

中国有色金属学会

第二届学术会议
论文集

· 优秀论文部分 ·

1991 · 北 京

中国有色金属学会 第二届学术会议论文集

优秀论文部分

中国有色金属学会

北 京

1991年11月

编 者 的 话

中国有色金属学会将召开第二届学术会议，总结交流自1986年第一届学术会议以来有色金属界的学术研究成果，展望2000年有色金属工业科学技术的发展。为此，学会秘书处信息出版部编辑出版了学术会议论文集。论文集包括优秀论文和综合论文两部分，共110篇。其中优秀论文80篇，综合论文30篇。这些论文是由17个专业学术委员会和15个地方学会从上千篇论文中评选推荐出来的，优秀论文反映的是高水平的学术研究成果，专业性较强；综合论文主要是介绍该专业领域内近年来的科技进展和今后的发展方向，或地区内关于有色金属工业的现状和发展。这些论文学术水平较高，有实践、有理论、有分析、有建议，内容丰富，推广应用这些成果对促进有色金属工业的发展和科技进步很有实际意义。

全书分为优秀论文和综合论文两册，根据有色金属工业的生产特点，按地质与勘探、采矿与选矿、冶炼、金属材料与合金加工、分析与检测、安全与环保、计算机与经济管理等专业分类编辑。学会秘书处全体同志在论文集的编、审、校、印刷出版工作中付出了辛勤劳动。丛建敏、吴树椿、刘远有同志负责全书的编辑工作。由于时间仓促，水平有限，有不妥之处，请读者批评指正。

编 者

1991年11月

序

中国有色金属学会理事长 费子文

“科学技术是生产力，而且是第一生产力”。当今，飞速发展的科学技术愈益成为现代生产力中最活跃的因素和最主要的推动力量。把经济建设真正转移到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来，是我国实现国民经济和社会发展第二步战略目标，使国民生产总值在二十世纪最后十年再翻一番的基础。中国有色金属学会自1984年12月成立以来，认真贯彻党的各项方针政策，坚持以经济建设为中心，努力为促进科学技术的繁荣和发展，科学技术的普及和推广，科学技术人才的成长和提高，为社会主义物质文明和精神文明建设服务。几年来学会各级组织，发挥学会智力密集的优势，组织广大会员和科技工作者，为实现我们的宏伟目标，为把有色金属工业不断推上现代化新台阶，密切结合有色金属工业的科研和生产实际，积极开展各项活动，在学术研讨、科技咨询、科技论证、继续教育、人才培养、组织建设等方面做了大量工作，取得了较好成绩。

为了总结1986年第一届学术会议以来的学术研究成果，展望2000年有色金属工业科学技术的发展，在九十年代第一年召开的第二届学术会议上将发表由各专业学术委员会、各地方学会推荐的优秀论文80篇以及综合论文30篇。这些论文是四年来广大会员和科技工作者辛勤劳动和智慧结晶的代表，涉及地质、采矿、选矿、冶炼、加工、材料、分析检测、环保、安全、计算机、经济管理等领域，学术水平较高，内容丰富，有实践、有理论、有分析、有建议，是一份很有参考价值的文集，值得一读。文集的出版将对进一步促进有色金属科学技术的繁荣和发展，为实现“八五”和十年规划的奋斗目标有所补益。

目 录

序

地质与勘探

综合地学数据微机数字图象分析软件CDIIA系统及其应用

张远飞 刘齐跃 邵孟林 植起汉 朱谷昌..... (1)

粤东沿海地区锡和钨成矿花岗岩地质地球化学特征的对比

肖振宇 岳书仓..... (6)

陕西省风太多金属矿床成矿成晕模式及地球化学预测系统

方维萱..... (14)

满洲里—西旗斑岩铜多金属成矿系列REE 地球化学特征及应用

王之田 秦克章..... (16)

浅部截流在凡口铅锌矿床疏干中的应用

潘保琰 谢积烦 王永余 罗良经..... (25)

某金矿床最优勘探方案研究

王玉中..... (29)

中国南方锡石硫化物型锡矿床的地质背景与成因

谭顺道 傅永兴..... (37)

华南钨矿的时空分布规律

花友仁 赖汝霖..... (40)

研究地质工作原则提高矿床地质经济效益

赵日鉴 毛圣杰..... (42)

快速评价分散流异常的沟系原、次生晕方法

吕国安 刘泉清..... (48)

同生断裂在铅峒山矿区层控铅锌矿成矿中的作用

郭健 李作华..... (55)

采矿与选矿

机械化盘区式下向水平分层胶结充填采矿法在金川的应用

廉玉臣 郭春林 齐占海 高成立 张鸿恩 常忠义 李寿喜..... (60)

