分　类　号：**P612**　　单位代码：**10183**

研究生学号：**2008612074**　　密　　级：公 开



吉 林 大 学
硕士学位论文

西藏日喀则地区证据权重法成矿远景预测

Weights of evidence mineralization prospect evaluation，Rigaze of Xizang Area

作者姓名：刘小杨

专　　业：数字地质科学

研究方向：定量地质分析

指导教师：薛林福　方洪宾　教　授

培养单位：吉林大学地球科学学院

2010 年 **5** 月

西藏日喀则地区证据权重法成矿远景预测

Weights of evidence mineralization prospect evaluation，Rigaze of Xizang Area

作者姓名：刘小杨

专　　业：数字地质科学

导师姓名：薛林福　方洪宾　教　授

学位类别：理学硕士

论文起止年月：2009 年 10 月 至 2010 年 5 月

未经本论文作者的书面授权，依法收存和保管本论文书面版本、电子版本的任何单位和个人，均不得对本论文的全部或部分内容进行任何形式的复制、修改、发行、出租、改编等有碍作者著作权的商业性使用（但纯学术性使用不在此限）。否则，应承担侵权的法律责任。

吉林大学硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的硕士学位论文，是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日期：2010 年 05 月 27 日

《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》投稿声明

研究生院：

本人同意《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》出版章程的内容，愿意将本人的学位论文委托研究生院向中国学术期刊（光盘版）电子杂志社的《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》投稿，希望《中国优秀博硕士学位论文全文数据库》给予出版，并同意在《中国博硕士学位论文评价数据库》和 CNKI 系列数据库中使用，同意按章程规定享受相关权益。

论文级别：■硕士 □博士

学科专业：数字地质科学

论文题目：王官屯地区沉积体系研究及油气藏分布规律

作者签名：　　指导教师签名：

年　　月　　日

作者联系地址（邮编）：　长春市建设街 2199 号吉林大学地球科学学院

邮编：130061

作者联系电话：13596096651

内容提要

本文是在“青藏铁路沿线矿产资源遥感调查”项目支撑下完成的。以证据权重法为主线，在充分搜集以往基础地质、地球物理、地球化学、遥感影像、矿产勘查等数据资料的基础上，深入分析了研究区内金、铜矿床（点）与区域成矿规律、成矿地质构造的空间关联关系，研究总结出金、铜两典型矿床（点）的区域找矿模式，通过找矿模式建立证据权重模型，在证据权重模型和区域地质综合分析的基础上，确定金、铜远景区分别为：扎西岗-仁布A类金矿远景区、德来-查拉B类金矿远景区、尼木-曲水斑岩型A类铜矿远景区、谢通门-南木林斑岩型B类铜矿远景区。这对西藏乃至西部地区的矿产资源目标优选创造了新的指导方法，对矿产资源潜力评价及研究具有非常重要的意义。

目　　录

第 1 章　前　　言 1
1.1　选题的依据 1
1.2　选题的意义 1
1.3　证据权重法研究现状 2
1.4　技术路线及研究内容 3
1.4.1　技术路线 3
1.4.2　研究内容 4
1.4.3　主要研究成果与认识 5
1.5　完成的主要工作量 5
1.5.1　资料收集 5
1.5.2　图件数字化 5
1.5.3　建立证据权模型 6
1.5.4　远景预测图 6
第 2 章　研究区地质背景 7
2.1　区域地层 7
2.1.1　元古界 7
2.1.2　古生界 9
2.1.3　中生界 10
2.1.4　新生界 12
2.2　研究区地质构造 13
2.2.1　冈底斯—念青唐古拉板片 14
2.2.2　雅鲁藏布缝合带 18
2.2.3　喜马拉雅板片 20
2.3　岩浆岩 21
2.3.1　火山岩 21
2.3.2　侵入岩 23
2.4　蛇绿岩 23
2.5　区域地球化学特征 25

2.5.1 麦热 Cu、Au、Pb、Zn、Ag 异常集中区：.....25
2.5.2 吉如 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag 异常集中区：.....25
2.6 区域地球物理特征.....26
第 3 章 研究区典型矿床（点）分析.....28
3.1 金.....28
3.1.1 形下岩金矿点.....28
3.1.2 其他岩金矿（化）点（如表 3-2）.....30
3.2 铜.....31
3.2.1 冲江铜矿床.....31
第 4 章 数据集成研究.....35
4.1 地质资料数字化.....35
4.2 建立研究区空间数据库.....35
4.2.1 地质图空间数据库.....35
4.2.2 矿产地质数据库.....36
4.3 数据集成管理.....37
4.3.1 数据管理.....37
4.3.2 数据集成.....40
第 5 章 成矿控制因素与找矿标志的关系研究.....41
5.1 成矿控制因素研究.....41
5.1.1 地层因素.....41
5.1.2 岩浆岩因素.....42
5.1.3 构造因素.....42
5.2 典型矿产找矿模式.....43
5.2.1 研究区找矿模式概述.....44
5.2.2 研究区金、铜找矿模式.....44
第 6 章 证据权重法成矿分析及预测.....46
6.1 证据权重法的产生与概念.....46
6.1.1 证据权重法的产生.....46
6.1.2 证据权重法的概念.....46
6.1.3 证据权重法的原理.....46

6.1.4 证据权重法成矿预测的步骤 46
6.1.5 证据权重法数据处理流程 48
6.2 证据权重模型的建立与应用 48
6.2.1 区域矿产资源评价模型 48
6.2.2 模型的功能 49
6.2.3 模型的应用 50
6.2.4 模型参数选择 50
6.2.5 金矿证据权重预测评价模型 51
6.2.5 斑岩型铜矿证据权重预测评价模型 60
6.3 证据权重法金、铜矿床（点）分析总结 84
6.3.1 证据权重预测模型 84
6.3.2 金、铜预测结果 84
第 7 章 成矿远景综合分析 86
7.1 成矿远景区评价原则 86
7.2 成矿远景预测结果综合分析 86
7.2.1 金矿预测结果综合分析（如图 7-1） 86
7.2.2 斑岩型铜矿预测结果综合分析（如图 7-2） 88
结 论 90
参考文献 91
致 谢 1
中文摘要 2
ABSTRACT 3

