地质特征
…… 刘忠法 邵拥军 张健东 陈星霖 丁宗炜 刘清泉 郑明泓(63)
青海阿尔金采石沟、柴水沟金多金属矿化区地质特征
…… 丁宗炜 邵拥军 张健东 陈星霖 刘忠法 刘清泉 郑明泓(65)
山西义兴寨金矿矿床地质特征及成因研讨 …… 侯东壮 曹勇华 颜金成(68)
湖南邵东高桥铅锌矿控矿因素与成矿规律 …… 李 佐 魏 铮 黄满湘(74)
青海同仁县多金属矿床区域地质演化与矿床成因关系初探
…… 段庆林 奚小双 全奇勇(77)
铜陵凤凰山矿床深部矿体特征及控矿分析 …… 宋泽友 赖健清 李胜斌(81)
铜陵凤凰山铜矿床控矿构造分析 …… 李胜斌 赖健清 宋泽友(85)
河南省嵩县小南沟－通峪沟金矿床地质特征及成矿规律分析
…… 李建领 高建平 宁先艺 胡祥昭(89)
河南省西峡县太平镇庙西沟矿区矿化特征及找矿方向
…… 王 力 袁小兵 胡祥昭 欧阳海松(94)
河南嵩县栗子沟金矿地质特征及成矿模式研究
…… 程若坤 袁海明 李建领 戴雪灵 胡祥昭(97)

河南西峡龙潭沟多金属矿区花岗岩岩石学特征研究
…… 袁海明 袁小兵 胡祥昭 欧阳海松(102)
湖南石炭纪测水组含煤岩系特征及聚煤作用研究 …… 何红生 张 志 胡祥昭(106)
内蒙古太仆寺旗钨矿地质特征及成因探讨 …… 刘 强 王 力 袁小兵 胡祥昭(112)
嵩县松里沟金矿床地质特征及找矿方向分析 … 高建平 李建领 胡祥昭 欧阳海松(117)
太仆寺旗白石头洼钨矿控矿因素分析 …… 王树岭 戴雪灵 袁海明 胡祥昭(120)
粤东厚婆坳银多金属矿床地质地球化学特征及成因探讨
…… 郭 锐 胡祥昭 欧阳海松 李 响(126)
宁镇中段断裂构造特征及其控矿意义 …… 黄 敏 赖健清 张术根(131)
马来西亚吉兰丹“乌鲁索谷”(**Ulu Sokor**)地区金矿地质特征
…… 韦继康 邹海洋 杨 牧 谢友良 杜高峰(135)
湖南省宁乡县斋家冲锰矿地质特征及找矿标志 …… 许跃初 彭南海(139)

岩石学、矿物学、地球化学

太仆寺旗沙子沟多金属矿区斜长角闪岩的组成矿物特征及变质温压条件
…… 郭 嵋 朱余德 石得凤 张德贤(142)
扬子地台西缘矿化富碱斑岩主要特征及判别依据 …… 王 伟 李奔腾(147)
大厂矿田与锢有关的矿物学特征 …… 伍永田 陈松岭 戴塔根(152)
利用显微数码图像定量估测矿物反射率及颜色指数的探讨
…… 李洁兰 刘文恒 谷湘平(158)
安庆铜矿矽卡岩分带特征及其原因浅析 …… 赵旭林 刘亮明(161)
微晶水泥土的力学性能研究及显微结构分析 …… 张金水 台树辉(165)
吉林桦甸头道溜河花岗岩体地质－地球化学特征研究 …… 张成范 孙 超(168)

石油地质

阿克库勒地区石炭系卡拉沙依组沉积特征 …… 张琳婷 何治亮 郭建华(174)
概率神经网络多属性预测方法应用研究 …… 许 杰 郭建华 郭原草 苏调红(181)
塔中地区泥盆系东河砂岩段成岩作用 …… 苏调红 郭建华(187)
塔中地区石炭系碳酸盐岩成岩作用 …… 刘辰生 郭建华(192)
储层地质模型建立方法与应用实例 …… 李 群 郭建华 汤子余(197)
塔中地区寒武－奥陶系沉积相及其沉积演化 …… 郭原草 陈松岭 郭建华(202)
东濮凹陷古近纪沙河街期 **T－R** 旋回与层序地层* …… 郭建华 马智威 刘辰生(212)

地质公园与环境地质

崀山地质旅游资源开发潜力评价 …… 袁尧清 陈香姬(221)
地质遗迹景观旅游地生命周期浅论——以崀山为例 …… 陈香姬 袁尧清(228)
地质遗迹资源可持续发展系统 …… 杨 涛 戴塔根 武国辉(233)
湘潭市老城区地下水渗流场的数值模拟 …… 马文瀚 戴塔根 陈 平(240)

湖南株洲市土壤重金属分布特征及污染评价 …… 息朝庄 戴塔根 黄丹艳(249)
滹沱河河漫滩沉积物中重金属分布特征与评价 …… 龚玲兰 奚小双 孔 华(258)

方法技术

青海阿尔金平顶山、野马滩遥感异常地段地质特征
…… 张建国 杨自安 张普斌 邹 林 石菲菲 张彤蕴(262)
青海阿尔金地区重点遥感异常地段地质特征
…… 杨自安 张建国 张普斌 邹 林 石菲菲 张彤蕴(265)
青海阿尔金化探样品 **SPSS** 软件数理统计分析
…… 陈星霖 邵拥军 张健东 丁宗炜 刘忠法 郑明泓 刘清泉(268)
基于 **Microstation** 的管线成图系统设计与开发 …… 李 军 黄 磊 钟洪德(271)
一种隐伏矿体三维立体定量可视化预测方法 …… 邹艳红 戴塔根 毛生成(276)
基于 **Surpac** 的地质建模技术 …… 刘勤志 吴堑虹(284)
基于 **MapBasic** 开发地图周长面积提取器 …… 刘 琪 王冬寅 谷湘平(288)
南方季节性冻融地区高速公路冻胀灾害及其预防措施 …… 金福喜(292)
高速公路边坡灾害风险评估理论方法 …… 龚裔芳 金福喜(297)
基于体素模型的岩体－围岩接触带距离控矿作用场模拟——以安徽铜陵凤凰山矿田为例
…… 毛先成 邓 浩(302)

其 他

实物地质资料管理 …… 夏浩东 邓会娟 杨 涛 南青民(307)
从湖南矿产资源特点谈省内矿床实物地质资料管理重点
…… 邓会娟 王 伟 夏浩东 孔令湖 范景义(313)
实施人才战略,推进地勘单位科学发展 …… 罗 卫 戴塔根 王淑连(320)
地质专业英语教学的一点体会 …… 胡 斌(325)
关于《普通地质学》野外现场教学实习的几点思考 …… 龚玲兰 奚小双(327)
本科生毕业论文(设计)教学方法研究 …… 彭环云 张可能 张绍和 殷晓红(330)

矿床地质与找矿预测

老挝 Paksong 铝土矿地质特征及物质组分研究

戴塔根　伍永田　龙永珍

（中南大学地学与环境工程学院，湖南长沙，410083）

【摘　要】　老挝 Paksong 地区铝土矿的化学组分主要有 Al_2O_3，Fe_2O_3，SiO_2 和 TiO_2，这 5 种组分和 H_2O^+ 的含量之和为 95.04% ~98.98%，平均为 97.82%。此外，还含有少量或微量的钙、镁、钾、钠等元素的化合物，含量均在 0.1% 以下；铝硅比（A/S）为 6.62 ~17.12，平均为 12.95；矿物组分主要有为三水铝石和铝赤铁矿、铝针铁矿，其次为高岭石、鲕绿泥石和金红石、锐钛矿等，石英含量极少。此外，还含有少量稀土元素。这样的组分特征很适合拜耳法提取 Al_2O_3。

【关键词】　老挝 Paksong 地区　铝土矿

1　前言

初步地质勘查结果表明，老挝 Paksong 地区铝土矿的储量大，矿石质量好，大部分矿石的铝硅比（A/S）在 10 以上，含矿层出露地表或位于近地表，矿体埋藏浅，单个矿体规模大，且成片分布，含矿层疏松易采、易洗，区域交通便利，具有良好的开发潜力，加速探明该区铝土矿的储量和物质组分进行研究，为后期开发提供科学依据，具有重要的理论意义与经济价值。

2　矿石的物质组成

2.1 矿石的化学成分

铝土矿是风化作用的最终产物，一般含矿层中的碱金属和碱土金属几乎被彻底溶失，SiO_2 也大部分被淋滤。因此，铝土矿矿床的化学成分总体上成熟度高，组成较简单，杂质含量较少，主要成分为 Al_2O_3，Fe_2O_3，SiO_2，TiO_2 和 H_2O^+，五者之和越大，表明成熟度越高。据矿石样品化学分析结果（表 1），本区矿石除 Al_2O_3 外，铝土矿中所含杂质，主要是 Fe_2O_3，SiO_2 和 TiO_2，且 Al_2O_3，Fe_2O_3，SiO_2，TiO_2 和 H_2O^+ 五者含量之和达 95.04% ~98.98%，平均

为 97.82%，此外，还含有少量或微量的钙、镁、钾、钠等元素的化合物，它们的含量均在 0.1% 以下，铝硅比(A/S)为 6.62 ~ 17.12，平均为 12.95，均接近或高出拜耳法溶矿的铝硅比最低值要求，因此，老挝 Paksong 的矿石适合使用拜耳法溶矿。

表 1　Paksong 铝土矿矿石样品化学成分(%)

样品编号	Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	TiO_2	S	H_2O^+	灼失量	A/S
综合样 1	34.62	35.86	5.23	0.016	0.072	0.015	0.0014	0.032	4.40	0.041	18.50	19.31	6.62
综合样 2	38.69	32.51	2.26	0.010	0.077	0.0056	0.0026	0.039	5.59	0.022	19.93	20.61	17.12
综合样 3	35.08	33.70	2.64	0.012	0.052	0.0039	0.0010	0.053	3.06	0.040	20.56	21.12	13.29
综合样 4	36.08	36.36	2.44	0.012	0.068	0.0038	0.0085	0.034	3.33	0.049	20.42	21.45	14.79
平均值	36.12	34.61	3.14	0.013	0.067	0.007	0.003	0.040	4.10	0.038	19.85	20.62	12.95

分析者：长沙矿冶研究院分析室(化学分析法)

(1) $A1_2O_3$

$A1_2O_3$ 是矿石中的主要有用成分，本区铝土矿中其含量为 34.62% ~ 38.69%，平均 36.12%。据光学显微镜鉴定观测和 X 射线衍射分析，$A1_2O_3$ 主要赋存于三水铝石中，极少量存在于铝硅酸盐(如高岭石、鲕绿泥石等)及铝赤铁矿、铝针铁矿中。

(2) Fe_2O_3

Fe_2O_3 是铝土矿的次要有害组分，本区铝土矿中 Fe_2O_3 含量较大，是铝土矿矿石中第二多的组分，为 32.51% ~ 36.36%，平均 34.61%，接近 Al_2O_3 的含量。Fe_2O_3 主要赋存于赤铁矿中，其次赋存于针铁矿、铁铝硅酸盐矿鲕绿泥石中，极少呈碳酸盐矿物形式出现。

(3) SiO_2

SiO_2 是铝土矿的主要有害组分，本区铝土矿中其含量较低，为 2.26% ~ 5.23%，平均 3.14%。SiO_2 主要赋存于铝硅酸盐矿物中，如高岭石、鲕绿泥石等，石英含量极少甚至为零。因此，矿石中 SiO_2 的含量与硅酸盐矿物含量高低有关。

(4) TiO_2

TiO_2 在该区铝土矿中含量较高，是铝土矿中的稳定组分。其含量为 3.06% ~ 5.59%，平均 4.10%。通过镜下薄片鉴定结果表明，TiO_2 的主要载体矿物为金红石，可能还有锐钛矿等钛矿物。极少呈类质同象赋存于铝铁矿物，特别是三水铝石中。

(5) 灼失量及 H_2O^+

矿石样品化学分析中的灼失量包括 H_2O^+、H_2O、有机质、炭质等，其中绝大部分为 H_2O^+。本区铝土矿中灼失量为 19.31% ~ 21.45%，平均 20.62%，H_2O^+ 含量为 18.50% ~ 20.56%，平均 19.85%，H_2O^+ 主要由三水铝石、针铁矿和高岭石等矿物的结构水组成。

(6) 其他组分

有害元素 S 的含量在本区矿体中都很低(表 1)，对矿石质量基本没有影响。

2.2 矿石的微量组分与稀土元素特征

为了定量查定该区矿石的微量组分与稀土元素特征，利用电感耦合等离子质谱(ICP－MS)仪器，对采集的多数样品进行了大量的数据测定，分析测定结果见表2～3。

表2 矿石微量元素 ICP－MS 分析结果($\times 10^{-6}$)

样号	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Nb	Cd	Sn	Ba	Pb	Tl	Bi	Th	U
综合样1	68.34	8.001	27.94	57.61	283.8	29.6	25.59	1.262	26.00	174.3	31.23	0.020	0.316	11.98	2.90
综合样2	167.0	11.12	25.99	58.70	176.8	32.79	62.81	1.618	27.99	168.4	33.80	0.032	0.393	15.00	4.05
综合样3	142.0	12.51	16.52	61.70	160.6	28.70	23.25	0.792	24.82	166.0	26.66	0.038	0.542	7.878	2.65
综合样4	633.6	9.46	26.04	63.41	228.6	30.86	21.46	4.755	15.21	136.6	48.75	0.015	0.309	8.585	3.15
平均值	252.74	10.27	24.12	60.36	212.45	30.49	33.28	2.11	23.51	161.33	35.11	0.03	0.39	10.86	3.19
克拉克值	110	25	89	63	94	18	19	0.15	1.7	390	12	0.5	0.004	5.8	1.70
富集系数	2.30	0.41	0.27	0.96	2.26	1.69	1.75	14.05	13.83	0.41	2.93	0.06	97.50	1.87	1.88

分析者：中南大学地质研究所 ICP－MS 室(等离子质谱分析法)

(1)矿石的微量组分特征

从表2中可以看出，铝土矿矿石中除 Cr，Zn，Ga，Nb，Cd，Sn，Pb，Bi，Th，U 等元素的含量相对于它们的克拉克值较高以外，其余元素的含量大多低于或接近其克拉克值，而这些含量高于克拉克值的元素，除了 Ga 达到一般工业要求以外，它们的富集系数均远远低于其工业品位的富集系数，都没有可能利用的价值。因为据矿石矿物组成研究表明，它们都没有独立矿物存在。尽管元素 Ga 在自然界基本上没有独立矿物存在，至今，全世界范围内只在南非发现过 Ga 的独立矿物，然而，在该区中 Ga 含量虽然较高，在考虑经济效益的前提下，也没有单独开发利用的价值，但是，在以后的氧化铝生产过程中，Ga 可能在循环母液中逐步积累，达到一定浓度后可采用电解法或置换法从溶液中直接提取利用，这将是后续的研究内容。

表3 矿石稀土元素含量($\times 10^{-6}$)

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
球粒陨石	0.32	0.94	0.12	0.6	0.2	0.073	0.31	0.05	0.31	0.073	0.21	0.033
综合样1	61.22	113.6	12.83	44.47	10.85	2.794	7.705	1.383	5.742	1.147	2.359	0.363
综合样2	58.09	117.3	12.12	41.38	10.11	2.577	7.426	1.335	5.978	1.313	2.882	0.514
综合样3	19.53	47.13	4.484	15.44	3.777	1.013	2.606	0.457	1.949	0.388	0.998	0.178
综合样4	42.26	76.62	9.526	33.73	8.327	2.175	5.966	1.035	4.225	0.799	1.726	0.247

续上表

样号	Yb	Lu	∑REE	LREE /HREE	δEu	δCe	Eu/Sm	Ce/Yb	(La/Sm) N	(Gd/Yb) N	(La/Yb) N
球粒陨石	0.19	0.031	3.46	1.87	0.37	4.95					
综合样 1	2.038	0.281	266.78	11.69	0.97	0.81	0.26	55.74	3.53	2.32	17.84
综合样 2	3.121	0.466	264.61	10.49	0.95	0.88	0.25	37.58	3.59	1.46	11.05
综合样 3	1.228	0.176	99.35	11.45	1.02	1.02	0.27	38.38	3.23	1.30	9.44
综合样 4	1.421	0.195	188.25	11.06	0.98	0.77	0.26	53.92	3.17	2.57	17.66

分析者：中南大学地质研究所 ICP – MS 室(等离子质谱分析法)

(2)矿石的稀土元素特征

从表 3 中可以看出，矿石稀土元素总量(∑REE)较高，变化于 99.35 ~ 266.78 ($\times 10^{-6}$)，但均远未达到稀土矿的品位要求。

矿石中 La/Yb 比值在 9.44 ~ 17.84 之间，反映出铝土矿矿样 LREE 富集程度远大于 HREE，轻稀土含量(∑LREE)明显高于重稀土含量(∑HREE)，且两者的比值变化于 10.49 ~ 11.69，表明成矿物质可能来自陆源。各样 LREE 的标准化值下降速度相近，La/Sm 比值在 3.17 ~ 3.59 之间，Gd/Yb 比值均大于 1，也反映出矿石富集 LREE。

矿石中 Eu/Sm 比值与球粒陨石的 Eu/Sm 值(0.37)比较，均小于 0.37 为 0.25 ~ 0.27，显示出 Eu 负异常；δEu 值均接近于 1，这说明矿石的分异程度不太大，Eu 的富集与亏损主要取决于矿石中含钙造岩矿物的聚集和迁移。δCe 值均小于或微大于 1，为 Ce 负异常(即 Ce 亏损)或弱正异常，Ce 亏损说明铝土矿矿石是在表生氧化条件下沉积作用形成的。

2.3 矿石的矿物组成

鉴定分析结果表明，该区矿石主要为三水铝石和铁类矿物(如铝赤铁矿、铝针铁矿)，其次为硅类矿物(如高岭石、鲕绿泥石等，石英含量极少甚至为零)和钛矿物(如金红石、锐钛矿)等组成。

(1)三水铝石(Gibbsite)

三水铝石的化学分子式为 $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$，Al_2O_3 的理论含量为 65.4%，H_2O 的含量为 34.6%。它是最主要的铝矿物和矿石矿物，在显微镜下，该矿物呈灰白、灰、浅黄色，晶形以他形粒状及微晶状为主，解理十分发育，常呈板状、叶片状、鳞片状，晶粒一般大于 0.001 mm，但大多小于 0.3 mm。

(2)铁类矿物

铁在氧化环境下呈地球化学惰性，很难发生迁移。在铝土矿形成过程中，Fe 大部分与氧结合形成氧化铁，与氧化铝一起残留在矿石中，因此，氧化铁是铝土矿中的主要化学组分。如前所述该区矿石中 Fe_2O_3 的含量平均在 34% 以上，含铁矿物除了针铁矿和赤铁矿以外，还有少量铝赤铁矿和铝针铁矿等。

赤铁矿在外观上呈红褐色，在透光显微镜下呈深红色，多为鲕粒状、叶片状、皮壳状，有

时可见细脉状。

针铁矿在外观上呈褐色、灰黑色、黄褐色等，条痕为褐红色。透光显微镜下呈红色、褐红色、橙色或黄褐色，晶体呈针状、纤维状或叶片状，有时可见豆状、鲕状、粒末状等集合体。

(3)硅类矿物

该区矿石中的硅类矿物主要有高岭石、鲕绿泥石、伊利石等，其中以高岭石和绿泥石为多。

高岭石：化学分子式为 $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$，矿物呈灰白色、灰黄色土状集合体，颗粒微小，显微镜下呈碎屑状或作为核而赋存在鲕粒中心。其含量较多，是矿体内较常见的粘土矿物。

鲕绿泥石：化学分子式为 $Fe_4Al[AlSi_3O_{10}][OH]_6 \cdot nH_2O$，由于结构松散，类质同象十分容易发生，因而，其化学分子式中的元素组成一般是不固定的。该种矿物在矿体内含量较多，颗粒很小，不能观察到它的单矿物，在显微镜下，也很难见到它的存在。

伊利石：化学分子式为 $K_{1-1.5}Al_4[Si_{7-6.5}Al_{1-1.5}O_{20}](OH)_4$，矿石中 K_2O 的含量大多为0.004%左右。伊利石是含 K 的主要矿物。在显微镜下，没有见到单独的伊利石矿物，X 射线衍射图谱中反映也不明显，这可能是由于其含量太少的缘故造成的，它对矿石的质量不是影响因素。

(4)钛矿物

从矿石化学成分分析结果中可以见到，矿石中还含有较多的 TiO_2。参考前人研究成果，在氧化条件下，含 TiO_2 的主要矿物应该是锐钛矿或金红石。在显微镜下，只见到金红石的存在，但在 X 射线衍射图谱中，可明显见到锐钛矿的峰值存在。因此，可以推测，矿石中 TiO_2 主要是以这两种矿物形式存在的。

利用化学分析、电子显微镜观察及 X 射线粉晶衍射法等方法相结合，采用“分步计算”的方法，得出了该区矿石矿物的含量(表 4)。

表 4　矿石中矿物含量测定计算结果(%)

组分 / 矿物	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	MgO	K_2O	MnO	TiO_2	H_2O^+	其他	合计
三水铝石	27.11							14.34		41.45
铝赤铁矿	1.58		21.26							22.84
铝针铁矿	4.96		10.60					1.74		17.30
高岭石	0.90	1.06						3.34		5.30
鲕绿泥石	0.55	0.49	0.87	0.067				0.20		2.18
伊利石	0.04	0.05			0.007			0.01	0.004	0.11
锐钛矿							3.49			3.49
金红石							0.61			0.61
锂硬锰矿	0.01		0.01			0.04		0.01	0.007	0.08
其他矿物	0.97	1.54	1.87					0.21		4.59
合计	36.12	3.14	34.61	0.067	0.007	0.04	4.10	19.85	0.011	97.94
平衡	0	0	0	0	0	0	0	0		+0.82

3 矿石的结构构造

矿石的结构与构造一方面能反映出地质成矿作用特征；另一方面，直接影响着矿石工艺加工处理的过程与效果。

(1)矿石的构造

堆积型铝土矿是由原生层状铝土矿破碎迁移、堆积而成，脱离了原来矿石存在的环境，不易恢复原始空间排列关系，所以，铝土矿矿石的构造类型较少，常见的有块状或巨砾状、多孔状及角砾状等构造。