阶段挤压崩矿单步骤连续回采新技术的研究与应用

孙忠铭 刘庆林 刘文勇 张 诚..... (67)

水口山铅锌矿鸭公塘矿区大型帷幕注浆技术的研究

黄树勋 梁中民..... (71)

自然崩落法的工程设计和地质力学

刘怀裕 潘长良 王大勋..... (79)

金川矿区的开采和围岩控制

金铭良..... (86)

因种六眼直线掏槽法取得高爆破效率

谭鸿瑞 陆兆康 吕荣志 梁军壮..... (93)

山西铝矿资源的合理开发利用

张泽宇..... (99)

一种生产铅锌混合精矿的新工艺——铅锌异步混合浮选

李凤楼 孙传尧 赵纯禄..... (102)

盐类矿物浮选分离条件的溶液化学计算预测

胡岳华 王旋佐..... (110)

CLF粗粒浮选机的研究

卢振春 沈政昌 刘惠林..... (113)

短选道摇床

刘鹤荣..... (121)

脉动高梯度磁选中冲程次对选矿指标的影响

熊大和 刘树始 刘永之 陈 蕊..... (128)

冶 炼

高浓度拜耳精液制取砂状氧化铝的研究

张之信 张懋青..... (135)

铝电解厂的增产、节料问题

刘业翔..... (141)

铝电解槽筑炉中影响扎缝质量的关键因素

黄升勋..... (150)

旁插槽铝厂烟气的干法净化

姜希尚..... (155)

延长铝电解槽使用寿命技术的研究

王平甫 李庆宏..... (161)

我国工业硅生产、科技发展动态及其对策的思考

李国斌..... (171)

白银富氧熔池熔炼的发展

陈百其 黄其兴 高月泽..... (178)

用溶剂浸渍树脂净化镍阳极液

游安贵 周惠南 黄学超 张洁辉 郑邦乾..... (184)

中国镍冶金的基础研究

蒋汉瀛 郭炳昆 刁小明..... (191)

粗锡结晶分离脱铅铋的热力学

叶大伦 张韵华 戴永年..... (197)

粗金属及合金真空蒸馏时各元素的分离

戴永年..... (209)

论鼓风炉渣含铅

高思忠..... (216)

酸性有机磷酸—Fe(Ⅲ)相转移硫酸反萃历程研究—I HDEHP—TRPO及HDEHP油胺体系
于淑秋 陈家镛.....(225)

改进的N235—H₂SO₄流程萃取分离锆铪工业试验

张平伟 尤曙彤 冯 松 张 力 蒋蕴华.....(235)

机械活化碱分解法处理黑白钨混合矿及低品位白钨矿的研究

李洪桂 刘茂盛 孙培梅 李云姣.....(240)

水冷锌厂技改的新工艺研究

周令治.....(245)

中草药含硒量及其应用前景探讨

杜宝珍 杨咏元.....(250)

锂灰石的转型焙烧

游清治.....(256)

金属材料与合金加工

有色合金的热弹性马氏体相变及其应用

徐祖耀.....(261)

工业Zr—4合金中的沉淀相

张廷杰 田振业.....(268)

W—Ni—Cu重合金的微观组织、结构、性能与工程

黄建忠 李晋尧.....(275)

晶界在超塑性变形中的作用

周善佑.....(288)

工业高强度铝合金超塑性研究

吴庆龄 蒋兴刚 叶启仁.....(297)

稀土对Al—Mg—Si合金热变形性能的影响

潘复生 周守则 丁培道 刘晶元 陈家应.....(303)

稀土元素强化硬质合金的机理研究进展

邓秋元.....(310)

稀土在硬质合金中的应用研究

贺从训 汪有明 林晨光 楚建新 石云华 彭 刚.....(317)

少钴的WC—Fe/Co/Ni硬质合金的研制和应用

刘永福 田光才.....(326)

WC—Co硬质合金小能多冲性能的研究

徐润泽.....(331)

热挤压稀土导电铝排的研究

张世琼 胡大禄 赵怀杰.....(336)

Ti—Ru—Ni合金在还原性介质中的电化学行为

吴以琴 胡文英 曹继敏.....(342)

新的蓄电池板栅材质——Pb—Ca合金

尤秀全.....(348)

PCH法金属管件成形技术

平柏思 齐子文 何业繁.....(354)

波导管质量的改进

易茵菲.....(361)

模具低温硼化渗剂的优化和反应过程分析

汪涛 史文华 许其亮.....(367)

直拉硅片缺陷工程的新发展

徐岳生 张维连 任丙彦 李养贤 金梁生.....(372)

