



纪念“地洼学说”创立50周年

2006
年

湖南矿物岩石
地球化学论丛

HUNAN KUANGWU
YANSHI DIQIU
HUA XUE

luncong

戴塔根 主编
中南大学出版社

纪念“地洼学说”创立 50 周年

2006 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

图书在版编目(CIP)数据

2006 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, 2006. 8

ISBN 7-81105-419-1

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(2006)第 082169 号

2006 年湖南矿物岩石地球化学论丛

戴塔根 主编

☐ 责任编辑 刘石年

☐ 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 19.25 ☐ 字数 476 千字

☐ 版 次 2006 年 8 月第 1 版 ☐ 2006 年 8 月第 1 次印刷

☐ 书 号 ISBN 7-81105-419-1/D·004

☐ 定 价 60.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

序

《2006 年湖南矿物岩石地球化学论丛》又出版了，这是我们学会与学院每年的常规工作，但是，今年《论丛》的出版具有两重意义。其一是展示我省矿物岩石地球化学和我院地学工作者在今年内取得的部分成果；其二，今年是我国已故著名地质学家陈国达院士创立“地洼学说”50 周年，对于前者，我不想多说；但对于后者，我有很多话想说。

“地洼学说”的创立，我个人认为，至少体现了几个方面的事实。

首先，重大成果的取得，除了成果获得者的本身的天赋以外，最重要的是要通过艰苦的研究与实践。陈国达院士从 1943 年起从事地质事业，到 1956 年创立“地洼学说”，经历了 10 多年的历程。在这期间，既有爬山涉水、风餐露宿的野外工作，也经过了深入细致的室内探索，从而为“地洼学说”的创立取得了十分丰富的基础资料。

其次，在研究过程中，要有辩证的创新思维。陈国达院士在当年学术氛围不是十分有利的情况下，能开拓创新，勇于探索，向国际权威提出挑战，这是十分可贵的精神，是值得我们永远学习的。如果当时作为青年学者的陈国达没有这种敢于创新与挑战的精神，也就没有今天享誉四海的“地洼学说”。

再有，任何理论的提出，必须与国民经济建设相结合，“地洼学说”自创立以来，在国内外得到了普遍应用，在多次国际“地洼学说”会议上，国内外学者都高度评价该学说的理论意义与实际价值。在国内许多生产矿山中，科技工作者应用该理论，找到了巨大数量的接替资源，为矿山的可持续发展和社会稳定作出了重大贡献。

值此“地洼学说”诞生 50 周年之际，将此《论丛》献给已故的陈国达院士，以寄托我们的哀思，也献给“地洼学说”，以期为学说的发展添砖加瓦。

历史的经验是最宝贵的意见，从“地洼学说”的创立、发展过程，我们已经深深地体会到了这一点。作为新时代的地学工作者，我们应该继承前人的意志，为社会的发展和科学技术的进步作出应有的贡献。

在本《论丛》的征文过程中，得到了会员和我们学院师生的高度重视，学会的各项工作也得到了会员单位与学院的大力支持，我们学会能坚持发展到今天，我代表学会向会员单位和个人表示衷心的感谢，并且希望在以后的工作中得到大家更多的支持。

还有很多话想说，限于篇幅，只写这些，以为序。

戴塔根

2006年6月18日

于岳麓山

目 录

振兴湖南有色地矿行业几个问题的思考	戴塔根 马仲湘(1)
-------------------------	------------

矿物岩石

内蒙古锡林浩特市毛登锡铜矿花岗斑岩特征	张德贤 朱余德 石得凤 郭 喆(5)
当代流体包裹体研究及应用	欧阳恒 彭省临 赖健清(11)
核废料地质处置裂隙岩体热—水—力耦合作用模型研究	饶 龙 丁德馨 张志军(14)
煤矸石的综合利用途径及存在问题	罗泽中 刘伟(20)
内蒙古锡林浩特市毛登锡铜矿火山角砾岩特征及成矿意义	石得凤 朱余德 张德贤 曾凌方(24)
内蒙古锡林浩特阿亥艾日格多金属矿区微量元素特征及找矿意义	张德贤 孙振家(27)

