

目次

矿产地质

粤北地区花岗岩型铀矿找矿方向浅析	张振奋 (1)
粤北燕山期岩浆岩成矿作用与找矿方向	徐义洪 (6)
粤东北某内生金属矿产成矿远景	邓 勇 邱瑞山 罗 鑫 (10)
粤东某铜多金属矿地质特征	许巧娟 (16)
连南县银新山铅锌矿矿床地质特征	陈光辉 谌后成 何志坚 (19)
广东省瑶岭钨矿矿脉地质特征和富集规律	李俊钿 倪舜鑫 (24)
诸广山岩体南部区域地球化学特征及其找矿意义	李毓成 (29)
广东高要罗客—金利地区成矿地质特征及找矿方向	吴苗佳 卢方全 (33)
广东三水裂谷的形成、演化及其找矿意义	邱瑞山 周国强 (38)
高精度磁法勘探在矽卡岩型多金属矿中的应用	陈 明 何门贵 (43)
清新鱼坝糜棱岩带的地质特征	陈永强 杨翠灵 (47)
广东省大宝山斑岩型钼矿床围岩蚀变与成矿关系	魏振伟 (54)
广东省始兴县某铅锌矿床地质特征及找矿前景	刘晋华 (57)
广东省紫金县某铜矿床地质特征及找矿方向	高凤颖 (61)
清新鱼坝水系沉积物异常特征	陈永强 杨翠灵 (64)
粤西阳春崩坑铅锌矿区成矿地质特征	陈家添 (70)
仁化凡口深部铅锌矿体特征及形成机制	徐义洪 (76)
凤塘铜铅锌矿床地质特征及周边找矿前景	朱祖良 (80)
粤西 Au 水系沉积物地球化学特征与金矿物源探讨	林杰藩 (85)
焦家金矿田地球物理找矿方法研究	罗高雄 李 敏 (90)
广州罗岗复式花岗岩体超单元—单元划分的磁性标志	吴国兴 林赛珠 (94)
矿床经济评价对矿业经济的影响	张福来 (99)

水文地质

广东省饮用天然矿泉水的现状与发展前景	李德荣 (102)
湛江地区地下水赋存环境及其保护对策研究	雷严问 (106)
紫金县九和热矿水的赋存条件和开发利用价值	林华康 (111)

潮汕平原氟元素水文地球化学特征初探	黄声春	(115)
信宜市陂底铺南方玉矿区矿坑涌水量估算方法	聂群林 张 强	(118)
地热深井施工的洗井方法探讨	林良创 晏海波	(123)
澳门特别行政区地下水资源评价	赖德莲	(125)
珠江三角洲地下水资源管理与开发技术要点	林华康 向 勇 徐自辉	(129)
北方大型城市天津宁河北应急水源地的开发 杨玉新 李 俊 陈瑞军 李 波 林建旺 林 黎		(134)
暖水塘地下热水成因及开发利用前景初探	李毓成	(139)
生活饮用水化学组分与人体健康	林华康 徐自辉 向 勇	(144)
江门某厂区范围浅层地下水污染现状评价	苏自武 刘荣东	(148)

工程地质

旁压试验在淤泥中的应用	郭巧胜 隋耀华 高 静	(152)
茂名市极软岩承载力特征值探讨	朱伯绍 叶 旺	(157)
构造应力场的初步分析	刘永利	(159)
湛江地区淤泥的工程地质特性及地基加固处理方法	黄上泉	(163)
浅谈雷州半岛玄武岩残积土的工程特性	黄上泉	(166)
庄科隧道地质环境评价	陈家添	(168)
地下连续墙在深圳某基坑中的应用	吴旭彬	(171)
阳春市大河移民安置区岩溶、土洞发育特征	陆巍峰	(176)
揭东县月城变电站地质环境条件分析	黄声春	(179)
番禺新中心城区规划区场地稳定性评价	黄金穗	(182)
珠海市花岗岩风化土浅层滑坡与降雨量关系分析	杨 鹏	(185)
云万高速公路 C2 标滑坡稳定性评价	白云鹏	(192)
岩体结构面对边坡稳定性的影响	刘永利	(197)
番禺监狱边坡稳定性评价	张立丽 林华国	(202)
珠江三角洲河口地区第四纪沉积岩土层划分及沉积环境分析	刘 胜 雷永超	(207)
岩土体工程地质调查及其资料整理	简文立	(210)
湛江市滨海某商业中心场地岩土工程评价	李琼涛	(213)
深圳某工程高压旋喷试验事故原因浅析	吴旭彬	(217)
广州某建筑基坑的变形监测及分析	朱育坤 莫赐国 黄志华	(222)
珠三角软基沉降及其对构筑物的破坏模式	梁家海	(225)
广州某场地白垩系溶洞综合物探调查	吴国兴 林惠玲	(232)
高密度电法在路基工程中的应用	陈 明 何门贵	(236)
浅谈基桩倾斜应力波检测法的创新性	邓业灿 李毅臻 黄汉平 李向民	(240)

环境地质

深汕高速公路西段边坡病害整治概况	余钦发 (243)
广州南沙近期重点发展区软基沉降的危害及影响	梁广星 钟晓清 (246)
洛湛铁路岑溪至茂名(广东段)地质灾害危险性分析	林碧华 屈 科 (253)
深汕高速公路 K44 边坡病害的综合治理	余钦发 (261)
广州南沙近期重点发展区软基沉降灾害经济损失评估	梁广星 钟晓清 (264)
广深沿江高速公路建设工程沿线软土地基变形危险性评估	吴小云 (269)
浅析汕头市潮南区两英镇地裂缝的成因	李少彬 黄瑞潮 冯丽宁 (274)
深基坑支护工程现状和事故原因分析	郑勇芳 李 轶 (278)
广州市开创大道萝坎路段滑坡治理工程	曹焕煜 (281)
梧州市榜山西侧文澜片 II 号滑坡稳定性分析	曹 屹 罗世毅 尹小涛 (284)
茂名市建成区天然气利用工程 LNG 站地质灾害危险性预测	张 强 聂群林 (288)
大冰期成因论	杨树庄 (293)