第 1 章 前 言

1.1 选题的依据

矿产资源是国民经济发展的基础，然而，随着我国经济的快速发展，矿产资源紧缺问题日趋严重，资源的相对不足已成为制约国家经济发展的一大瓶颈。据资料显示，2010 年在 45 种主要矿产中，有 21 种已经严重不足、不能或只能基本保证国内需求，其中铀、铅、锌、硫等探明资源量存在很大缺口，而石油、天然气、铁、锰、铜、铝、金、银、钾、盐已无法满足国内需求。矿产资源短缺问题已成为当今社会各界关注的焦点，在这一新形势下推动矿产资源预测的新高潮，同时地表露头矿、易识别矿产资源越来越少，因此，寻找隐伏矿、盲矿和难识别矿已成为新形势下的新目标。本论文依托于“青藏铁路沿线矿产资源遥感调查”项目，具有齐全的地质资料及充足的经费。由于研究区原有工作程度相对较低，1999 年以前绝大部分为空白区，原有地质调查比例尺多在 1:100 万左右，在新一轮国土资源大调查中，采用了一些新技术、新方法进行调查工作，均以传统地质调查内容为调查对象，着重于构造、地层、岩性分布和时代，但对矿产资源潜力的预测工作相对较薄弱。

证据权法是加拿大数学地质学家 Agterberg 提出的一种地学统计方法。它采用基于贝叶斯(Bayes) 统计分析模式,通过对一些与矿产形成相关的地学信息图层的加权叠加、复合来进行矿产远景区的预测, 进而计算任意空间位置矿产发育的概率值，以圈定不同级别的预测靶区。证据权重法是数理统计、图象分析和人工智能的有机综合,为在 GIS 系统中通过图层统计合成的方式开展矿产资源评价提供了有效的方法, 具有预测空间位置最有效、最直接等优势，并且此方法已得到了实践应用。

1.2 选题的意义

随着近年来青藏铁路的开通，西藏矿产资源将得到逐步的开发与利用。据《西藏新闻网》有关资料显示，地处全球三个重要成矿带之一的西藏，具有良好的成矿条件，截至 2005 年，西藏已经发现的矿种达 101 种，发现矿产地 1858 处，各类物化探异常点 1300 个，探明储量的矿床 132 个，其中能源矿产 25 个，金属矿产 33 个，非金属矿产 37 个；已探明矿床规模达到大型的 22 个，中型 25 个，小型 48 个，矿点 37 个。另据《西藏自治区矿产资源对 2010 年国民经济建设保证程度论证》，西藏矿产资源的潜在价值在 6000 亿元以上。青藏铁路沿线和近临区域的矿产资源十分丰富，其中有色金属（以

铜、铅、锌、锑为主）的远景资源量超过 2000 万吨；主要富铁矿区的铁矿资源量逾亿吨；铬铁矿矿石储量和资源量超过 500 万吨（含已采矿区）。从成矿带而言，三江成矿带、冈底斯－雅江成矿带、班公－怒江成矿带在全国已知成矿带中占有十分重要的地位和影响。值得一提的是，西藏的铜矿资源潜力有望达到全国三分之一以上，主要集中分布于冈底斯成矿带、藏东玉龙成矿带和班公湖－怒江成矿带。其中，玉龙铜矿带已初步评价了玉龙、马拉松多、扎拉尕等多处大中型矿床；冈底斯铜矿带部分代表性矿床的勘察成果和异常特征表明，矿带资源远景可望达到 2000 万吨以上。截至目前，西藏境内发现铜矿产地 180 多处，其中，30 余处达到大中型矿床的远景规模。可遗憾的是，西藏现有的矿产资源勘查工作仍显滞后，勘查矿区所占比例不到可供勘查矿区的 10%，除极少数矿区达到详查、勘探外，绝大多数地质勘查工作仍属预查和普查程度。因此，研究出一种合理有效的矿产资源评价方法，对西藏这一有着特殊地理条件的区域是非常必要且急需解决的问题。利用证据权重法对西藏日喀则地区的矿产资源进行评价、分析和预测是一次尝试，若本次通过对西藏日喀则地区的矿产资源预测结果较为理想，且此方法能够很好地用于西藏矿产资源开发与评价中，这对西藏乃至西部地区的矿产资源潜力评价及预测将是一个意义重大的技术突破。

1.3 证据权重法研究现状

20 世纪 80 年崛起的地理信息系统(GIS)，是以采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球表面(包括大气层在内)与空间和地理分布有关数据的空间信息系统。地理信息系统的主要作用是对空间信息进行采集、存储、管理、查询、分析、显示和制图等处理。在基于计算机系统的强大处理能力下，GIS 对复杂的地理信息系统可以快速、准确、综合地进行空间定位和过程分析。地理信息系统技术以强大的数据管理和空间分析及高质量高效率的成图技术等优点，为信息找矿提供了一个有利的工具，并极大提高了找矿预测的工作效率。

地理信息系统技术应用已成为提高矿产资源预测水平的重要途径，其中作为矿产资源定量评价和成矿预测的最常用模型之一,证据权模型(weight of evidence,简称 WofE)被国内外学者广泛用于多元信息综合和空间决策支持系统,在我国也同样有着广泛的应用领域。证据权方法是一种人工智能方法,最初应用在没有空间意义的医学诊断上。早在 20 世纪 80 年代,加拿大地质学家 Agterberg 和 Bonham-Carter 对此方法进行了改进和发展,并将其应用于矿产预测—不同地质现象作为“症状”,矿床预测作为“诊断结

果”(Agterberg, 1989； Agterberget al.,1993；Bonham-Carter, 1994)。近年来诸多学者在各种矿产资源评价和环境评价中应用此方法，如 2005 年在多伦多召开的国际数学地质和地学信息大会“GIS 环境下空间数据建模”分会上就有近 20 余篇论文是关于证据权方法的理论、方法或应用成果(Cheng and Bonham-Carter, 2005)。GeoRef 检索结果表明,应用证据权方法的论文不下几百篇。具有代表性的成果包括:Cheng and Agterberg(1999)发展了模糊证据权方法,克服了普通证据权方法在离散图层时易造成信息损失的不足；张生元等(2006)将模糊证据权方法进一步扩展，使其能够处理模糊训练集的预测问题；Chenget al.(1996)提出了可以预测具有空间聚类分布特征的未发现矿床的分形证据权方法，该成果使证据权方法能够预测空间分布不规则的矿床类型；浦路平等（2008）从贝叶斯原理角度提出了 GIS 矿产资源评价中统一使用连续和离散数据证据权法扩展模型的原理和方法,指出证据权模型中的证据权应为证据权函数,矿产资源评价中离散数据证据权函数为证据因子各可能取值的有矿和无矿条件概率比值对数,连续数据证据权函数为证据因子有矿和无矿条件概率密度函数比值对数。提出了用非参数估计条件概率密度函数和证据权函数方法,以及计算函数表和插值法简化运算的方法；Cheng(2006)将矿床空间分布局部奇异性和聚类性引入了证据权方法中,使得证据权方法不仅能预测矿床的可能分布位置,而且能够给出预测矿床的空间聚类特征。应用证据权方法的重要条件和困难之一是如何保证证据层之间在预测对象作用上的条件独立性,为此人们研究了多种独立性检验方法,这方面的最新进展包括 Agterberg andCheng(2002)提出的 A-C 模型.该模型给出了简便而实用的检验方法(Thiartet al., 2006)；近几年来,证据权方法还被应用于地质统计学领域,代表成果包括（Krishnan and Journel 2004)提出的 Tau 模型,该模型可以避免条件独立性等问题。