矿床地质

湖南郴州龙头岭矿区铅锌银矿床成矿规律分析	刘国文(37)
个旧矿区与凹陷带有关的控矿因素的初步认识	邵拥军 张貽舟 刘 明 贺 辉(40)
河北青龙望头山金矿床地质特征及找矿方向	冀天方 洪金益(42)
广东大顶矿田控矿因素分析	杨智荣 刘 伟 胡祥昭 岳 芳(50)
招远灵北断裂带金矿体的侧伏规律及制约因素	梁恩云 杨 斌 赖健清(55)
湘西沃溪钨铋金矿床成矿的独特性	陈明辉 鲍振襄(58)
湘西北黑色岩系中镍钼钒多金属矿床	陈丽辉 孙际茂 鲍振襄 包觉敏(64)
湖南桂阳黄沙坪矿区钨钼铋多金属矿床分带特征	钟正春 谷湘平(71)
湘西北硅石矿床	姜亚利 孙际茂 鲍振襄 陈丽辉(77)

石油地质

湘中涟源凹陷烃源岩分析	郭建华 周小康(81)
塔里木盆地阿克库勒地区三叠系岩矿特征及物源方向	刘辰生 朱 锐 李 群 邓园园 郭宇航(88)
塔里木盆地北部 YQ3 井奥陶系油气成藏条件及成藏期分析	旷理雄 苏调红 戴黎明(93)
孤岛油田西区北馆 3—6 砂层组成岩作用及储层特征	邓园园 刘辰生 郭宇航(99)
潭口地区新沟嘴组下段油源对比及其勘探意义	李 群 郭建华(105)
巴楚地区同岗构造带油气成藏条件分析	苏 娟 郭建华 朱 锐(110)

中国煤成油及其在大庆外围盆地的研究	赵卫东	曲希玉(115)
湘中涟源凹陷构造抬升与地层剥蚀研究	朱 锐 郭建华	旷理雄(121)

成矿构造

内蒙古太仆寺旗大黑山—狼窝山金矿区幔枝构造成矿模式研究	奚小双 李文光 孔 华	(126)
溆浦县龙王江金矿韧性剪切带控矿特征及矿化富集规律	雷忠平 陈丽辉	许 艳(131)
招远黄埠岭金矿成矿期构造应力场分析	杨 斌 李守生 谭仕敏	罗凤亿(138)
内蒙毛登铜锡锌多金属矿床构造控矿特征分析	张进富 黄德志	张德贤(141)
湘西北区域断裂构造控矿特征与成矿机理研究	刘光昭	尹华锋(147)
内蒙毛登锡铜矿床成矿作用大地构造背景	张进富 黄德志	张德贤(154)
峪耳崖金矿矿床地质特征与控矿因素研究	龚玲兰 奚小双	(159)

新技术、新方法及其应用

混合像元分解提取遥感矿化蚀变信息的方法研究	樊俊昌 傅文杰	洪金益(165)
GIS 数据可视化技术及其在社会经济信息空间集成中的应用	申柏希 何原荣	许兆军(170)
矿床研究中计算模拟技术的应用	赵义来	刘亮明(176)
地洼构造区划的 GIS 制图及其在成矿学中的应用	骆文轩 欧阳恒 谷湘平	彭省临(179)
陀螺经纬仪在矿山测量中的应用	赵志全	邓才华(183)
基于 OpenGL 的数字地形分析可视化		戴一鸣(188)
主成分分析在遥感蚀变信息提取中的应用	樊俊昌 傅文杰	洪金益(193)
一种模拟曲线数字化的方法及其程序在地勘中的应用		雷动智(198)
Excel 下绘制三角图的方法和工具	谷湘平	钟正春(203)
大口径牙轮钻头设计方法的探讨	宋 磊	罗衡章(205)
AFS-2202E 原子荧光光度计测定茶叶中的砷	游红杨	贾晓光(209)

环境与勘察工程及其他

地下水与岩溶塌陷关系研究		马业禹(213)
乌江构皮滩电站拱坝拱座地质缺陷以及处理方法	徐力生 苏 达	徐 蒙(219)
良山国家地质公园地质遗迹保护初探	徐 蒙	戴塔根(223)
差压式密度计与核子密度计测量原理及其比较	徐 蒙	戴塔根(227)
大冲沟滑坡治理工程分析	谢海英	毛卫红(232)
钢管桩在湘西自治州某公司新建住宅楼基础加固中的应用	廖从容	隆 威(237)
我国煤矿安全生产的现状、原因及对策		罗泽中(240)
深孔大口径灌注桩处理隧洞中的充填型溶洞	罗衡章	宋 磊(244)
某深基坑锚式连锁灌注排桩的变形分析		赵红霞(249)