其 他

三水盆地古新统一始新统界线地层的微体化石记录	谢叶彩 周 洋 陈 亮 (302)
广州光塔路新发现恐龙蛋化石的记述	刘金山 段育祥 (306)
红珊瑚的矿物成分分析和结构研究	赖文波 杨明星 (311)
数字水文地质图空间数据库建设工作方法与体会	刘伟新 (317)
Grpaher 7 中文处理及数据交换在地质制图中的应用	何门贵 (320)
数字化成图的优越性	许巧娟 (324)
地质资料自动化管理系统的建设及应用	刘伟新 党 杰 (326)
室内空气中甲醛的来源、危害及防治措施	何兰军 林惠玲 (328)
硬质耐磨地面的质量控制	焦伟明 赵 军 (333)
浅议管线定位时保持接收机垂直度的重要性	梁瑜萍 (336)
420 nm 和 680 nm 波长下福尔马肼分光光度法测定地下水浑浊度的比较	钟志文 (338)
现阶段建设工程检测行业状况分析及展望	巫菊香 李华平 (341)
常见测量误差的分析与解决	华兆威 (344)
地形图的修测方法叙述	古 明 (347)

矿产地质

粤北地区花岗岩型铀矿找矿方向浅析

张振奋

(中国地质大学, 武汉 430074; 广东省核工业地质局 293 大队, 广州 510800)

摘 要 通过对粤北地区区域地质背景、构造特征、铀矿成矿条件的论述, 运用花岗岩型铀矿成矿规律, 对粤北地区花岗岩型铀矿找矿方向进行总结分析。

关键词 花岗岩型铀矿 成矿条件 成矿规律 找矿方向 粤北

粤北地区自 1958 年发现我国第一个花岗岩型铀矿床以来, 先后发现几十个铀矿床, 探明铀矿资源/储量达数万吨。同时先后建立了数个铀矿山, 为我国铀矿资源的开发、利用及国防建设、核电建设作出了重要贡献。目前, 粤北地区已被列为我国规划部署的第一批铀资源大型勘查基地。

本文试图通过对粤北地区多年来铀矿找矿经验的论述, 阐述其铀成矿地质背景、铀成矿条件及成矿规律, 从而总结分析粤北地区花岗岩型铀矿找矿方向。

1 区域地质背景

粤北地区位于华夏古陆闽赣后加里东隆起与湘、桂、粤北海西—印支拗陷的交汇部位, 处于南岭东西向构造—岩浆岩带中段 (图 1)。该区地壳演化经历了加里东、海西—印支、燕山、喜马拉雅等 4 个构造旋回, 总体上为活动—稳定—活动的演化过程。

1.1 区域地层特征

区内地层出露齐全, 从晚元古代—第四系均有出露, 其中: 古生代震旦—奥陶系浅变质砂岩、板岩、炭质板岩以及泥盆—石炭系砂岩、碳酸盐岩广泛分布; 晚古生代的二叠系、中生代三叠系及侏罗系有少量分布; 在 K2—E 红色断陷盆地, 沉积了一套属山麓相红色磨拉石建造的砂砾岩。

1.2 区域岩浆岩岩石特征

区内岩浆活动频繁, 从早到晚以酸性、中酸性岩浆活动为主, 同时也存在中基性岩浆活动。其岩性为不同粒度的黑云母花岗岩、二云母花岗岩、二长花岗岩、云辉二长岩、辉绿岩、煌斑岩、拉辉煌斑岩、辉绿玢岩、闪长玢岩等, 局部地区见有火山岩及火山碎屑岩。区内岩浆活动大致可分为 13 个阶段, 形成区内分布较广、多期、多阶段的复式岩体, 且与铀矿化关系密切, 诸广、贵东岩体就是其典型代表。

1.3 区域构造特征

粤北地区处于区域性深大断裂构造带交汇区, 区内构造主要有北东向、北西向、东西向、南北

加,良好的还原条件和封闭成矿环境,产铀岩体多、铀源丰富,为粤北地区花岗岩型铀矿的最重要聚集区。诸广山岩体为多期多阶段活动的巨型复式岩体,从早到晚以酸性、中酸性岩浆活动为主,同时也存在中基性岩浆活动。岩石多为粗、中、细粒斑状黑云母花岗岩或二云母花岗岩,其化学成分具有富硅、贫钙、钾大于钠等特点。

区内构造活动经历了加里东、华力西—印支、燕山及喜山期等4个阶段,断裂构造具有多向、规模大、活动频繁、性质多变和等间距分布等特点。主要断裂构造有南北向、北西西向和北东东向三组。北东向南雄、塘洞、牛澜、热水断裂和北东东向城口断裂,控制了铀矿田、矿床的分布。铀矿床分大脉型、群脉型、交点型和花岗岩外带型四种类型(图2)^①。