1.4 技术路线及研究内容

1.4.1 技术路线

由于所处的地质环境特殊，研究区的矿产地质研究程度相对较低，已知矿床（点）数较少，且研究程度不均一。因此，本论文的研究思路及技术路线（如图 1—1）是以地质综合研究为基础，充分利用已有的地质数据、资料及项目组近年来在该地区取得的新资料，加深对研究区成矿规律的认识，采用证据权重法，通过对区域地质背景、区域构造演化、地球物理、地球化学等几个方面的研究，初步掌握该地区的控矿因素；并通过对研究区已知矿床（点）地质特征的研究和分析，归纳出该地区的几种主要矿化类型，

最后，建立研究区多金属找矿模型，指出该地区存在良好的找矿潜力，并根据最终生成的后验概率远景预测图，圈定不同等级的找矿远景区。

1.4.2 研究内容

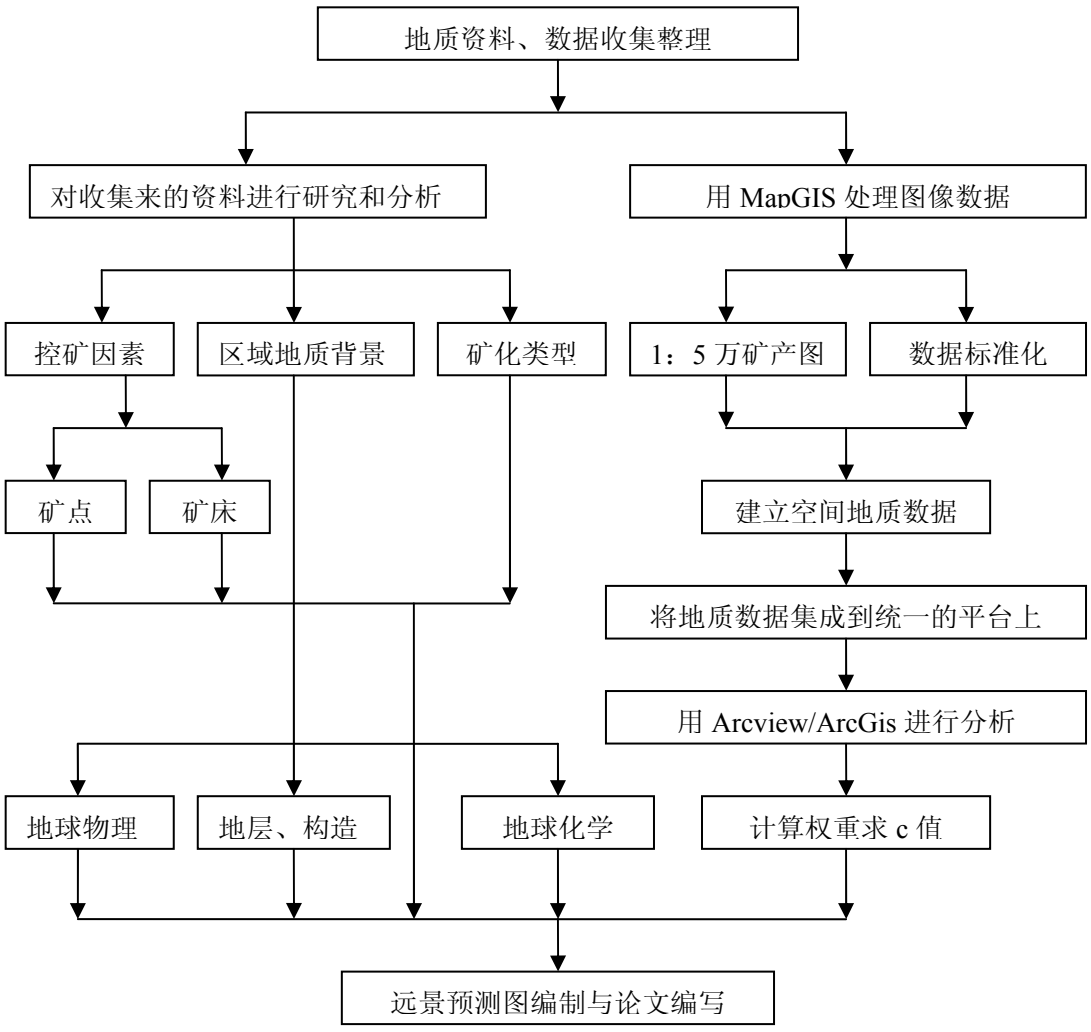
根据上述技术路线，确定本论文的主要研究内容：

（1）证据权重法的基本原理以及国内外研究现状

深入研究证据权重法基本原理及各步骤的计算公式。收集并研读国内外有关证据权重法的文献，了解证据权重法在社会各个不同领域中的研究和应用情况，学习和借鉴国内外优秀研究成果，并为自己撰写论文打下坚实的理论基础。

（2）数据集成与分析

空间数据分析的基础是将多源数据集成到统一的地理信息平台下进行空间数据管理，本文采用 ArcGIS/ArcView 作为数据集成、管理与分析的基础平台。



1-1 技术路线图

（3）控矿因素与找矿标志的关系研究

叠加分析和缓冲区分析是建立找矿标志、找矿规律与各种地质要素之间关系的一种重要分析方法。通过此方法可以对确定证据层起到一定的辅助作用。

（4）证据权重模型的建立与成矿远景预测

研究区内基础地质、矿产信息、地球物理、地球化学及遥感影像数据为证据权模型的建立提供了必备的数据基础;对证据模型中的有利证据层分析及应用提供了各种辅助性数据。根据建立的证据权重模型分别计算各证据层的先验概率，然后计算出研究区成矿的相关程度和预测评价证据权值,并根据计算预测结果对研究区内各个单元进行成矿概率有利度的计算。

1.4.3 主要研究成果与认识

论文取得的主要研究成果概括为：

（1）建立多元空间地质数据库。基于统一的数据库平台，建立空间地质数据库，为证据权模型的建立和研究提供了基础数据库。

（2）建立证据权模型。在对现有阶段国内外证据权法的研究基础上，结合遥感影像预测图，对研究区进行单元分割，然后通过对数据库中的单元信息进行计算和分析，完成证据因子层权值和概率的计算。