①块状或巨砾块构造：在堆积铝土矿中极为常见，为最主要的矿石构造。其特点是组成矿石的晶体、颗粒或豆鲕粒等排列无规律、无方向性，块度在 30 ~ 50 cm。

②多孔状构造：在块状矿石中有较多的小孔或小洞穴出现时，可称为多孔状构造，这可能是矿物颗粒、豆鲕粒等被溶蚀或被淋失、脱落所致。

(2)矿石的结构

铝土矿矿石最主要的结构类型为豆鲕状结构和假象结构。

①豆鲕状结构：其特点是外形呈球形或椭球形，大小如豆粒、鲕粒，部分为扁平状，直径大小不一，铝土矿中的豆鲕粒是大陆风化作用的产物，该结构在该区矿石中相对普遍。

②假象结构：其特点是铁质交代早期自形矿物后仍然保留早期自形矿物的晶体形态，该结构在该区矿石中相对也较普遍。

4 结束语

研究结果表明，该区的铝土矿矿石质量较好，提取工艺简单，具有很大的潜在经济价值。若进一步开展工作，全面探明资源量，查明铝土矿的大规模开采与提取工艺流程，可望取得巨大的经济效益。

在工作过程中，得到了中国有色金属国际矿业公司唐伟力和张义等领导的大力帮助和指导，在野外采样过程中，得到了中南大学高光明教授、成功老师以及老挝铝土矿勘查课题组全体成员的帮助，在此，致以衷心感谢。

参考文献(略)

崩塘铁矿床地质特征及成因分析

王 伟[1,2] 秦 臻[1,2] 许令兵[2,3]

（1. 中南大学地学与环境工程学院，湖南长沙，410083；
2. 河南省有色金属地质矿产局第二地质大队，河南郑州，450016；3. 中国地质大学，北京，100083）

【摘 要】 崩塘铁矿产于中泥盆系棋子桥组地层下段白云质灰岩中，深部存在隐伏花岗岩体，矿石矿物以磁铁矿为主，脉石矿物以碳酸盐矿物为主，围岩蚀变主要有硅化、大理岩化、高岭石化和褐铁矿化，矿床成因属沉积加岩浆热液叠加改造型铁矿床。

【关键词】 崩塘铁矿 白云质灰岩 隐伏花岗岩体 岩浆热液 叠加改造

1 区域地质背景

崩塘铁矿位于湖南省永州市道县桥头林场崩塘村，行政上隶属于桥头林场管辖，南东距县城 47 km 。整体处于 NE 向灌阳—双牌大断裂、NW 向道县—全州隐伏大断裂、SN 向白岭断裂的交汇部位，处于紫金山隆起区西南角向道县—全州凹陷带过渡区域。

区域地层主要为中泥盆统跳马涧组和棋子桥组。区域构造主要有双牌—道县复向斜和五峰岭—白马渡断褶带。区域岩浆岩出露较少，主要为隐伏岩体，侵入到中泥盆统跳马涧组砂岩中，岩性均为细粒黑云母花岗岩。

2 矿区地质

2.1 地层

矿区内出露地层主要为中泥盆系棋子桥组：上段为硅质页岩，主要在矿区东部出露、下段为深灰色厚至巨厚层细—中粒白云质灰岩，为控矿地层。矿区自西南向东北，地层倾向由向南倾逐渐转变为向东倾，倾角 40°～60°，厚度约 300 m。

2.2 构造

矿区内大的褶皱构造不明显，主要表现为单斜构造及一些小的揉皱和皱曲。断裂构造以南北向逆断层为主，出露有两条，断层面倾向东，倾角 50°左右，断层带宽 1～2 m，带内有碎裂岩及构造角砾岩，表现为压扭性特征。

2.3 岩浆岩

矿区内无岩浆岩出露。

2.4 围岩蚀变

矿区内围岩蚀变主要有硅化、大理岩化、高岭石化，局部有褐铁矿化，各蚀变之间分带不明显，呈渐变过渡关系。

3 矿体地质

3.1 矿体特征

矿区内主要的铁矿体为 K1－I 号矿体，矿体边界与围岩没有明显界面，依据化验分析结果加以区分。KI－I 号矿体现有 TC07、TC11、TC19、TC23 等 4 个槽探及剥土 BT1 控制，呈似层状，产状 70°～90°∠80°～85°，长约 600m，水平厚度 3.32～15.03 m，平均厚度 6.73m，矿体内主要矿石成分为：磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、褐铁矿，经采样分析，单工程全铁品位 w(TFe)23.94%～28.56%，平均 27.01 %，磁性铁品位 w(mFe)10.09%～21.61%，平均 17.54%，矿体赋存标高 592～867 m，共估算出铁矿(334)资源量 1430951t。

3.2 矿石特征

矿石矿物以磁铁矿为主，黄铁矿、赤铁矿为次。硫化物以黄铁矿为主，少量黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。脉石矿物以碳酸盐矿物为主，高岭石、石英等蚀变矿物次之。

根据样品化验结果，结合岩矿鉴定，矿石有益组分主要为 Fe，Fe 主要以 Fe_3O_4 形式存在少量以 Fe_2O_3 形式存在。伴生有害组分为 SiO_2，S，P 等。

矿石结构按结晶程度分为半自形晶粒状结构、他形粒状结构，另有少量残余结构和镶嵌结构。矿石构造主要有块状构造、条带状构造、浸染状构造等。

矿石自然类型按矿石中主要脉石矿物划分为石英型磁铁矿，按组成矿石的主要矿物划分为磁铁矿矿石，矿石工业类型为需选铁矿石。

4 矿床成因

中泥盆系棋子桥组地层下段普遍有铁矿化，成分主要为黄铁矿、赤铁矿。区域内存在侵入于泥盆系地层中的隐伏花岗岩体，由于前期存在矿源层，加之后期有岩浆热液叠加改造，导致铁矿物经淬取、交代和活化作用在构造的转折或膨大部位沉淀和聚积，品位变富，而形成铁矿床。矿体主要产于中泥盆系棋子桥组地层之中，矿化带与围岩产状基本一致，并且与围岩没有明显界面，呈渐变过渡关系，铁矿物呈浸染状、条带状分布，矿床成因属沉积加岩浆热液叠加改造型铁矿床。

参考文献(略)

湖南黄沙坪铅锌矿床的地质特征及成矿规律

谭辉跃[1] 息朝庄[2]
（1. 湖南省有色地质勘查局一总队 湖南郴州 423000；2. 中南大学地学与环境工程学院 湖南长沙 410083）

【摘 要】 本文通过对黄沙坪铅锌矿床的地质特征进行分析，总结矿床成矿规律，建立了本区找矿标志，以指导本区的找矿。

【关键词】 黄沙坪铅锌矿床 地质特征 成矿规律

1 矿区地质概况

1.1 地层

矿区及其周围出露地层主要为上古生界泥盆系上统及石炭系下统，从老到新各地层的主要特征为如下。

泥盆系上统余田桥组（D_{3Sh}）：下部出露不全，中下部为黄褐色薄层砂质灰岩与深灰色中厚层白云质灰岩互层，夹不规则条带状白云岩。上部为深灰色中厚层－厚层状夹薄层泥质灰岩、条带状白云质灰岩，厚约 200 m。

泥盆系上统锡矿山组（D_{3x}）：上段为灰黑色中厚至厚层状白云质灰岩和白云岩。白云岩呈团块状、似层状、条带状分布，局部含燧石结核。顶部灰黑色中厚层状白云质灰岩中，局部含燧石团块，厚 60 m，主要分布在 F4 断层东侧一带。下段由灰白色、黄褐色薄层－中厚层状钙质粉砂岩、细砂岩及钙质、砂质页岩组成，顶部见有泥质灰岩、白云岩或白云质灰岩透镜体，厚 25～40 m，断续分布于 F4 断层带旁侧。

石炭系下统孟公坳组（C_{1m}）：分布于矿区东部及东南部，分上下两段，厚约 109 m。下段下部为灰黑色厚－中厚层状致密灰岩，含单体珊瑚化石。底部为灰黑色泥质灰岩夹薄层灰岩、白云岩透镜体，厚约 54 m。中部为癞痢状厚层白云质灰岩，灰－深灰色，白云质呈条带状，风化后凸起，厚约 20 m。上部为中厚层状含燧石条带灰岩，灰－深灰色，局部夹白云质灰岩，含珊瑚化石，厚约 25 m。上段底部有一层厚约 1.5～2 m 的硅质页岩，其上为薄层状泥灰岩。灰－浅灰色，层理清晰，风化后呈黄褐色页岩。层面中富含白云母。该层含大量海百合茎及少量腕足类化石，厚约 10 m。

石炭系下统石磴子组（C_{1Sh}）：是黄沙坪铅锌矿的主要容矿地层，厚 365～400 m。自上而下为：中厚层状含炭质生物碎屑灰岩，灰黑色，层间夹薄层炭质灰岩和炭质页岩，具有微层理，单层厚 0.1～0.5 m，灰岩中含生物碎屑、单体及群体珊瑚和长身贝等化石，厚 45～60 m；

中厚层状灰岩，灰黑色，质纯，夹一层燧石结核，灰岩中含珊瑚化石，厚约 50 m；厚－中厚层状泥质灰岩，浅灰色，具有微层理，于矿区南部相变为炭质页岩与泥灰岩互层。

石炭系下统测水组(C_{1c})：下部为厚层状钙质砂岩，厚约 4 m。中部分三层，下层以灰色页岩为主，风化后呈黄褐色，厚约 0.74 m；中层夹灰黑色钙质页岩及少量砂质页岩、粉砂岩，局部地段夹劣质煤(煤层厚度 0.5～1 m)，厚约 14.65 m；上层为褐灰色薄层石英砂岩或砂岩、灰黑色砂质页岩互层，厚约 4 m。上部分为两层，下层以中厚层状绢云母石英砂岩为主，夹薄层状云母砂质页岩，绢云母石英砂岩，单层厚 2.5 cm，绢云母沿层理分布为其主要特点，厚 8.69 m；上层为绢云母粉砂岩与细粒石英砂岩互层，单层厚 1 cm 左右，厚 5.77 m。

石炭系下统梓门桥组(C_{1z})：下部为黑－灰黑色白云岩，多具角砾状构造，细－中细粒状。底部夹一层厚 0.6～1 m 的白云质灰岩，层理不清，偶见群体珊瑚化石，厚 50～60 m；上部为白－灰白色白云岩，坚硬性脆，裂隙极为发育，多为钙质铁质充填，局部含有棕色团块状燧石及珊瑚化石，厚 100～150 m。

另有第四系残坡积物、冲积物、人工堆积物沿低凹处及山坡底部分布，各地层的分布见图 1。

1.2 构造

矿区构造骨架是由一系列近南北向的复式褶皱和逆冲断层构成(图 1)。由于燕山运动的影响，区内构造更趋复杂。区内断裂构造极为发育，其活动具有多期性和继承性，按先后关系可分为 3 期 7 次。桂阳复式背斜中的次级倒转褶皱及走向 NNE 的逆断裂与 NWW 向的横断层复合成的“井”字型构造格架控制该区铅锌矿床的定位。倒转背斜轴部的虚脱空间、走向逆冲断裂带及其伴生的次生断裂，特别是断裂构造带中局部产状的弯曲转折端、沿共轭断裂和裂隙组构造追踪部位、“X”型断裂交叉处、“入”型交接处、近 SN 向和近 EW 向的两组断裂构成“井”字或“环状”封闭的围限构造、侵入构造带、断裂构造带与接触带构造的复合部位及灰岩与砂页岩间的层间滑动破碎带等，是矿体赋存和富集的有利空间。

1.3 岩浆岩

区内岩浆岩主要有英安斑岩、石英斑岩、花斑岩和花岗斑岩 4 种，属浅成至超浅成中－酸性岩体。其中英安斑岩、石英斑岩出露于地表，花岗斑岩、花斑岩为隐伏岩体。其同位素年龄为 118～162Ma，属燕山早期岩体。矿床一般位于 NNE 向岩带与 NWW 向岩列的交汇部位，当其存在沿褶皱轴和 NNE 或近 SN 走向断裂带侵入的小岩体，且其深部又有较大隐伏岩体时，才是最有利的成矿的岩浆条件。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

本区矿体形态除复杂的脉状为主外，还有柱状、透镜状、囊状及似层状等(见图 2)。矿体常成群出现，单个矿体规模相差悬殊，一般走向长十几米到数十米，最大可达 700 m，倾斜

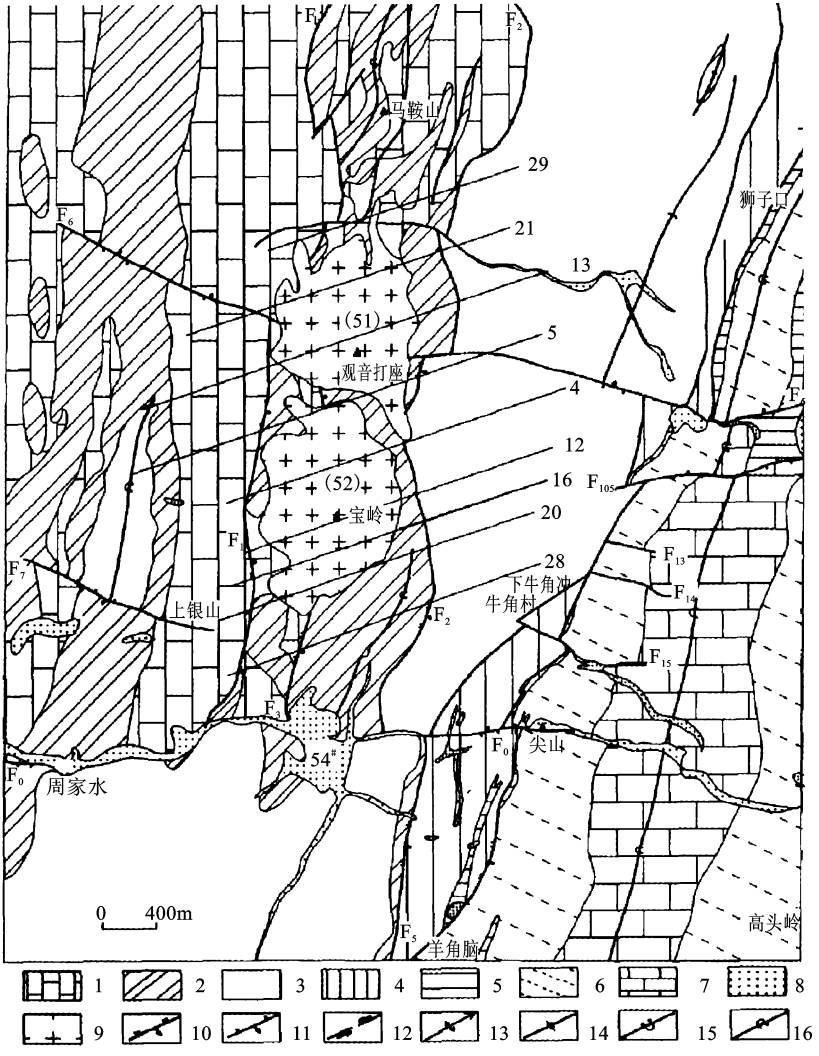


图 1　湖南黄沙坪铅锌矿区地质略图(据文献 1)

1—下石炭统梓门桥组； 2—下石炭统测水组； 3—下石炭统石磴子组； 4—下石炭统陡岭坳组；
5—上泥盆统锡矿山组上段； 6—上泥盆统锡矿山组下段； 7—上泥盆统佘田桥组； 8—英安斑岩；
9—石英斑岩； 10—压性断层； 11—张性断层； 12—扭性断层； 13—正常背斜轴；
14—正常向斜轴； 15—倒转背斜轴； 16—倒转向斜轴

延伸一般十几米到数十米，最大延深 500 m，矿体厚一般为不足一米至数米，最大可达 20 多米，矿体沿走向、倾向膨大、缩小、尖灭、再(侧)现频繁。总体来看，矿体走向主要为 NNE 向，倾向 SE。矿体围岩主要为石磴子组含炭质页岩的生物碎屑灰岩，只有少量矿体分布在测水组页岩、孟公坳组灰岩和石英斑岩中。

2.2　矿物共生组合特征

(1)磁铁矿－矽卡岩类矿物组合，以磁铁矿、铁闪锌矿、石榴石、透辉石、符山石、阳起

石、绿帘石等为主；

(2)钨锡钼铋类矿物组合，以白铁矿、辉钼矿－辉铋矿、锡石－铁闪锌矿－毒砂－磁黄铁矿等为主；

(3)闪锌矿－方铅矿－硫铁矿－石英类矿物组合，以闪锌矿、黄铁矿、胶白铁矿、方铅矿、黄铁矿、石英、萤石等为主；

(4)方铅矿－闪锌矿－黄铁矿－碳酸盐类矿物组合，以方铅矿、闪锌矿、碲化物、银矿物以及方解石为主。

2.3 矿石结构构造特征

矿石结构主要有自形－半自形－他形粒状结构、交代结构、胶状结构、揉皱结构、压碎结构、固溶体分离结构、共结结构；矿石构造主要有块状构造、角砾状构造、浸染状构造、条带状构造、脉状构造。

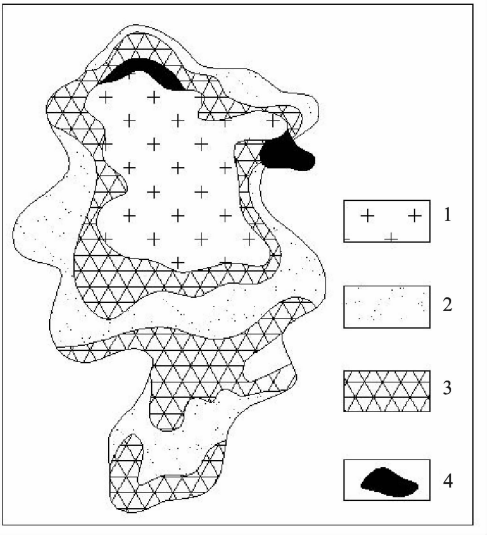


图 2 磁铁矿矿体分布示意图

1—花岗岩； 2—矽卡岩 3—磁铁矿矿体； 4—铅锌矿矿体

2.4 围岩蚀变

矿区由于岩浆活动频繁，构造类型复杂多变，围岩的化学性质各异，加之成矿活动多次迭加，因此，本区近矿围岩蚀变比较普遍，蚀变类型多，组合复杂，从高温的钾化(岩浆自变质作用)、矽卡岩化，到中低温的萤石化、碳酸岩化和硅化都比较发育，其中与铅锌矿化关系最为密切的是矽卡岩化、硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化。在各类型矿体中，围岩蚀变又有各自的特点，反映了成矿过程的复杂性和漫长性。

3 成矿规律

本区成矿物质来源于岩浆，花岗斑岩和花斑岩是成矿物质来源和热动力来源。从硫、铅、氢、碳、氧各种稳定同位素特征中已得到证实：①硫同位素 $\delta^{34}S$ 呈双峰式分布，左峰值为 +1.09‰～+8.85‰，为与 304 花斑岩体有关的硫化物组成；右峰值为 +9.10‰～17.73‰，为与 301 花岗斑岩体有关的硫化物组成。利用硫同位素高温外推法原理对矿床介质水的硫同位素组成进行计算，得 $\delta^{34}S\sum S$ 值在 1.3‰～14.9‰间，与矿石铅 $\delta^{34}S$ 平均值变化范围(1.09‰～18.10‰)接近，与被沉淀的总硫同位素相等。②矿石铅平均模式年龄范围为 127.6Ma～213.0Ma，与该区花岗斑岩、花斑岩侵入时间基本一致。③δDH_2O 值 47.5‰～－74.9‰，$\delta 18Osmow$ 值 10.26‰～－14.97‰，并随温度的降低而升高；$\delta 18OH_2O$ 值 0.86‰～－8.71‰，并随温度的降低而降低。④成矿岩体—矿体—远矿围岩方向，$\delta^{13}C$ 和 $\delta 18O$ 值均逐渐增高。成矿温度从高温到高中温都完整存在，主要金属矿物可分为夕卡岩型和岩浆期后热液型两套完整的矿物组合，存在较明显的夕卡岩分带和矿化分带，同时也存在

着良好的围岩蚀变分带等综合性特征，故该矿床属夕卡岩(接触交代)型矿床和岩浆期后热液充填交代型矿床。该矿区各类型矿床(体)是一组有着相同物质来源，成矿时间略有先后，成矿环境略有不同的同源异化矿床。花斑岩与花岗斑岩两个与成矿有关的岩体是同源，在不同部位、不同构造条件下产出的一类“岩突”型侵入体，其深部应有着共同的、岩类相似的、能够连续提供大量成矿物质来源的花岗岩类“岩基”或规模较大的岩株。由于成矿期、成矿阶段的不同，区内不同类型的矿床具有明显的分带特征：以隐伏的成矿小岩体为中心，由内向外依次为：夕卡岩型 Fe，Sn，W，Mo 矿，夕卡岩型 Cu，Pb，Zn 矿，热液交代—充填型 Pb，Zn 矿和 Pb，Zn，Sb 矿化带。

4 找矿标志

综上所述，黄沙坪铅锌多金属矿床的找矿标志可以概况如下：基底断裂构造的交叉部位(可能是岩浆活动的强烈部位)；含有机炭和有机质较高的薄层到厚层状晚古生代碳酸盐岩地层(如矿区石炭统石磴组与测水组是最佳控矿地层组合)；具明显张脆性变形特征的断裂构造及其旁侧；燕山早期受逆冲推覆构造控制的多期次浅成岩浆活动形成的酸性岩浆岩体出露地段；蚀变矽卡岩化、硅化、碳酸盐化、黄铁矿化等围岩蚀变强烈发育地段。

参考文献

[1] 许以明，龚述清，江元成等. 湖南黄沙坪铅锌矿深边部找矿前景分析[J]. 地质与勘探，2007，43(1)：38~43

[2] 宜昌地质矿产所. 铅同位素地质研究的基本问题[M]. 北京：科学出版社，1979

[3] 陈毓蔚. 我国显生代金属矿床铅同位素组成特征及其成因探讨[J]. 地球化学，1980(3)

[4] 童潜明，王世民. 湖南省南部泥盆系中统棋梓桥组铅、锌、铁、锰含量特征[J]. 矿床地质，1984，3(3)

[5] 北京大学. 同位素地质译文集[C]. 北京：地质出版社，1974

[6] 程伟基. 热液系统物理化学性质和硫同位素演化[J]. 地质与勘探，1983(9)

[7] 王育民. 湖南铅锌矿地质[M]. 北京：地质出版社，1988

[8] 陈毓川，朱裕生. 中国矿床成矿模式[M]. 北京：地质出版社，1993

大厂矿田黑水沟区锌铜矿成矿预测理论找矿实践

范森葵[1,2] 王明艳[4,3] 伍永田[1,3]

(1. 中南大学地学与环境工程学院, 湖南长沙 410083 ; 2. 广西二一五地质队, 广西柳州 545006;
3. 广西堂汉锌铟有限公司, 广西南丹 547200;
4. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

广西大厂矿田地处我国著名的丹池成矿带中部, 是一个锡多金属矿集区, 矿田内矿床类型多、矿化集中、矿床规模巨大、伴生有用组分丰富、综合利用价值大, 成矿地质条件十分优越。经过五十多年的勘查工作, 大量浅部 - 中深部的矿床已被发现, 离地表 500m 以下的"第二找矿空间"成为下一步的主要找矿目标。