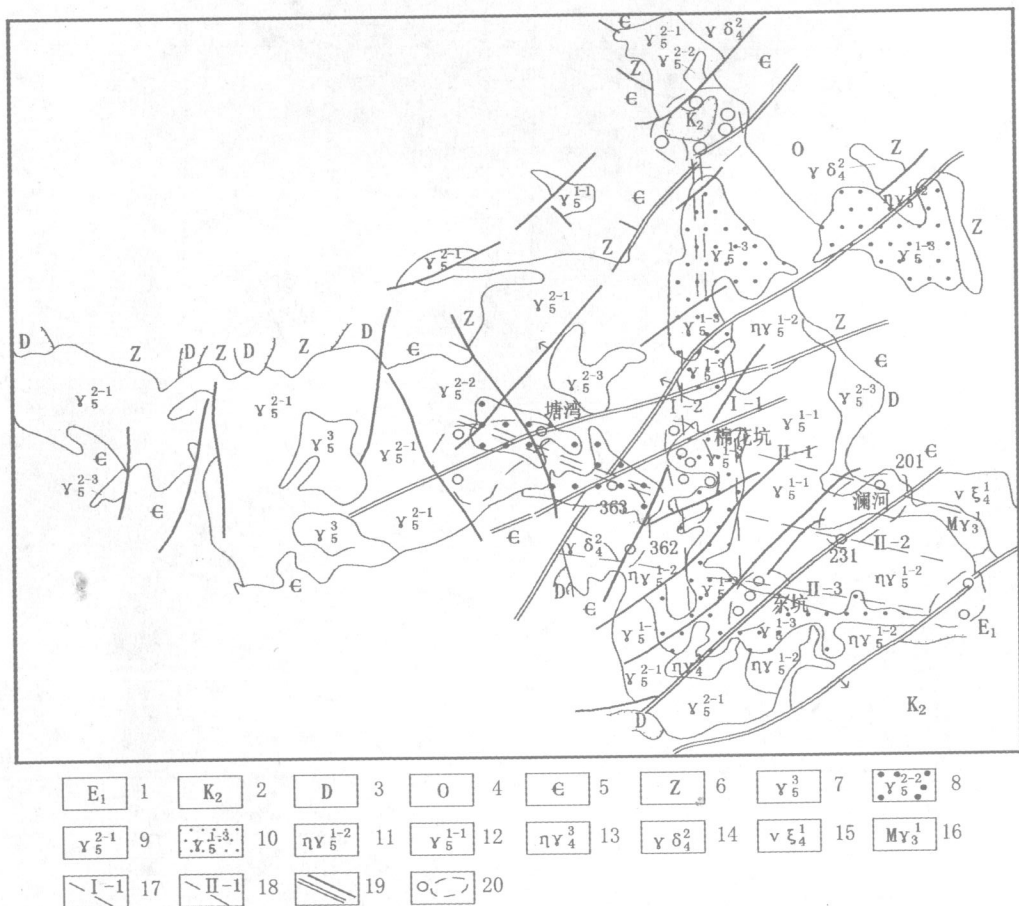


图2 诸广山岩体南部地质略图

1. 古近系; 2. 上白垩统; 3. 泥盆系; 4. 奥陶系; 5. 寒武系; 6. 震旦系; 7. 细中粒二云母花岗岩; 8. 中粒斑状黑(二)云母花岗岩; 9. 粗中粒黑云母花岗岩; 10. 中粒二云母花岗岩; 11. 中粗粒斑状黑云母二长花岗岩; 12. 粗粒巨斑状黑云母花岗岩; 13. 中细粒少斑状黑云母二长花岗岩; 14. 花岗闪长岩; 15. 云辉二长岩; 16. 片麻状花岗岩; 17. 南北向矿带; 18. 北西向矿带; 19. 断裂、主干断裂; 20. 矿床、矿结

贵东岩体东部的下庄矿田(已查明18个铀矿床,图3)为多期多阶段岩浆活动所形成的复式岩体,岩浆分异演化完善,自变质作用强,为晚期花岗岩浆活动中心、中基性岩浆上涌中心、铀活化中心,晚期断裂构造活动中心、晚期热液活动中心。岩体具有铀、钾、晶质铀矿、伽玛场、水中铀氢高(5高)及副矿物、钼、暗色矿物含量低(3低)的特点。花岗岩型铀矿相对集中又比较富集。

① 广东省核工业地质局. 广东省诸广山岩体南部铀资源大型基地勘查部署规划研究报告. 广州: 中国核科技报告, 2005

下庄矿田已查明 18 个铀矿床, 铀矿化类型分为硅化带大脉型、硅化带群脉型、交点型、碎裂岩型、花岗岩外带型等五种 (图 3)^①。

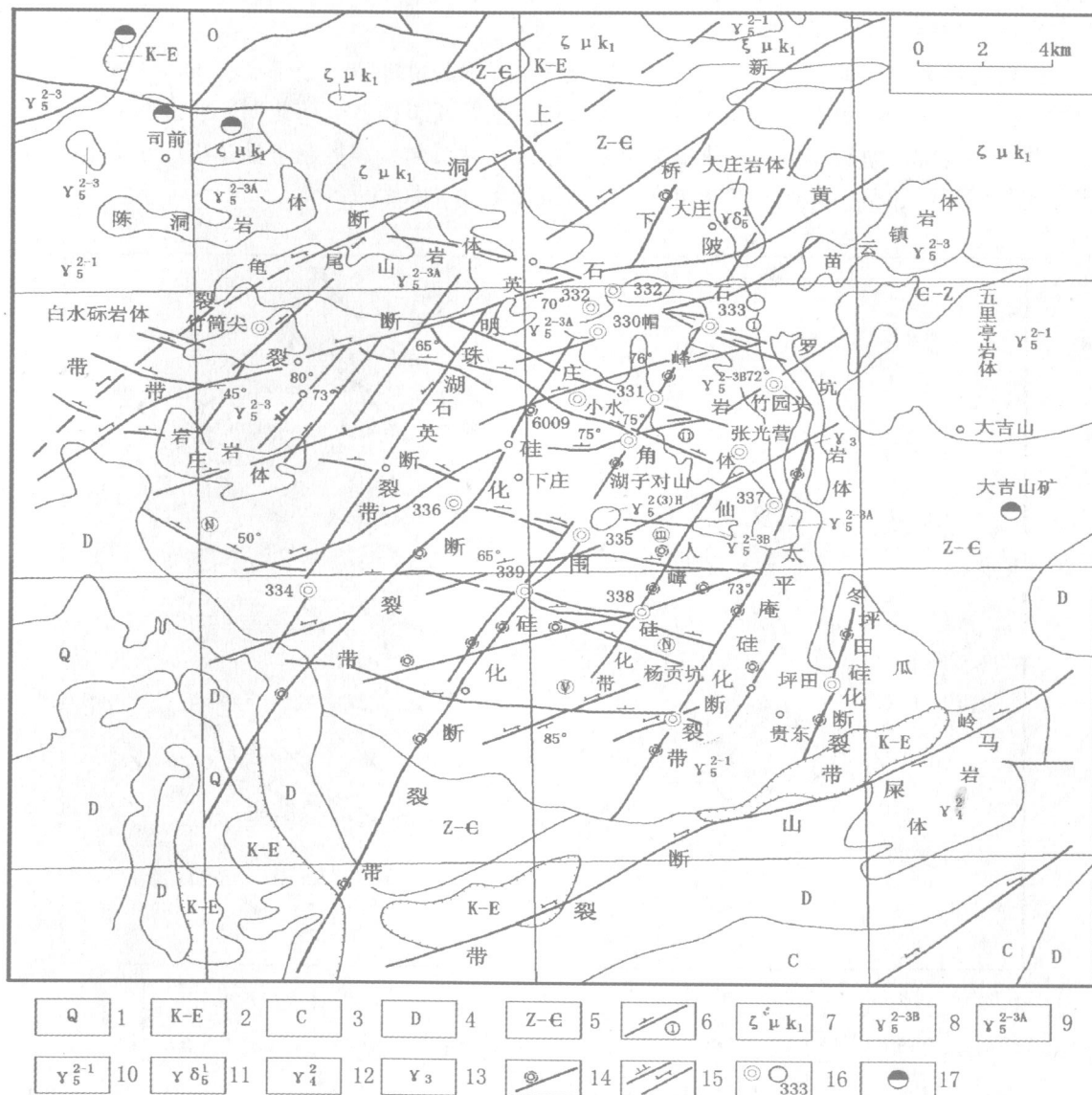


图 3 贵东岩体东部下庄矿田地质图

1. 第四系; 2. 白垩—古近系; 3. 石炭系; 4. 泥盆系; 5. 寒武—震旦系; 6. 辉绿岩及编号: I. 水口—竹山下; II. 黄陂—张光营; III. 明珠湖—寨下; IV. 鲁溪—仙人嶂; V. 中心段; 7. 英安斑岩; 8. 燕山第三阶段第二补体花岗岩; 9. 燕山第三阶段第一补体花岗岩; 10. 燕山第一阶段土侵入体花岗岩; 11. 印支期花岗岩闪长岩; 12. 华力西期花岗岩; 13. 加里东期花岗岩; 14. 硅化带; 15. 石英断裂带、碎裂岩带; 16. 铀矿床 (编号)、矿点; 17. 钨矿床