（3）远景预测与图件制作。利用证据权重法，绘制研究区矿产资源远景预测图，将有利成矿区带分成了三个等级的成矿预测靶区，并形成相应成果图件。

1.5 完成的主要工作量

本论文是依托中国地质调查局资源评价部下达的《青藏铁路沿线矿产资源遥感调查》项目中的“冈底斯成矿带西段遥感地质解译与综合研究”课题基础上完成的。

1.5.1 资料收集

收集整理基础地质、文献、地球物理、地球化学、遥感影像图等五个方面的基础资料。图件类资料（地质图、遥感影像预测图等）采用高分辨率扫描，保存栅格文件。纸介质报告保留存复印件，电子文档保存拷贝。数字地质图数据库保存复件。其他计算机文件形式的资料保留拷贝。累计完成数字化资料达 1GB。

1.5.2 图件数字化

完成研究区1：5万图件修改及拼接6幅，将文件分离提取有用图层共70余层。将

MapGIS 文件向Shape文件转换，用于空间数据库及矿产远景评价。

1.5.3 建立证据权模型

利用 ArcView 对图层建立缓冲区并进行计算分析，共生成处理了 7000 余个图层。通过相关性计算及分析，最终选择提取证据图层共 30 余个。

1.5.4 远景预测图

通过权重计算c值，生成最终的远景预测图，将有利成矿区带分成A、B两个等级的成矿预测靶区，并形成相应研究区成果图件50余幅。

第 2 章　研究区地质背景

2.1　区域地层

研究区处于滇藏地层大区之冈底斯—腾冲地层区南部与喜马拉雅地层区北部，广泛发育中、新生代地层，局部出露前震旦系和古生界，出露总面积 9770 km^2，占研究区总面积的 61%。前震旦系呈孤岛状分布于研究区的北东部及东南角，出露面积 64 km^2，岩石变形强烈，构成研究区的结晶基底，主要包括念青唐古拉岩群(AnNq)和拉轨岗日岩群（AnZL）。古生代地层分布于研究区北部，出露面积 4520 km^2，包括石炭系（C）、二叠系（P），岩石变质、变形较强。中生代地层为海相地层，研究区出露面积 4560 km^2，主要包括三叠系（T）、侏罗系（J）、白垩系（K）。新生代地层为陆相地层，研究区零星出露（如表 2-1）。

研究区内以联珠—吓巴断裂（蛇绿岩北界断裂）、强堆-察巴断裂（拉孜-邛多江断裂）为界，将地层进一步划分为冈底斯—腾冲地层区（包括措勤—申扎地层分区、隆格尔—南木林地层分区），雅鲁藏布江地层区（包括蛇绿岩分区、拉孜—萨嘎分区）及喜马拉雅地层区（康马—隆子地层分区）（如图 2-1）。

2.1.1　元古界

元古界地层在研究区主要发育有前震旦系的念青唐古拉岩群（AnZNq）和拉轨岗日岩群（AnZL）。念青唐古拉岩群呈孤岛状分布于堪珠、雪古拉等地，隶属措勤—申扎分区，呈 NE—SW 走向，出露面积约 60 km^2。主要岩性为片麻岩、石英岩、大理岩、长石石英岩等。岩石变质变形强烈，发育韧性剪切及塑性变形，局部混合岩化，具高绿片岩相至角闪岩相变质，南北分别与嘎扎村组和年波组火山岩呈断层接触，被渐新世—中新世花岗岩侵入。其由底到顶可划分为雪古拉岩组（AnZNqx）、堪珠岩组（AnZNqk）。拉轨岗日岩群分布于仁布折修一带，弧岛状分布，向东延伸幅外，面积 6.2km^2。主要岩性为石榴二长石英片岩、含十字石石榴二云石英片岩等。岩石变形变质强烈，发育韧性剪切变形，具高绿片岩相至低角闪岩相变质，与三叠系涅如组断层接触。

界	系	统	地层名称		代号
新生界	第四系	全新统	沼泽、风积、洪冲积		
		晚更新统	洪冲积、洪积、湖积		
		中更新统	坡积、冰川、冰水堆积		
		早更新统	湖积		
	第三系	上新统	邬郁群	宗当村组	N_2z
				嘎扎村组	N_2g
		中新统	芒乡组		N_1m
			大竹卡组	二、三段	$E_3N_1d^{2、3}$
		渐新统		一段	$E_3N_1d^1$
			日贡拉组		E_3r
		始新统	帕那组		E_2p
			年波组		E_2n
			秋乌组		E_2q
			柳区群		$E_{1-2}Lq$
		古新统	典中组		E_1d
			昂仁组（K_2a）	二、三段	K_2a^2 、K_2a^3
				一段	K_2a^1
中生界	白垩系	晚白垩统	设兴组		K_2s
			旦师庭组		K_2Ed
			冲堆组		K_1cd
		早白垩统	塔克那组		K_1t
			楚木龙组		K_1c
			林布宗组		J_3K_1l
			白朗蛇绿岩群		
			甲不拉组		K_1j
			嘎学群	二段	$J_3K_1G^2$
				一段	$J_3K_1G^1$
	侏罗系	晚侏罗统	桑日群（J_3-K_1）	比马组	K_1b
				麻木下组	J_3m
			维美组		J_3w
		中侏罗统	田巴群	遮拉组	$J_{2-3}z$
		早侏罗统		日当组	$J_{1-2}r$
	三叠系	晚三叠统	朗杰学岩群		T_3L
			涅如组		T_3n
古生界	二叠系	早二叠统	下拉组		P_1x
	石炭系	晚石炭统	昂杰组		C_2a
			拉嘎组		C_2l
		早石炭统	永珠组		C_1y
元古界	前震旦纪	晚元古代	念青古拉岩群（AnZNq）	堪珠岩组	AnZNqk
				雪古拉岩组	AnZNqx
			拉轨岗日岩群		AnZL