黑水沟区位于大厂矿田西矿带大厂矿区的 NE 部, 矿床类型对于找矿有特殊的代表意义, 前人做了大量地质工作, 发现了上部的矿体, 但对深部的锌铜矿体研究和认识不够深入。我们根据大厂矿田的成矿规律, 运用新的成矿预测理论作指导, 结合传统的找矿方法, 创新研究, 深化认识, 发现了不被前人重视和认识到的矿体厚大矿块, 在"第二找矿空间"新增大量锌多金属资源量, 新增资源量超过大型矿床规模。

1 大厂矿田成矿地质背景

区域构造部位处于江南古陆西南侧的泥盆纪—中三叠世右江复合盆地内, 印支期末—燕山期右江褶皱带北东缘的丹池褶断带中部。

矿体(化)产于泥盆系盆地相中。地层为碎屑岩相、碳酸盐岩相及硅质岩相。丹池大背斜和丹池大断裂组成的丹池褶断带, 主体构造呈 NW—SE 走向, 褶皱紧闭线形, 背斜轴部逆冲断层发育。在此基础上, 叠加 EW 向、SN 向的断裂和次一级褶皱构造, 形成大厂、芒场和五圩三个构造隆起, 控制了成矿带内主要矿田的成岩、成矿作用。矿床往往产于 NW 向断裂与横穿花岗岩体的北东向断裂交汇处附近。大厂、芒场两个隆起部位有壳源型含锡黑云母花岗岩侵入, 另有花岗斑岩、闪长玢岩、伟晶岩、白岗岩和云煌岩, 呈岩墙或岩脉产出。花岗岩富含成矿元素(Sn, W, Cu)和矿化剂元素(F, B)等, 对成矿十分有利。特大型矿床都分布在花岗斑岩墙的旁侧。

2 矿床分布规律

大厂矿田矿床主要为原生矿床, 少量氧化矿。根据主要元素组合, 划分为锡石 - 硫化物矿床、矽卡岩型锌铜矿床、石英 - 锑钨矿床等三大类。

根据构造组合形式和控岩、控矿特征, 平面上大厂矿田可划分为西、中、东三个 NW 向矿带。大厂矿田矿床的整体分布是西带由鱼泉洞—铜坑矽卡岩型锌铜矿床、长坡和巴力 - 龙

头山两个特大型锡多金属矿床等组成，往东逐渐变为锌铜矿床，并延伸至中带附近，介入西带与中带之间的就是黑水沟大型矽卡岩型锌铜矿；中带位于龙箱盖隐伏花岗岩岩株顶部周围及南北两端，由拉么矽卡岩型锌铜矿床、茶山锑钨矿床、大燕锑钨矿区及响水湾锑钨矿化区组成；东带由大福楼、灰乐、亢马等锡多金属矿区组成。

2.1 平面分布规律

矿床以龙箱盖隐伏花岗岩株为中心，成环带状分布。近龙箱盖隐伏花岗岩及稍远离岩体为矽卡岩型锌铜矿，稍远离岩体有锑钨矿，远离岩体为锡多金属矿床。一般地，矽卡岩锌铜矿距岩体 0 ~ 200 m，矽卡岩型锌矿距岩体 200 ~ 600 m，锡石硫化物型矿床距岩体 600 ~ 2 000 m。矿田外围为汞锑矿床主要成矿元素的完整分带规律是：花岗岩体内是锌、铜，接触带及其外侧也是锌、铜，稍远铜减少，有时有锑、钨，离岩体较远为锡、锌、银，再远铅、锑、银增加。即使在同一矿床中，离花岗岩体越近铜增加，锡减少，由锡多金属矿床渐变为矽卡岩型锌铜矿床，如黑水沟 - 巴力区的 94、95、96 号矿体。

在垂向上矿田内矿床也有与水平方向相似的分布规律，长坡 - 铜坑锡多金属矿床最为典型(图 1)：浅部为大裂隙脉、小裂隙型细脉带锡多金属矿体；上中部为似层状细脉浸染型(91 号矿体)锡多金属矿体；中下部似层状细脉 ~ 网脉浸染型(92 号矿体)锡多金属矿体；下部为似层状细脉型锡锌矿体；深部存在围绕龙箱盖隐伏花岗岩分布的矽卡岩型锌铜矿体，属黑水沟 - 大树脚矽卡岩型锌铜矿体延伸至此区深部。主要成矿元素的分带规律是：浅部是锡、锌、铅、银、锑(硫盐类矿物)；中部铅、银、锑(硫盐类矿物)减少；下部主要是锌，次为锡、银；深部为锌、铜、银。

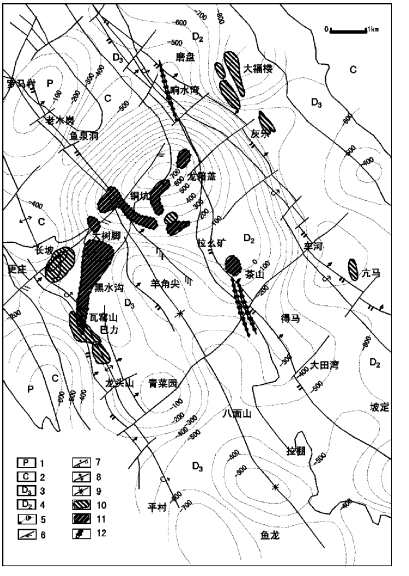


图 1 大厂矿田矿床分布图

1—二叠系； 2—石炭系；
3—上泥盆统； 4—中泥盆统；
5—花岗岩顶面等高线；
6—张性、张扭性断裂；
7—压性、压扭性断裂； 8—背斜轴；
9—向斜轴； 10—锡多金属矿床；
11—锌铜矿体； 12—锑钨矿体

3 找矿实践

根据本区矿床类型以锡为主，多金属共生、伴生的特点，勘查矿种以锡、锌为主，兼顾铜、银等。工作方法采用了在深入分析矿田成矿规律、成矿系列的基础上，吸收构造控矿、海底喷流成矿、花岗岩成矿、多因复成成矿等理论中的精华部分作指导，深入开展综合研究后，进行综合找矿和综合评价。由已知到未知、由浅入深，逐步扩大控制矿体范围和深度。

理论与实践经验结合指导找矿：总结矿田的成矿空间分带规律和矿化系列，指导成矿地

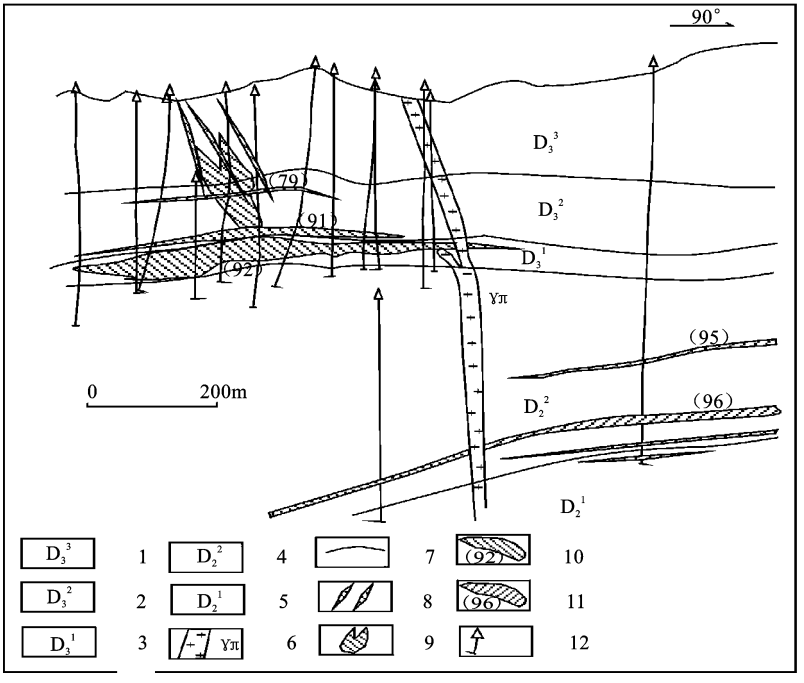


图 2 长坡 ~ 黑水沟地质剖面示意图

1—泥盆系上统同车江组灰岩、页岩； 2—泥盆系上统五指山组扁豆状、条带状灰岩；
3—泥盆系上统榴江组硅质岩； 4—泥盆系中统罗富组泥灰岩、泥岩； 5—泥盆系中统罗富组礁灰岩； 6—花岗斑岩；
7—地层界线；8—大脉状矿体； 9—细脉带矿体； 10—层状、似层状锡多金属矿体及编号；
11—矽卡岩型锌铜矿体及编号； 12—钻孔；

质条件分析、综合研究和成矿预测，研究结果表明构造是主要控矿因素，控矿构造主要由(倒转)复式背斜及核部一组北西向纵向断裂和北东向横向断裂－裂隙带组成，断裂交汇部位控制矿床产出，矿体赋存空间则是层间剥离、破碎、褶皱虚脱、次级褶皱、断裂裂隙等构造；地层是成矿的前提条件，具有明显的“层控”“时控”特征。矿床的空间分布和成因都与矿田中心主要的岩浆岩体－笼箱盖燕山晚期的黑云母花岗岩体有密切关系。根据成矿地质条件组合控矿规律，确定黑水沟区作为一个一级预测区，在背斜倾伏端东侧是重要的地质异常部位，应首先进行深部工程验证。矿化分带分布规律由距该花岗岩体的近远依次为：岩体顶部和接触带含锡硫化物锌、铜矿化→矽卡岩型锌矿化、硫化物矿化和钨、锑矿化→锡石－硫化物和锑银多金属矿化、含锡硫化物－硫盐多金属矿化→铅、锌、银等多金属矿化→砷、汞矿化等。运用长坡—铜坑锡多金属矿床的典型成矿模式，上部往往为大脉、细脉带矿体 ，下部为似层状、层状、细脉—网脉状浸染型矿体，成矿元素从浅部为铅锌锑为主，往下为锡增加，锑减少，到锡锌为主，深部锡减少，以锌为主，铜略增加的变化规律等指导找矿。根据这些规律，决定在黑水沟区上部寻找锡多金属、深部部找锌铜矿。而且，深部的层状矿是主攻目标。围岩蚀变中“含水”矽卡岩即绿色蚀变矿物(透辉石、绿泥石等)对成矿有利，是一个重要的找矿标志。据此，分析了围岩蚀变分带规律，确定找矽卡岩型锌铜矿的重点在“含水”矽卡岩带。

综合找矿：仍采用地质、物化探相结合的方法。分析地层与成矿关系时，根据矿床的层

控性，不断完善地层顶底板等高线图，依据地层顶底板等高线图分析控矿地层的褶皱和断裂构造，发现矿体明显受地层叠加褶皱的控制，并在背斜倾伏端附近，地层陡倾，起着屏蔽矿液流动的作用，北东向断裂组“挟持”范围内矿化会增强，从而确定了寻找富厚大矿体和矿块的空间范围，进而指导探矿工程施工(图3)。

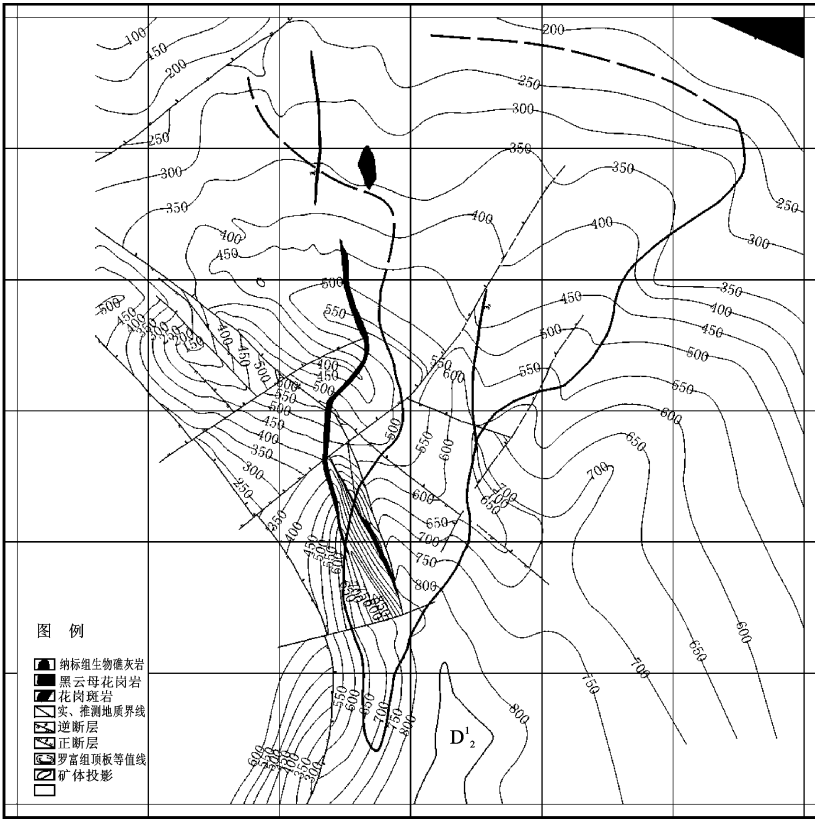


图3

改进龙箱盖隐伏岩体顶板等高线图，可以获得深部找矿的空间界限。利用已见矿工程的见矿情况编制矿化强度图，分析矿化变化趋势。综合地面原有的和井中物探获得的成果提供深部和工程附近的找矿信息。在注意方法有效性的前提下，不断试验新的物探方法，经过长期在大厂矿田的工作发现，瞬变电磁法比较抗炭质地层干扰，对本区深部的矿化有明显的异常显示(图4)。在地面采用传统的岩石地球化

学方法，利用岩石和土壤热释汞剖面，结合地质条件分析获得新的找矿信息；运用钻孔的原生晕结果，综合分析工程附近的异常和圈定不同中段的原生晕异常，从三维空间充分利用化探信息(图5)，发现异常走向总体为NWW，与控矿地层走向一致，而且，异常尚未闭合，指示了矿化延伸的方向，预示了找矿方向，异常局部呈NE向，显然也受NE向断裂影响，这些信息为成矿预测提供了依据。

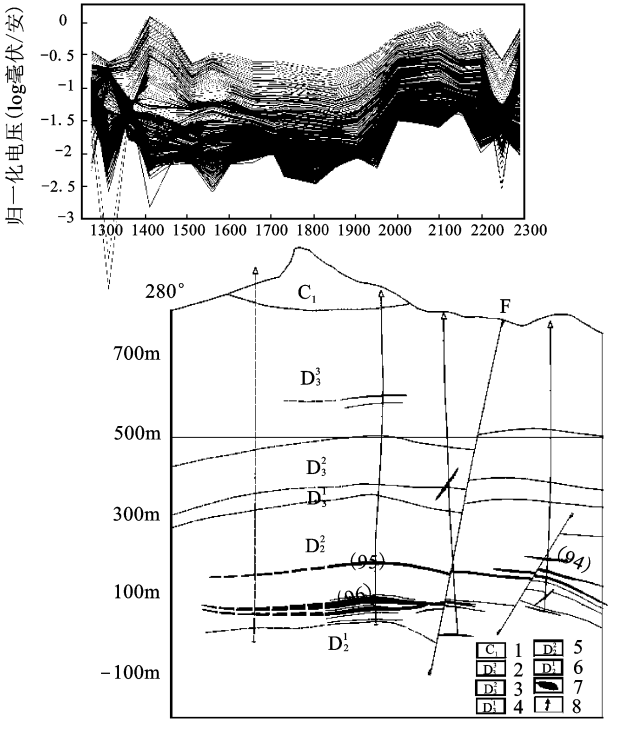


图 4　黑水沟区 TEM 试验综合剖面

1—石炭系页岩、砂岩； 2—泥盆系上统同车江组灰岩、页岩； 3—泥盆系上统五指山组扁豆状、条带状灰岩；
4—泥盆系上统榴江组硅质岩； 5—泥盆系中统罗富组泥灰岩、泥岩；
6—泥盆系中统罗富组礁灰岩； 7—矽卡岩型锌铜矿体及编号； 8—钻孔
注:图的上半部分引自西北有色地质勘查局物化探总队

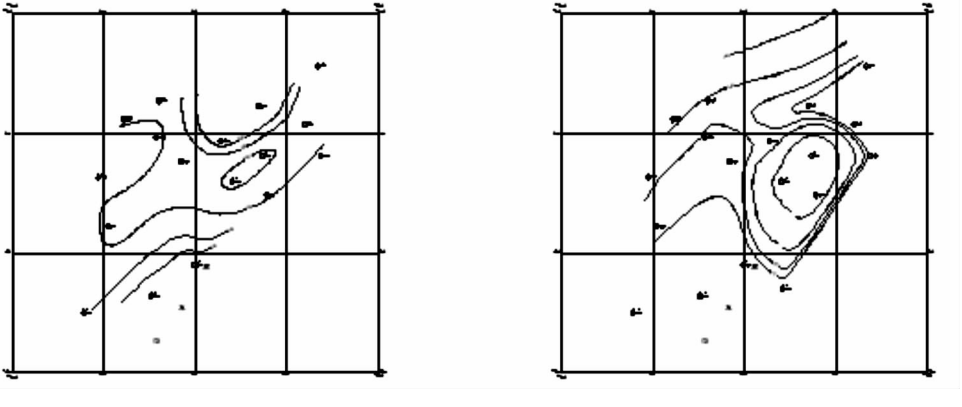


图 5　黑水沟区 100m 水平锌、铜元素含量等值线图

4 勘查思路

首先，选择综合找矿方法时，注意找矿方法的应用条件和效果，例如：在大厂矿田内多是埋深较大的隐伏矿体，传统的电法受到炭质层干扰大，磁法又受地层中黄铁矿经热变质作用转化为磁黄铁矿的影响，传统物探方法的找矿效果欠佳，而热释汞剖面异常在断裂和矿化上完整而且突出。因此，物探方法在本区就以瞬变电磁法为主，化探方法以热释汞剖面法为主。

在深入分析矿田成矿规律、成矿系列的基础上，大胆运用多种成矿理论等观点，启迪找矿思路；综合分析成矿规律、成矿地质条件与成矿关系，充分利用地质、物化探、矿化等多元信息，作为成矿预测的基础；综合研究和成矿预测力求有新思路、有所创新；增强科技创新意识，积极探索新的找矿勘查技术和勘查方法；在深入研究获得成果后，大胆进行工程验证，此时仍需注意采取有效方法和手段，以最低的成本，获得最好的效果；用验证获得的成果或者经验教训，反馈指导综合研究和成矿预测，再反过来完善研究工作和勘查实践。

5 取得的成果

通过上述深入细致的研究工作，获得了良好的地质效果。新增的新多金属资源量超过150 万 t，资源量接近超大型矿床规模。深化了本区深部“第二找矿空间”的认识和成矿规律的研究，积累了对本区和大厂矿田找矿的经验，对区域上类似矿床的找矿具有指导意义。

6 结论

成矿理论和成矿预测理论对找矿工作具有很好的指导作用，启迪地质工作者的找矿思路，但不能生搬硬套。深入分析成矿地质条件，采用有效的找矿方法获得有用信息，把两者综合起来，抓住主要控矿因素，大胆预测和进行工程验证，是会取得良好的找矿效果的。

致谢：本文图件制作得到广西二一五地质队的吴德成、林喜养、陈承珍等工程师的协助。

参考文献

[1] 陈毓川，黄民智，徐珏等. 大厂锡矿地质[M]. 北京：地质出版社，1993

[2] 范永香,阳正熙. 成矿规律与成矿预测[M]. 徐州：中国矿业大学出版社,2005

湖南省永顺县朗溪钒矿床地质特征及成因

张惠军[1] 戴塔根[1] 翟文斌[2]
(1. 中南大学地学与环境工程学院 湖南长沙 410083;2. 湖南冷水江闪星锑业公司)

【摘 要】 湘西北地区下寒武统黑色岩系分布广泛,蕴含着丰富的钒、钼、镍等矿产资源,其中钒矿资源尤为丰富,朗溪钒矿体赋存在下寒武统木昌组底部或下部。矿床属沉积成因。在当前资源面临危机、技术水平提高以及矿产品价格大幅回升的有利形势下,勘查开发下寒武统黑色岩系的钒矿资源意义重大。

【关键词】 钒矿床 地质特征 成因

湖南西北部,寒武系下统木昌组黑色岩系中的钒矿带,长达 180 km。东北延伸到湖北境内,西南进入贵州省,它是我国沉积型钒矿的重要产区之一。

1 朗溪钒矿区域地质特征

朗溪钒矿矿区位于天门山复式向斜南东翼仰起端。区内主要出露地层主要为震旦系上统和寒武系下统。区内断裂构造较发育(图 1)。

1.1 地层

区域出露地层有:震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、新生界第四系等。其中寒武系下统木昌组是含矿层位,钒矿主要产于木昌组底部的黑色页岩夹硅质岩中。

震旦系主要出露在区域中部,呈 NE、SW 向的条带状展布。本系由两套迥然有别的沉积岩相、岩性所组成。下部主要为陆相冰川碎屑沉积,上部为浅海相碳酸盐、粘土质、硅质沉积。

寒武系在区内出露较广,呈 NE—SW 向的条带状分布。下部主要为泥质沉积,中上部则以碳酸盐沉积为主。本系与下伏震旦系灯影组为整合接触。

奥陶系地层发育,呈 NE—SW 向的条带状分布。岩性主要为介壳灰岩和笔石页岩。本系与下伏寒武系为整合接触。

志留系出露在区域北部、西北部。由浅海相笔石页岩、砂质页岩、粉砂质页岩及少量灰岩组成,假整合于奥陶系之上。

第四系不甚发育,主要分布在河谷地带。成因类型以冲积为主,其次有冲 - 洪积、冰水沉积等。

1.2 构造

区域地质构造复杂,褶皱、断裂发育。主要构造线呈 NE 向、NEE 向、NNE 向及帚状构

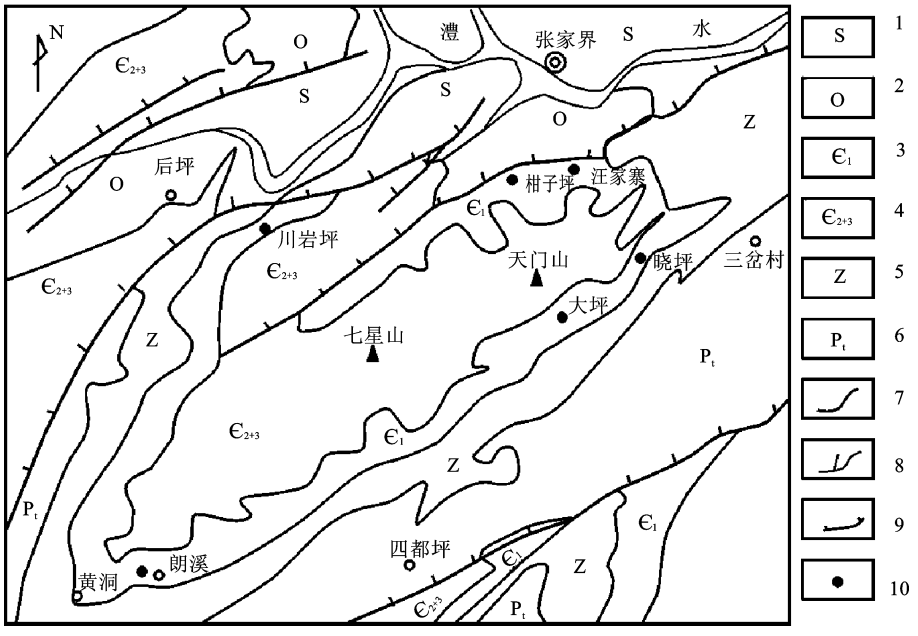


图 1　湖南省永顺县朗溪钒矿区域地质图

1—志留系； 2—奥陶系； 3—寒武系(下统)； 4—寒武系(中上统)；
5—震旦系； 6—板溪群； 7—地质界线； 8—断层； 9—矿床。

造。天门山复式向斜为区域的主要构造骨架，向斜边缘的 NE 及 NEE 向的断裂构造较为发育，向斜轴部的柑子坪断裂规模较大。

天门山复式向斜长 80 km，宽 35 km，轴向 N50°E，两端轴向略有偏转。向斜轴部为寒武系中、上统，两翼分布有震旦系及寒武系，岩层倾角较为平缓，一般 15° ~30°。