3 粤北地区找矿思路及找矿方向

鉴于粤北地区浅部找矿工作程度较高, 找矿难度大, 在今后的找矿工作中, 应充分引进新方法

① 广东省核工业地质局, 广东省下庄矿田铀资源大型基地勘查部署规划研究报告, 广州: 中国核科技报告, 2005

新技术,如普通物探、综合测井、深孔钻进、数字化技术等,加强深部的找矿工作,提高深部找矿效益。根据辉绿岩的物质成分、产出形式,认为辉绿岩是幔源深成的,加强诸广山岩体南部、下庄矿田深部找矿工作,将成为今后扩大找矿远景方向。此外在分析成矿地质条件基础上,可结合开展区域蚀变场及蚀变矿物组合调查研究,探索并建立基于地质蚀变场理论的成矿模式,为今后扩大找矿远景指示方向。加强矿床垂向变化规律研究是今后深部找矿的主纲。多年找矿实践表明,无论是已知矿床集群区的深部延拓,还是外围新区的突破,都需要研究和掌握地质成矿条件在垂向上的变化规律。

3.1 找矿思路

(1) 找矿类型以花岗岩型的硅化带大脉型、硅化带群脉型、交点型和花岗岩外带型为重点,重视老矿区成矿规律的研究^①。

(2) 引进新的地学理论及其研究成果,分析铀成矿条件,寻找成矿有利地段;采用新的找矿技术、新的找矿方法寻找隐伏铀矿体。

(3) 加强对含矿构造的研究,分析构造性质、区分含矿与不含矿构造的异同,缩小找矿靶区,提高找矿效益。

(4) 加强对 500~800 m 区间的找矿勘探,突破 800 m 以下的找矿空间。

3.2 找矿方向

(1) 从粤北地区已掌握的矿田控矿规律和工作实践看来,硅化带大脉型、硅化带群脉型、交点型、碎裂岩型、花岗岩外带五种控矿类型仍是今后找矿的主要方向。

(2) 粤北下庄矿田是华南地区铀矿主要分布区之一,区内铀矿床分布密度高,区内硅化带群脉型、交点型铀矿化是今后找矿的主要类型。其中矿田南部以寻找交点型铀矿化为主,北部以寻找群脉型铀矿化为主。

(3) 粤北诸广山岩体南部呈北东向展布的南雄断裂带、塘洞断裂带是区内控矿断裂带,为区内寻找大型铀矿床的有利地段^②。

(4) 探索岩体外接触带的铀矿找矿工作,是粤北地区找矿新发展方向之一。根据已有的认识,从构造应力场理论出发,在岩体东缘拐弯部位,从浅部到深部,将成为今后寻找群脉型铀矿的主攻方向^③。

(5) 老矿区探深,寻找深层次隐伏铀成矿区段;加强对地面以下 500~800 m 的找矿勘探工作,突破深部找矿空间。

粤北地区找矿难度大,引进新方法新技术,加强成矿规律、蚀变场研究,突破深部的找矿空间,探索岩体外接触带的铀矿找矿工作,将可能是今后粤北地区扩大铀矿找矿远景的主要方向。

① 黄国龙,等.华南花岗岩型铀矿找矿勘查、研究现状及下一步工作思路.韶关:华南铀矿地质,2004,12

② 核工业二九〇研究所.粤北花岗岩型铀矿找矿潜力及找矿方向.韶关:华南铀矿地质,2005,12

③ 广东省核工业地质局.广东省下庄矿田铀资源大型基地勘查部署规划研究报告.广州:中国核科技报告.2005,12

粤北燕山期岩浆岩成矿作用与找矿方向

徐义洪

(广东省地质勘查局 706 地质大队, 韶关 512028)

摘 要 粤北中生代岩浆岩侵入活动十分强烈, 以燕山期酸性花岗岩为主, 岩浆活动与本区成矿密切相关, 燕山期为广东最主要的侵入岩成矿时期。

关键词 燕山期岩浆岩 岩浆热液成矿 找矿指示 粤北

粤北矿产种类多, 矿床成因受多种因素控制, 地层与构造的控矿作用为主。本文从粤北区内一些矿床的分布特点与矿床的成矿特征, 结合区内岩浆岩的分布特点, 探讨岩浆活动对成矿的重要作用, 为今后找矿提供依据。

1 区域地质背景

粤北地区地层类型出露较多, 岩性复杂。前泥盆系为地槽型浅海相复理石建造, 主要为变余砂岩、片岩及板岩等; 震旦系—寒武系为变质砂砾岩、长石石英砂岩、粉砂岩、片岩及板岩, 并夹有炭质页岩及硅质岩; 泥盆系、石炭系地层以浅海相碳酸岩沉积为主, 夹少量滨浅海或海陆交互相的含煤碎屑岩建造生物化石, 在曲仁、英德和连阳盆地其岩性、岩相和厚度变化很大。白垩系及第四系为陆相红色沉积(图1)。

从加里东期至喜马拉雅期区内构造运动频繁、强烈, 造成复杂的构造形态, 依其组合方式可分为东西向构造带、南北向构造带、北北东向构造带、北西向构造带及粤北山字形构造, 其中东西向构造及南北向构造规模大, 组成本区的主要构造格架。

粤北岩浆岩呈三条东西向带状展布: 北为九峰—诸广山岩体、中为大东山—贵东岩体、南为连阳岩体、佛岗岩体。岩浆活动期有加里东期、海西期、印支期和燕山期, 以燕山期规模最大。各期形成的岩浆岩体均具多旋回、多阶段形成的特征。

加里东岩体为二长花岗岩, 海西期岩体岩性以花岗闪长岩为主, 燕山期岩体岩性以黑云母花岗岩为主。

粤北地区金属矿产丰富, 主要有铅、锌、铜、钨、锡、钼、铋、汞、金等多金属和黄铁矿。与岩浆热液有关的钨、锡、钼、铋以及部分铜、铅、锌矿产大都展布在一级基底构造隆起带上花岗岩体及其外接触带的下古生代内, 岩体 W、Sn、Mo 及 Cu、Pb、Zn 等元素丰度较高。