钢箱梁桥面板复合铺装探讨	戴塔根	戴智敏(254)
小浪底水利枢纽 4 号公路大垭口滑坡稳定分析		董昊雯(258)
长沙盆地白垩纪地质环境对软岩强度的影响分析	李国银	奚小双 彭柏兴(262)
注浆技术在工程中的应用	陈丽辉	方茜娟 王德丰(265)
边坡岩体结构面抗剪强度参数概率模型分析	汤新福	曾祥发 柳群义(270)
深基坑开挖引起山体滑坡的治理		蒋利钧(274)
郴州红旗岭矿锡矿石过粉碎的原因和预防探析	刘益成	张革胜 杨国良(278)
谈谈市政道路路基工程施工监理工作的体会		吴建良(282)
本科地质专业的 3S 技术教学探索	谷湘平	朱谷昌(286)
改进教学方式, 提高工程机械类课程教学质量		彭环云(289)
计算机基础课程分级教学改革的探讨	周 薇	蓝 岚(293)
充分发挥地理学科在中学环境教育中的作用		谭子青(298)

振兴湖南有色地矿行业几个问题的思考

戴塔根¹ 马仲湘²

(1. 中南大学地学与环境工程学院, 长沙, 410083; 2. 湖南有色地勘局, 长沙, 410015)

【摘要】 为了振兴湖南有色地矿行业, 一方面应该扩大湖南有色金属资源、开辟省外和国外两个市场、加大资源综合利用水平; 另一方面, 建立人才培养基地, 以满足地矿行业对专业人员的需求。

【关键词】 有色金属资源; 市场; 综合利用; 人才培养; 湖南

我国是一个人口众多并处于工业化中期的发展中国家, 需要大量消耗矿产资源。为实现 2020 年国民经济翻两番和 2050 年全面实现工业化的宏伟目标, 未来 20 ~ 30 年内国民经济仍将保持 6% 以上的年平均增长率。据预测, 到 2020 年我国铜需求约 500 ~ 650 万吨、铝 1100 ~ 1300 万吨, 比 2003 年的 329 万吨和 500 万吨增长约 50% ~ 100%。因此我国 GDP 的快速增长仍将依赖于有色金属可持续、稳定增长的供应。

有色金属在国民经济建设中起了十分重要的作用。可以预见, 在今后, 谁占有资源, 谁将占有世界市场, 我们湖南省应该具有这种战略眼光。

1 扩大湖南有色金属资源研究

1.1 湖南有色矿产资源

1.1.1 矿产资源概况

全省矿产资源种类较为齐全, 已发现各类矿产 120 种, 占全国已发现 170 多种矿产的 70% 左右, 已探明有矿产储量的矿产 83 种, 占全国已探明储量 156 种矿产的 53.21%。

在 45 种主要矿产中我省有 37 种, 但石油、天然气、铬矿、铂族金属、锗矿、钾盐、菱镁矿、硅藻土等 8 种矿产没有探明储量。对国民经济发展具有重要意义的 15 种大宗支柱性矿产中, 我省除石油、天然气、钾盐没有发现或没有探明储量外, 其他 12 种有探明储量, 但大部分保证程度不高。

1.1.2 湖南矿产资源特点

(1) 矿种较多, 对国民经济建设起关键作用的矿种少

已探明一定资源储量的 87 种(计亚种 112 种)中, 有特色和优势的矿产有铅、锌、钨、锡、钼、铋、锑、汞、锰、钒、石墨(隐晶质)、普通萤石、重晶石、砷(雄黄、雌雄)、岩盐、芒硝、石膏及部分稀土矿产, 但这些矿产有的市场容量有限, 如钨、锡、钼、铋、锑、汞、萤石、重晶石等。铜、铝资源仅有规模不大的中小矿床。所有这些都需全部或大量从外部购进, 即使被视为我省优势的铅、锌、锰, 也因贫矿多、富矿少而需从外地甚至国外购进精矿或富矿

矿石。

(2) 伴(共)生矿和贫矿多,大矿和高质量矿少

全省 148 个有色矿区(小型以上),其中共生组分 2 个以上的矿区达 129 处,有伴生组分的矿区达 127 处,伴生组分 2~4 种的 28 处,5~9 种的 19 处,有 10 种以上的矿区 7 处。贫矿多、大富矿少。大量的(铅+锌)品位仅 3% 左右的铅锌矿已成为呆矿。这些矿床的特征使得矿床难采、难选,生产成本高。