掺In半绝缘砷化镓(SI—GaAs)晶体生长及其性质

马碧春 王永鸿 马三胜.....(375)

一种新颖、高效的在线吸除技术——渐降温式分凝吸除

张建宇 曾庆光 胡才雄 徐金富 陈康民 陈谷平 朱海鸣 邱兴鄱.....(380)

1600浮动轴剪切机机架晃振的诊断

沈久珩.....(386)

分析与检测

流动注射光度法连续、快速测定铈净化液中微量镉、钴分析方法的研究

李万春 符斌.....(391)

差示紫外光度法测定氯铂酸铵的纯度

刘近虞 王正模.....(395)

络合滴定的新指示剂—DBS—偶氮胂

吴瑞林 洪英.....(400)

非晶硅太阳能电池用气分析方法及装置的研究

崔煦钟 唐福君 蒋文全 林佳 王婉英 谢承杰.....(403)

钛阳极涂层的透射电子显微分析

唐电 林莹.....(412)

X射线激光全息显微术

邱道益.....(415)

安全与环保

对安全教育内容、形式和效应的思考

李进胜.....(419)

浅谈露天矿山边坡管理

肖彭达.....(423)

溜井堵塞检查处理系统工程简介

李绍坤 谭长德.....(426)

管治并举, 开创环保新局面

刘逸群 郭进昌.....(431)

烧结法赤泥综合利用的现状与前景

刘作霖.....(435)

氧化铝生产用水分析及合理用水途径

王清芳	(442)
锡矿山矿务局水资源利用情况及效益分析	
杨 光	(447)

计算机与经济管理

未知时变过程的鲁棒性自适应控制	
马润津 张永光	(456)
STR算法及在漆包机微机控制系统中的应用	
喻寿益 周 立	(464)
一个面向对象的多媒介数据模型	
潘久辉 姚 渝 杨 荣	(470)
有色金属矿山投资政策研究	
殷建华 李永斌 汤家骞	(475)
大型联合企业内部实行承包经营责任制的探讨	
蔡子明	(485)
建立有色金属初级期货市场初探	
管焱彬	(489)
附：第二届学术会议各学术委员会与地方学会报送优秀论文题录	(494)

综合地学数据微机数字图像 分析软件GDIIA系统及其应用

张远飞 刘齐跃 邵孟林 魏起汉 朱谷昌*

中国有色金属工业总公司矿产地质研究院

提 要

GDIIA系统是在长城0520C-H微机上实现数字图像处理的软件系统,它适用于遥感、地球物理、地球化学和地质勘查等资料的综合处理和分析。它除具有一般的数字图像处理功能外,还具有新开发的一些特殊功能。它可供用户完成一定数据量的数字图像处理,并可取代大型专用系统为用户完成数字图像处理的部分工作,或为其提供方法和参数选择的依据。

GDIIA系统在几个多金属成矿区带(矿田)上的实际试用,为在各种成矿区带(矿田)研究成矿地质环境、找矿标志和圈定找矿靶区等提供了丰富的多源信息以及可靠的科学依据,取得了较好的效果。

在利用遥感信息与地球物理、地球化学和其它地质勘查资料进行综合分析,提取找矿信息和圈定目标物靶区的工作中,数字图像处理技术已经逐渐成为地学工作者的一个重要手段。这项工作通常是在大型专用数字图像处理系统上进行的。近几年来,国内外相继开发了一些利用配置小型专用图像处理机或进行换件改造的微机的数字图像处理系统。本文介绍我们在进行多源地学信息处理及其找矿应用研究的过程中,通过对长城0520C-H微机性能的分析,开发研制的“综合地学数据微机数字图像分析软件GDIIA系统”及其应用情况(详见我们的研究报告:《综合地学数据微机数字图像分析软件GDIIA系统及其应用》)。

GDIIA软件系统(Geological Data Image Integration Analysis System),是在国产的长城0520C-H微机上实现数字图像处理的软件系统。近三年来,已在新疆、陕西、甘肃、浙江、广东、江西、湖南和广西等多个金属成矿区带(矿田)上实际试用,其功能已不断扩充和完善,可以取代大型专用系统供用户完成数字图像处理的部分工作,并为用户进一步在大型机上的处理提供方法和参数选择的依据;也可供用户进行一定数量的数字图像处理。在几个多金属成矿区带(矿田)的遥感、地球物理、地球化学和地质勘查资料进行的多源地学信息的综合处理和分析,为研究各个成矿区带(矿田)成矿地质环境、找矿标志和圈定工作靶区等方面,提供了多样的地质信息和综合信息,获得了较好的效果。