2 燕山期岩浆岩

燕山期岩浆岩类型较多、分布广, 以花岗岩为主(表1)^①。其中燕山早期花岗岩为与成矿作用最为密切的岩浆岩。燕山早期是广东最主要的侵入岩成矿时期。

^① 广东省地质局 706 地质大队, 广东省粤北地区成矿远景区划说明书, 1983

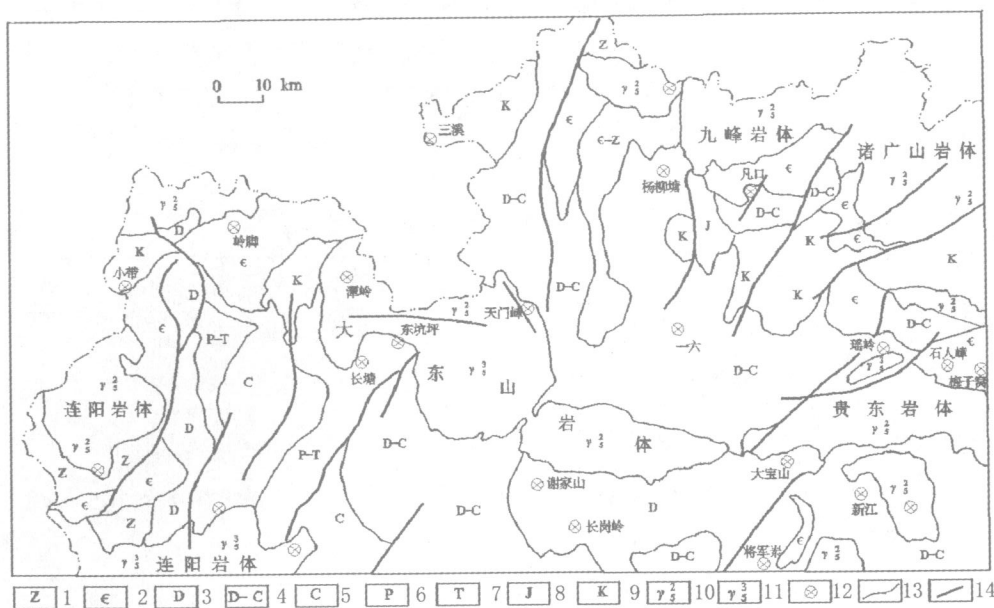


图 1 粤北地区地质略图

1. 震旦系; 2. 寒武系; 3. 泥盆系; 4. 泥盆系—石炭系; 5. 石炭系; 6. 二叠系; 7. 三叠系; 8. 侏罗系; 9. 白垩系;
10. 燕山早期花岗岩; 11. 燕山晚期花岗岩; 12. 矿(床)点; 13. 地质界线; 14. 断层

表 1 粤北燕山期岩浆岩类简表

时代	主要岩浆岩	主要岩体及分布地区
晚期	第五期 花岗斑岩、石英斑岩	始兴石人嶂、新丰秀长江、新丰桃源等岩体
	第四期 中细粒浅色花岗岩、钠长石化花岗岩	从化红坪山、独石山、白沙圩、南雄天龙山等岩体
早期	第三期 中粗粒浅色花岗岩	佛冈、连阳、一六、金门、灵溪、贵东、大东山、诸广山、马岭等岩体
	第二期 花岗闪长岩、二长花岗岩	南雄高嶂、英德田洞及曾屋、清远桃源、从化吊里及腊埔等岩体
	第一期 巨斑状黑云母花岗岩、部分为二长花岗岩或白云母花岗岩	九峰、贵东、大东山、坪田、油山、青嶂、热水、禾洞等岩体

粤北燕山期花岗岩具有多期次特征。早期多呈大的岩基产出,以黑云母花岗岩、斑状(含角闪石)黑云母花岗岩为主;其次是黑云母二长花岗岩与二云母花岗岩;晚期侵入的多为小岩株,如花岗斑岩,花岗闪长岩,花岗闪长斑岩及少量的二云母花岗岩与二长花岗岩等。早期呈岩基侵入的黑云母花岗岩类与中国同类岩石比较,其化学成分特点是酸度和碱度有高有低;而 K_2O/K_2O+1Na_2O 、 K_2O/Na_2O 比值均偏高,说明粤北地区花岗岩相对富钾贫钠。晚期侵入的中酸性斑岩小岩体的碱金属含量多低于中国同类岩石平均值,但均高于粤西地区同类岩石平均值。燕山期花岗岩类的某些岩石化学特点同成矿有一定关系。一般讲,若主体期花岗岩类贫钠富钾,则表现为岩浆期后的碱质交代作用(钠长石化和钾长石化)不发育,岩浆分异可能不够充分,因而矿化主要与早期阶段侵入体有关,而晚期斑岩侵入体较少成矿。如连阳岩体的北、东缘有三期侵入,其 W、Sn、Bi、Mo、Cu、Pb、Zn 矿均与第一期侵入的主体期花岗岩有关(矿床多为中小型);而晚期侵入的花岗斑岩小

岩体碱质不高,矿化很弱。又如大东山岩体早期侵入体接触带有小型铅锌矿,但其晚期斑岩侵入体也很少矿化(表 2)^①。贵东岩体和诸广山岩体,与中国同类岩石比较,相对贫硅富碱,岩浆期后碱质交代发育,岩浆分异演化较彻底,晚期的中酸性斑岩小侵入体发育,且含矿性较好。如大宝山、一六等晚期小岩体伴生有中—大型 W、Sn、Nb、Ta 和 Cu、Pb、Zn 矿床。

表 2 粤北地区燕山期花岗岩含矿性表

 $w_B/10^{-6}$

岩体名称	岩性特征	Cu	Pb	Zn	WO ₃	Sn	Mo	Bi	As	Be	Cr
大东山岩体	弱蚀变中(粗)粒黑云母(钾长)花岗岩	<10	50	90	9	12	1				
一六岩体	未蚀变花岗岩	61	391	82	55	18	7.4		230	4.7	
燕山早期花岗岩	具弱绢云母、绿泥石化	18	15	64	1.6	4.1	1.1	0.5	3.2		113
燕山晚期花岗岩	具弱绢云母、绿泥石化	11	39	71	7	10.5	3.2	1.2	3.5		21
连阳岩体	黑云母花岗岩	180	120	20	10	23	0.8	<2			