(3) 保有储量消耗过快,接替资源不足

在以往的矿产资源开发过程中,规划不好,采富弃贫、采厚弃薄、采近弃远、采易弃难、采大弃小、采主弃辅的现象依然存在,造成了资源的破坏和浪费。有资料表明,我省矿产资源总回收率为 30%~50%,比发达国家低 10~20 个百分点,对共伴生矿进行综合回收的企业仅占 1/3,且综合回收率不到 20%。导致已探明的保有储量消耗过快。据统计,至 1998 年底,全省保有储量减少的矿产有 26 种,如锑减产 2 128 万吨。目前,全省前景不明、不能满足需求、不能自给的矿产达 23 种,在与我省经济社会发展密切相关的 37 种矿产中,不能满足需求的就有 10 种之多。

(4) 关闭和即将关闭的矿山多,新建矿山少

全省绝大部分矿山都面临储量危机。如有色系统在湘江的 13 家国有大中型矿山企业,7 家因资源枯竭而面临闭坑,黄沙坪铅锌矿保有储量不足 8 年,麻阳铜矿保有储量不足 2 年,清水塘铅锌矿保有储量不足 1 年,举世闻名的锑都锡矿山保有储量也只能靠边角余料维持。省属黄金矿山企业中,就有 3 家因资源枯竭已被关闭。没有投建一个中大型矿山。

(5) “上游”资源企业产出的资源量少,“下游”加工业产品附加值不高

目前,我省矿山生产的矿石根本不能满足冶炼、材料加工的需要,有相当大的部分的冶炼原材料要从外省购买,而下游产业又很少生产高、精技术产品。

因此,湖南的有色金属工业受制约的因素主要是资源问题。

1.2 解决湖南有色金属矿产资源的途径

1.2.1 建立两个市场

(1) 国内市场

国内市场主要是加大对资源勘察的财力、物力投入,开辟新的资源基地。

一些有远见的矿业公司现在正在这样做。例如,青海省的西部矿业公司尽管在锡铁山有丰富的资源,但近年里,他们在云南、内蒙古和四川等地开展找矿与矿点收购,取得了很好的效果。为该公司的进一步发展打下了很好的基础。

(2) 国际市场

近几年里,国内一些矿产资源部门已开始把解决我国资源问题的目光投向了国外。例如,有色金属工业部门以合作或独资的形式在非洲和南美洲等地进行铜矿资源的勘察与开发;近来,又在老挝开展找矿预测研究;上海几家公司近期也要去老挝和缅甸开展找矿预测;四川、云南、山东、吉林和海南等省的地勘部门也在邻近国家开展找矿工作。但在亚洲以外的地区,由于距离遥远,运输成本高,在一定程度上制约了这些投资的效果。因此,在邻近国家投资矿产资源勘察和开发,无论是经济意义或还是战略意义都是比较理想的。比如,马

来西亚、印尼、泰国和缅甸,这些国家的一些地区成矿地质条件好、距离近,是我们找矿的理想之地。

1.2.2 在省内开展生产矿山深、边部找矿的科学研究与实践

生产矿山的周边和深部一直是世界矿产勘察的重点区,与国外相比,我国矿山的找矿潜力更大,主要是体现在已发现矿床的深度的拓展、指导找矿理论和新矿床类型的发现等方面。

我们湖南有很强的地质找矿力量,大专院校有很强的科学研究力量,可以组织队伍到外省外国去进行找矿研究,建立有色金属资源基地。

2 开展生产矿山尾矿综合利用研究

尾矿(尾砂)是选矿厂在提取有用组分后排放的固体“废料”。这些废料一方面会形成严重的环境污染,另一方面由于地表堆放需要占用土地,以及修筑尾砂坝要花费大量经费,更为严重的是由于尾砂库超容量而形成巨大的潜在危险。尾砂坝崩塌使人民生命财产受到损失的事件时有发生。因此,如何处理生产矿山所产生的尾砂,随着环境问题的日益突出,已是摆在我们面前的重要课题。从资源的不可再生性和科学技术水平的不断发展的状态考虑,人们应该,也完全可以将尾砂开发利用起来。事实上,由于过去选矿工艺技术方面的原因,尾砂中还有许多未被利用的组分,特别是一些金属矿山排放的尾砂中的伴生组分,回收这些伴生组分是选矿技术的范畴,另一方面,尾砂的主要成分——非金属矿物,则是近年来开始得到重视的部分,目前已有不少生产和科研部门加大了利用这部分资源的投入。