表 2-1　研究区地层简表

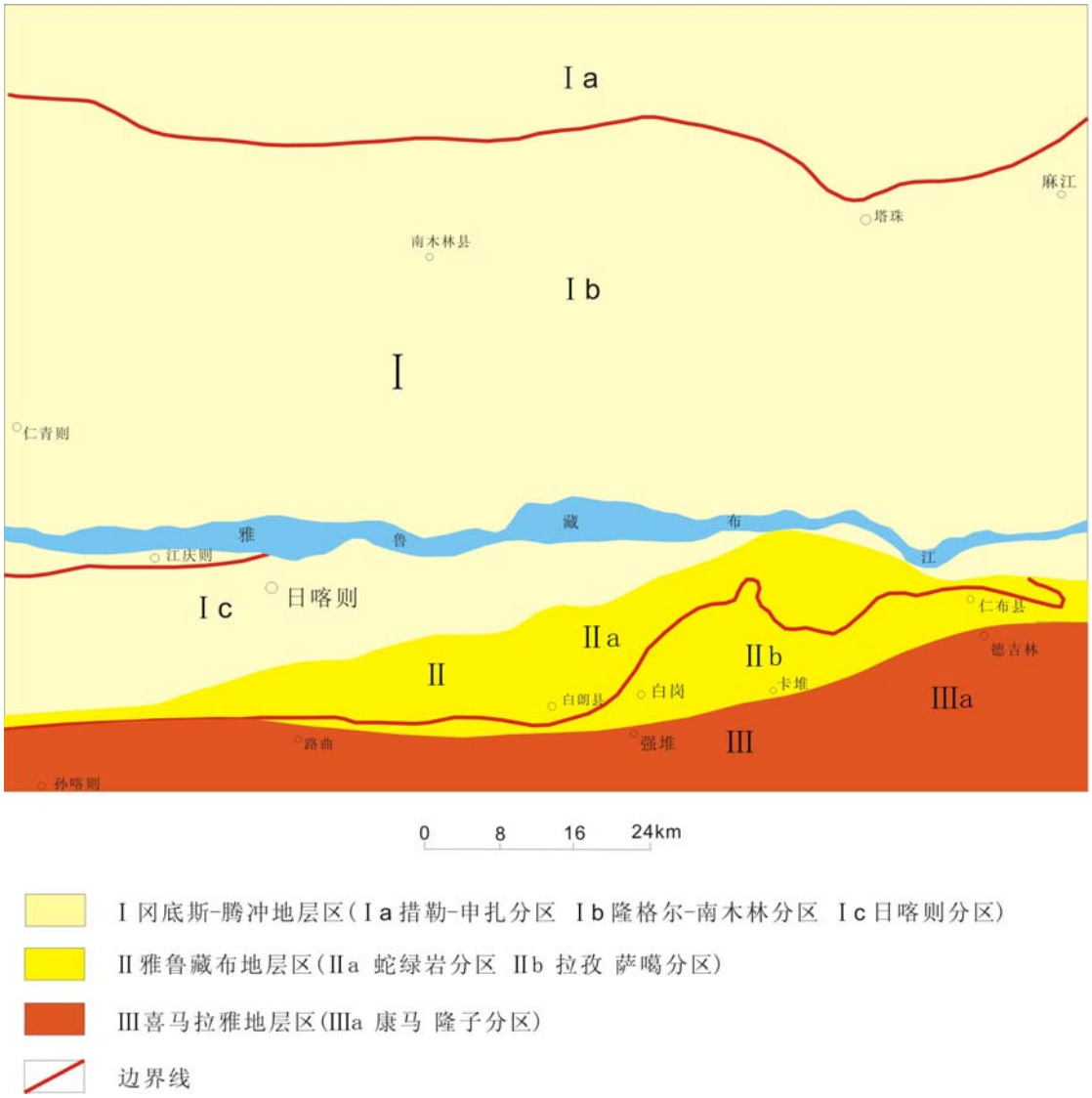


图 2-1　研究区地层区划及主要地层剖面位置图

（据“1:25 万日喀则幅区域地质调查报告”修改，2002 年）

2.1.2　古生界

研究区古生界包括石炭系、二叠系，出露于普当、则布一带，属措勤—申扎地层分区。自下而上划分为石炭系永珠组（C_1y）、拉嘎组(C_2l)、昂杰组(C_2a)、二叠系下拉组(P_1x)。永珠组主要分布于南木林县甲嘎村罗扎藏布一带，带状近东西向展布，出露面积 95km^2。主要岩性为深灰色厚层变质长石石英砂岩、变质细粒石英砂岩夹灰色变质粉砂岩及深灰色千枚状黑云石英片岩。

拉嘎组主要分布在南木林县仁堆区普当乡罗扎藏布—则学一带，带状展布，出露面积 200km^2。主要岩性为灰色中厚层含砾变砂岩、灰白色厚层变石英砂岩、深灰色中—厚层变粉砂岩夹灰色千枚状二云石英片岩、二云片岩。

昂杰组主要分布于研究区北部则学一带，腩阿等地零量出露，呈近东西向带状展布，出露面积 358km^2。主要岩性为下部以灰色中厚层状变粉砂岩、变质砂岩、灰色厚层状变石英粉砂岩、灰白色中厚层状变质石英细砂岩夹深灰色千枚状二云片岩；上部灰黑色砂质绢云板岩、深灰色含砾砂质绢云板岩与灰黑色中厚层状中粗粒岩屑杂砂岩、灰色薄层状变质不等粒长石石英杂砂岩互层。下拉组主要分布于谢通门麦弄，南木林则学一带，带状近东西向展布，出露面积 220km^2。该地层单位主要由一套碳酸盐岩组成，其岩性为灰白色中层-中厚层状结晶灰岩、细晶灰岩、浅紫红色厚层状角砾状灰岩、灰白色块层状大理岩、厚层状含蛇纹石大理岩，区域上局部夹粉砂岩。产珊瑚、腹足类、双壳类、腕足类化石。

2.1.3 中生界

中生界地层主要发育三叠系、侏罗系和白垩系。可分为涅如组、朗杰学岩群、日当组、遮拉组、维美组、麻木下组、林布宗组、嘎学群、比马组、甲不拉组、楚木龙组、塔克那组、冲堆组、旦师庭组、设兴组、昂仁组一段。

涅如组分布于勇达、何卡、恰嘎、路曲一带，呈近东西向面状展布，岩性组合以变砂岩、板岩夹灰岩为特征，出露面积 725km^2。

朗杰学岩群分布于仁布、卡堆一带，呈楔形展布，出露面积 668km^2，属拉孜—萨噶分区。主要岩性为板岩、变砂岩夹灰岩透镜体，岩石变形变质较强烈。被多期面理置换，原始层序难以恢复，层间多以断层及糜棱面理接触，属无序地层。

日当组分布于帕中、孙喀则一带，呈窄带状展布，最宽处 1km，出露面积 29km^2。主要岩性为灰黑色钙质页岩与青灰色薄层泥灰岩、薄—中层微晶灰岩互层，夹灰色薄层细粒石英砂岩。

遮拉组分布于孙喀则、帕中、甲堆、它巴一带，呈东西向窄带状展布，出露面积 242km^2。岩性组合为灰黑色、深灰色页岩、薄层—厚层状长石石英砂岩夹灰色、灰绿色薄层硅质岩、灰岩，含较多的辉绿岩脉。