粤北地区三条东西向的燕山期复式岩体群内及接触带有 W、Sn、Bi、Mo 及稀有金属矿产和铀矿产,在部分主体期岩体接触带有小型铅锌(多金属)矿(如连阳地区);但与中大型铅锌(多金属)矿床空间关系密切的主要为复式岩体外围晚期侵入的小岩体(群),特别是花岗岩、花岗闪长斑岩、次英安斑岩等。如大宝山层状多金属矿床主要分布在岩坪状次英安斑岩体上盘,与岩墙延伸一致,矿床具有热液蚀变分带。粤北区与成矿有关的岩体特点是:后期次斑状小侵入体的侵位深度较浅,为次火山岩相,并具多期脉动式侵入—喷发特点。次英安斑岩中含部分火山晶屑。与成矿有关的小岩体外接触带有强烈钾长石化热液蚀变带,岩体本身蚀变也很强烈(钾长石化、硅化和绢云母化等)。含矿岩体的另一特点是岩体同生含铅锌铜较低,而含 W、Sn、Mo 等较高。如前所述,显然较大规模的 W、Mo、Cu、Pb、Zn 矿床主要与深源同熔型中酸性浅成—超浅成侵入小岩体有密切的空间与成因关系。

3 岩浆活动与成矿作用

3.1 燕山期岩浆活动与成矿

燕山期岩浆岩活动强烈,以铅锌为主,早期以铁、钨、锡、钼为主,晚期以多金属、铀矿为主。

燕山早期旋回以粤北诸广山、贵东和大东山岩体为代表。按侵入顺序,燕山一期侵入的是中粗粒黑云母花岗岩,伴随有云英岩型和石英脉型黑钨矿床(伴生锡、钼、铜)以及接触带矽卡岩型白钨矿床的形成。如大东山岩体云英岩型和石英脉型钨锡矿床、始兴石人嶂、梅子窝钨锡矿床。第二次侵入的是细粒黑云母花岗岩,伴随形成蚀变花岗岩型和伟晶岩型铌钽矿床,石英脉型黑钨矿床(伴生锡、钼、铋)在乐昌龙腔铌钽矿化的细粒花岗岩侵入并切割前期黑钨矿石英脉。第三次侵入的花岗斑岩伴随铜、铅、锌矿化。最后侵入的是中性岩脉,随后有蚀变破碎带型铀矿床的形成。燕山晚期旋回:燕山一期第一次侵入的细粒斑状黑云母花岗岩,内外接触带有云英岩型和石英脉型钨(锡)矿床产出,接触带形成矽卡岩型锡(钨)矿床,围岩中有细脉带型锡矿床产出和蚀变破碎

^① 广东省地质局 706 地质大队,广东省铅锌矿床类型,1986

带型铅锌矿化。早期岩浆形成的矽卡岩体经晚期岩浆作用,可形成矽卡岩型铅锌矿床或铅锌多金属矿床,如阳山东坑坪、曲江大宝山等。铀矿的富集通常是在燕山晚期构造蚀变碎裂带内,经岩浆作用逐渐富集成矿的。

早期岩浆与围岩的交代作用,通常可形成大中型矽卡岩型铁矿床,或者矽卡岩型锡铁矿床如阳山长塘、乳源谢家山。燕山早期岩浆活动也可带来大量的成矿物质,如仁化凡口铅锌矿床的铅锌物源是通过该期岩浆活动把成矿物质从深源带到浅部,后经构造热液输送到浅成地壳中形成厚大的矿体。燕山期岩浆成矿作用可概括为如下序列:W (Sn、Mo、Bi、Cu) → Nb、Ta、Bi、W (Sn、Mo、Bi) → (Cu、Pb、Zn) → U。

3.2 岩浆热液与成矿

燕山运动强烈,一方面形成大量褶皱断裂,断块构造并使之长期多次活动;另一方面造成广泛的岩浆侵入,并对多金属矿的形成起重要作用。大宝山矿床的Cu、Pb、Zn与次英安斑岩密切相关,矿物质来源是与次英安斑岩同源或同期或稍晚的岩体提供的铅锌和硫再经过晚期岩浆活动的富集作用形成矿床。

岩浆沿断裂侵入岩层或矿化部位,一方面由于其热力作用使围岩发生重结晶,在已矿化的部位使金属成矿物质重组合,重结晶,硫同位素成分的改变以及接触变质带的产生而造成金属成矿物质的富集。同时,在岩浆期后含矿气液作用下发生广泛的围岩蚀变。并在有利地段,有利层位发生交替成矿作用。岩浆热液在运移过程中一方面不断地从所经过围岩中吸取矿质,另一方面则有部分地热水,地表水的加入,到达矿源层后,酸性岩浆热液将对其溶解,同时使本身的pH值不断升高,最后与围岩达到平衡而产生一系列蚀变作用和成矿作用,显示一系列岩浆热液矿床特征。

4 找矿方向

根据区内矿床的成矿特点和分布特点,做出如下找矿指示:

(1) 在隆起区,以寻找钨、锡铌钽、稀土和铀为主,矿床类型以石英脉型和蚀变花岗岩型为特色。特别是诸广山隆起区和九峰山隆起区钨铀矿化强烈,是寻找钨锡铀的重要靶区。

(2) 在拗陷区,以寻找矽卡岩型铜、铅、锌、钨、锡和铁矿为主。

(3) 外接触带以寻找石英脉型钨矿床为主。瑶岭、梅子窝矿床都属此类型,铀富集在燕山晚期小岩体接触带内。

(4) 在岩体内带,浅部有石英脉型和蚀变花岗岩型钨锡矿。特别是九峰山和诸广山岩体东段。

粤东北某内生金属矿产成矿远景*

邓 勇 邱瑞山 罗 鑫

(广东省佛山地质局, 佛山 528000)

摘 要 广东蕉岭广福内生金属矿产成矿预测区位于华南成矿省梅县成矿区内, 属B类成矿预测区; 已发现中小型矿床9处, 成矿地质背景优越, 可与已知矿区类比; 找矿标志明显, 矿产资源潜力较大。利用已建立的地物化遥基础空间数据库, 在GIS平台上对其进行预测分析, 通过地球化学特征分析, 结合成矿地质背景, 指出进一步勘查靶区。