1.3　岩浆岩

区域内未见岩浆岩分布。

2　矿床地质特征

2.1　赋矿岩层及岩石组合

含矿岩系位于木昌组底部，以黑色页岩为主，层间夹薄层硅质岩及含磷结核黑色页岩，厚 9.35 ~20.44 m。现按其岩性组合和含矿性自下而上分述如下。

(1)硅质岩夹黑色页岩

位于震旦系上统灯影组分界面上，两者为整合接触。硅质岩呈薄层状，单层厚 0.1 m 左右，层理清晰发育，具水平层理，层面间夹页片状黑色页岩，偶尔可见细小的硅泥质结核零星分布于黑色页岩中，由下往上黑色页岩的层数和单层厚度明显增大，V_2O_5 的含量亦随着黑色页岩的

增多加厚而品位增高，本层中有钒矿体的产出，为区内次要含矿层位，厚 0.45 ~2.14 m。

(2)黑色页岩夹硅质岩

为钒矿体的主要产出层位，岩性由薄层黑色页岩夹硅质岩组成，黑色页岩呈薄层状，单层厚 1 ~8 cm，具水平层理。硅质岩为薄层状，单层厚 1 ~9 cm，厚度变化较大，略有弯曲，同黑色页岩相间产出，间隔 1 ~26 cm 不等。

钒矿体的富集程度同硅质岩的累计厚度呈反比关系，当硅质岩数量减少，黑色页岩增加时，V_2O_5 含量明显提高，在层中多为富矿产出。本层中的钒矿体 V_2O_5 含量一般为 0.80% ~1.54%，平均品位 1.04%，平均厚度 5.83 m。

(3)含结核黑色页岩

结核在黑色页岩中零星杂乱不均匀分布，多呈椭球状、球状产出，其短轴直径 1 ~2 cm。结核成分主要为硅泥质，次为磷质和黄铁矿。本层呈似层状、透镜状分布，1 ~2 层不等，厚度较薄，一般厚 2 ~8 cm。黑色页岩中有黄铁矿呈条带断线状平行层理分布。层中局部有泥质灰岩透镜体产出，延长较短。本层 V_2O_5 含量明显较下部层位为低，为非工业矿体。区域镍、钼矿层多产于本层上部并紧靠结核层，但在本区尚未发现。

(4)黑色页岩

薄至中厚层状，具水平层理，层面清晰，有条带状、断线状黄铁矿平行层理分布，在层中偶夹有硅质岩和硅泥质结核。层中很少有工业矿体产出。

综上所述，含钒岩系从下往上有以下几个特点。

①硅质岩的厚度、层数逐渐减少，粘土质成分渐增；

②岩层的层理从薄层至中厚层状，逐渐增大；

③V_2O_5 含量随着硅质的减少、粘土质增高，含量有所提高；

④黑色页岩中普遍含有不等量的粉砂质。

2.2 矿床构造

钒矿床地质构造简单，基本上为单斜构造。岩层产状比较稳定，矿层走向 NW，倾向 NE，倾角 9° ~37°，平均为 20°。矿体厚度变化系数为 1840%；加权平均品位 V_2O_5 为 1.01%，变化系数为 3.6% ~30%。部分地段出现舒缓波状褶皱，但其幅度较小。断裂构造不发育，多为正断层和平移断层，对成矿无明显破坏作用。

钒矿层主要为缓倾斜的层状矿体，矿体产状与地层产状一致，一般与围岩无明显界线。具有典型沉积矿床的地质特征。矿层产状稳定，形态简单，且基本上没有受到后期构造破坏。

2.3 矿石物质成分及类型

经高倍显微镜鉴定和差热分析结果表明，矿石中有用矿物主要为含钒水云母(即含钒伊利石)，占总量 60% ~80%，其含量根据不同矿石类型而定。其次为有机质(可见沥青)，占总量 10%，石英占总量 3% ~5%。此外还有极少量磷灰石、白云石、方解石、黄铁矿等。

本区钒矿石的化学成分主要为 SiO_2 和 Al_2O_3，C，其次为 MgO，CaO，P_2O_5 和 S 等。主要成分是 SiO_2，因含有机质高而呈现黑色，除 C，S 外尚含其他气相或挥发分 As，Sb，Hg 等，矿

石化学成分的组成，基本反映了热水沉积特征。

3 矿床成因探讨

湘西北寒武纪的沉积盆地是在晚元古代裂谷盆地之上发育起来的断陷盆地，也就是说早寒武世早期本区为继承性的裂谷盆地。由于同生断裂作用的影响，使位于盆地边缘的构造斜坡带，为钒矿床的形成创造了有利的条件。湘西北的钒矿床就是在台地东部边缘断陷盆地西北侧的构造斜坡相这样一个古构造古地理环境中沉积形成的。

大量资料表明，湘西北黑色岩系中的钒矿床无例外地产于寒武系下统木昌组底部或下部的碳硅泥质岩系中。钒矿的富集与有机质和菌藻类生物的关系十分密切，生物活动和生物地球化学富集作用对钒矿的成矿起了重要作用。在地质演化过程中，有机质经历了细菌降解和热解、缩合与聚合，致使与有机质结合的钒不断地被解离出来，转化与粘土矿物结合而成为主要含钒矿物。因此说本区的钒是在有机质(生物地球化学)直接参与下发生聚集的。

矿区钒矿的形成除有机质在成矿元素聚集成矿过程中起主导作用外，粘土矿物也起了一定的作用。由矿石中 V_2O_5 与 $A1_2O_3$，含量呈正相关关系表明，钒与粘土矿物关系也很密切。这种含钒粘土矿物主要为含钒伊利石，钒在矿石中以类质同象形式产于伊利石晶格中。

区内钒矿属沉积型矿床，钒的富集受层位、岩性、古地理控制，与黑色岩系关系密切，钒矿体赋存于木昌组的底部。

层位控矿：钒矿层严格受地层控制。由于沉积环境的变化而形成地层的差异，层薄，互层多，具夹层、微层等。脆性岩石(硅质岩)和柔性岩石(页岩)呈互层对控矿最为有利。矿源层和赋矿层为同一层位。矿层与围岩呈整合接触关系，表现为同时性、连续性。钒矿体赋存于特定层位—木昌组的底部，层位稳定，矿体呈层状、似层状成带展布，范围较广，规模较大，层理、微层发育。矿区内尚未发现侵入体和明显的热液蚀变现象。综上所述，本区钒矿为典型的矿层及顶底板同属沉积成因的同生沉积矿床。

岩性控矿：钒矿体集中于特定的岩性段，含矿岩性主要是木昌组底部的黑色炭泥质页岩夹硅质岩。岩石主要成分为粘土矿物，粘土矿物主要为显微鳞片状绢云母、微细片状水云母、白云母及高岭石等，次为有机炭质、泥质、石英及硅质。结构以隐晶－泥质结构为主，薄层状构造。岩石的孔隙度、裂隙度、强度和化学活力均很低，后生作用很稀少。岩石富含粘土、炭质、有机质、黄铁矿等钒的吸附剂和还原剂，对钒的富集有利。上述特征表明，沉积－成岩阶段是矿床形成的主要阶段，钒以类质同象形式替代铝而存在于伊利水云母晶格中。

古地理控矿：据沉积物特征，岩相古地理的过渡带是钒矿分布的主要古地理单元。钒矿层主要受台间海槽相控制。寒武系下统木昌组($\in 1$ m)黑色页岩沉积厚度较大，水平层理发育，岩石的粒度细小，从而反映了含矿岩系的形成是在地壳相对稳定、气候温暖湿润、水动力较弱，沉积环境较为宁静的还原条件下形成于滞水盆地内，因在滞水盆地内积聚着大量的有机质，造成了较强的还原环境。硅质岩和粘土质的大量沉积，反映了当时水介质 pH 值条件较为酸性。因此含钒岩系的沉积环境是由弱还原至强还原，水介质条件由酸性至弱碱性环境下形成。

综上所述，湘西北黑色岩系中的层状钒矿床，是在有机质(生物地球化学)参与下成矿

的，属于有机成矿作用矿床范畴。可以认为，原始沉积盆地是一种富含微生物的沉积环境，这些微物群与海底喷气通道有关，海底热水交换作用为微生物的活动提供了良好的环境，这种环境使嗜热细菌大量繁殖与聚集，微生物群又起了吸取、吸附、聚集、还原成矿元素的作用。以海底热水交换作用为媒介，浅海盆地(斜坡)沉积环境和大量有机碳与硫酸盐的产出，为矿床的形成起了关键作用。所以，本区黑色岩系中的钒矿床具有海底热水沉积和微生物成矿双重作用的结果，属于生物地球化学沉积矿床。

成文过程中，参考了湖南省有色地质勘查局二四五队有关地质资料，在此表示衷心感谢！

参考文献

[1] 鲍正襄，万溶江，鲍压敏. 湘西北钒矿床地质特征及其成因[J]. 湖北地矿，1998(9)

[2] 梁有彬，朱文风. 湘西北天门山镍钼铂族元素富集特征及成因探讨[M]. 地质找矿论丛，1995(3)

湖南东山钨矿控矿构造研究

魏 铮 李 佐 黄满湘

（中南大学地学与环境工程学院，湖南长沙，410083）

【摘 要】 东山钨矿为一热液充填交代型的钨矿床，矿床的形成与地层、构造、岩浆岩等关系密切，矿体的形态、产状及空间分布明显受构造控制。本文在查明东山钨矿地质特征的基础上，着重研究了控矿构造形式、形成与演化特征，总结了构造控矿规律，从构造的角度预测了找矿前景。

【关键词】 东山钨矿 接触带 古岩溶 控矿构造 控矿规律

东山钨矿位于湖南省临武县，其形成与尖峰岭花岗岩密切相关，是一个典型的热液充填交代型白钨矿床。该矿床于1957年首次在地表发现白钨矿化，后经进一步勘探，在外接触带碳酸盐岩中发现白钨矿体，共探明 WO_3 1.8 万 t，取得了较好的经济效益。至2005年，东山钨矿已采出探明储量的大部分，在感到地质储量吃紧的情况下，为了确保矿山可持续发展，寻找新的接替资源，矿山加大了找矿勘探工作的投入。由于矿体的形成明显受构造控制，为做好成矿预测研究，必须对矿区控矿构造形式、形成与演化特征作一系统的研究，在此基础上总结构造控矿规律、预测成矿地区。

1 地质概况

东山钨矿位于不同构造单元叠加复合的部位，根据地洼学说的观点，矿床位于东南地洼区赣桂地洼系茶陵地洼南部，为构造、岩浆活动区；由地质力学的观点，该矿区位于南岭东西复杂构造带中段的北侧，耒临 SN 向构造带的南端，为不同构造体系叠加复合部位。该区域内地层出露较齐全，地槽、地台、地洼构造层均有出露。区域内岩浆活动较强烈，岩性较为复杂，地表出露的岩体有黑云母花岗岩、花岗斑岩，其中尖峰岭岩体规模最大，矿区位于该岩体的 ES 侧。区域中岩体侵位于燕山早期，花岗斑岩侵位时代较晚，为燕山晚期的产物。区域内构造发育，EW 向、SN 向、NE 向、NNE 向构造均有出露，不同方向的构造互相改造，其构造形迹清晰可见。EW 向构造为基底构造，表现为 EW 向的褶皱，后被 SN 向构造叠加改造，仅在通天庙穹窿核部露出构造形迹，其他地段均被地台盖层所覆盖。SN 向构造以褶皱为主，相间有 SN 向的区域性断裂，褶皱在区域中部为一 SN 向的背斜，该背斜横跨在 EW 向背斜构造之上，在区域上形成一穹窿构造。NE 向和 NNE 向构造主要表现为断裂构造，它们大多是在先期构造的基础上发展的，故表现出具多次活动的特点。

矿床中主要赋矿地层为泥盆系上统佘田桥组和锡矿山组，这是一套浅海相碳酸盐岩，岩层向 SE 倾斜，倾角变化大，位于尖峰岭花岗岩顶部的岩层，倾角较平缓，在岩体东侧接触带

附近，岩层倾角较陡。这套岩层呈厚层状，灰—深灰色，微晶结构，层状构造，矿物成分以方解石为主，含杂质少，靠近花岗岩的地段，经热变质作用已变成大理岩。矿区内白钨矿化主要以两种形式存在，一种呈脉状、细网脉状充填于大理岩和萤石石英交代的岩石中，呈他形晶或半自形晶集合体与石英、萤石共生；另一种矿化形式为团块状、星点状散布于矿体中或近矿围岩内，矿化以交代形式出现为主。

2 矿区主要构造特征

由于矿区处在多个构造叠加复合部位，不同方向、不同形式的构造均有表现。矿区中最明显的构造形迹主要有褶皱、断层、节理、接触带、古岩溶等。

2.1 褶皱

矿区褶皱不甚发育，规模较大的为尖峰岭背斜，该背斜轴向近南北，向南倾伏，核部地层为泥盆系中、上统，两翼为石炭系地层，尖峰岭花岗岩沿背斜轴部侵入，东山钨矿位于该背斜的东翼。

2.2 断层

矿区断层较发育，规模大小悬殊，大者沿走向延长约 1000m，小的沿走向长仅数十米。按断层走向，将矿区断层分为近东西向，近南北向，北西向、北东向和北北东向五组。

(1)近东西向断层

走向介于 70°～100°，在东山钨矿范围内不甚发育，断层面平直，向南倾斜，倾角均在 70°以上，这组断层有如下特点。① 规模相差大，沿走向长度相差数百米；②断面平整、紧闭，常见有水平或者斜向擦痕；③断层性质以平移逆断层为主。

(2)近南北向断层

走向介于 350°～10°之间，矿区内不发育，仅南部有一近南北向的断层出现，断层向东倾斜，倾角 80°，断层产于下碳统地层中，断面平直，形成时代较早。

(3)北西向断层

走向为 300°～330°，矿区内较为发育，规模大的沿走向长 600m，一般走向长 300m 左右，这组断层为斜向断层，形成时代较晚；多表现为正断层形式。

(4)北东向断层

走向在 40°～60°之间，矿区内比较发育，规模最大的为矿区北部的区域性断层 F101，沿走向长约 20km，切割泥盘系、碳系、侏罗系、第三系等地层，是一活动时间长，断层性质多变的大断层。

(5)北北东向断层

走向介于 10°～30°，矿区内十分发育，规模也比较大，如 F405、F412，这组断层的特点是：①常成组出现，沿走向延伸长，产状稳定；②断层常以破碎带形式出现。破碎带内构造角砾岩发育；③断层有过多次活动，在成矿后，表现出逆平移断层的形式，并破坏矿体。

2.3 节理

矿区内节理较为发育，主要有两组，一组倾向南东，另一组倾向北西，节理中无填充物，为成矿后构造活动所致。

2.4 接触带

矿区内接触带绕尖峰岭花岗岩分布，接触带产状随部位不同而异，在矿区东部，接触带向东倾斜，矿区南部，接触带向南倾斜，沿其走向出现转折的部位正位于东山钨矿范围内。接触带分内带和外带，内带为蚀变花岗岩，蚀变以钾化、硅化、绿泥石化为主，偶见有细小的白钨矿化、黑钨矿脉出现。外带为泥盆、石炭系灰岩，经热变质作用，已变为大理岩、白钨矿体产于外接触带。

2.5 岩溶构造

分古岩溶和现代岩溶。古岩溶沿 NNE 方向展布，在东山钨矿，古岩溶位于接触带上盘并紧接触带，沿长轴方向长约 300m，产出标高 230 m 至现地表，古岩溶北段宽，南段窄。溶洞内坍塌角砾岩发育，尤其在古溶洞的下部，坍塌角砾大小悬殊，并被方解石、萤石、石英、白钨矿胶结。古岩溶的形成有两种可能：一是古地下水沿北北东向断裂浸蚀，逐渐被溶蚀成溶洞。另一种可能是尖峰岭花岗岩为一复式岩体，早期岩浆的侵入带来大量的热水溶液，这些热水溶液为酸性流体，在岩浆后期上升至接触带，将围岩逐渐溶蚀成古溶洞。现代岩溶多呈串珠状，沿后期断裂分布，溶洞中富含岩溶水，有的被泥沙充填或半充填。东山钨矿现代岩溶分布于古岩溶的上部，或沿 NNE 向断裂分布于接触带东南部。

3 控矿构造特征

3.1 接触带凹部

矿床中花岗岩与围岩的接触带是一个波状起伏的构造带，无论是沿走向还是沿倾向，都呈较大的波状起伏。

3.2 古岩溶

无论是古地下水还是早期岩浆期后热液溶蚀形成的古岩溶，其空间都被充填物所占据，这些充填物中除岩溶坍塌角砾外，还有大量的碳酸盐，如方解石等结晶沉淀。古溶洞是一个呈 NNE 向延伸的构造薄弱带，因后期的岩浆侵入作用，易于在这一地段形成断裂，并有岩枝呈楔形插入古岩溶充填物中。岩浆的侵入带来了大量的 WO_2Cl_2，WO_4F_2 等成矿物质，这些物质与岩溶中的 $CaWO_3$ 反应，便形成白钨矿。

3.3 岩浆侵入产生的断裂构造

这种断裂构造规模不大，沿接触带的外带产出。岩浆的上侵，在外接触带产生垂向直穿

作用，形成张扭性断裂。在剖面上，这组断裂呈侧羽状，向岩体倾斜，沿倾斜延伸不大，向下延至岩体与围岩的接触带界面，向上不穿出当时的地表。平面图上，这些断裂沿同一方向断续延伸，即使平行也不一定并列产出，由于断裂下部连接接触界面，上通碳酸盐岩，含矿气水溶液易于沿这些断裂上升并与围岩发生充填交代作用，形成白钨矿体。矿体在剖面上呈“掌”状就与这类成矿构造有关。

4 构造控矿规律

从区域上看，该矿床位于通天庙穹窿的南东侧，燕山期花岗岩沿穹窿侵入，在穹窿边缘接触带和断裂构造，地下水或岩浆气水溶液沿断裂带溶蚀形成古岩溶，溶洞内堆积岩溶坍塌角砾和碳酸盐岩。岩浆期后热液携带成矿物质沿接触带运移，并沿与接触界面相连的断裂或古岩溶充填交代成矿。通过分析控矿因素，对东山钨矿构造控矿规律有以下认识。

(1)矿化富集于接触带由陡变缓的凹部。在这一部位，矿液流速减慢，流动方向也发生改变，由一个方向变为多个方向，这样有利于矿液在该部位缓慢聚集，充分交代形成白钨矿体。

(2)工业矿体形成于花岗岩与围岩的接触带，在与接触带相连的古岩溶中，矿体厚度大，品位高。因为，古岩溶本身就是一个构造薄弱带，后期构造易于迭加，加之古溶洞中堆积大量的碳酸盐岩，有利于矿液的充填与交代。

(3)成矿具有多阶段性，在外接触带及其附近，由岩浆上侵产生的垂向直剪作用而形成的张扭性断裂，是矿化充填交代的最佳部位，一般可形成大而富的白钨矿体。

(4)有的地段溶矿构造为张扭性断裂，在其上部多具分支现象，故矿体上部多具分支，往下部矿体形态逐渐变得规则，到靠近接触界面部位，矿体变为厚大的透镜体，白钨矿含量增高。

(5)古溶洞的赋存标高往南逐渐降低，北矿段矿体有向南侧倾伏的趋势，预计再往南，矿化标高将低于北矿段。

要在已知矿区深边部找到隐伏矿体，必须找到接触带下凹部位和紧邻接触带的古岩溶。矿区南部接触带具备上述构造条件，应是今后找矿的多生地段。

参考文献

[1] 陈国达. 成矿构造研究法[M]. 北京：地质出版社，1978
[2]涂光炽. 地球化学[M]. 上海：上海科学出版社，1984
[3]李四光. 地质力学概论[M]. 北京：地质出版社，1973
[4]王昌烈等. 柿竹园多金属矿床地质[M]. 北京：地质出版社，1987
[5]卢焕章. 典型金属矿床的成因及其构造环境[M]. 北京：地质出版社，1995
[6]黄满湘等. 湖南东山钨矿成矿规律及成矿预测研究[R]. 内部资料，2001

刚果金科卢维齐市 LONG 铜钴矿床地质特征及成因

宫江华　戴塔根

（中南大学地学与环境工程学院，湖南长沙，410083）

【摘　要】 LONG 矿区出露地层为前寒武纪加丹加系，含矿建造为晚古生代含铜钴砂页岩建造。矿床受层控成矿，赋矿层位为罗安群页岩－白云岩中，其中块状硅化白云岩为地层对比的标志层。矿床明显受 EW 断裂构造的控制，在次级断裂两侧相对富集成矿，成矿过程经历了同生沉积和后期叠加改造两个阶段。矿床类型多样，是多阶段成矿作用叠加的产物。

【关键词】 LONG 铜钴矿　罗安群　硅化白云岩　地质特征　成因

引　言

科卢维齐 LONG 铜钴矿区位于刚果民主共和国（简称刚果金）加丹加省科卢维齐市西北 7 km处，面积 17.82 km^2。它是科卢维齐推覆体成矿区的组成部分。科卢维齐推覆体成矿区位于刚果金东南部、赞比亚－刚果金铜钴成矿带的西端。它与该世界级铜钴成矿带处于同一板块缝合线的抬升块，二者具有类似的成矿地质背景。赞比亚部分矿体的埋藏较深，以原生铜钴硫化矿矿床为主；而 LONG 矿区处于地壳抬升的高原区，矿体埋藏较浅，以表生和外生型铜钴氧化矿为主，少部分为原生铜钴硫化物矿。