GDIIA软件系统有以下几方面的特点:

- 1.在长城0520C-H微机上能显示36种颜色及实现彩图的快速记存和重显。
- 2.对数学地质方法中的有序地质量的最优分割法加以改进,并结合直方图统计,提出了一种适用于无序变量数据的最优密度分割法。

*参加工作的还有郑献华、安萍、谢瑞娟、李晓莲。

3.具有建立两类数据间量化关系的二维图像相关编码分析功能和遥感图像解译的线性体的显示及其要素统计功能。

4.具有功能较强的频率域滤波模块,除能用于位场(重、磁场)的各种变换外,还可实现遥感数字图像处理中常用的高频和低频增强。

5.通过数字图像处理技术与多元统计方法的有机结合,空间域增强与频率域滤波的相互补充,实现了地学数据的综合处理和分析。

6.应用性开发方便,使用灵活,成本低,并可使用户在数字图像处理方面的工作周期大大缩短,同时又能获得尽可能符合实际情况的处理结果,因而便于推广。

GDIIA软件系统

软件系统结构

GDIIA软件采用汇编语言和FORTRAN77语言编程,主要用于遥感信息、地球物理场、地球化学场及地质勘查资料等多种地学数据的综合数字图像分析。

GDIIA软件系统由八个处理模块构成,并通过一个引导控制管理程序GDIIA连成一体,形成人机对话的软件系统。各模块完成相对独立的运算、处理操作。每个模块包含数个执行程序,完成数据的传输、运算、结果的输出、图像的形成等各种处理工作。

GDIIA软件系统结构见图1。

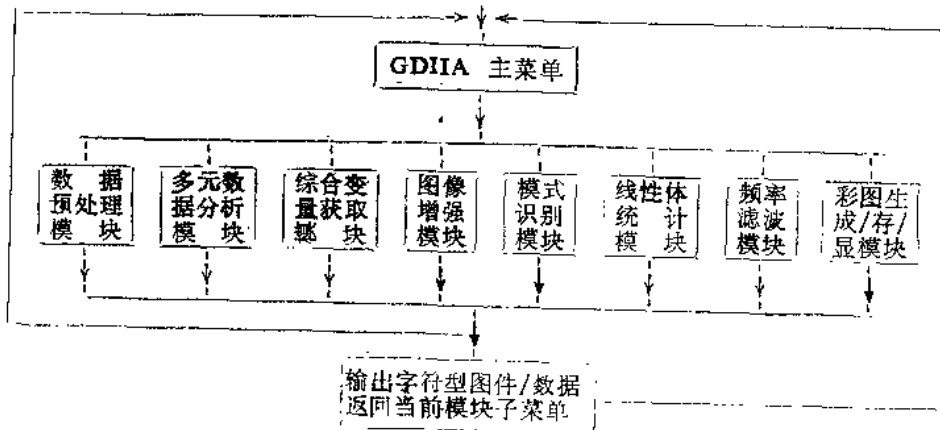


图1 GDIIA系统结构框图

硬件环境

GDIIA 软件系统是针对通用微机编制的,对硬件无特殊要求。数字图像预处理模块(模块1到7)适应于IBM/XT,AT,PS/2,长城系列及兼容机等所有通用微机。彩色图像生成、存记、显示模块因考虑图像质量仅适用于长城系列CH以上的机型。

模块的功能

GDIIA软件系统的八个模块计有60余种功能。其中的大部分是在原有的数学模型或程序的基础上进行编程和移植的,并均作了补充、改进和完善。其中还有一些方法技术如图像最优密度分割、二维图像相关编码分析、空间方向微商计算、空间矢量模计算和彩色图像的生成/记存/显示模块等,为GDIIA系统所特有的功能。

1.数据预处理模块

主要完成图形资料的数字化,不同类型的规则和非规则采样数据的插值、网格化,实现所有数字资料的几何配准和座标系统的统一。并把所有的变量数据变换成图像矩阵。具体的功能包括有数据网格化;图形资料的数字化;陆地卫星多波段扫描数据的重采样;数据插值(双线性内插、统计内插和修匀);数据基本变换(数据规格化、标准化、非线性函数变换)等。

2.多元数据分析模块

由各种相关分析方法研究不同类型数据之间的相关关系,包括变量之间、样品之间、变量集与样品集之间的相关性和聚类性。为综合处理和分析推断提供主要依据。它的功能包括有统计直方图;二维散点图;计算相关矩阵;R—型聚类分析;模糊聚类;R—型因子分析;对应分析;非线性映射等。