关键词 矿产预测 地球化学 勘查靶区 GIS 粤东北

矿产资源是人类赖以生存和发展的物质基础, 是保证地球可持续发展的重要因素之一, 目前, 我国95%的能源和80%的工业原料都取自矿产资源(赵鹏大《矿产勘查理论与方法》, 2006.4讲义)。面向21世纪, 全球对矿产资源的需求都将是与增无减, 其形势十分严峻。而矿产资源勘查面临“三难”: 难识别、难发现、难开发; “三新”: 新理论、新技术、新方法。单纯用传统方法越来越难发现矿床了, 如何寻找隐伏矿产, 并提高找矿成功率是人们目前研究与关心的问题。找矿新技术、新方法的研究和应用日益加强, 导致地质的、物化探的、遥感的和其他勘查信息数量大大增加。电子计算机的普遍应用不仅大大提高了数据处理的能力和效果, 而且开辟了勘查方法研究的新途径。

笔者近年参加了广东省矿产资源调查评价综合编图项目, 运用证据权重法分别圈定了单矿种的金属矿产远景区及采用叠置及空间分析方法圈定了全省内生金属预测远景区, 从圈定的结果来看, 对找矿具有十分明显的指导意义。而粤东北某内生金属矿产成矿预测区是本次圈定的远景区之一, 属B级。

预测区位于南岭中段成矿区东端, 北东向展布, 在广东境内面积620 km²。已知矿产有磁铁矿、钨、多金属硫化物、铌钽、铷等(图1), 地球化学异常发育。属于燕山期陆相火山岩—中酸性重熔型花岗岩有关的Fe、W、Nb、Ta、Cu、Pb、Zn、Ag、钾长石矿床成矿系列。本文试图从分析成矿地质背景及对应用GIS预测技术圈定的远景区进行剖析, 并在物化遥等基础上剖析各勘查靶区, 指出找矿前景。

1 成矿地质背景分析

预测区位于南岭中段中生代锡、银、铅、锌稀有稀土成矿区与闽粤沿海中生代锡、钨、铅、锌、银非金基金属成矿带^[1]交汇部位, 南岭纬向构造带于此被北东向华夏构造带所截, 具有强烈而持久的多期次构造、岩浆及热液成矿作用。

区内地壳经历了三次具规模的地质构造变形和岩浆侵入活动^[2]。新元古代及早古生代以槽盆相类复理石杂陆屑岩建造为主, 和平下车地区新元古代火山岩以基性玻屑角砾凝灰岩为主, 夹橄榄玄

* 中国地质调查局地质调查项目, 《全国(分省)矿产资源调查评价综合编图》(编号为2002118310076)



早三叠世末夹火山岩的海相碳酸盐岩层,在广东称四望嶂组,以泥灰岩、钙质页岩为主,夹钙质粉砂岩及多层气孔状安山岩^[4],与海相火山碎屑岩—碳酸盐岩建造有关的中小型锌、铅、铜、银

矿床。见于上杭、龙岩等地^[5]。

中生代大陆边缘活动与新生代板边裂陷与碰撞造山阶段^[6]是区内主要成矿期。晚三叠—早侏罗世在海陆交互相含煤碎屑岩建造的边缘盆地中普遍可见菱铁质结核。连平大顶、河源黄村可见厚0.8~2 m赤铁矿层。沿早侏罗世火山岩见火山沉积—热液叠加磁铁矿床,为磁铁矿、菱铁矿—矽卡岩组合,伴生黄铜矿。沿政和—大埔断裂于福建境内发现中甲锡多金属矿床,其主成矿期是 $(196-193) \times 10^6 \text{ a}$ (Re—Os模式年龄值)。早侏罗世早期是中国东南大陆转换为环太平洋构造域的前奏期,这与南岭中段近东西向的岩浆构造带的形成有关^[7]。曲江大宝山斑岩型钨、钼矿床,与侵入早侏罗系地层中的斑岩体有关,斑岩体的成岩时代为 $(195.75 \pm 11) \times 10^6 \text{ a}$ — 157.3 ± 23.3 。中侏罗世兴宁零岚岩浆分异型钒钛磁铁矿,产于来自幔源的辉长岩、辉石闪长岩杂岩体中。中晚侏罗世 $(153-135) \times 10^6 \text{ a}$ 是区内与中酸性侵入岩、火山岩有关铁、铜、钨、锡、钼、铅、锌、金的主要成矿期。代表性的矿床有蕉岭贵人峰钼矿、蕉岭高思白钨矿、黄铜矿、锡石矿床,梅县瑄坑锡、钼矿床及潮州至海丰钨锡矿床。潮安厚婆坳锡(铅、锌)矿床岩浆热液脉状锡石、方铅矿、闪锌矿矿床,Rb—Sr等时线年龄值为 $(149.99 \pm 7.04) \times 10^6 \text{ a}$ ^[8],是区内中晚侏罗世锡多金属成矿期的代表。

连平锯板坑钨锡多金属矿床是南岭中段与中浅成花岗岩有关W(Sn)、Nb、Ta、Au矿床成矿亚系列的典型代表,成矿与同位素年龄值 $138 \times 10^6 \text{ a}$ 的重熔型黑云母花岗岩有关,具“五层楼式”脉状高温热液矿床,为钨、锡和钨、锡、锌、铜—石英组合,以富含稀有、稀散铷、铯、锂、铌、钽、锆、镓、铟、镉等元素为特征。

澄海莲花山钨矿为闽粤沿海成矿带与同熔型花岗岩有关的钨锡矿床,伴生的铜、铋、钴、砷、硫、金、银都可回收。矿区同位素及稀土元素标准模式^[9,10]表明,成矿热液来自深部幔源,火山岩与花岗岩为同源、同熔型,其地质时限为 $(137.2 \pm 2.54) \times 10^6 \text{ a}$ ~ $(135.8 \pm 7.32) \times 10^6 \text{ a}$ 。

梅县××银锑矿床赋存于晚侏罗世梅县寨岗上火山盆地(喷发—喷溢相),以流纹质为主,夹英安质的层状火山机构中。于丰顺晚侏罗世层状火山机构中见火山热液铅锌矿,饶平晚侏罗世潜火山岩相(花岗闪长斑岩)中见斑岩钼矿。于河源晚侏罗世火山盆地中,已发现火山—热液型铜、铅、锌、锡、钴矿床多处。

早白垩世($137 \times 10^6 \text{ a}$)开始,中国东南沿海的成矿作用是由“挤压地壳增厚,陆壳重熔”向“拉张岩石圈减薄双峰式岩浆作用”机制的转变年龄^[11]。