维美组分布于恰假拉、白林、甲堆、当雄一带，近东西向带状展布，出露面积 155km^2 。主要岩性为灰白色巨厚层状—块状石英砂岩、中层状长石石英砂岩、岩屑长石砂岩夹页岩。

麻木下组零星出露于南木林县土布加一带，呈北东向狭窄带状展布，出露面积仅 14km^2。岩性主要由灰绿色、灰色安山岩、灰质砾岩、粉砂岩、角岩夹大理岩、结晶灰

岩等组成。

林布宗组仅出露于谢通门县拉嘎乡查嘎一带，面积约 13.3km^2。主要岩性为灰色砂岩、板岩、炭质板岩。与上覆地层楚木龙组整合接触。接触面处见沼泽相的炭质板岩，顶部发育风化壳，接触处存在沉积间断。

嘎学群分布于路曲、夏鲁、白岗一带，总体呈近东西向窄带状分布，出露面积 256km^2。主要岩性为紫红色、灰绿色硅质岩、硅质页岩、灰色灰岩，夹板岩及变玄武岩、辉绿岩。

比马组主要沿雅鲁藏布江北岸塔马、野马、土布加、宗嘎一线分布，呈近东西向带状断续出露。另在雅鲁藏布江南岸那波一带零星出露，面积约 166km^2。主要为中性火山岩，夹中酸性火山岩及黑灰色板岩和结晶灰岩、泥灰岩、砂岩、粉砂岩。

甲不拉组分布于俄沙、恩马、杜穷一带，呈东西向带状展布，出露面积 169km^2。主要岩性为灰黑色页岩、板岩、薄层长石砂岩夹硅质岩、灰岩组合。

楚木龙组主要分布于谢通门县拉嘎乡，南木林查嘎、邬郁一带，呈东西向零星分布。出露面积 88km^2。主要岩性组合为灰—灰白色中厚层细粒石英砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹杂色厚层中—细粒复成份砾岩及灰色中层含砾粗砂岩，与下伏、上覆地层均呈整合接触。

塔克那组主要分布于谢通门县拉嘎，南木林邬郁一带，近东西向展布，零星出露，面积约 90km^2。主要岩性为灰色中层状结晶灰岩、角砾状灰岩、砂质灰岩、生物碎屑灰岩夹粉砂质泥岩，泥质粉砂岩、灰色钙质板岩等。

冲堆组分布于日喀则卡堆-朗拉一带，近东西向带状展布，出露面积 18km^2，属蛇绿岩地层分区。主要岩性组合为灰、灰绿色页岩夹灰色薄—中层状细粒砂岩，偶夹紫红色硅质岩、灰岩。

设兴组分布于谢通门县拉嘎，南木林县柯浪木、麻江等地，呈近东西向展布,零星出露，面积约 182km^2。主要岩性组合为：设兴组 1 段（杂色砂岩段）：紫红色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹灰绿色薄层泥质粉砂岩、薄层泥灰岩，产丰富的圆笠虫化石，与下伏塔克那组整合接触。该段以紫红色色调为主，岩性稳定，区域上可作为一标志层。设兴组 2 段（生物碎屑灰岩段）：灰色中厚层状生物碎屑灰岩、灰绿色薄层粉砂质泥岩、泥质粉砂岩呈互层出露。产丰富的双壳类、圆笠虫化石。该段仅出露于拉嘎乡一带，区域上未见出露。

旦师庭组主要分布在南木林县孜东乡切奶普曲一带，零星分布，出露面积约

59.6km^2。主要岩性为一套中酸性火山熔岩及火山碎屑岩。以灰—灰绿色为基本色调，并以含火山角砾凝灰岩为特征。主要岩石类型有：玄武岩、角闪安山岩、粗安岩、安山质凝灰熔岩、辉石（角闪石）英安岩，安山质凝灰岩、英安质含角砾晶屑玻屑凝灰岩、火山角砾岩等。

昂仁组一段主要岩性为灰黄色粉砂质页岩与薄层细粒岩屑长石砂岩互层，局部含灰岩凸镜体，粒度较细，见有滑塌构造。

2.1.4 新生界

新生界主要发育有第三系和第四系。可分为昂仁组二、三段、典中组、柳区群、秋乌组、年波组、帕那组、日贡拉组、大竹卡组、芒乡组、嘎扎村组、宗当村组。

昂仁组二段主要岩性为灰色中厚层状岩屑长石砂岩夹粉砂质页岩、含砾砂岩、砾岩，粒度相对较粗，砂岩层增多、增厚，多形成山脊。三段为灰绿、灰黄色、深灰色粉砂质页岩、薄层细粒岩屑长石砂岩，偶夹薄层泥晶灰岩。

典中组广泛分布于谢通门县拉嘎，南木林县城及邬郁、麻江一带，呈东西向带状展布，出露面积约 202km2。以中基性-中性熔岩为主，夹少量火山碎屑岩。宏观上以深灰—灰绿色为基本色调。主要岩性有玄武岩、安山岩、英安岩、含火山角砾熔岩、熔结火山角砾岩等。

柳区群主要分布于卡堆、曲美、白朗一带，呈窄带状东西向展布，分布于蛇绿岩南侧，出露面积 30km^2。主要岩性为杂色砾岩、灰紫色砂砾岩、砂岩夹粉砂质页岩。

秋乌组仅出露于日喀则市东嘎村一带，呈东西向展布，出露面积 1km^2。属隆格尔—南木林分区。主要岩性为灰紫红色厚层状复成分砾岩，灰白色中层中粗粒石英长石砂岩，含砾粗砂岩，夹灰色粉砂岩，砂质页岩及煤层。

年波组主要分布于谢通门县麦弄、南木林县江翁拉、年堆、麻江等地，呈东西向窄带状展布，出露面积 980km^2。主要为一套中酸性火山岩。岩性为紫红色、浅黄色砾岩、岩屑砂岩，夹中酸性凝灰岩、安山岩，局部夹浅水灰岩。

帕那组主要分布于谢通门县麦弄，南木林县麻江等地，零星出露，面积约 293km^2。主要岩性组合为中酸性火山熔岩夹火山碎屑岩、流纹岩、英安岩，夹杂砂岩及砾岩的地层体。

日贡拉组主要出露于南木林县芒热乡杜鲁村以东麻那拉及索青乡日贡拉山一带，出露面积为 109km^2。主要为一套陆相碎屑岩沉积。

大竹卡组主要分布于日喀则东嘎、江庆则、骡马场、大竹卡、扎西林一带，沿雅鲁藏布江呈东西向窄带状展布，出露面积约 89km^2。岩性主要由一套灰色陆相碎屑岩夹火山岩组成。