我省各类尾砂库存量巨大,据不准确估计,至少有10亿吨以上,并且逐年增加,如此巨大的尾砂堆存量,既占用大量土地、积压可利用资源,又在建坝、扩容等方面消耗大量人力与财力,并产生环境污染,甚至引发灾害。因此,整体综合利用尾砂势在必行。为此,省里要提供研究经费,进行两个方面的工作:

2.1 湖南生产矿山尾矿数据库建设

对省内生产矿山开展全面调查,查明各矿山尾矿的数量、类型、组分特征等,建立尾矿数据库,为后续工作打下基础。

2.2 开展尾矿资源开发利用研究

2.2.1 回收各种有价值组分

尾矿有价值组分的回收分为3个层次:

- ① 回收部分由于选矿回收率不足而损失于尾矿的原选矿的主要组分。
- ② 回收那些原已查明,但未予回收或回收率低的原矿伴生组分。
- ③ 回收那些原没有查明或没发现用途的新型组分。

2.2.2 尾矿整体开发利用研究

目前国内外已经开发出来的尾矿整体利用产品有很多,常见有以下几种:

- (1) 微晶玻璃 也称微晶花岗岩,通常以高硅型尾砂、铝硅质尾砂、碱铝质尾砂、钙铝

硅质尾砂为原料获得,主要利用尾砂中的 SiO_2 和微量组分。产品主要应用于建筑装饰业,部分应用于化工和电子工业。

(2) 玻璃类制品 主要是利用高 SiO_2 含量的尾砂制作玻璃产品,包括瓶罐玻璃、色玻璃等。

(3) 建筑陶瓷 以粘土矿物型尾砂为原料制作。

(4) 铸石制品 以铁硅质尾砂(超基性—基性岩类尾砂)制作。

(5) 尾砂水泥 主要是以具火山灰性含钙尾砂为主料生产获得,或以钙镁质尾砂为辅料获得。

(6) 尾砂肥料和土壤改良剂 以某些微量元素高含量的尾砂为原料获得。

(7) 免烧砖 一般以比重较轻的细粒尾砂为主料经钙化处理来制造。

3 人才培养

目前,我省各矿山和地勘单位,地质技术人才奇缺,按照正常的人才培养程序,近年内不可能解决这个问题。中南大学地学院与信息物理学院是国家重点学科依托单位,也是国家“211 工程”重点建设学科,具有强大的研究人才队伍和具国际先进水平的仪器设备,可承担国内外相关领域的研究与生产任务。中南大学地质类专业设有学士、硕士和博士授权点,并有博士后流动站,可为我省培养不同层次的人才,满足我省地矿行业的需要。为了满足我省相关单位对地质人才的需求,仿照国家教育部的做法,我省可在中南大学地学院设立地质人才培养基地,培养不同层次的地质人才。

参考文献

- [1] 戴塔根. 关于锡矿山成矿找矿问题的思考[J]. 湖南地质, 2000(5)
- [2] 戴塔根. 国内外尾矿综合利用现状简介[J]. 湖南省地质学会会刊, 2000(1)
- [3] 戴塔根. 湖南有色金属生产矿山扩大接替资源的对策[J]. 地质通报, 2005(10)
- [4] 戴塔根, 邹海洋. 我国地质工程专业发展战略的几个问题[J], 中国地质教育, 2006(3)

内蒙古锡林浩特市毛登锡铜矿花岗斑岩特征

张德贤 朱余德 石得凤 郭崑

(中南大学地学与环境工程学院, 长沙, 410083)

【摘要】 本文作者在文中讨论了内蒙古锡林浩特市毛登锡铜矿花岗斑岩的岩石学特征、稀土及微量元素化学特征以及同位素特征, 最后指出了花岗斑岩与矿床之间的关系, 以利指导本矿区的找矿工作。

【关键词】 毛登; 锡铜矿; 花岗斑岩; 钼矿床

1 引言

毛登锡铜矿床位于内蒙古自治区东部, 锡林浩特市北东约 50 公里处, 行政上属毛登牧场管辖, 是 20 世纪 80 年代查明的小型矿床, 90 年代建矿开采, 建矿初期主要以开采锡铜为主, 自 2004 年起, 经工程揭露, 在原锡铜矿床的Ⅱ、Ⅲ号脉带发现有一定规模的钼矿。但无论对于锡铜矿还是钼矿, 与成矿关系密切的岩石主要是花岗斑岩。本文就花岗斑岩的特征予以讨论, 并讨论其与钼矿成矿的关系。

2 大地构造背景及区域地质

毛登锡铜矿床大地构造位置为蒙古—兴安地槽区的南缘(准)地槽, 巴彦胡硕地向斜南缘, 三级单元为毛登边缘隆起(拗边隆)中段, 杰仁牧场—毛登—宝登图褶皱的中段北侧。