1　矿区地质

1.1　地层

本区出露主要是前寒武纪加丹加地层。顶部覆盖第四系，由含砾石砂土、砂质粘土组成，部分地区为风积粉细砂。在山脊两侧的一定范围内，含厚度 1～5 m 的中～弱风化砂岩、硅化白云岩砾石或漂石，局部还夹有厚度为 0.6～5 m 不等的钴矿层，是当地民采的主要对象。

加丹加地层主要由库迪朗古群（k）和罗安群（R）构成。库迪朗古群按岩性组合自上而下分为上库迪朗古群和下库迪朗古群，上下群间存在一层冰碛岩。罗安群为科卢维齐复式推覆体的主体部分，地层自上而下分为：黑色炭质页岩段；灰色白云岩与暗绿色砂质页岩段；白云岩、白云质页岩、硅化白云岩夹砂岩段；砂质页岩夹白云岩段。不同岩性段的岩性组合差异明显，其中块状硅化白云岩，风化后呈蜂窝状硅化白云岩（也有人认为其是断裂构造作用

的产物)为地层对比的标志层,也是区域性铜钴原生矿的赋矿地层。

1.2 构造

科卢维齐地区属于一个大的推覆构造体。推覆体内不同级次的叠瓦状断裂构造发育,呈近 EW 向展布,断裂面倾向南,倾角 25°~45°,显示推覆体受力方向呈近 SN 向,自南向北推移。LONG 矿区位于科卢维齐推覆体西北部,为次级推覆断块构造,其断块由一连串的叠瓦式推覆体组成。所以产状平缓的层间断层十分发育,是区内的主要原生矿化控制构造。晚期断裂构造不十分发育,主要有 SN 向与 NE 向两组,对原生成矿构造有破坏作用,对后生成矿有一定的成因联系。虽然受 NE-SW 方向的挤压作用控制,构造活动强烈,但其构造形迹线的主要方向仍呈近 EW 向展布。矿区的褶皱和断裂发育:

褶皱构造由一个背斜和两个向斜组成:LONG 倒转背斜是矿区的导矿、容矿构造;佳拉向斜,位于矿区中部,占据了矿区的大部分范围;北部向斜,为一处于基底为下库迪朗古群地层之上的近等轴状向斜。

断裂构造见三种构造类型:①推覆体断裂构造,可分为推覆体滑动带构造和次级推覆断裂构造;②NW 向断裂构造:矿区的东南部和北部存在规模不等的 NW 向断裂,从地层出露与缺失关系分析,这些断裂应属推覆体形成后的断裂,切割了推覆期构造,并且它们的力学性质应属张性,表现为不同断裂间夹持的地块下陷;③层间破碎带:推覆体形成过程中或成矿过程中发生碎裂作用构成,为成矿物质的运移和富集提供空间或通道。

1.3 岩浆岩

根据矿区现有地质资料及地质填图结果,矿区未发现任何岩浆岩痕迹(包括围岩蚀变与矿化信息)。

2 矿体地质特征

2.1 矿床类型

矿床主要见于 EW 向 LONG 构造带 80m 深处,产于罗安群硅化白云质破碎带中。矿区圈定了 14 个细脉-浸染状钴矿(化)体、1 个细脉-浸染状铜钴矿(化)体、4 个坡积型钴矿(化)体,探获 334 级钴金属 15659t、伴生铜 11131t。综合相邻矿区地质资料,将矿区内的矿化类型分为原生型铜钴硫化矿、表生型铜钴矿-氧化淋滤型铜钴矿和外生型(铜)钴矿三大类。其中表生型铜钴矿-氧化淋滤型铜钴矿又分为浸染状-团块状铜钴矿亚类和细脉-浸染状铜钴矿亚类;外生型(铜)钴矿又分为残坡积型铜钴矿亚类和红土型铜钴矿亚类。

2.2 矿体形态、产状、规模

(1) 矿体形态、产状

原生型铜钴硫化矿体多呈脉状产出,矿体延深、延长及厚度规模等,均受罗安群块状-薄层状硅化白云岩和断裂控制。表生型氧化淋滤型铜钴矿多呈囊状体、透镜体及似层状,产

于原生矿的上部特定的岩性中，多呈顺层状产出。矿体与地层产状基本一致，矿体倾角15°～30°，受断裂构造控制时，矿体的倾角较陡，甚至直立。矿体的延伸和延深受次生节理或裂隙发育程度影响，矿化沿垂直方向发育，其连续性和强度受氧化带限制明显。矿体多沿控矿断裂构造分布，若控矿断裂的倾角较陡时，矿化分布于断裂的两侧；当控矿断裂的倾角较缓时，矿化则分布于断裂的下盘；外生型坡积型铜钴矿多呈透镜状和不规则状面状产出，赋存于第四系残坡积层中，矿体的规模较小，垂直方向的变化也较小，而在水平方向上，因受地形控制，多呈不规则的面状体，矿体的倾角多小于10°。

（2）矿体规模

LONG 区段施工了三个钻孔，其中两个钻孔因岩心采取率低未达到钻探目的和要求，一个钻孔揭露原生型铜钴硫化矿体厚度13.3 m。表生型氧化淋滤型铜钴矿、细脉－浸染状铜钴矿体赋存于一定岩性地层的氧化带中，产状较稳定。在矿区发现了多个该类铜钴矿化体，规模较大，矿体长200～1 220 m，厚度1～12 m不等。矿区还发现多个外生型坡积型铜钴矿体，规模较小，厚度一般约2 m，是民采的主要对象。

2.3 矿石特征与矿石质量

LONG 矿区氧化带的钴元素主要以水钴矿形式存在，部分为含钴褐铁矿形式存在。原生矿带则主要以硫铜钴矿形式存在。铜元素在原生矿带主要以斑铜矿、黄铜矿、硫铜钴矿等形式出现，在氧化带下部主要以辉铜矿形式富集，在中—上部则以孔雀石形式存在。

在原生型硫化铜钴矿中，主要矿石矿物黄铜矿、硫铜钴矿、辉铜矿等以浸染状、团块状分布于薄层状、块状硅化白云岩中；在表生型氧化矿中，水钴矿在围岩中的分布形式分有两种：① 在纹层状－薄层状硅化白云岩中，主要以浸染状及部分细脉状，分布于碳酸盐岩石的风化孔洞中，矿化较均匀，矿化连续性较好；② 在蜂窝状硅化白云岩上盘的砂糖状白云岩氧化带中，常沿不同级次的节理、层面充填，构成水钴矿的细脉、薄脉，矿化不均匀，既有高质量分数矿石，也有低质量分数的矿化体，矿化的连续性差。

矿石的主要化学组分为铜和钴。在地表浅部氧化带中，以钴矿化为主，伴生铜矿化，其他伴生组分极少。根据10个单工程组合光谱样品分析结果，主要有用成矿元素的含量均低于检测下限，其中唯有 TiO_2 0.1%～0.5%、V 0.003%～0.010%、Cu 0.05%～0.20%、Co 0.01%～0.50%、Cr 0.003%～0.010%等的含量较高。根据国内矿产的实际开发利用情况，除 Cu，Co 是矿区的主成矿元素外，其他伴生成分含量较低，综合利用价值不高。

2.4 围岩蚀变

矿体的近矿围岩蚀变主要是硅化和黄铁矿化，其他蚀变较弱。硅化主要沿罗安群地层层间破碎带发生，该层岩性均发生硅化和黄铁矿化，形成硅化白云岩。蚀变后的岩石抗风化较强，常常形成正地形。

3 矿床成因及找矿标志

3.1 矿床成因

根据 LONG 矿区矿石矿物组合、围岩蚀变特征综合分析认为：矿区的铜钴矿是多阶段成矿作用叠加的产物，不同阶段的成矿作用形成了不同类型的矿床。成矿过程可概括为下列四个阶段。

（1）区域性海底火山喷发作用形成铜钴元素含量较高的加丹加系罗安群海相白云质碳酸盐岩建造，构成铜钴的初始矿源层；

（2）后生推覆构造作用及热液活动，使得矿源层中铜钴元素进一步活化并迁移，在次生断裂构造发育和白云岩的有利用部位沉淀富集，形成原生的铜钴硫化物矿床（体），并伴随着硅化和白云岩化蚀变；

（3）原生的铜钴硫化物矿床（体）出露地表或位于地表浅部后，遭受准平原化、地下水和氧化等表生地质作用，地表露头矿体或近地表的矿体在地下水的作用下，在地下水活动带以上的铜钴矿体发生氧化并向下淋滤，在地下水潜水面附近罗安群海相白云质碳酸盐岩建造中富集，形成表生氧化淋滤型铜钴矿床（体）；

（4）原生型铜钴硫化矿床（体）或表生型氧化淋滤型铜钴矿床（体）露出地表后，由于机械物理和化学氧化等外生地质作用，矿体上部在重力和水流冲刷的作用下，形成外生型残坡积型钴矿及红土型铜钴矿床（体）。

3.2 找矿标志

（1）地层标志

块状硅化白云岩是最主要的原生矿的赋矿围岩，也是氧化矿的矿源层。因此地表蜂窝状硅化白云岩是次生氧化钴矿的直接找矿标志。

（2）构造标志

推覆体内规模较大的近东西向断裂在区域上控制了表生型氧化淋滤铜钴矿床的空间分布。矿体形成于块状硅化白云岩中的构造，尤其是缓倾斜断裂构造带的下盘。表明断裂构造是表生型氧化淋滤铜钴矿床的地下水活动和氧化淋滤富集通道，也是主要赋存空间。而不同方向的断裂构造的交汇部位，则是囊状铜钴矿体的有利富集部位。

（3）地表浅部矿化标志

民采点集中区、坡积矿分布区是找矿的直接标志。根据表生型氧化淋滤铜钴矿床的分带模式，浅部以水钴矿矿化为主，中部以孔雀石、水钴矿矿化为主，下部（稳定地下水位附近）则以辉铜矿为主。

（4）植物标志

矿区地表广泛生长的“铜草”和“钴笋”二种植物，在生长茂盛的地区，常常指示深部有较强的铜钴矿化。

参考文献（略）

西藏波密县沙拢弄铅锌矿床地质特征及找矿前景

张德贤　戴塔根　黄德志
（中南大学地学与环境工程学院，湖南长沙，410083）

【摘　要】 本文就西藏波密县沙拢弄铅锌矿的基本地质特征和控矿因素及矿床成因进行了简单的讨论，指出沙拢弄铅锌矿严格受岩性、地层、构造和岩浆岩的控制，矿床成因方面与该区的岩浆活动有着密切的关系，褐铁矿化、碳酸盐化和大理岩化是其主要的找矿标志。并预测了沙拢弄矿山具有良好的找矿前景。

【关键词】 西藏　沙拢弄　铅锌矿　地质特征　找矿前景

1　引言

沙拢弄矿区铅锌矿地处西藏东部，行政区划归属林芝地区波密县玉普乡管辖，矿区位于波密县以东 70 km，松宗乡与玉普乡之间，帕布赞布北沙拢弄西山脊和青卡山一带，总面积为 6 km^2。后扩至 31 km^2。矿区交通条件较好，拉萨—波密—昌都的川藏公路主干线（即 318 国道）从矿区南侧 2 km 处通过。

自 20 世纪 60 年代中期以来，该矿床先后由四川省地质局第三区域地质测量队、青海省化探队、陕西省地勘局区域地质矿产研究院挂靠西藏自治区地勘局地热地质大队进行了沙拢弄锌矿矿点检查和青卡铅锌矿矿点踏勘工作，并提交了相关成果。2001 年西藏地勘局地热地质大队再次对该矿区进行矿点预查地质工作，2002 年以后，川区调队多次在该区投入工作，取得了良好的效果，确定了该矿床为一个具有前景的中小型铅锌矿床。

2　矿床地质

2.1　地层

矿区出露地层为古生界泥盆系中上统—石炭系下统松宗组（$D_{2-3}C_1^{s}$），按岩性组合及分布特征，大致可分为两个岩性段。

第一岩性段（$D_{2-3}C_1^{sa}$）分布于 F2 断裂带南西侧普查区以南外围。厚度大于 431.3 m，为灰—浅灰色中层，少量厚层的粉—细晶白云质灰岩夹生物碎屑灰岩，上部夹黄灰色钙质板岩，局部为大理岩。该层上部与松宗组第二岩性段（$D_{2-3}C_1^{sb}$）呈断层接触，未见底。

第二岩性段（$D_{2-3}C_1^{sb}$）主要分布于 F2 断裂带北东侧整个普查区，厚度大于 813.7 m，以灰白色白云岩为主，夹结晶灰岩、白云质灰岩及大理岩化白云岩。白云岩多具细晶结构，矿

物成分中白云石占90%左右，而且岩石风化表面一般可见较明显的网状刀砍纹。沙拢弄矿区铅锌矿均产于该岩性段。地层走向一般为北西向，倾向一般 20°～40°，倾角 30°～40°。

2.2 构造

矿区位于冈底斯—念青唐古拉板片Ⅰ级构造单元内的松宗—仲巴弧背断隆带上，北西向断裂极为发育。

(1)褶皱构造

褶皱构造仅残存—大型复式破背斜(松宗—雅则复背斜)，轴部大致沿曲宗藏布、松宗及多依弄巴一带延伸，松宗以北轴向近南北向，以南为北西向。核部地层主要由松宗组，翼部地层由诺错拉组组成。

(2)断裂构造

矿区处于毗弄—雅则断裂带上，该断裂带发育于松宗—雅则复式背斜核部，走向 305°～315°倾向南西或北东，倾角 60°～75°，属压扭性质。

断层面呈波状，断裂破碎带宽 20～50 m，挤压透镜体、劈理、断层擦痕发育，构造岩石为碎裂细晶白云岩、花岗质碎裂岩，具硅化、孔雀石化等。

3 岩浆岩

本区的岩浆活动相对较强，分布的侵入岩主要为燕山晚期二长花岗岩和黑云母二长花岗岩，属牟汝察下超单元中的拉普弄巴单元(K1L)。该单元岩体主要沿松宗—然乌构造带侵位，呈岩株状产出，平面形态呈不规则状侵入围岩，与围岩的接触产状外倾，倾角 50°～80°。岩体内岩脉发育，具有顺层侵入的特点。主要发育有二长花岗岩、黑云母二长花岗岩和正长岩脉。其中二长花岗岩主要分布于普查区外围青卡铅锌矿点 NE 一带，呈 NE—SW 向展布，面积约为 3 km^2。

黑云母二长花岗岩主要分布于普查区南西侧外围及青卡铅锌矿点南西一带，呈 NW—SE 向展布，面积约为 5 km^2。正长岩脉为肉红色、风化后呈棕褐色，半自形粒状结构、似斑状结构、块状构造、后期形成碎裂构造。

4 变质作用

变质作用主要表现为接触变质，在二长花岗岩体的外接触带上，一般可见到 50～500 m 宽的接触变质岩带。主要岩石类型有：白云石化大理岩和透闪石化大理岩。

白云石化大理岩：主要沿沙拢弄一带的二长花岗岩外接触带分布，出露宽一般为 50～200 m，与白云岩呈渐变过渡关系，为锌矿体的上盘围岩，呈浅白色、细粒变晶结构、块状构造。矿物成分为白云石 95%、方解石 3%～5%，含微量褐铁矿。

透闪石化大理岩：主要分布在青卡一带的二长花岗岩主岩体外侧，宽度一般为 200～500 m，与灰岩、白云质灰岩呈渐变过渡关系，是铅锌矿体重要的间接性找矿标志。岩石呈灰白色，纤状－粒状变晶结构，块状构造。矿物成分为方解石 90%、透闪石 8%～10%

及微量铁质物。透闪石具纤状结构，局部有呈定向或放射状产出的特点。

5 矿体特征

沙拢弄矿区主要由沙拢弄锌矿和青卡铅锌矿两个矿点组成，其中沙拢弄锌矿是主要工作对象和重要找矿地段，根据所获取的资料成果：

锌矿体主要位于沙拢弄一带，锌矿体产于 F3 逆断层北东侧的穹隆背斜核部偏北东翼，赋存于松宗组第二岩性段白云石化大理岩、白云质结晶灰岩地层中，距拉普弄巴单元二长花岗岩体较近，矿体呈 SE—NW 向，基本平行于 F3 逆断层走向展布。地表形态呈椭圆状或略带分叉的似脚掌状。为不规则层状矿脉，矿体产状与围岩产状基本一致，一般为 40°～60° ∠15°～35°，根据地表工程控制，该矿体长 298 m，平均出露宽 55 m，厚度最大 47.05 m，最小 27.41 m，整个矿体加权平均厚度为 33.71 m。矿体地表强烈氧化，形成蜂窝状铁帽，与围岩界线清楚。矿化主要沿岩层层间构造破碎带中的次生节理及细小裂隙中充填，交代形成。矿化带具较强的褐铁矿化。

6 矿床成因

6.1 矿床成因

从现有的资料分析和现场实际调查，沙拢弄铅锌矿床与该区的岩浆活动有着密切的关系。

西藏的泥盆系地层为海相沉积，松宗组白云质结晶灰岩，白云岩为稳定或次稳定型浅海碳酸盐岩沉积，含化石较丰富，生物活动强烈，生物活动的产物—CO_2，O_2，H_2，H_2S，NH_3，CH_4，有机酸，腐植质，酶等参与影响下，间接地促使岩石中的铜、铅、锌等成矿物质迁移到有利赋存空间聚集成矿。

另外，然乌—嘉黎 NW—SE 向深大断裂的活动导致一系列与主断裂平行的 NW 向次生断裂构造的发生和松宗组地层内褶皱(即松宗—然乌背斜)的发生，以及沿该主断裂侵入的燕山晚期二长花岗岩，促使成矿物质活化运移和再次富集，起到了后期改造作用。在次生褶皱形成过程中，背斜鞍部次生张力强烈和两翼上部产生剪力作用，极易形成碎裂裂隙，对该成矿物质的再次富集提供了有利的储存空间。其具体特征表现如下。

(1)矿区出露地层主要为中泥盆统—下石炭统松宗组碳酸盐岩及含铁碳酸盐岩，该地层中铅锌含量较高，特别在沙拢弄实测地化剖面图中显示松宗组地层中的铅、锌、银等元素呈现高含量，为矿床的形成提供了坚实的物质保证。

(2)碳酸盐岩由于其化学性质活泼，岩石脆性较大，易于破碎，有利于热液的活动和交代，对溶解成矿物质并运移，富集成矿极为有利。

(3)虽然松宗组地层中的铅、锌、银等元素呈现高含量，但在沙拢弄矿体的近矿围岩中铅、锌元素出现明显的消耗。

(4)该矿体形态、产状严格受地层层位控制，呈透镜状或略带分叉的燕尾状产出。矿体

产状与围岩产状基本一致，产于松宗组白云质结晶灰岩中，矿石具有胶状结构、砂屑结构，块状构造，角砾状构造。

(5)该矿体受后期褶皱构造改造。依据：一是在矿体内部碎裂岩中还残存有原有的岩层层理面；二是矿体中平行与层面的褐铁矿脉和岩层形成同斜褶皱；三是随着褶皱的进行，所有的成矿期内沉积的矿层，都可以和含矿地层一起发生层间滑动，以致矿层面上出现擦痕，里面形成劈理。在该矿层中各类含矿岩石间的接触面普遍可见构造滑动面，压性剪切面及其擦痕。

6.2 控矿因素

该矿床的形成严格受岩性、地层层位、构造、岩浆活动等因素的控制，而矿体本身的形态、规模却受褶皱构造控制，成矿物质普遍富集于穹窿背斜核部及其北东翼。由于受风化剥蚀，雨水冲蚀及氧化作用强烈，使矿体形态在地表表现为上盘界面界线呈弧形弯曲，下盘界面界线相对平直随地层褶皱顺层弯曲而形成透镜状产出。

6.3 找矿标志

褐铁矿化蚀变现象为区域性找矿的主要标志，而碳酸盐岩化蚀变现象及大理岩化接触变质作为该区的间接找矿标志。

根据该找矿标志及控矿因素，在本区域内已发现除沙拢弄矿区锌矿体外，还有青卡铅锌矿点北东矿段、南西矿段及沙普铅锌矿点，其中青卡铅锌矿点通过预查工作共圈出 14 条矿(化)体。

7 找矿前景

从以上矿床基本地质特征、控矿地质特征及找矿标志等分析，沙拢弄铅锌矿床受岩性、地层、构造和岩浆活动作用的控制，成矿物质来源丰富，具有良好的找矿前景。

参考文献

[1] 郑来林等. 波密地区帕隆藏布残留蛇绿混杂岩带的发现及其意义[J]. 沉积与特提斯地质，23(1)：27－30

[2] 夏代祥等. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉：中国地质大学出版社，1997

[3] 陈文明. 青藏高原有色金属矿产分布特征[J]. 地球学报，21(1)：26－37

河北省石湖金矿床控矿因素研究

李凤辉[1,2] 胡 斌[2] 夏 天[2] 邓国幸[2]
(1. 湖南省有色地质勘查局二总队, 湖南湘潭, 411100; 2. 中南大学地学与环境工程学院, 湖南长沙, 410083)

【摘 要】 河北省石湖金矿床位于华北地洼区阜平地穹中。本文通过系统分析该金矿的控矿因素, 认为石湖金矿的形成主要为地层与构造联合控制的结果, 具有多期次成矿的特点; 地层提供矿源层, 构造使矿质活化, 并使其迁移到有利的容矿空间, 富集成矿。

【关键词】 控矿因素 石湖金矿床 河北省

1 成矿地质背景

河北石湖金矿位于华北地洼区, 翼晋地穹系、山西地穹列、阜平地穹中。在区域范围内出露的地层为太古代阜平群的中高级变质岩系, 区域构造以早期 EW 向复式褶皱和晚期的 NW、SE、NE 和少量的 EW 向断层为格架。燕山期的构造 - 岩浆活动强烈, 在区域内主要形成了赤瓦屋、麻棚两个花岗岩体和一系列与岩体有关的不同岩性的岩脉。

矿区内出露的地层主要为阜平群团泊口组、南营组中深度变质和中高级混合岩化的变质岩系, 局部低洼处见有少量第四系。团泊口组是矿区最主要的赋矿地层, 分布最广, 为中高级变质岩系, 变质相为角闪岩相。该组地层是由一套中基性火山岩、粘土质碎屑岩及碳酸盐组成, 其中斜长角闪岩是基性火山岩变质而成, 黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩是由中偏基性的凝灰质砂岩变质而成, 浅粒岩是长石砂岩、杂砂岩和半粘土质岩石变质而成。

矿区褶皱构造很发育, 主要有石湖向斜、土岭东沟背斜、熊沟向斜、燕口倒转背斜。其中土岭东沟背斜、石湖向斜、燕口倒转背斜规模较大, 形成矿区构造的主体格架(图 1)。

2 控矿因素分析

多种地质因素共同控制石湖金矿床的形成, 只有最佳地质条件组合才能形成矿体或矿床。由于石湖金矿具有多期次成矿的特点, 每次构造变形与当时的成矿作用关系密切, 岩浆活动也与成矿作用有关。