芒乡组主要分布于索青乡日贡拉及姑友甫、直拉赖一带，零星分布，出露面积 11km^2。由含煤碎屑岩、泥岩、砂岩、砾岩和火山碎屑岩组成的一套地层体，常夹油页岩。

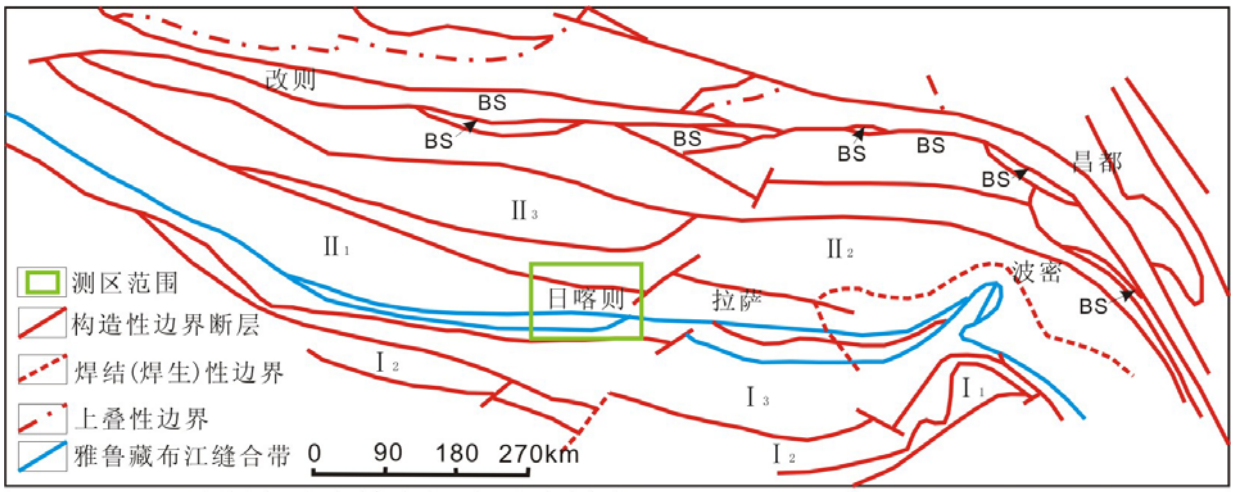
嘎扎村组主要分布于南木林县索青乡嘎扎村、芒热乡及则学乡、甲措乡、团结乡一带，呈近东西向带状展布，面积 345km^2。岩性为中酸性火山岩（安山岩、流纹岩、火山角砾岩、凝灰岩）夹砾岩，局部含油页岩地层。

宗当村组主要分布于南木林县邬郁地区的嘎扎村、宗当村一带，面积约 70.8km^2。该组由一套碎屑岩夹火山岩组成，以灰白色色调为特征，其中碎屑砂岩因粒度较细，胶结松散，风化形成形状各异的陡坎及沟穴，地貌上极易分辩。该组中夹有灰白色厚层状黑云母英安岩，作为重要标志层。

2.2　研究区地质构造

研究区位于青藏高原中南部，地处东特提斯构造域的中段，喜马拉雅板片和冈底斯—念青唐古拉板片（以下简称冈—念板片）衔接部位，闻名遐迩的雅鲁藏布江缝合带呈近东西向横贯于研究区南部（如图 2-2）。区域构造研究结果表明，印度河—雅鲁藏布江缝合带是新特提斯晚期洋壳闭合的遗迹，也是最终闭合的板块碰撞事件的产物，它是继班公错—怒江中特提斯洋壳闭合之后，新特提斯主域最终闭合的地方。

研究区仅东北部和南东部边缘残存有古生代以前的地质体，古生代地层也仅出露在研究区西北部，中—新生代存在大量的各种地质实体，记录了研究区沉积作用、岩浆活动、变质事件和构造变动。



Ⅰ喜马拉雅板片 Ⅰ1小(低)喜马拉雅陆棚壳片Ⅰ2喜马拉雅陆壳片 Ⅰ3 拉轨刚日陆隆壳片 Ⅱ冈底斯-念青唐古拉板岩
Ⅱ1冈底斯陆缘火山-岩浆弧 Ⅱ2年青唐古拉弧背断隆 Ⅱ3措勒-纳木错初弧间盆地 Ⅱ4班戈-倾多拉退化弧
BS班公错-怒江缝合带 Ⅱ羌塘-三江复合板片

图 2-2 研究区大地构造位置图

（据“1:25 万日喀则幅区域地质调查报告”修改，2002 年）

研究区是西藏中南部地质情况极为复杂的窗口地带，地质现象丰富，根据构造单元划分原则将研究区范围内划分为三个一级构造单元，六个二级构造单元和十二个三级构造单元（如表 2-2，图 2-3）。

表 2-2 研究区构造单元划分表

Ⅰ级构造单元	Ⅱ级构造单元	Ⅲ级构造单元
冈底斯—念青唐古拉板片（Ⅰ）	念青唐古拉中生代隆起/弧背断隆（$Ⅰ_1$）	则学—那如雄中生代隆起（$Ⅰ_1^1$）
	冈底斯中—新生代陆缘火山—岩浆弧（$Ⅰ_2$）	中生代中—晚期火山—岩浆弧（$Ⅰ_2^1$）
		中生代中—晚期沉积盆地（$Ⅰ_2^2$）
		新生代陆缘火山—岩浆弧（$Ⅰ_2^3$）
		新生代晚期沉积盆地（$Ⅰ_2^4$）
		新生代陆缘山链（$Ⅰ_2^5$）
雅鲁藏布缝合带（Ⅱ）	雅鲁藏布蛇绿岩带（$Ⅱ_1$）	中生代早期蛇绿岩带（$Ⅱ_1^1$）
		中生代中晚期蛇绿岩带（$Ⅱ_1^2$）
	雅鲁藏布混杂岩带（$Ⅱ_2$）	中生代早期混杂岩带（$Ⅱ_2^1$）
		中生代晚期混杂岩带（$Ⅱ_2^2$）
喜马拉雅板片（Ⅲ）	拉轨岗日变质核杂岩（$Ⅲ_1$）	前震旦纪拉轨岗日核杂岩穹窿（$Ⅲ_1^1$）
	北喜马拉雅沉积带（$Ⅲ_2$）	中生代陆棚—陆坡沉积带（$Ⅲ_2^1$）