3.综合变量获取模块

通过多元数据分析方法,合理选择组合变量,建立线性组合模型,应用多元线性回归、因子计量(主因子)、最小类内欧氏距离特征选择、K—L特征选择、最大类间欧氏距离特征选择、Fisher准则特征选择、综合变量加权运算(线性变换)等方法对模型的权值作出估计,完成综合变量的获取。

4.数字图像增强模块

通过选用一定的数学模型,扩大图像的灰阶值反差,改变信息与噪声的对比度,压制背景,突出景物,或以彩色编码提高图像的目视分辨效果,增强特征信息。具体的功能有图像密度分割(人为分割、线性分割、非线性分割、图像最优密度分割);二维图像相关编码分析;图像比值增强;函数变换增强(线性扩展、指数变换、对数变换)等。

5.模式识别模块

采用动态集群分析;最大似然法分类;模糊模式有监分类;训练区模型参数检测等方法研究目标物的标志特征,从图像上识别不同的类别,实现图像分类。

6.线性要素统计图像分析模块

主要用于完成线性体方位、长度、条数、线性密度和中心对称度的计算统计,以及线性体图像分析(含玫瑰图)。

7.频率域数字滤波模块

在频率域中完成对矩形网格数据的各种数学变换,包括正和反的富氏复变换、径向对数功率谱计算、微商、积分、梯度模计算、矩形—余弦窗滤波;还有专为位场变换设计的各种滤波器。同时,可以实现各种滤波器的串联。

8.彩色图像生成/记存/显示模块

它包括了彩色图像生成、屏幕彩色图像记存、磁盘彩色图像重显和彩色分类图像/二维相关彩色编码图像生成等。

GDIIA系统的应用实例

GDIIA系统已在多个金属成矿区带(矿田)应用遥感、物探、化探及地质等多种地学资料数据进行综合处理和分析,其结果为研究各成矿区带(矿田)的成矿地质环境、综合成矿模式以及多源信息的找矿标志和圈定工作靶区提供了丰富的素材和科学的依据。

下面简要介绍应用GDIIA软件系统功能处理中的几个实例。

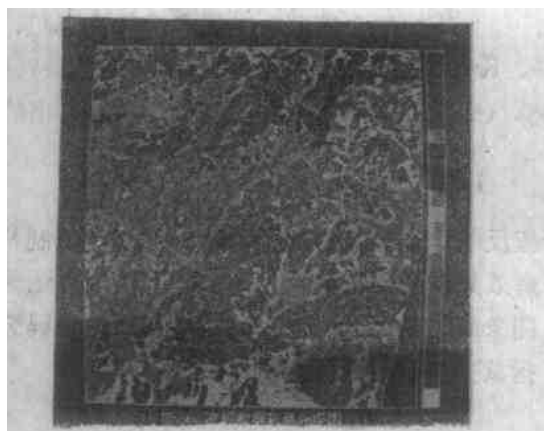
1.假彩色增强和最优图像密度分割技术

照片1是一幅采用最优密度分割技术，对陆地卫星像灰阶值（MSS6）进行最优分割后所获得的彩色分级图（分割22级）。它有效地突出了由一定范围灰阶值显示的地质分区和地质构造轮廓。

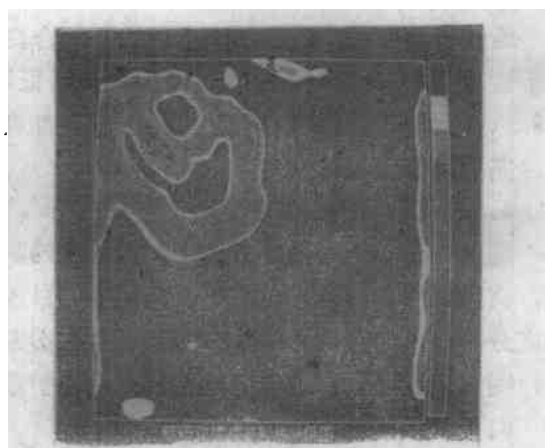
2. 对局部客体和线状客体的提取

在分析成矿地质环境中，往往需要从一幅存在复杂背景的图像中识别和圈出断裂、裂隙或岩体等线性客体和局部客体。这类任务可利用频率域滤波模块完成。

照片2给出了一幅应用航磁总场进行化极和计算水平梯度模处理后的彩色图。图幅的左上角的红-紫色环状梯度模异常反映的是一个处在磁场幅值较大区域内的岩体边界。它比岩体的实际出露稍大些、这样，揭示了该岩体在地表以下一定深度处的范围，为推断岩体隐伏部分提供了可靠信息。