2.1 矿区地层与成矿的关系

阜平群团泊口组是矿区的矿源层。团泊口组为一套变质岩系, 其原岩属阜平期地构造层, 是一套含金量较高的中基性火山岩、粘土质碎屑岩及碳酸盐组成。区域资料表明, 团泊

口组地层含金在各类岩性中含金量普遍较高，平均达到 5.38×10^{-8}，为地壳丰度的17.9倍，为区域背景值的 1.7 倍，银含量也高于地壳丰度，平均含量为 0.17×10^{-6}，为地壳丰度的1.7倍。石湖金矿区几乎所有的矿体都产于这套地层中。

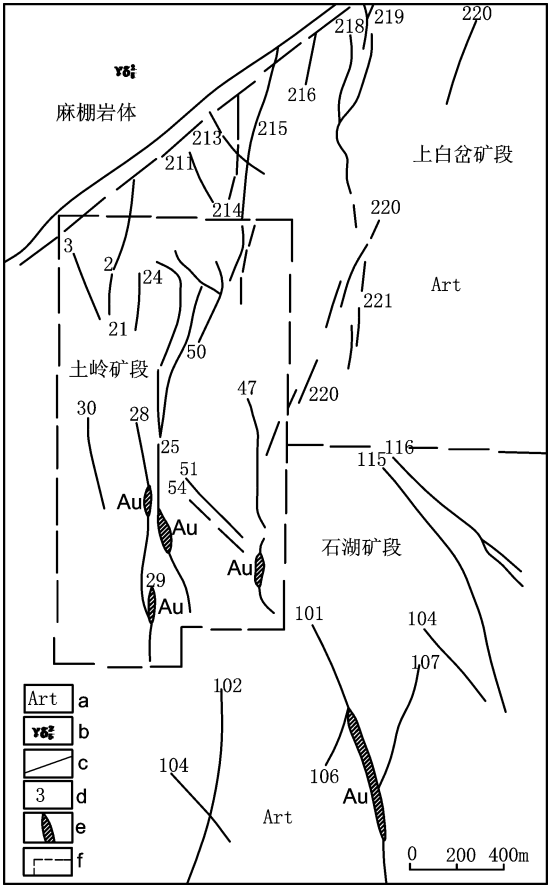


图 1　土岭－石湖金矿地质略图(据 520 队，1986)

a—太古界阜平群团泊口组片麻岩； b—燕山期花岗闪长岩体； c－压扭性断裂带；
d—含金石英脉充填的张－压扭性断裂带及编号； e—金矿体； f—土－石矿区各矿段边界

矿源层中的金，在经历区域变质、混合岩化、断裂变质作用以及岩浆热液蚀变作用之后迁移富集，最终形成矿体。

区域变质作用是一种重结晶为主的成岩作用，也是一种逐步脱水作用。在这一过程中除了层间建造水外，还有矿物中部分结晶水析出，这些析出的水与其他成因的水在流动过程中溶入 Cl^-，S^{2-} 等离子，可以降低金的活化电位，形成易活化金而迁移。另外，黄铁矿、石英中呈超显微状存在包体金，在温度 250～600℃时发生使金粒变大的重结晶作用。当这些矿物被溶解时，金也排出成为“活化金”，由碳质、粘土矿物产生脱水作用而被释放出来。

断裂变质作用所产生的热力也可使金迁移、活化，迁移的方向常常是应力集中部位，也就是在应力释放区集中。同样岩浆热液蚀变作用是使金从矿源层中萃取出来，并发生迁移的一种重要因素。

总之由于矿源层中存在较多的金，经历各种变质作用会使金产生活化、迁移，并在各种地质因素作用下而富集成矿。

2.2 构造与金成矿的关系

构造与成矿的关系表现在两个方面：一是使成矿物质活化迁移，二是为成矿提供赋存空间。

断裂与成矿的关系十分密切，矿液之所以沿断裂充填成矿，原因是多方面的，其中一个重要原因是断裂的产生，使之成为低压区，矿液通过不同渠道向低压区聚集。另一方面，成矿流体本身又具有一定的能量，他们在构造应力或热动力的驱使下，具有矢量特征，当这些具有矢量特征的流体沿一定方向运移时，便对运移通道产生压裂作用，即热液致裂。如果这种具有矢量能量的流体沿封闭的断裂或裂隙运移，便对断裂或裂隙产生强压，使之裂隙成为具有一定空间和一定宽度的裂隙，成为容矿空间。

2.3 岩浆岩与成矿的关系

岩浆岩与成矿的关系表现在两个方面。一是为成矿提供热源和矿化剂，另一方面也为成矿提供了部分成矿物质。麻棚岩体的侵入带来了大量的热和流体，热可以激发矿质活动，使之发生迁移，热可以改变成矿界质的物理化学条件，促使矿质的活化、迁移和沉淀。流体则不断从矿源层萃取成矿物质，形成含矿流体，参与成矿作用。岩浆本身也携带有成矿物质，微量元素、稀土元素、硫同位素及包体气液相成分分析表明，麻棚岩体为成矿提供了部分矿物质。

岩浆活动对成矿的作用，是驱动成矿流体运移的不断动力，当矿液从靠近岩体向外运移时需要很大的能量来驱动，只有岩浆活动才能提供这样的能量场。

2.4 脉岩与成矿的关系

矿区内脉岩十分发育，主要以石英闪长玢岩为主。石英闪长玢岩脉的产出严格受 SN 和 NW 向断裂控制，多呈脉状产出，含金石英脉均与石英闪长玢岩相伴产出。前人在矿区采集了 7 个全岩 Rb－Sr 等时线年龄样品，其 Rb－Sr 等时线年龄为 129Ma。据此推测该区的石英闪长玢岩脉为麻棚岩体晚期结晶分异作用派生脉体。石英闪长玢岩脉中的 Au 和 Ag 丰度值较高，可能为成矿提供了部分成矿物质来源，在显微镜下观测，石英闪长玢岩见有黄铁矿细脉穿插，因此推断也可能是成矿热液对脉体同化混染作用的结果。但是，不管石英闪长玢岩提供成矿物质与否，脉体的侵入促使了成矿断裂的张开，使之成为构造薄弱带，为后来矿液的进入创造了有利的条件。

4 结论

综上所述，石湖金矿床的类型为具有多因素控制、多矿质来源、多矿化阶段、以岩浆热液为主导的多因复成改造型金矿，其形成与赋矿地层、岩浆岩、断裂破碎带等因素密切相关，且成矿物质来源主要为矿体围岩地层阜平群团泊口组。

参考文献(略)

湖南省桃江县泗里河锑矿控矿条件分析

李凤辉[1,2] 胡 斌[2] 夏 天[2] 邓国幸[2]
(1. 湖南省有色地质勘查局二总队, 湖南湘潭, 411100;
2. 中南大学地学与环境工程学院, 湖南长沙, 410083)

【摘 要】 湖南省桃江县泗里河锑矿位于扬子准地台, 江南台隆雪峰台拱边缘。本文通过系统分析该锑矿的控矿条件, 认为矿床的形成受各种地质条件的制约, 缺一不可, 特别是构造使矿质活化, 并迁移到有利的容矿空间, 富集成矿。

【关键词】 锑矿床 控矿条件 雪峰山 桃江县

1 区域地质背景

湖南省桃江县泗里河锑矿, 为一开采近百年的老矿山, 至今为止矿山内 -30 m 以上的资源已基本采完。

矿区位于扬子准地台, 江南台隆雪峰台拱边缘, 其为华南褶皱系雪峰山边缘加里东褶皱带。地台区地层主要为中元古界冷家溪群, 上元古界板溪群浅变质岩系。在加里东期形成了一系列较为宽缓的东西向复式褶皱以及与之配套的断裂构造, 尤其是 EW—NEE 向压扭性断裂较发育, 雪峰山边缘褶皱带由震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系等沉积岩系组成。加里东褶皱方向自西向东由 EW 向逐渐偏转为 NEE 向。燕山期晚期以断裂为主, 呈 NNE 向切穿早期 EW 向构造。例如长塘断裂延长数十公里, 通过两个不同的构造单元。NNE 向与 EW 向构造的交汇复合, 控制了本区锑金矿化及岩脉的展布。区内岩浆岩 NE 有桃江岩体, 南部芙蓉岩体及伪山岩体, 呈岩基、岩株产出。岩脉较发育者为石英斑岩。花岗斑岩和煌斑岩脉, 少量石英闪长岩脉, 辉绿岩脉。往往顺 EW 向或 NE 向断裂带成群断续分布, 常与锑金矿化伴生。

2 矿区地质特征

矿区内出露地层为元古界板溪群五强溪组。锑金矿化产于其中段底部一、二亚段中。上元古界震旦系及古生代寒武系、奥陶系分布在矿区东南, 出露面积较小, 新生界第四系零星分布在溪流两侧。

板溪群五强溪组(Pt_3bnw)在矿区大面积出露, 为矿区主要含矿层, 按岩性划分三段:

(1)五强溪组下段(Pt_3bnw^1)

它又可分为三个亚段。

一亚段(Pt_3bnw^{1-1})：灰绿色，风化后呈灰白色块状变质中粗粒石英砂岩夹砂质板岩，厚度大于 50 m(未见底)。

二亚段(Pt_3bnw^{1-2})：灰－深灰色板岩、砂质板岩、变质长石石英砂岩互层，厚度 144 m。

三亚段(Pt_3bnw^{1-3})：青灰色，风化后为灰白色块状变质砂岩、变质细砂岩夹板岩，厚度 99 m。

(2)五强溪组中段(Pt_3bnw^2)

它又可分为四个亚段。

一亚段(Pt_3bnw^{2-1})：青灰色板岩、砂质板岩，是本区锑金矿赋存层位之一，厚度 148 m。

二亚段(Pt_3bnw^{2-2})：上部青灰色砂质板岩，凝灰质板岩，凝灰岩下部青灰色凝灰岩。该段为矿区锑金矿的主要赋存层位，底部凝灰岩可作为为一、二段的分层标志层，厚度 133 m。

三亚段(Pt_3bnw^{2-3})：上部为灰色变质细粒石英砂岩夹青灰色板岩、变质凝灰岩，下部为灰白色变质长石石英砂岩夹砂质板岩及变质砂岩，厚度大于 270 m。

四亚段(Pt_3bnw^{2-4})：上部为灰－灰白色变质长石石英砂岩，下部为灰白至青灰色变质凝灰岩，凝灰岩夹砂质板岩，厚度大于 60 m。

(3)五强溪组上段(Pt_3bnw^3)

它为灰白色凝灰质板岩，条带状板岩，内部夹变质粉砂岩，底部为紫色、灰绿色硅质板岩，紫色、灰白色浅变质长石细砂岩，厚度大于 700 m。

震旦系(Z)主要出露在矿区东南隅，分为上、下统。

(1)下统(Z_1)

江口组(Z_1j)：上部为灰白色巨厚层状变质长石石英砂岩，中部为灰绿色板状页岩，下部为冰渍含砾砂岩，厚度 100 m。

湘锰组(Z_1x)：上部为灰绿色板状页岩，下部为黑色炭质板状页岩夹含锰灰岩、含锰白云岩及碳酸锰矿层，厚度 10～15 m。

洪江组(Z_1h)：灰绿色、深灰色冰渍泥岩，冰渍砾粉砂岩，厚度约 200 m。

(2)上统(Z_2)

金家洞组(Z_2j)：主要为黑色炭质板状页岩夹白云岩，白云质灰岩、硅质岩，厚度 18～20 m。

留茶坡组(Z_2l)：下部为厚层硅质岩，上部为薄－中厚层硅质板状页岩，顶夹少量炭质板状页岩，厚度 34 m。

奥陶系(O)分布于区内东南隅，长塘大断裂下盘(东南盘)，按岩性特征可分为下统(O1)浅灰色板状页岩夹少量变质粉砂质页岩，厚度大于 200 m；中上统(O_2+O_3)上部黑色炭质板状页岩、粉砂质板状页岩，下部为黑色炭质板状页岩，中部夹含锰灰岩或碳酸锰矿层，厚度 68 m。

第四系(Q)沿溪流两侧分布，呈树枝状，为洪积层、冲积层、砾石及泥砂质沉积物，厚度 0～10 m。

矿区地质构造以 EW 向褶皱为主，并以其 NNE 向长塘大断裂交汇复合控矿为特点。后期构造表现为较发育的压扭性横断层切穿东西向构造，使地层、岩脉、矿脉产生位移。花岗斑岩和锑金矿脉主要充填在 EW 向断层中，这 EW 向断层实际上在加里东期就伴随褶皱构造

开始形成，活动是长期多次的，主要活动和定型期为燕山期，总的来讲矿区的断裂构造是主要的控矿条件之一。

区内岩浆岩为花岗斑岩，分布在西部岩屋冲，东部湴田冲至银升坪一带。花岗斑岩主要呈脉状，易于风化，地表往往呈负地形，东部有 $r_{\Pi-1}$、$r_{\Pi-2}$、$r_{\Pi-3}$三条，其中 $r_{\Pi-1}$规模最大长约 2 100 m，宽 3 ~ 8.5 m，走向近乎东西，倾向南，倾角 70° ~ 80°。西部有 $r_{\Pi-4}$、$r_{\Pi-5}$、$r_{\Pi-6}$三条规模较小，长 200 ~ 280 m，宽 1 ~ 2 m，走向近乎东西，倾向南，倾角 70°。

本区花岗斑岩被矿脉所切割，或矿脉在花岗斑岩与围岩的接触面通过，在后一种情况下，矿化总是在围岩一侧，花岗斑岩为燕山期活动的产物，在空间上，花岗斑岩与矿脉则是相伴而生。

矿区近矿围岩主要为板岩类岩石，其次有花岗斑岩，在成矿过程中产生硅化，铁白云石化、毒砂化、黄铁矿化及绢云母化等蚀变，形成宽 40 ~ 60 m 的矿化蚀变带。

3 控矿条件分析

矿床的形成受各种地质条件制约，缺一不可，在各种条件共同作用下矿液才得以运移、沉淀乃至富集成矿。

3.1 构造条件

矿区位于北北东向长塘大断裂与东西向构造的交汇复合部位。长塘大断裂为区域性导矿构造，为典型的“背斜加一刀”的构造控矿模式，矿区直接控矿构造有狮子坳背斜与丰家冲背斜，并伴生有纵向断裂带，由于后者形态宽缓开阔，具备良好的封闭条件，成矿条件较前者有利，为矿区主要的富矿部位，前者仅见规模较小的金的矿化体。

3.2 地层条件

矿体主要赋存在五强溪组中段二亚段凝灰岩、凝灰质板岩中，岩性既有利于矿液运移，也有利于矿液沉淀。尤其是硅化板岩易与矿液产生交代作用，其上部为板岩及条带状板岩，具良好的屏蔽作用，下部砂岩为主，有利矿液运移，地层条件良好。

3.3 岩浆岩条件

矿区虽远离大岩体，但有花岗斑岩出露，证明有岩浆活动的存在。花岗斑岩在空间上与矿脉相伴生，已知矿体规模、矿化强度与花岗斑岩的规模呈相关关系，因而证明岩浆活动与矿化的关系是较为密切的。

4 结论

4.1 富矿规律

根据已知的地质条件和矿区实际情况，归纳有如下的富集规律。

(1)破碎带具压性特征则矿化差，具张性特征则形成富矿。

(2)由于容矿断裂总的呈压性，即上盘上升，所以在矿脉陡立之处，裂隙闭合，矿化差，矿脉较缓处，裂隙张开而形成富矿。

(3)矿脉接近花岗斑岩界面处矿化较好，常有致密块状辉锑矿。

(4)蚀变越强，并有多种蚀变现象出现，则矿化亦较好。

4.2 找矿标志

(1)老硐、废石碓：历史上有过数次采锑热，群采范围广泛，因此，老硐、废石堆为找矿标志。

(2)黄铁矿化、毒砂化、硅化蚀变带：在地表蚀变带极易辨认，岩石往往是褪色化、褐铁矿化，其中有毒砂、黄铁矿晶体，或风化后留下空洞。锑矿体均赋存于蚀变带内，故蚀变带可指示找矿。

(3)花岗斑岩岩脉：花岗斑岩岩脉与矿脉伴生，因此，花岗斑岩可指示找矿。

参考文献(略)

马关县水堆房矿区铅锌多金属矿成矿环境研究

任武行　李　华　杨德寿
（河南省有色金属地质勘查总院；中南大学）

［摘　要］ 水碓房铅锌矿床产于马关—夹寒箐 NE 向构造破碎带及次级断裂中，地质特征显示成矿活动与老君山复式花岗岩体关系密切，老君山复式花岗岩体多次活动的岩浆热液是成矿主要物质来源，区域变质热液为次要来源。

［关键词］ 铅锌矿床　低温热液　脉状　分带　水碓房　马关　云南

引　言

水碓房铅锌矿床位于云南省马关县境内。大地构造处于越北地块、华南褶皱系、扬子地块、哀牢山褶皱系等几大构造单元接合部位的滇东南褶皱带老君山穹隆构造之西南部。水碓房铅锌矿床成矿活动与老君山复式花岗岩体关系密切，老君山复式花岗岩体周围分布有多个大中型多金属矿床，但对矿床成因规律一直有争论，主要为岩浆热液作用和热水沉积作用两种意见。水碓房铅锌矿床属于老君山复式花岗岩体成矿带的外带多金属矿床，对该区域成矿规律的认识和进一步找矿具有重大意义。

1　区域成矿地质背景

矿区大地构造上处于越北地块、华南褶皱系、扬子地块、哀牢山褶皱系等几大构造单元接合部位的滇东南褶皱带老君山穹隆构造之西南部。该穹隆构造构成老君山成矿区构造形态的主体。区域出露地层主要为寒武系海相碎屑岩、泥质岩及碳酸盐岩。区内经历了长期多次构造运动，形成一个环绕越北古陆作同心环状展布的弧形构造，并有 NW 向、NE 向断裂穿插其间，构成了本区构造格架。

区内岩浆岩主要为燕山期花岗岩体和因区域变质作用而成花岗片麻岩和混合岩。前者代表性的岩体为都龙－老君山复式花岗岩体，后者主要分布于都龙－保良街一带。变质作用以岩体为核心，呈环形分布一套中－深变质岩系，变质时代从加里东期一直延续到燕山期。燕山晚期伴随混合岩化及岩浆作用，形成老君山锡、钨、铅、锌、铟、银、铜等多金属成矿集中区。

2 矿区地质特征

矿区地层简单，断裂发育，岩浆活动较弱，断裂构造是主要的控矿构造和容矿构造。马关—夹寒箐 NE 向构造体系是区内主要构造体系。NE 向区域构造包括夹寒箐—红石岩向斜和 NE 向冲断裂。由北向南 NE 向冲断裂依次为：下董亮—龙岗外断裂、坝脚—小坝子断裂、南亮—小头箐断裂及都龙断裂。

2.1 矿区地层

区内出露地层主要寒武系中统龙哈组、上统歇场组、泥盆系下统翠峰山组、坡脚组、芭蕉箐组、第四系等。

龙哈组($\epsilon_2 l$)：浅灰色厚层至块状粉晶白云岩夹灰白色中厚层状大理岩化粉细晶灰岩、灰色绢云板岩、石英绢云千枚岩。

歇场组($\epsilon_3 x$)：以薄层泥质条带灰岩为特征。据岩性组合特征划分为两个岩性段：

下段($\epsilon_3 x^1$)：岩性为灰色，薄至中厚层状泥质条带粉晶灰岩、白云质粉晶灰岩、砂屑粉晶灰岩夹浅灰色厚层状粉晶灰岩、灰色中厚层状粉晶白云岩及少量黄灰色薄层状泥质粉砂岩。岩石表面呈糖粒状、砂糖状，岩石裂隙中充填大量的方解石。

上段($\epsilon_3 x^2$)：岩性灰色，薄至中厚层状泥质条带粉晶灰岩、浅灰色中厚层状粉晶砂屑灰岩夹砂屑灰岩、粉晶灰岩，局部夹黄灰色薄层状钙泥质粉砂岩、泥岩。岩石表面风化为黑褐色，岩石表面光滑，夹泥质条带宽度一般为 1 ~3 mm，岩石的裂隙中充填大量的方解石。

下泥盆统翠峰山组——坡脚组($D_1 c—p$)：棕黄色粉砂质泥岩、灰黑色泥质粉—细砂岩与泥页岩，顶部夹灰岩透镜体。与下伏地层呈不整合接触。

芭蕉箐组($D_2 b$)：为浅海相碳酸盐岩类沉积，深灰色厚层状白云岩、灰岩及中薄层状泥灰岩，个别地区夹硅质灰岩。

2.2 矿区构造

马关—都龙大断裂从矿区东北部边缘穿过。矿区控矿构造为马关 - 都龙大断裂系列的 SN 及 NE 向次级断裂，NE 向水头箐断裂从矿区中穿过。燕山期 S 形复式花岗岩主体出露在矿区东部，据矿区约 4 Km。矿区岩性组合为板岩、千枚岩、粉晶灰岩、钙泥质粉砂岩、泥岩、泥灰岩等，变质程度低。

矿区褶皱发育不很强烈。由西向东主要有老屋基向斜和老铜坡背斜。

矿区处于 NW 向马关—都龙断裂及 NE 向下董亮—龙岗外断裂、坝脚—小坝子断裂、南亮—小头箐断裂等两大组区域断裂夹持的三角区域内。受此影响，矿区内发育多期、多组断裂。按断裂的走向划分分别有以下几组：NNE(SN)向纵断裂有 Fl_1、Fl_2、Fl_3、Fl_4，NE 向横断裂有 F_1、F_3、F_5，近 EW 向横断裂有 F_2、F_4、F_6、F_8、F_{10}，NW 向斜断裂有 F_{12}(图 1)。其中规模较大的断裂有 Fl_1、Fl_3 和 F1、F2 。后两者分别在矿区北部和南部由西向东横贯矿区。

2.3 矿区岩浆岩

矿区岩浆活动不强烈，仅在小摩所及上大摩所南部发现辉绿岩脉。小摩所岩脉的走向为

NE 向，长度在 550 m 左右，宽度 20 ~ 30 m；上大摩所南部岩脉呈 NE 走向，长度在 250 m 左右，宽度 20 ~ 25 m。

2.4 变质作用

矿区变质作用主要是寒武系地层发生脆性变质，岩石形成破裂粉碎，为区域动力作用的结果。矿区变质蚀变作用不明显，围岩蚀变作用仅发生于通四、上寨和坝脚等具铅锌矿化的构造破碎带内。主要蚀变为白云石化、硅化及褐铁矿化。

2.5 矿区地球化学特征

矿区沟系次生晕元素分布特征

区内 Ag，Pb，Zn，As，Sb，Hg，W，Sn，Bi 元素含量较高，而 Au 与 Cu 元素含量较低；Pb，Zn，Ag，Sb，As，Cu，Hg 元素均方差、变异系数均较大，表明该区 Pb，Zn，Ag，Sb，As 等主要成矿元素矿化富集特征明显。矿区除 Bi 元素分布形态接近正态分布外，其余 18 种元素分布形态均接近对数正态分布；Pb，Zn，Ag，Cu，Au 等元素自然数或对数值分布形态呈双峰或多峰，表明该区受后期地质作用影响较大。