区域构造期活动以华力西晚期和燕山早期构造运动为主, 喜马拉雅期构造运动微弱。

3 岩石学特征

矿区花岗斑岩分布于岩体南西边缘, 与似斑状花岗岩呈渐变过渡关系。多呈浅肉红色、黄灰色、灰白色, 斑状结构, 块状构造。斑晶主要为石英、正长石、斜长石, 其大小一般在 1~4 mm, 斑晶常呈碎裂状的晶体碎块, 但常见熔蚀现象; 含量占 50% 左右。石英斑晶呈自形, 镜下常见裂纹, 部分斑晶被熔蚀成港湾状、圆滑状, 含量占 20% 左右。正长石斑晶具板状, 镜下可见卡氏双晶; 斜长石斑晶较少, 多为酸性更长石, 也呈板状, 镜下可见聚片双晶, 常见绢云母化; 长石斑晶含量占 30% 左右; 偶见黑云母斑晶, 但多已暗化。基质由粒状石英和已绢云母化、碳酸盐化的长石等组成, 粒度多在 0.1 mm 左右。副矿物有磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石、褐帘石等。

表 1 花岗斑岩的化学成分(%)

样 品 编 号	检 测 项 目													
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	H ₂ O ⁻	总量	F
MR101	75.19	0.848	0.758	12.26	0.789	0.161	4.95	3.38	0.056	0.028	0.229	0.252	99.4	0.027
MR102	74.99	1.1	0.908	12.42	0.844	0.281	4.87	3.28	0.069	0.029	0.253	0.233	99.67	0.047
MHB2-2	75.05	0.994	0.518	12.53	0.676	0.161	4.87	2.88	0.042	0.029	0.253	0.4	99.07	0.032
MRS201	76.95	0.45	1.04	11.05	0.507	0.442	5.25	2.14	0.042	0.054	0.183	0.708	99.75	0.208
BP0519-2	76.01	1.41	0.942	11.37	0.395	0.603	5.18	2.22	0.056	0.034	0.183	0.38	99.82	0.061

表 2 CIPW 数字特征和相关参数

Q	An	Ab	Or	C	Hy	Il	Mt	Hm	Ap	Zr	合计	DI	AR	δ	An
35.1	3.6	29	29.7	0.04	0.78	0.44	1.25		0.13	0.04	100	97.33	4.53	2.15	11.05
35.4	3.77	28	29.1	0.39	1.11	0.49	1.61		0.16	0.02	100	96.24	4.19	2.07	11.86
38.9	3.14	24.9	29.4	1.42	0.41	0.49	1.05	0.29	0.1	0.03	100	96.23	3.84	1.86	11.21
43	2.28	18.5	31.6	1.05	2.48	0.35	0.67		0.1	0.03	100	95.33	4.55	1.6	11
42.2	1.62	19.1	31.1	1.55	1.86	0.35	2.08		0.13	0.02	100	94.02	4.39	1.65	7.82

说明: 氧化物在去 H₂O⁻ 等以后重换算为 100%; 标准矿物为重量百分含量。

表 3 阿鲁格包山岩体不同岩相岩石化学成分、扎氏数值、标准矿物对比表

岩 岩 石 相 名 称	岩 石 化 学 成 分 (%)													K ₂ O + Na ₂ O	$\frac{K_2O}{Na_2O}$
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	灼失	总量		
过 渡 相 似斑状 花岗岩	69.56	0.4	13.55	1.85	1.86	0.06	0.47	1.34	5.25	3.89	0.13	1.32	99.66	9.14	1.35
边 缘 相 似斑状 花岗岩	74.15	0.23	12.3	1	1.84	0.03	0.21	0.96	5.32	3.39	0.05	0.64	100.1	8.71	1.57
边 缘 相 花岗 斑岩	71.5	0.37	13.35	2.13	1.24	0.08	0.24	1.2	5.41	3.58	0.1	1.04	100.2	8.99	1.51
喷 流纹质 发 熔结凝 相 灰 岩	74.34	0.22	12.68	0.85	1.16	0.03	0.18	1.15	5.03	3.34	0.05	1.05	100.1	8.37	1.51
中国花岗 岩平均化 学成分	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.8	1.62	4.03	3.79	0.16	0.89	100	1.82	1.06