照片1 某地陆地卫星(MSS6)图像彩色分级图



照片2 某地航磁化极场水平梯度模彩色图

3. 线性体的统计分析

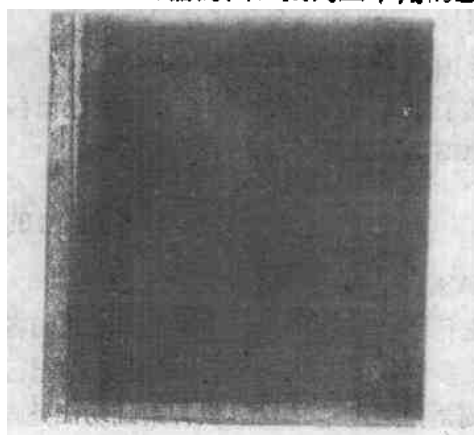
为分析从各类图像上判读得到的线性体的特征，可采用线性要素统计图像分析模块。照片3 是一幅对某区遥感线性影像要素进行线性密度统计分析结果。图中的橙-红色域表示出线性体高密度异常区段，是地质上断裂构造发育的地段。

4. 两类变量间量化关系的建立

在GDIIA中，二维图像相关编码技术是建立两类变量间量化关系的一种有效的方法。照片4是航磁化极场与 S_n 分散流进行相关编码获得的彩色编码图。图内左下角的二维编码色



照片3 某区线性体密度彩色分级图



照片4 某区 S_n 与 ΔT 二维相关编码彩色图

标表，表中对角线上的色块表示两变量的相关性，由左上角至右下角依次表示变量间的低值到高值的正相关性和数量值。图中的红色点为两变量的正相关点，它的分布揭示了区内 S_n 分散流的高值点与中酸性侵入岩体边缘部位的内在联系和空间关系。

5. 目标物靶区的圈定

GDIIA的一个重要特点，在于将多元统计方法与数字图像处理技术有机地结合起来，对各种来源信息的综合处理和分析，以构成与不同目标物相联系的信息间内在的和空间上的相关关系，由图示的方式直观地呈现出不同目标物的典型影像模型，进而通过模式识别，达到图像分类和圈定目标物靶区的目的。

照片5，是利用一个金矿找矿区Au分散流数值和遥感图像线性体密度以及岩性编码地质图等三个变量拟合而成的彩色分级图。图像中，鲜明地区分为两个不同特征的地质区域，北西区（橙—红色域）与南东区（蓝—绿色域）间的明显分界线，是一条隐伏断裂的形迹。南东区中部出现的黑—白色域，是一个落在正在勘查的金矿床上，由高值的Au分散流异常和



照片5 某区Au分散流—线性体密度—岩性编码拟合变量彩色分级图

线性体高密度区段及火山岩三者构成的金矿床典型的综合信息模型。它揭示了该区有利于金矿成矿的地质背景。由此，对该区确定成矿远景提出了两点新见解：

①已知金矿床部位所显现的综合信息图像标志范围，大大超出了正在勘查的地段，表明其外围还有扩大的前景。

②已知矿床部位的西南和西部，所显示的金矿的综合模型特征，是两处找金的有希望的地段。经实地调查，该两地亦有成矿的有利地质条件。

粤东沿海地区锡和钨成矿花岗岩 地质地球化学特征的对比

尚 振 宇

岳 书 仓

中国有色金属工业总公司广东地质研究所 合肥工业大学地质系

摘要 粤东沿海地区与锡钨矿化有关的花岗岩可划分为锡成矿花岗岩和钨成矿花岗岩。二者皆为燕山期构造—岩浆作用的产物，属地壳物质重熔—深熔成因。锡成矿花岗岩形成于燕山中期，主要分布于潮安—海丰以东地区。岩性主要为二长花岗岩，岩石相对富 Al_2O_3 、CaO以及Sn、Pb、Zn、Cu等微量元素。钨成矿花岗岩形成于燕山中晚期，主要分布及靠近莲花山断裂带地区。岩性主要为黑云母花岗岩，岩石相对富 SiO_2 以及W、Be、F等微量元素、源岩特征的不同，是造成两种成矿花岗岩地质地球化学特征差异的根本原因。

在论述与锡、钨成矿作用有关花岗岩的地质特征时，文献中往往将这些花岗岩笼统称为锡钨花岗岩，而较少涉及成锡花岗岩和成钨花岗岩之间存在的差异。作者1984—1985年在粤东沿海地区进行地质调查时，注意到该区与锡（铅锌银）矿化和与钨（铍钼铋）矿化有关的花岗岩在地质地球化学特征方面存在较为明显的差异，本文重点对比粤东沿海地区两种成锡成钨花岗岩的地质地球化学特征，探讨二者成岩成矿作用不同的内在因素，旨在深化对花岗岩成岩成矿作用的认识。