表 3 水碓房矿区沟系次生晕元素特征一览表

元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Hg	W	Sn	Bi
平均值	0.83	0.16	31.0	120.6	170.9	38.6	3.3	0.34	4.4	6.7	0.68
地壳克值	4.30	0.07	47.0	16	83	1.7	0.5	0.083	1.3	2.5	0.009
富集系数	0.19	2.29	0.66	7.54	2.06	22.71	6.60	4.10	3.38	2.68	75.56
均方差	0.42	0.17	26.5	208.3	183	32.4	3	0.27	2.3	2	0.2
变异系数	50.6	106.3	85.5	172.7	107.1	83.9	90.9	79.4	52.3	29.9	29.4

2.6 矿区地球化学异常场特征

矿区地球化学异常场按其形态结构主要为线状地球化学场。异常场空间展布具有“三线”特征。

通四线状异常场：异常场呈 NE 向线状分布于亚麻厂—通四—营盘山一带。区内长约 2.7 km，宽 0.6 ~ 0.9 km。元素组合以 Zn 和 Pb 为主，伴生 Ag，Cu，W，Sn，Sb，Hg 等。该异常场线性明显，强度较高、规模较大、浓集中心较明显，与亚麻厂—老铜坡北东向次级断裂吻合较好。

田房线状异常场：异常场呈 NW 向线状分布于水碓房—田房—新营盘一带。区内长约 2.3 km，宽 0.4 ~ 0.5 km，向东与通四异常场相连，与通四异常场构成“U”形异常场。元素组合以 Zn 与 Ag 为主，伴生 Pb 和 Hg 等。该异常场串珠状线性分布，有多个的浓集中心，其 SE 段与田房—老铜坡北西西断裂吻合较好。

上寨线状异常场：异常场呈东西向线状分布于铅厂—上寨一带。区内长约 0.7 km，宽 0.3 km。元素组合以 Zn 和 Pb 为主，伴生 Cu，Ag，As，Sb，Hg 等。该异常场线性较明显，强度较高、规模较大、有较明显的浓集中心。

3 矿体地质特征

3.1 矿体特征

矿区共发现三条含矿构造破碎带(K1、K3、K4)，四个矿体(图 1)。

(1)龙寨铅锌矿体(K1)

Ⅰ号含矿破碎带因覆盖太厚，勘查区内地表没有发现原生矿体，仅发现砂铅矿体，空间上受岩溶裂隙漏斗控制。矿体长 120 m，宽 2.5 ~ 4.5 m，矿体品位 Pb 0.72% ~ 3.3%，平均 2.05%，Zn 0.037% ~ 0.095%，平均 0.066%。在矿区西 150 m 坝脚村附近发现含矿破碎带，走向 90° ~ 96°，倾向南，倾角 55°，与矿区Ⅰ号含矿破碎带为同一条含矿破碎带。矿化蚀变带长达 500 余 m，厚 3 ~ 5 m，走向近东西。深部铅锌矿体长 80 m，矿体品位 Pb 0.52%，平均 0.52%，Zn2.94%，平均 2.94%，倾角 50° ~ 55°，真厚度 0.77 m，延深 60 m。

(2)上寨铅锌矿(K_3)

矿体产于Ⅲ号构造破碎带中，呈细脉状、似层状产出。长 120m，真厚度 2.19 ~ 6.71 m，延深 30m。品位：铅 0.14% ~ 9.86%，平均 2.47%，锌 0.43% ~ 20.10，平均4.82%。走向为北东 45°，倾向南东，倾角 55°。

(3)通四铅锌矿(K_4)

Ⅳ号破碎带通过工程制矿体长 240 m，真厚度 0.71 ~ 1.56 m；产状走向 31° ~ 40°，倾向北西，倾角 54° ~ 63°，延深 80 m，矿体品位 Pb 0.13% ~ 8.84%，平均 2.02%，Zn 0.11% ~ 3.59%，平均 0.81%。

(4)亚麻厂矿体

Ⅴ号破碎带含矿体长 80 m，宽 0.8 ~ 1.2 m；产状走向 30°，倾向北西，倾角 70°，延深 30 m，矿体品位 Pb 7.27%，Zn 0.21%。

3.2 矿石质量和类型

矿石中铅锌的主要矿物为方铅矿、闪锌矿等，伴生的金属矿物主要为黄铁矿，氧化物、氢氧化物为褐铁矿；非金属矿物方解石、石英、玉髓、白云石。

矿石结构有自形结构、半自形结构、他形结构、碎裂结构等。

矿石构造有团块状、块状、浸染状、蜂窝状、细脉状构造等。

矿石类型依氧化程度可分为氧化矿石、混合矿石、原生矿石、沙铅四种。前两种矿石主要出露于地表附近的氧化带内。矿石产出以原生矿石和混合矿石为主。依矿石矿物成分、结构构造特点可将本区矿石分为团块方铅矿型、致密条带型、沙铅型三种。团块方铅矿型见于主矿带中部，致密条带型常见于破碎带上盘灰岩蚀变带中，沙铅型见于地表附近。

3.3 围岩蚀变

蚀变类型简单，围岩蚀变主要有硅化、碳酸盐化等。它们与铅锌矿化关系最为密切。围岩蚀变强烈地段，蚀变主要为方解石化。方解石化与硅化同时发育时矿化有利。

4 矿床成因分析

水碓房铅锌矿受北西向马关－都龙断裂的影响，矿区内断裂构造较发育。所发现的铅锌矿化体均赋存在力学性质以张扭为主的北东向和东西向蚀变破碎带内，受蚀变破碎带的严格控制，因此北东向和东西向蚀变破碎带应为区内的控矿构造、聚矿构造。

水碓房铅锌矿位于都龙—老君山复式岩体构造西部位外缘。大规模的岩浆活动及区域动力变质作用，以巨大的热能促使地质体中的铅锌等成矿元素多次活化、迁移至 NE—EW 向破碎带内富集成矿。

水碓房铅锌矿是构造控制的低温热液脉状矿床。

参考文献

[1] 李朝阳等. 老君山成矿区变质成因矽卡岩的地球化学特征[J]. 矿物学报，1999(3)
[2] 刘玉平等. 都龙锡锌多金属矿床成矿物质来源的同位素示踪[J]. 地质地球化学，2000(4)
[3] 罗君烈. 滇东南锡钨铅锌银矿床的成矿模式[J]. 云南地质. 1995(12)
[4] 龚洪波等. 麻栗波三保银多金属矿床[J]，云南地质，2005(3)
[5] 郭君等. 马关金矿遥感影像特征及靶区预测[J]，云南地质，2005(2)

新疆天山的地球动力学及其成矿作用

雷显权　陈运平
（中南大学地学与环境工程学院，湖南长沙，410083）

【摘　要】 天山成矿带是我国西部最大的成矿带，成矿条件优越，矿产资源丰富，有铜、金、镍、钼、铁、铅、锌等金属矿产，以铜、金为主。天山造山带是古老板块拼合带，在多旋回的开合运动中，古板块发生过多次裂解扩张和汇聚俯冲，并在其演化过程中伴随着规模巨大的岩浆活动。新疆天山地区的金属矿产资源主要分布在不同时期形成的造山带内，其成矿作用与板块构造演化有着密切的内在联系，主要表现为在不同的地球动力学演化阶段发育不同成因类型的金属矿床。

【关键词】 地球动力学　构造演化　成矿作用　天山

1　区域地质概况

天山横亘于哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦和我国新疆，EW 长约 2 500 km，宽 300 ~ 500 km，平均海拔 4 000 m 左右。天山在大地构造上位于哈萨克斯坦板块，北侧为西伯利亚板块，南侧为塔里木板块。区内地层发育齐全，从前寒武系到第四系均有分布。

我国新疆境内的天山可分为东天山、西天山和西南天山等三部分。东天山地质构造单元主要有北天山晚古生代造山带及中天山地块和南部塔里木板块北缘及哈萨克斯坦 - 准噶尔板块南缘。西天山地处准噶尔板块、伊犁板块和塔里木板块三个构造单元的结合部位，以伊犁板块为主体。西南天山位于哈萨克斯坦板块的伊犁微板块和塔里木板块的北缘活动带及柯坪古生代前陆盆地。

天山地区古老板块在多旋回的开合运动中，发生过多次裂解扩张和汇聚俯冲，并在其演化过程中伴随着规模巨大的岩浆活动。天山地区的金属矿产资源主要分布在不同时期形成的造山带内，其成矿作用与板块构造演化有着密切的内在联系，主要表现为不同构造背景区及构造演化的不同阶段发育不同的成矿作用。

2　天山成矿带的主要金属矿床类型及其特征

矿床的形成有其自身的规律。天山成矿带是我国西部最大的成矿带，东接北山成矿带，西连中亚多金属巨型成矿带，成矿条件优越，矿产资源丰富，金属矿床的成矿时期主要集中于中晚古生代。根据区域矿产分布特征，将其分为东部的东天山成矿带和西部的西天山 - 西南天山成矿带。

2.1 主要矿床类型

东天山地区主要有铜、钼、镍、金、铁等金属矿产。在晚古生代地球动力学演化期间发育有四个矿床成矿系列，即火山岩型铁矿床成矿系列、斑岩型－火山热液型铜矿成矿系列、铜镍硫化物矿床成矿系列和韧性剪切带型－浅成低温热液型金矿成矿系列。按矿床成因类型划分，可将本区铜矿床划分为斑岩型、火山热液型、铜镍硫化物型和矽卡岩型等 4 种成因类型。金矿可划分为韧性剪切带型、浅成低温热液型、岩浆热液型和火山热液型等 4 种类型。铁矿以火山热液型为主，镍矿主要为岩浆熔离的铜镍硫化物型。

西天山－西南天山地区主要有金、铜、镍、铅、锌、钼、钨等金属矿产。根据西天山－西南天山各种矿产分布规律及矿床特征，本区金矿床成因类型可划分为火山热液型、变质热液型、岩浆热液型和沉积型等 4 种类型。铜矿可划分为斑岩型、岩浆熔离型、火山岩型、矽卡岩型、岩浆热液型和砂岩型等 6 种类型。铅锌矿可划分为火山－沉积型、沉积型和热液型等 3 种类型。镍矿、钼矿和钨矿成因类型较单一，镍矿以岩浆熔离型为主，钼矿为斑岩型，钨矿为岩浆热液型。

天山地区主要金属矿床(矿点)的分布见图 1 。

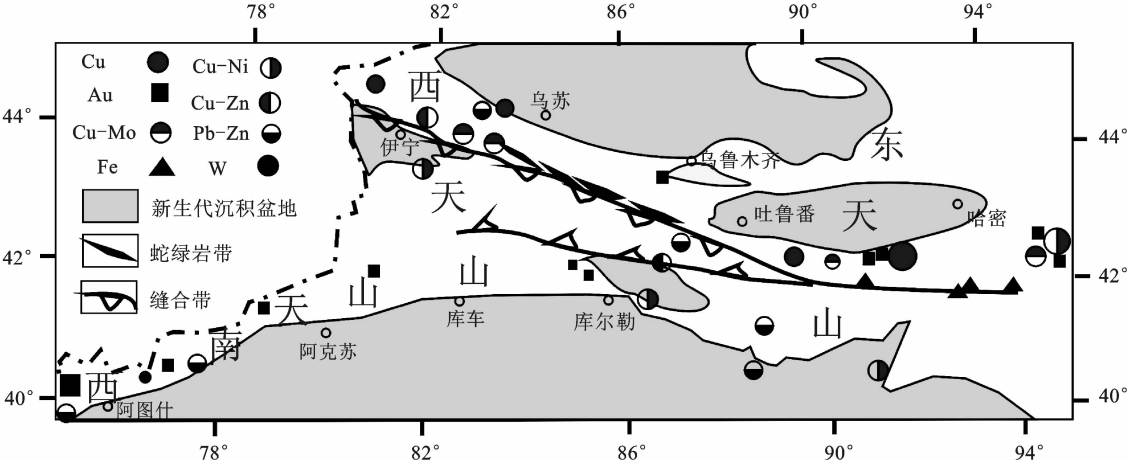


图 1 天山地区主要金属矿床(点)分布图

2.2 典型矿床地质特征

天山地区金属矿床种类很多，但以铜(镍)和金矿床为主，部分典型铜(镍)矿床和金矿床地质特征见表 1。

3 天山地区岩浆作用及其成矿地球动力学意义

天山作为中亚型造山带的主要组成部分，在其构造演化过程中发育了多期次多类型的花岗岩，尤其海西期花岗岩最为丰富，并伴随了海西期大规模成矿作用。张增杰等[7]把天山海西期花岗岩类分为 4 类：幔源(M)型、同熔(SY)型、改造型[混合改造(MT)亚型、富铝改造(PT)亚型和富钾改造(KT)亚型]和 A 型，其演化序列为：M 型－SY 型－改造型－A 型，表

征了造山带花岗岩成分定向演化的规律，是陆壳增生和其成熟度渐高的例证。富铝改造亚型花岗岩类是陆块碰撞拼合的标志，富钾改造亚型花岗岩类花岗岩为碰撞造山减压达到高潮的标志，A 型花岗岩的发育是造山运动结束的标志。土屋—赤湖、石英滩、维权、白山等铜、钼、金矿床与海西中期岛弧环境产出的过铝质钙碱性系列花岗岩类关系密切。

表 1　天山地区典型铜(镍)和金矿床地质特征

矿床名称	土屋－延东铜矿床	黄山铜镍矿床	喇嘛苏铜矿床	康古尔塔格金矿床	萨瓦尔顿金矿床
成因类型	斑岩型	岩浆熔离型	矽卡岩型	韧性剪切带型	变质热液型
矿体形态	厚板状和似层状	板状、盆状	似层状、透镜状、脉状	板状、透镜状	板状、脉状、透镜状
矿石矿物	黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿、铜蓝、辉钼矿	磁黄铁矿、镍黄铁矿、辉钴矿、黄铜矿、黄铁矿、辉钴镍矿	铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿	黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿、闪锌矿、自然金、自然银	金、黄铁矿、脆硫锑铅矿、辉锑矿、磁黄铁矿、毒砂
脉石矿物	石英、绢云母、高岭石、绿泥石、绿帘石、钾长石、方解石	橄榄石、辉石、斜长石、角闪石	石榴子石、透辉石、石英、方解石、绿泥石	石英、绢云母、绿泥石、钠长石	石英、方解石、菱铁矿、绢云母
矿石结构	中－细粒半自形至他形粒状结构	半自形－他形粒状结构、海绵陨铁结构	半自形－他形粒状结构、溶蚀结构	粒状结构、交代结构	自形－半自形粒状结构、他形粒状结构、交代结构、包含结构
矿石构造	浸染状及细脉浸染状	浸染状、块状、脉状	块状、条带状、细脉浸染状	脉状、浸染状、角砾状	浸染状、脉状、条带状、块状、角砾状
围岩蚀变	硅化、绢云母化、黑云母化、泥化、青盘岩化、碳酸盐化	蛇纹石化、滑石化、绿泥石化	水云母化、钾化、矽卡岩化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化	青磐岩化、黄铁绢英岩化、绢云母化、绿泥石化、硅化	硅化、黄铁矿化、毒砂化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化
成矿元素组合	Cu－Mo	Cu－Ni－Co	Cu－Zn	Au－Cu－Pb－Zn	Au－As－Sb
矿床规模	大型	大型	中型	大型	大型
岩浆岩	海西早期花岗闪长(斑)岩	海西期云英闪长岩、花岗斑岩、闪长玢岩	海西早期花岗斑岩	海西期石英正长斑岩、流纹岩	辉绿岩、二长斑岩
成矿时代	323 ± 2 Ma	244 ~ 288Ma	328 ± 16 Ma	255 ~ 290Ma	210 ~ 246Ma

东天山地区分布有众多的镁铁质－超镁铁质岩体，岩体成群成带状分布，受区域性韧性剪切带和断裂构造控制，多有岩浆熔离贯入型的铜镍硫化物矿床与之伴生。含矿岩体可分为多期次侵入的复式杂岩体和单期次侵入的超镁铁质单式杂岩体，显示出深源岩浆充分分异的

特征。含矿岩相具有较高的 Mg#、m/f 和 m/s 值，指示岩浆硫化物熔离作用与岩浆结晶分异作用同时进行。岩石学的构造判别图显示岩浆源具有钙碱性玄武岩浆特征，富水矿物较多，暗示了早期俯冲洋壳对幔源岩浆的交代作用。

天山北部地区存在有石炭纪的埃达克岩－高铁安山岩－富 Nb 玄武质岩组合，其中许多岩体与铜金矿床伴生，如达巴特、阿希、土屋－延东、赤湖等，部分达到大型甚至超大型规模。大部分埃达克岩形成于晚古生代的岛弧背景，是石炭纪北天山洋的年轻洋壳在俯冲过程中熔融形成的。俯冲板片产生的埃达克质岩浆具有高的氧逸度，而其与地幔楔橄榄岩的强烈相互作用将导致地幔中的金属硫化物分解，成矿金属元素进入到岩浆中，这可能就是天山北部铜金矿化与一些埃达克岩、高镁安山(闪长)岩或富 Nb 岛弧玄武质岩密切共生的基本原因。埃达克岩的存在将为在本区进一步寻找相关的矿床提供有用的线索。

4 天山地区地球动力学演化与成矿

从亚洲构造运动演化来看，包括天山在内的中国大陆及中亚地区的现代构造格架是印度板块向北碰撞挤压欧亚板块的结果，天山的隆升是碰撞的远距离响应。新疆西北地区的的构造演化始于元古代，在漫长的地质历史时期中，经历了多次洋陆转化。天山造山带及其邻区地壳的融合和稳定始于中、晚古生代，发生过两次大的碰撞事件。在经过中生代及早新生代的长期平静之后，由于印度/欧亚板块的碰撞，作为古生代碰撞造山带的天山在新生代遭受了强烈的挤压，两侧盆地的地壳缩短造就了一个大陆内部的典型再生造山带，形成了天山现今的形态。

青白口纪末—早震旦世初，西伯利亚、哈萨克斯坦、准噶尔、华北、塔里木和卡拉库木等地块是一个泛大陆，即罗迪尼亚超大陆。早震旦世以后，随着罗迪尼亚超大陆的开始裂解，原始的古中亚洋在西伯利亚地块和卡拉库木地块—塔里木地块—华北陆块之间裂解扩张。在新疆北部，古中亚洋的裂解扩张有由北向南逐渐推移的趋势，新疆唐巴勒洋为寒武纪—奥陶纪，大草滩洋为奥陶纪—志留纪，南天山洋为晚志留世—早泥盆世。奥陶纪—志留纪，唐巴勒洋和大草滩洋的俯冲作用在新疆天山形成了一系列的早古生代的沟－弧－盆体系。早泥盆世初，板内伸展作用在新疆天山地区普遍发生，形成了泥盆纪－石炭纪的巴音沟洋、卡拉麦里洋和康古尔塔格洋。巴音沟洋和康古尔塔格洋的俯冲作用在新疆天山形成一系列晚古生代的沟－弧－盆体系。该阶段是天山地区斑岩铜钼矿最主要的成矿时期。晚石炭世末—二叠纪，天山地区所有洋盆闭合，进入板块碰撞－板内伸展阶段。

在东天山地区，奥陶纪－志留纪，沿吐哈盆地南缘断裂，大草滩洋板块分别往南北两侧俯冲到吐哈地块和中天山地块之下，在吐哈盆地南缘和中天山一带形成早古生代岛弧带。早泥盆世初，随着大草滩洋的闭合，东天山进入板块碰撞－板内伸展阶段，形成泥盆纪—石炭纪的卡拉麦里洋和康古尔塔格洋。卡拉麦里洋在泥盆纪—石炭纪期间是向北单向俯冲于西伯利亚板块之下，因此其俯冲－闭合过程对东天山影响有限。而康古尔塔格洋板块则沿康古尔－黄山断裂向南北两侧俯冲，在康古尔—黄山断裂以北形成大南湖—头苏泉晚古生代岛弧和博格达－哈尔里克晚古生代弧后盆地，在康古尔—黄山断裂以南形成阿奇山－雅满苏晚古生代岛弧带。在该晚古生代岛弧带分布有土屋—延东、灵龙和赤湖铜(钼)矿，其成矿时代为泥盆纪—石炭纪，成矿主要与晚古生代康古尔塔格洋板块俯冲作用有关。可能由于碰撞拼贴后

岩石圈拆沉－幔源岩浆上涌作用，导致拼贴后的新陆壳于早石炭世沿康古尔缝合带再次拉张裂陷，形成与裂陷槽火山－沉积有关的铁铜锌成矿系统，如小热泉子、银帮山 VMS 型铜锌矿床、火雅满苏山岩型铁矿床和沙泉子铁铜矿床等。晚石炭世末—早二叠世初，康古尔塔格洋闭合，东天山地区再次进入板块碰撞－板内伸展阶段，由于板内幔根的部分熔化，造成深源斑岩岩浆侵位，形成三岔口斑岩铜(钼)矿和维权矽卡岩型银多金属矿床。二叠纪—早三叠世，东天山地区进入了后碰撞伸展演化阶段，由于幔源岩浆的底垫作用，造成深部岩浆侵入地壳和喷出地表，形成与镁铁－超镁铁岩石和碱性花岗岩相关的黄山、黄山东、白石泉等铜镍硫化物矿床，沿康古尔塔格成矿带广泛发育的韧性剪切带型和热液型金矿的成矿时代与铜镍矿基本一致。三叠纪，受特提斯洋裂解扩张的远程作用，天山地区处于挤压－堆叠环境，在局部伸展环境下，深源斑岩岩浆侵位，形成白山斑岩钼铼矿。

在西天山地区，奥陶纪—志留纪，唐巴勒洋板块往南俯冲到伊犁地块之下，在赛里木—博罗科洛一带形成早古生代岛弧带。早泥盆世初，由于受板内伸展作用的影响，在阿拉山口－巴音沟一带形成泥盆纪－石炭纪的巴音沟洋，巴音沟洋向南的俯冲作用形成一个完整的晚古生代沟－弧－盆体系，即依连哈比尔尕晚古生代弧前－海沟带、别珍套－科古琴晚古生代岛弧带和吐拉苏晚古生代弧后盆地。在该晚古生代岛弧带分布有喇嘛苏铜锌矿及达巴、冬吐劲、莱历思高尔和肯登高尔等铜矿床，成矿时代为泥盆纪—石炭纪，成矿主要与晚古生代巴音沟洋板块俯冲作用有关。古生代末，西天山东段海西期构造层沿红五月桥断裂向南陆内俯冲到望峰矿区之下，派生了携带成矿物质的大量流体并向低温低压的浅部运移，从而诱发了望峰金矿的成矿作用。