续表 3

扎 氏 数 值									标 准 矿 物 (%)							备 注
a	c	b	s	f'	m'	c'(a')	n	a/c	石英	钾长石	钠长石	钙长石	其他 矿物	(An)		
16	1	4.8	78	71	15.6	13.5	53	16	23.6	31.69	33.59	3.96	7.12	18(奥)		正常成分系列
15	0.6	3.4	81	75	9.8	15.7	49	25	31.5	31.35	29.02	2.79	5.34	15(奥)		正常成分系列
15	1.1	3.7	80	80	10.7	8.9	50	14	27.9	32	30.67	4.49	4.98	22(奥)		正常成分系列
14	1.2	2.4	82	76	14.1	9.9	50	12	33.3	29.77	28.04	5.33	3.56	26(奥)		正常成分系列
14	1.9	4.9	79	54	27	-18.9	59	7.3	29.2	23.35	32.58	7.37	7.55			铝过饱和系列

经岩石化学 CIPW 标准矿物法计算,见表 1、表 2 所示,矿物重量百分比为:石英 27.86%,钾长石 32.00%,斜长石 35.16%,暗色矿物 3.88%,其他矿物 1.10%,斜长石号码 $An = 22$,为更长石。计算结果与镜下鉴定基本相符。

其常量元素地球化学特征与区域阿鲁包格山岩体过渡相似斑状花岗岩大体上一致(见表 3),与中国花岗岩平均成分比较,花岗斑岩具有如下特点: SiO_2 偏高 0.23% ~ 3.04%, $K_2O + Na_2O$ 偏高 0.55% ~ 1.17%,钾钠比值 K_2O/Na_2O 为 1.51,偏高 0.45。里特曼指数(δ)为 2.24 ~ 2.84。岩石属偏酸富钾贫二价阳离子钙碱质岩石。在暗色矿物中,镁铁比值 $m'/f' = 0.13 \sim 0.19$,比中国花岗岩平均成分小 2 ~ 3 倍。其固结指数 SI 为 1.70% ~ 1.89%,远小于幔源岩石($SI \geq 40$),由此可见本区花岗斑岩为壳源重熔型花岗岩。

根据所采的 5 个花岗斑岩样品的岩石化学全分析表明,该花岗斑岩是富硅(SiO_2)和富碱质($K_2O + Na_2O$),贫铁镁质($Fe_2O + FeO + MgO$)的花岗岩,表现在分异指数(DI)均大于 94,说明花岗斑岩的岩浆是分异程度很高的岩浆,对于钼矿床的成矿有良好的成矿背景。

4 稀土和微量元素地球化学

微量元素锡丰度值为 167×10^{-6} ,与岩体中心过渡相似斑状花岗岩(227.167×10^{-6})相比,有所减少,是维诺格拉多夫花岗岩平均值(25.167×10^{-6})的 6 倍。从大量光谱资料看出,花岗斑岩微量元素组合特征与矿床基本相同,表明该岩体是本区成矿物质的主要来源。

稀土元素分析也表明该花岗斑岩是高度分异的岩浆产物,其 δEu 均小于 0.3,正如王中刚所述的, $\delta Eu < 0.3$ 这一类稀土分布模式主要出现在花岗岩系列最晚期演化阶段形成的碱长花岗岩中,如云南个旧岩体、湖南东坡岩体。许多钨、锡和钽矿化有关的花岗岩类具有这一类稀土元素分布模式。而本区的花岗斑岩从岩性上来说也是属于碱长花岗岩。这从本区花岗斑岩的野外和镜下观察中有大量的正长石碎斑,而斜长石(酸性更长石)很少见。而岩石化学分析数据和 CIPW 数据也说明了此特征。

表 4 花岗斑岩中稀土成分及相关数值

样品编号	MR101	MR102	MHB2-2	MRS201	BP05192-2
La	7.693	89.26	58.13	50.43	58.06
Ce	127.6	7.693	137.7	102.6	113.9
Pr	14.74	21.78	13.72	13.35	15.67
Nd	49.67	74.39	46.01	47.57	55.35
Sm	9.33	12.45	7.72	9.297	11.84
Eu	0.509	0.68	0.602	0.4	0.378
Gd	7.438	10.01	6.512	7.565	10.21
Tb	1.146	1.466	0.935	1.136	1.803
Dy	5.31	6.629	4.38	5.034	9.136
Ho	0.976	1.243	0.838	0.906	1.803
Er	2.734	3.49	2.564	2.59	4.988
Tm	0.369	0.452	0.356	0.341	0.671
Yb	2.27	2.731	2.361	2.102	3.964
Lu	0.344	0.422	0.369	0.338	0.599
Σ REE	275.696	373.203	282.197	243.659	288.372
δ Eu	0.197	0.197	0.277	0.155	0.112
LREE/HREE	12.392	13.113	14.408	11.176	7.693