一、两种成矿花岗岩的时空分布及其成矿特征

粤东沿海位于莲花山（政和—海丰）断裂带东南侧，包括潮汕和海陆丰地区（图1）。北东、北西向断裂构造，大面积分布的燕山期花岗岩和火山岩，是粤东沿海地区鲜明的地质特征。区内主要发育上三迭—下侏罗统砂泥质沉积建造。燕山运动在本区表现十分强烈，以断块造山作用为其主要特征（莫柱荪等，1980）。大面积分布的花岗岩、火山岩就是在这样的一种构造—岩浆作用背景下的产物。北东向为主的构造控制了岩浆活动、岩浆岩以及锡钨多金属矿床的分布。

燕山期花岗岩具有多期演化的特点，其中以燕山三、四期的黑云母二长花岗岩（简称二长花岗岩）、黑云母花岗岩分布最广。花岗岩体出露面积为数十至上百平方公里。另外，区内还有少量花岗闪长岩、石英闪长岩、花岗斑岩、石英斑岩分布，它们主要以小岩株或脉岩产出。锡、钨成矿岩体为大的花岗岩体的突出部分或其边缘相，控制面积多小于1平方公里。本区锡、钨成矿花岗岩在空间上具有明显的分区：以潮安—揭阳—海丰一线为界，靠近莲花山断裂带的西北部地区主要为钨成矿花岗岩分布区，东南部主要为锡成矿花岗岩分布区。钨成矿花岗岩分布区对应出现（铅锌银）矿化，钨成矿花岗岩分布区对应出现钨（铍钼铋）矿化（图2）。两个分布区中还出现“你中有我，我中有你”的交叉分布现象。

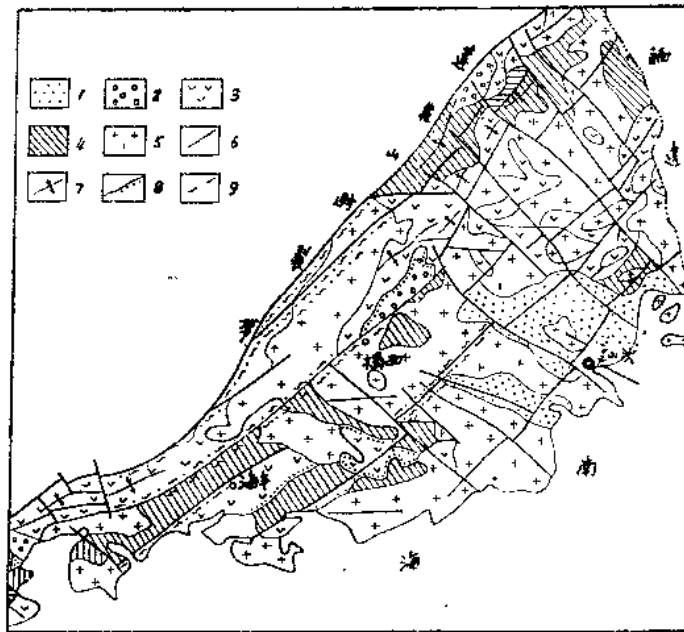


图1 粤东沿海地区区域地质图

1-第四系 2-白垩—第三系 3-上侏罗统 4-上三迭至下侏罗统
5-侵入岩 6-断裂 7-向背斜轴 8-地层不整合界线 9-动力变质带

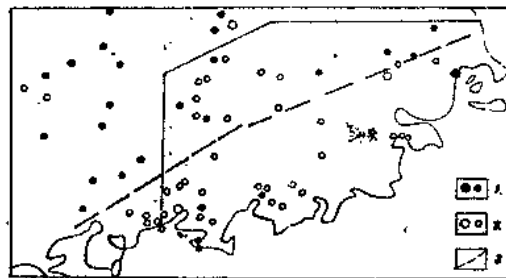


图2 粤东沿海锡、钨矿床(点)分布图(据邵厥年1982)

1-钨(铍钨铋)矿床(点) 2-锡(铅锌银)矿床(点) 3-两类矿床(点)大致分界线

同位素地质年龄数据表明,不同的成矿花岗岩,其成岩时代有所不同(表1)。锡成矿花岗岩同位素年龄值集中于140—160Ma,属燕山中期,钨成矿花岗岩同位素年龄值为90—140Ma,为燕山中晚期。