在西南天山地区，晚前寒武纪—早古生代期间南天山洋盆开始形成。南天山洋洋壳在早志留世开始向北侧伊犁板块下俯冲，晚志留世在那拉提山一带形成了巴音布鲁克组岛弧型火山岩，伴有与火山岩有关的金矿化，如乔霍特浅成低温热液型铜金矿点。早石炭世，塔里木与伊犁－中天山地块开始碰撞，于石炭纪末结束。地块碰撞过程中，在西南天山东段形成大面积带状分布的碰撞造山期钙碱系列花岗岩类，发育与之有关的钨－金－铜－铅－锌矿床系列，如硫磺山斑岩型金银多金属矿床。伴随最后的碰撞，广泛形成逆冲推覆构造和发育一系列韧性剪切带，形成与韧性剪切带有关的金矿床。二叠纪，由于造山隆起，早期处于韧性剪切域中剪切带被抬升到脆韧性转折域，进入伸展环境，金等成矿物质卸载沉淀，形成萨瓦亚尔顿金矿床。二叠纪后西南天山乃至整个中亚地区进入后碰撞演化阶段。随着碱性花岗岩的侵入，形成了与之有关的矽卡岩型金矿、锡矿及稀有金属矿床。伴随区域断裂活动，在次级断裂破碎带中形成石英－重晶石脉型金矿床。三叠纪西南天山发生了大规模的韧脆性走滑作用，形成受大山口－萨恨托亥韧性剪切带控制的大山口金矿床。

5 结语

天山成矿带是我国西部最大的成矿带，成矿条件优越，形成了以铜、金为主的丰富的金属矿床，分布在不同地球动力学演化阶段形成的造山带内，主要成矿时期为中晚古生代。天山地区在构造演化过程中，古板块发生过多次裂解扩张和汇聚俯冲，发育了多期次多类型的岩浆作用，尤其以海西期最为丰富，并与之伴随了大规模的成矿作用，如伴随碰撞造山期岛

弧环境钙碱系列花岗岩类的铜、钼、金等矿床，伴随后碰撞伸展期镁铁－超镁铁质岩体的铜镍硫化物矿床，特别值得注意的是本区北部的埃达克岩，铜、金矿化与其有密切关系。在后碰撞伸展演化阶段，形成了与韧性剪切带有关的金矿床。

参考文献

[1] 刘亮明. 成矿理论的预测能力及其改善途径[J]. 地学前缘, 2007 , 14 (5): 82 ~ 91

[2] 韩春明, 毛景文, 杨建民等. 东天山晚古生代内生金属矿床类型和成矿作用的动力学演化规律[J]. 地质学报, 2002, 72(2): 22 ~ 234

[3] 赵仁夫, 程晓红, 王庆明等. 西天山－西南天山成矿带勘查新发现及找矿远景[J]. 西北地质, 2006, 39 (2): 413 ~ 424

[4] 王志良, 毛景文, 张作衡等. 新疆天山斑岩铜钼矿地质特征、时空分布及其成矿地球动力学演化[J]. 地质学报, 2006, 80 (7): 943 ~ 955

[5] 李智明, 赵仁夫, 霍瑞平等. 新疆土屋－延东铜矿田地质特征[J]. 地质与勘探, 2006, 42 (6): 1 ~ 4

[6] 杨富全, 毛景文, 王义天等. 新疆西南天山萨瓦亚尔顿金矿床地质特征及成矿作用[J]. 矿床地质, 2005, 24 (3): 206 ~ 227

[7] 张增杰, 陈衍景, 陈华勇等. 天山海西期不同类型花岗岩类岩石化学特征及其地球动力学意义[J]. 矿物岩石, 2003, 23 (1): 15 ~ 24

[8] 李文明, 任秉琛, 杨兴科等. 东天山中酸性侵入岩浆作用及其地球动力学意义[J]. 西北地质, 2002,35 (4): 41 ~ 64

[9] 孙赫, 秦克章, 李金祥等. 东天山图拉尔根铜镍钴硫化物矿床岩相、岩石地球化学特征及其形成的构造背景[J]. 中国地质, 2006, 33(3): 606 ~ 617

[10] 秦克章, 丁奎首, 许英霞. 东天山图拉尔根、白石泉铜镍钴矿床钴、镍赋存状态及原岩含矿性研究[J]. 矿床地质, 2007, 26 (1): 1 ~ 14

[11] 孙赫, 秦克章, 徐兴旺, 等. 东天山镁铁质－超镁铁质岩带岩石特征及铜镍成矿作用[J]. 矿床地质, 2007, 26 (1): 98 ~ 108

[12] 王强, 赵振华, 许继峰等. 天山北部石炭纪埃达克岩－高镁安山岩－富 Nb 岛弧玄武质岩：对中亚造山带显生宙地壳增生与铜金成矿的意义[J]. 岩石学报, 2006,22(1): 11 ~ 30

[13] 王京彬, 王玉往, 何志军. 东天山大地构造演化的成矿示踪[J]. 中国地质, 2006,33(3): 461 ~ 469

[14] 韩春明, 肖文交, 崔彬等. 新疆北部晚古生代铜矿床主要类型和地质特征[J]. 地质学报, 2006,80(1): 74 ~ 89

[15] 王义天, 毛景文, 陈文等. 新疆东天山康古尔塔格金矿带成矿作用的构造制约[J]. 岩石学报, 2006,22 (1): 236 ~ 244

[16] 毛景文, 杨建民, 屈文俊等. 新疆黄山东铜镍硫化物矿床 Re－Os 同位素测定及其地球动力学意义[J]. 矿床地质, 2002,21(4): 323 ~ 330

[17] 李月臣, 赵国春, 屈文俊等. 新疆香山铜镍硫化物矿床 Re－Os 同位素测定[J]. 岩石学报, 2006,22 (1): 245 ~ 251

[18] 陈华勇, 鲍景新, 张增杰等. 新疆望峰金矿成矿物质和流体来源同位素示踪－碰撞造山成矿作用研究示例[J]. 中国科学(D 辑), 2000, 30 (增刊): 45 ~ 52

[19] 杨富全, 毛景文, 王义天等. 新疆西南天山金矿床主要类型、特征及成矿作用[J]. 矿床地质, 2007,26 (4):361 ~ 379

大厂矿田铟成矿物质来源与富集规律研究

伍永田　戴塔根　陈松岭
（中南大学地学与环境工程学院，湖南长沙，410083）

［摘　要］　大厂龙头山 100 号锡多金属矿体是铟的主要富集部位，有多种含铟矿物存在。

大厂矿田内产出有铜坑——长坡锡（Sn）多金属矿、高峰锡（Sn）多金属矿、龙头山锡（Sn）多金属矿、拉么锌（Zn）铜（Cu）矿、大福楼锡（Sn）多金属矿、亢马锡（Sn）多金属矿、茶山钨（W）锑（Sb）矿等。

正是因为大厂矿田内储量巨大的有色金属矿产资源，一提起大厂，人们往往想到的是其规模巨大的锡、锑、钨、铅、锌等基本金属资源，而很少重视其具有巨大经济价值的分散元素资源，其中最重要的就是铟、镓和锗等。据目前已经探明情况表明，大厂矿田的铟资源量在我国、甚至全球都是规模最大的，大厂矿田内的几乎所有矿床都富含铟，单个矿床的铟金属储量都达到大型甚至超大型。

［关键词］　大厂矿　铟矿体　富集规律

1　矿体基本地质特征

因为区内主要矿床有东矿带的铜坑－长坡 Sn 多金属矿床、龙头山（高峰）100 号 Sn 多金属矿体，中矿带的拉么 Zn，Cu 矿及西矿带的亢马 Sn 多金属矿床等，但是目前主要发现的富铟矿体是龙头山 100 号锡多金属矿。

龙头山（高峰）100 号矿体是大厂矿田中一个比较特殊的超大型矿体，位于铜坑－长坡矿床 SE 侧，矿体的空间形态呈一扭曲的“麻花”状赋存于大厂背斜核部纳标组（D2n）碲灰岩中是一个埋藏较深的盲矿体。据工程揭露，碲体呈 NNW 向展布的马蹄状，长 3550 m，宽 2 750 m，高约 900 m。矿体长 200～300 m，厚度 3.35～46 m，延深 730 m。矿体主要由块状矿石和条带状矿石组成，几乎没有夹石，仅偶见有残留的碲灰岩岩块和沥青团块。矿体与碲灰岩接触界面清晰，接触面附近局部见有断裂擦痕、方解石脉以及碲灰岩破碎角砾，燕山晚期花岗斑岩脉切穿矿体和碲灰岩。矿石中金属富集程度极高，Zn，Pb，Sb，Sn 和 Ag 的平均含量分别为 10.10%、5.21%、4.80%、1.86% 和 1.569×10^{-4}。因此，整个矿体像个大金属砣子夹在碲灰岩中。

矿石中金属矿物主要有：锡石、铁闪锌矿、磁黄铁矿、脆硫锑铅矿、毒砂、黄铁矿、白铁矿、胶黄铁矿，次为黄铜矿、黝铜矿、黝锡矿、方铅矿、硫锑铅矿等。脉石矿物为石英、方解石、萤石、炭质沥青等。矿石自然类型可划分为致密块状、条带状和细－网脉浸染型 3 种矿石类型，前两种类型占矿石总量的 90% 以上。

2 铟元素物质来源

2.1 赋矿地层含铟特征

中国地质科学院陈毓川院士等人于 1985 年完成了“六五”国家科技攻关项目“个旧—大厂及其外围地区锡矿成矿条件、找矿方法及成矿远景”的科研项目，在多次以外工作及大量室内工作的基础上，对大厂矿带内的地层地球化学、矿床形成地质条件、成矿规律、成矿模式和成矿预测等进行了较系统而深入的研究，提出桂北地区主要成矿元素的本底值，发现地层中原始成矿元素含量并不高，进入岩浆活动的区域则逐渐升高，还同时研究了矿田内主要金属矿物中有用元素含量、有用元素赋存状态、空间展布规律、富集条件等。

2.2 岩体与铟的关系

1984 年中国有色金属总公司矿产地质研究院付金宝等人完成了“广西大厂矿田几个矿物的标型特征及其地质意义”的专项研究，他们详细研究了磁黄铁矿、黄铁矿、闪锌矿、锡石、萤石等五种典型矿物的产状、形态特征、化学成分特征、物理性质等，通过这些研究，他们得出了大厂矿田成矿作用与龙箱盖花岗岩体有密切关系，在铁闪锌矿中含有较高的 In。

2.3 铟与锡的关系

涂光炽等详细研究了全球不同类型矿床平均铟含量的变化(图 1)，很显然，最富铟的矿床是锡石硫化物矿床和富铟的铅锌矿床。国内著名的大厂矿田、云南都龙、白牛厂、个旧锡铅锌矿床、广东金子窝和内蒙古孟恩陶勒盖矿床等等，都是富铟矿床的例子；而日本的丰羽矿山(Toyoha)、鹿儿岛矿山、西班牙的 Nevos Corvo 矿床、加拿大的 KiddCreek 矿床等等富铟矿床也都不同程度的富含锡。这说明锡在铟的富集过程中起到了某种重要作用。

图 1 表示不同类型的矿床中铟与锡的关系。可以看出，不同类型矿床中，铟与锡具有同步增长的关系，即使在贫铟的矿床中，如铁、锰、铜矿长中，这种同步消长的关系也存在。而在热液型、夕卡岩型矿床中，矿石中铟和锡的含量明显高于其他类型的铅锌矿床。即使处于同一矿田的不同矿床，含锡低的矿床含铟也相应低，如大厂矿田的拉么铜锌矿床锡含量低，铟的含量比高峰 100 号矿体低 5 ~ 10 倍。

但是尽管铟富集在含锡的硫化物矿床中，但是大部分的铟并不进入锡石而是进入闪锌矿等集中矿物中，刘英俊认为是富含铟的矿物在晶体结构上都具有四面体结构。

涂光炽等人认为锡在铟富集过程中所起的主要作用在于：由于铟与锡的地球化学性质的相似性，当锡存在的情况下，铟才可能大量进入热液体系，使得铟在成矿溶液中能够达到较高的浓度，而在沉淀过程中，铟与锡分道扬镳，大量进入具有四面体结构的闪锌矿中。

在大厂矿田，确实存在铟和锡之间的这种关系，

2.4 铟与成矿温度之间的关系

涂光炽等人对不同矿床中铟的含量与成矿温度之间做了定性分析后指出，从沉积岩中的

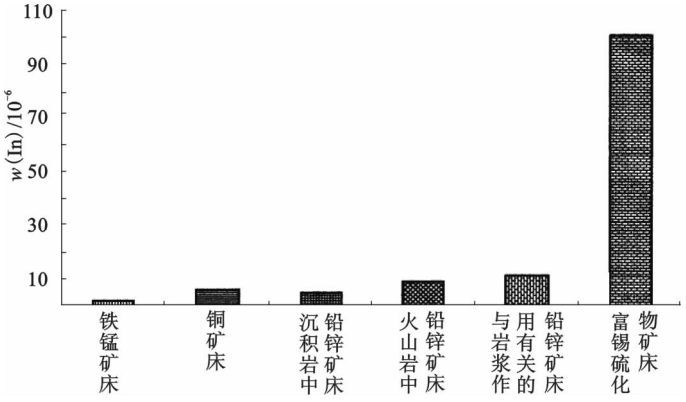


图 1　一些主要矿床中铟含量(据涂光炽等)

铅锌矿→铜矿床→火山岩中的铅锌矿床→岩浆热液－夕卡岩型铅锌矿床，成矿温度从 190℃升高到 350℃以上(图 2)，矿石中铟的平均含量有所升高，而富铟矿床的成矿温度从 250℃至 320℃。由此看出，富铟矿床都具有较高温度，但是高温并不一定都富铟，也就是说，温度并不是铟富集的决定因素。

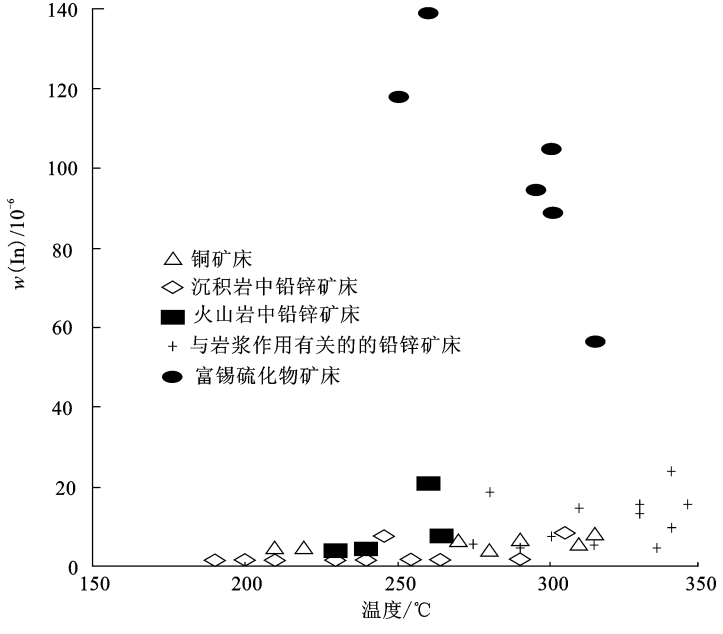


图 2　不同类型富铟矿床中成矿温度(据涂光权等)

在垂直方向上，铟含量与深度成正相关关系。以长坡矿床为例，725 水平铁闪锌矿中平均含铟为 0.0288%，685 水平铁闪锌矿平均含铟为 0.0543%，635 水平铁闪锌矿平均含铟 0.0618%。从长坡矿床 38 号矿脉中铁闪锌矿中铟的含量来看，也具有同样的现象。725 水平

铁闪锌矿中平均含铟 0.012%，685 水平 0.0426%，635 水平 0.0598%。

卜国基(2000)在论述大厂矿田中铟的分布的时候也提出了类似的观点，他认为在同一矿床中，铟含量与深度呈正相关关系(图 3)，以长坡锡石硫化物矿床脉状矿体为例，在 725 m 标高水平铁闪锌矿中平均含铟 0.0288%，685 m 水平

含 0.0543%，635 m 水平含 0.0613%；长坡 38#脉铁闪锌矿中铟的品位也同样存在这种现象，如 725 m 水平铁闪锌矿平均含铟 0.0123%，685 m 水平含 0.0426%，635 m 水平含 0.0598%。这种情况符合正常规律，因为铟与成矿温度成正相关关系，一般深部的铁闪锌矿比浅部的形成温度高，故铟的含量高。

在垂直方向上出现这种情况是符合正常规律的。因为铟的富集与温度之间存在正相关关系，深部的铁闪锌矿形成温度肯定比浅部的铁闪锌矿形成温度要高，成矿热液、成矿流体从下部向上贯入过程中，随着温度的降低，铟的富集程度也下降。

因为目前对大厂矿区范围内，没有进行系统的平面取样分析，故在平面上铟的分布规律还不清楚，是否存在一定的规律，还不能下结论。但是从目前掌握的有限的一些资料来看，在同一矿床中，铟沿着水平方向，其含量变化不大。

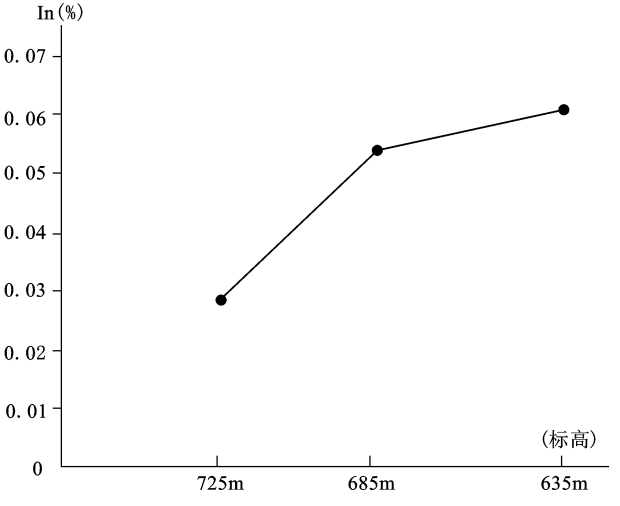


图 3　长坡矿铟含量与标高的关系

前人已经详细作过对大厂矿区内各类岩浆岩、泥盆系含矿围岩及区域地球化学场、主要金属矿物中标型元素含量的对比研究，以及对本区铅、硫、碳稳定同位素组成及其演化规律的研究，可以认为：本区主要金属元素 Sn 及其伴生元素 W，大部分 Pb，Zn，Fe，Sb，As 等来自本区深融或下地壳重熔型花岗质岩浆，而部分 Fe，Zn，Mo，Sb，As 为岩浆侵位过程中同化或热液淋滤古生代或成矿围岩地层中获得。其中 Mo 在沉积岩(碳质页岩)中形成高浓度(可达数十倍)的原始富集。携带金属迁移、富集的挥发份组分中 B，P，F，Cl，S 等主要源自岩浆岩，而部分 Cl，C，S 源自地层。铟在赋矿地层中的含量目前研究还相对较少。

3 铟富集有利部位

在大厂矿区，铟的富集规律主要表现在以下几个方面：

（1）铟赋存在铁闪锌矿中，在铁闪锌矿中主要以类质同相的方式存在，而很少存在铟的独立矿物，尽管涂光炽等人曾经在大厂铜坑矿的选矿产品－锡精矿中发现过自然铟，但是数量极少，不足以构成大厂矿区如此巨大的含铟量。

（2）铟在铟的富集过程中起到了某种未知的、但是非常重要的作用，含铟最高的矿床是锡石硫化物矿床，次之是含锡铅锌矿，而含铟最低的是不含锡的铅锌矿。

（3）在同一矿体中，随着成矿温度的升高，铟的含量也呈正相关性的上升，在浅部，由于成矿温度低，铟的含量也低。

（4）与其他地方相同类型矿床相比较，大厂矿区各个矿床都不同程度的富含铟，如在脆硫锑铅矿、黄铁矿等矿物中含铟超过其他地区矿床中同种矿物一个数量级以上，在目前以及可以预见的未来，铟都具有较大的经济价值。

（5）在大厂矿区，岩浆岩在成矿作用过程中起到的作用不可忽略，越靠近岩体，铟的含量越高。

参考文献（略）

黔西北地区构造与铅锌成矿

金中国[1] 戴塔根[2] 武国辉[1]
(1 贵州省有色地质勘查局 贵州贵阳 550005; 2 中南大学地质与环境工程学院 湖南长沙 410083)

[摘 要]黔西北铅锌成矿区铅锌矿产出受地层、岩性、构造、岩浆岩、沉积环境多重因素控制,但构造是最主要的控制因素,并具分级控矿特点。本文对区内铅锌成矿机制,构造控矿因素以及成矿模式进行了初步研究,以希为该区加快"攻深找盲"步伐,提高找矿定位成功率提供有益信息。

[关键词] 黔西北 构造 铅锌矿

1 构造成矿作用研究现状

构造成矿作用是一个复杂的时空混沌动力学系统,在时间上表现为成矿的多期多阶段性,在空间上显示出矿床分布的不均匀性和分形特征。构造 – 成矿流体相互作用和力学 – 化学耦合作用导致成矿流体矿质的异常集中及阶段性释放和多期成矿。依据成矿作用普遍具有多期多阶段性,陈国达(1978)提出"多因复成矿床"理论;有关学者依据耗散结构理论和时空混沌理论研究认为,构造成矿动力系统是一个开发的耗散系统,成矿作用的发生实质是成矿流体的非平衡态失稳并逐渐转变为新的有序(耗散结构),导致成矿作用的局域化,从而较好地解释了在相同或相似的地质条件下,有的地区有大型和超大型矿床产出,而有的仅有小型或没有矿床产出。

Okubo(1987)、Hirata、易顺民(1995)、谭凯旋等(1998)研究成果表明,断裂构造成矿作用具分形特征,谭凯旋并应用非线性科学理论研究了水口山大型铅锌多金属矿构造成矿作用的复杂性和非线动力学性机制。

近年於崇文院士从成矿系统复杂性的视角认识矿床的形成及其内禀属性,提出"矿床在混沌边缘分形生长"的新成矿理论,并在赣动北银矿山大型矿床、湖南柿竹园大型铅锌大型矿床、攀枝花钒钛磁铁矿床等著名矿区研究推广应用。韩润生(2000、2001)等在黔西北相邻区的会泽大型铅锌矿床开展了构造地球化学定位预测研究,取得较好的找矿效果。

2 黔西北地区构造与铅锌成矿

黔西北地区位于康滇地轴东侧,小江、师宗—盘县、垭都—紫云三条深(大)断裂交汇区,是川、滇、黔铅锌多金属矿集区的重要组成部分。构造活动十分强烈,逆冲断层及紧密褶皱发育,与成矿关系密切,并具分级控矿特点。

2.1 区域性深大(隐伏)断裂带控制铅锌成矿区分布

在区域上,小江断裂带,昭通—曲靖隐伏断裂带,垭都—紫云断裂带为长期活动的区域