梅县平远地区 K_1-K_2 火山岩系,厚度大于400 m。喷发不整合于古生代变质岩系之上。铜钼矿化具旋回性,可见3个含矿段。矿石为沥青铀矿,伴生辉钼矿、赤铁矿、铜、铅、银,似层状产出。此外,可见沿次火山岩相流纹斑岩[同位素年龄值 $(94.9-87) \times 10^6 \text{ a}$],火山颈壁呈陡脉状产出的钼矿床。武夷山南西段江西会昌岩背斑岩型钨锡矿与成矿关系密切的花岗斑岩[成岩时代Rb—Sn法测定 $(114.1 \pm 0.6) \times 10^6 \text{ a}$ ~ $103.95 \times 10^6 \text{ a}$ ^[12]]。福建上杭紫金山铜(金、钼)矿床矿化岩石Rb—Sr等时线年龄值 $(122 \pm 4 \sim 100 \pm 3) \times 10^6 \text{ a}$ ^[13]。表明在伸展作用下的又一重要成矿期。

翟裕生院士1999年^[14]指出永(定)、梅(县)、会(昌)地区具有较大的成矿潜力,是Cu、Au、Fe、Ag、Sn、Hg等矿化富集有利地带。本预测区内生金属矿产成矿远景区位于永梅会区域之中。预测区以燕山期黄竹塘复式岩基[主体为 $(148-137) \times 10^6 \text{ a}$]为中心,侵入岩由二长花岗岩过渡为花岗斑岩,花岗闪长斑岩中小型岩株及中酸性岩脉,沿接触带见新元古代及早古生代类复理石浅变质碎屑岩夹硅质岩建造,组成北东向基底褶皱。上覆晚古生代台棚相碎屑岩及碳酸盐建造,组成盖层褶皱,南北向展布。晚三叠世—早侏罗世以含煤碎屑岩为主,夹海相火山岩。中—晚侏罗世以陆相火山为主,由安山岩、玄武岩过渡为流纹岩、英安质火山岩类,组成下黄地、上黄地多个环形火山机构。白垩系断陷盆地均为火山盆地,沿断裂带北北东向展布。成矿沿侵入岩接触内

带以残留顶盖以热液型钨矿为主,沿外带多为接触交代矽卡岩型铁、多金属硫化物矿床,可见蚀变花岗岩型铀矿、铌钽、火山热液型银多金属、火山岩型铀钼矿床及珍珠岩、膨润土沸石等非金属矿产。长时期、多旋回的岩浆—构造—热液成矿作用,展示了区内具良好的找矿前景。

2 远景区圈定

在建立广东省 1:1 000 000 地质、矿产、物探、化探、遥感等基础数据库的基础上,利用计算机及其矿产资源 GIS 评价处理软件对其进行分析、数据处理,并提取有关信息,利用证据权重法分别对全省小型以上的单矿种和多矿种进行权重计算,预测网格单元为 $5\text{km} \times 5\text{km}$,选择权值较大且为正权值的证据因子参与计算后验概率,由后验概率圈定各单矿种和多矿种预测远景区。证据权值表明区内与成矿关系最密切的建造为中性火山岩建造和碳酸盐岩建造;与成矿有关的最密切地层为上古生界碳酸盐岩和下侏罗统碎屑岩及火山岩。由单矿种和多矿种预测远景区再通过空间叠置分析和人工处理,形成最终的成矿远景区,按成矿有利度划分为 A、B、C 三级^[1],本预测区内生金属矿产成矿预测区属 B 级(成矿条件有利,可安排地质工作的地区)。

3 勘查靶区划分

为了对本远景区进行深入剖析,经进一步收集整理有关矿化点资料及中比例尺的地质资料,将矿化点投影到预测色块图(图 2)上,发现大部分矿床(点)均落在了预测区,区内小型矿床落在后验概率值较大的色块上,不仅显示了很好的成(找)矿潜力,而且还表明了采用证据权法圈定找矿远景区是可行的。经对远景区进行剖析可圈出以下 4 个勘查靶区:

I 勘查区 面积 70 km^2 。发育角岩化和矽卡岩化。已发现以磁铁矿为主的多金属硫化物矿床,沿外接触带产出。在岩体内部已发现含黑钨矿石英脉型钨矿。值得指出的晚侏罗世细粒斑状钾长石花岗岩中小型岩株的内接触带及其顶部见云英岩化含黑钨矿细脉浸染状囊状矿化点,具找矿意义。

地球化学特征:成矿元素 W—Be—Bi,异常面积 110 km^2 。异常特征:元素组合复杂,W—Sn—Bi—Mo 强度高,S—Be—Li—Ag 强度中等,其余元素异常强度高。异常套合好,从矿床往外依次分布 Cd—U—Rb, Cs—Cu, Pb—Zn—Ag—S—W—Sn—Bi—Mo—Li—Be 异常,沿已知矿床和断裂分布,并受其控制,反映了显著矿致异常标志,属乙类异常。

地质构造特征:矿区构造断裂相当发育,构成北东—

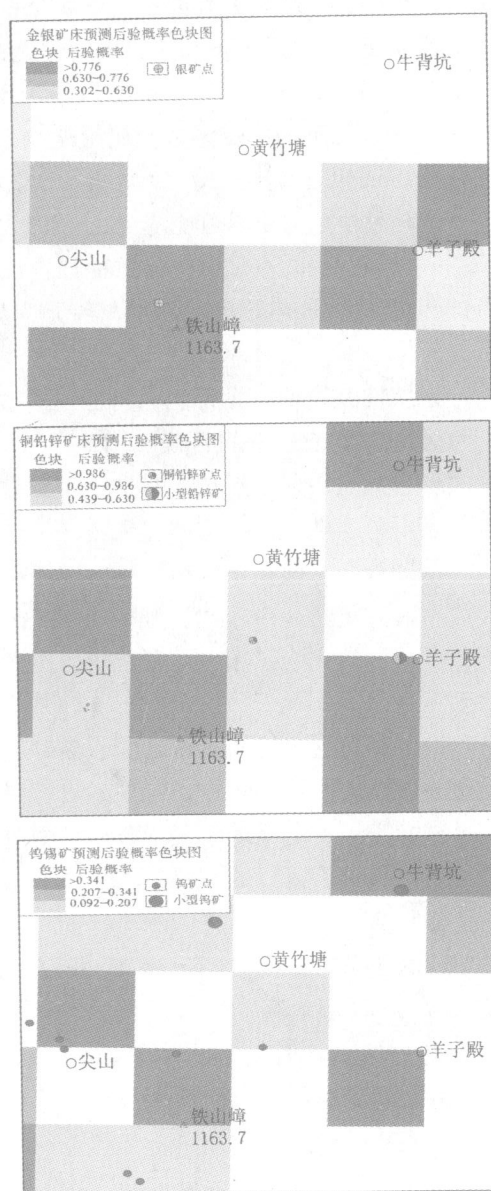


图 2 粤东北某成矿区内生金属矿床预测后验概率色块图