两种成矿花岗岩的成矿作用特征也明显不同。锡成矿花岗岩的矿化作用主要形成锡石—硫化物建造和锡石—硅酸盐建造,成矿元素组合为Sn—Pb—Zn—Ag(Cu),各类矿床围绕成矿岩体呈现出有规律的分布。以馒头山二长花岗岩岩体为例,由其边缘相至外接触带,分别出现锡石—石英脉(云英岩)型→锡石—电气石(绿泥石)型→锡石—硫化物型矿床。钨成矿花岗岩矿化作用主要形成石英脉型钨(铍钨铋)矿床及少数黑(白)钨矿—硫化物型矿床。矿床分布于黑云母花岗岩内外接触带,且主要分布在内带。不同类型的锡(铅锌银)矿床和钨(铍钨铋)矿床矿石稳定同位素组成(表2),表明早期成矿热液主要为与花岗岩浆达到平衡的热水溶液,晚期成矿热液中有一定量大气降水成分加入。花岗岩浆热液提供主要的成矿物质。不排除围岩提供部分成矿物质的可能。

表1

锡、钨成矿花岗岩同位素年龄测定值

岩石类型	岩石名称	采样地点	测定对象	测定方法	年龄值(Ma)	资料来源
锡成矿花岗岩	黑云母二长花岗岩	揭阳馒头山岩体	全岩	Rb—Sr法 (等值线年龄)	144.94±9.41	徐晓春, 1987
	中粒斑状二长花岗岩	馒头山岩体	造石	U—Th—Pb法	145	广东省区测队, 1976
	中粒黑云母二长花岗岩	潮安厚婆坳	全岩	K—Ar法	157.3±4.6	本文作者, 1985
	次花岗斑岩	惠来西岭	全岩	Rb—Sr法 (等值线年龄)	151±4	刘娟群, 1983
	中粒花岗岩	海丰吊贤岩体	造石	U—Th—Pb法	157	揭美昌瑞, 1985
钨成矿花岗岩	黑云母花岗岩	揭阳葫芦田岩体	全岩	Rb—Sr法 (等值线年龄)	139.46±8.23	徐晓春, 1987
	黑云母花岗岩	揭阳塘湖山	黑云母	K—Ar法	97.0±1	古菊云, 1981
	黑云母花岗岩	澄海莲花山	全岩	Rb—Sr法 (等值线年龄)	137.2±2.5	满发胜等, 1981
	黑云母花岗岩	丰顺八乡	黑云母	K—Ar法	93.0±3.4	本文作者, 1985

表2

粤东沿海锡、钨矿床氢氧同位素组成

矿区	样号	样品名称	矿物	δD_{1120} (‰)	$\delta^{18}O$ 矿物(‰)	$\delta^{18}O_{1120}$ (‰)	T°C	资料来源
厚婆坳	BK222	高锡石石英脉	石英	-26.8	+11.13	+5.82	347	董国仪 (1986)
	O222-1	锡石	锡石		+3.98	+5.79	347	
	IV40	硫化物石英脉	石英	-60.5	+7.98	+0.36	290	肖振宇(1986)
长埔		锡石—电气石—石英脉	石英		+10.00	+5.80~+8.70	400~600	虞钟琪等 (1984)
		锡石—石英脉	锡石		+4.80	+4.4~+7.3	400~600	
古水门	K—C—3	矿石	石英		+8.00			
	K—C—4	矿石	锡石		+4.8			
八乡	SB—1	黑钨石英脉	石英	-50.6	+8.50	+1.25	350	肖振宇(1986)
莲花山	R24	黑钨矿矿石	石英	-60	+14.0	+7.2~+8.7	305~355	张理刚等 (1985)
	RO—8	含钨石英脉	石英		+11.7	+5.4	320	
	R7	硫化物石英脉	石英	-52	+10.3	+2.2	270	
	R11	硫化物石英脉	石英	-45	+10.6	+0.2~+2.5	220~270	

二、两种成矿花岗岩的岩石特征

在岩性特征上, 锡和钨成矿花岗岩属酸性超酸性花岗岩。在斯特里凯森化学矿物定量岩石分类图解上(图3), 锡成矿花岗岩位于二长花岗岩区, 钨成矿花岗岩主要位于钾长花岗岩区。这一结果, 与野外和镜下鉴定结果基本相符, 两种成矿花岗岩含有一些相同的副矿物, 钛铁矿、磁铁矿、磷灰石、褐帘石、锆石等。不同之处在于: 锡成矿花岗岩中含较多的磷灰石、锆石、锡石, 还含电气石和硫化物; 钨成矿花岗岩中含独居石、萤石以及磷钨矿、铌钽铁矿、褐钨铌矿等特征矿物。

对两种成矿花岗岩中的钾长石和黑云母作了红外光谱分析和电子探针分析。由分析出的