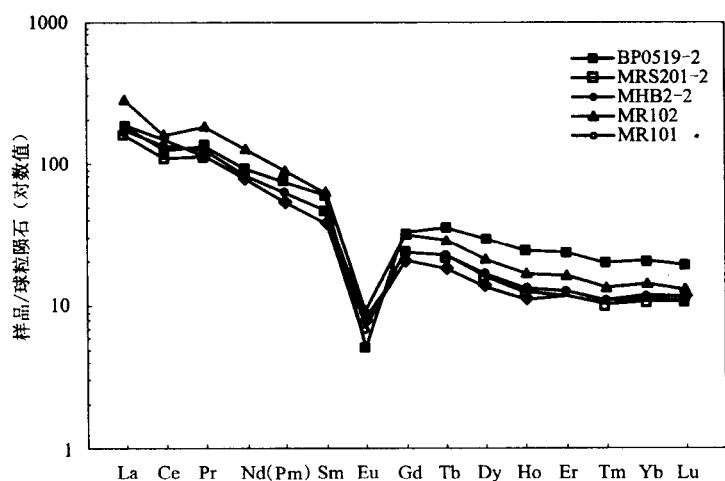


图 1 稀土元素球粒陨石标准化分布型式图

5 同位素年龄

对于本区花岗斑岩的侵入年代,本次研究中所分析的三个花岗斑岩的钾—氩同位素年龄表明它们形成于燕山晚期(见表5)。

表5 花岗斑岩钾—氩同位素年龄

样品序	K(%)	$(^{40}\text{Ar}/^{38}\text{Ar})_{\text{总}}$	$(^{38}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_{\text{总}}$	$(^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar})_{\text{总}}$	$^{40}\text{K} \times 10^{-9} (\text{mol/g})$
MR101	3.53	0.7483	3092.92	2314.29	105.358
MHB2-2	3.88	0.8918	3145.64	2805.43	115.805
BPO519-2	4.37	1.3775	570.60	786.00	130.429

样品序	K(%)	$^{40}\text{Ar}_{\text{放}} \times 10^{-9} (\text{mol/g})$	$^{40}\text{Ar}_{\text{放}}/^{40}\text{K}$	$^{40}\text{Ar}_{\text{放}}/^{40}\text{Ar}_{\text{总}}$	年龄值(Ma)
MR101	3.53	0.59154	0.005615	88.17%	94.13 ± 1.88
MHB2-2	3.88	0.62048	0.005358	90.25%	89.93 ± 1.80
BPO519-2	4.37	0.89378	0.006853	62.92%	114.19 ± 2.28

注:同位素数据由桂林地质矿产研究所测定。

6 找矿意义

矿体主要受矿区出露的花岗斑岩体接触带控制;在岩体接触带凹入部位,由于凹入部位的岩石受上部、东侧及下部花岗斑岩的共同影响,形成了钼矿化的富集体。

本区花岗斑岩与钼矿床在空间上和成因上也密切相关,花岗斑岩具有高硅、富碱的特征。而且本区花岗斑岩具有次火山岩特征,具有自爆的特征,因而易碎裂。本区围岩为火山角砾熔岩、火山角砾岩、火山熔岩等,它们具有脆性,为易形成裂隙的岩石。这些特征都非常有利钼矿化。

花岗斑岩与围岩的接触带控制钼矿化,矿化体主要分布在接触带或附近,这与本矿区的花岗斑岩具有自爆特征,使得内外接触带发育裂隙,有利矿液运移和充填,有利形成网脉状矿脉带有关。从现勘探的资料分析,钼矿化强化带分布在203线和214线之间,这与该带花岗斑岩呈舌状超覆部位相合,而该部位花岗斑岩自爆特征最发育。

根据国内外斑岩型钼矿的特征,花岗斑岩中普遍具有钼矿化,因而本矿区花岗斑岩中也很有可能有钼矿化。此外本矿区Ⅱ矿带中普遍具有上部有锡矿化,下部有钼矿化的规律,而在Ⅲ矿带的花岗斑岩近地表有锡矿化,因而也有可能在下部找到钼矿体。花岗斑岩是成矿母岩,因而在花岗斑岩中是完全有可能找到钼矿化的,尤其在內接触附近。