2.2.1 冈底斯—念青唐古拉板片

研究区除北部基底外，还包括火山—岩浆弧、弧后复陆屑、弧前复理石和陆缘山间磨拉石，分别代表岛弧、弧后盆地、弧前盆地和山间盆地，具活动大陆边缘的特征。

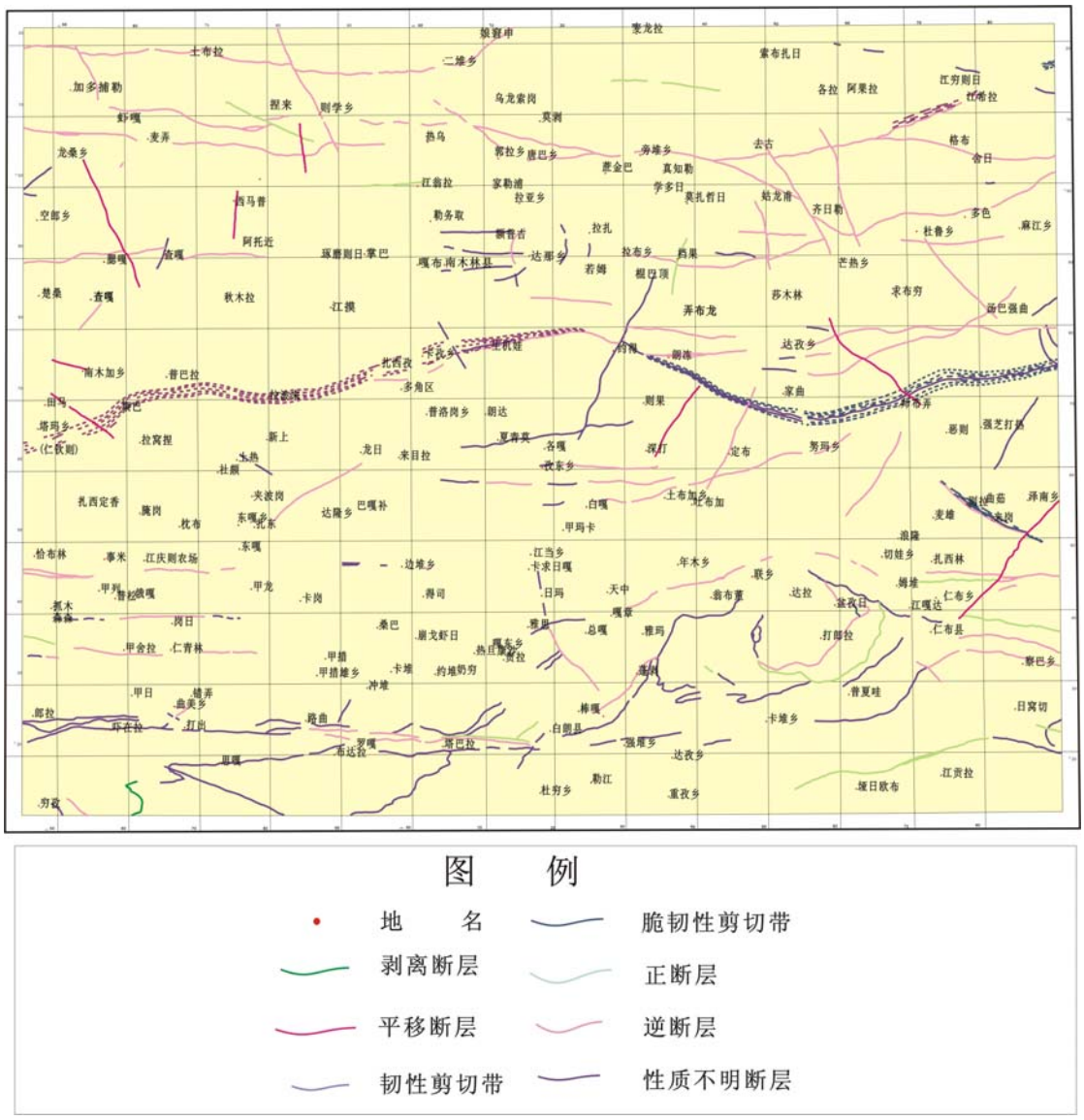


图 2-3　研究区地质构造纲要图

（1）中生代念青唐古拉隆起/弧背断隆

1、则学—那如雄中生代隆起

该构造单元位于研究区北部，其南以同波—唐巴—热木杠—冬古拉逆冲推覆断裂为界，包括前震旦系结晶基底和古生代盖层（褶皱基底）。前者主要沿念青唐古拉山脉主脊一线呈北东向出现，出露于堪珠北舍纳、冬古拉北、那加雄、桑木岗和堪布扎等地，分布局限，多呈残蚀（留）体驮覆于渐新世花岗岩之上。该套岩系总体为一套中深层次的变质杂岩，以出现片麻岩及大理岩为标志，具从低绿片岩相至高角闪岩相的递增变质特点，且具迭加变质。古生代盖层沿斯弄多、吓嘎、各清顶、则学、仁堆一带出露于研究区西北部。总体构成一个复式向斜，南界多被前缘断裂断失，并广泛地被古近系不同层位火山岩和上新统沉积岩直接不整合覆盖，且其中多见被中新世壳熔型花岗岩侵入。

石炭系主要为一套碎屑岩夹泥岩组合。总体上变质程度较浅，变形较弱。下拉组为一套碳酸盐岩组合。总体来看，该构造单元之特点是缺少中生代沉积，这也是区域上弧背断裂形成和发育的主要时期。

（2）冈底斯中—新生代陆缘火山—岩浆弧

1、中生代中晚期火山—岩浆弧

①扎西定—土布加中生代中期不成熟火山岛弧

该构造单元主体出现于雅江北岸，但在仁布大桥东扎西林至嘎波脚嘎一带逾江而就，其北界为塔玛—渡布脆韧性—韧性剪切带，且在卡孜东卓玛日一带剪切带之南零星出现比马组残留体。总体呈近东西向展布，在研究区中部青者西延进入邻幅，东边在妥峡大桥延入曲水幅。在土布加至怒玛一带因花岗岩影响呈现两支且走向转为北东。该构造单元由晚侏罗世—早白垩世桑日群火山—沉积岩系构成。因受嗣后花岗岩侵位和所处构造位置，多肢离破碎而呈残留体。旦狮庭组区域上其不整合于桑日群之上，区内均为断裂关系，宏观上处于剪切带的性质转换部位之南。以中性火山碎屑岩为主，夹安山岩、玄武岩、英安岩及火山碎屑熔岩，并发育角砾岩筒。岩石化学和地球化学综合特征表明属岛弧钙碱性火山岩，且形成于岛弧—活动陆缘。

②东嘎—切娃中生代晚期不成熟岩浆岛弧

该构造单元是冈底斯岩浆岛弧中最早形成的一个单元，主要沿雅江北岸之扎西定、东嘎、山巴、努玛及希马一线呈近东西向出露，在测区东边仁布大桥东谊弄一带跨江而就。总体形态为长圆形，东部多呈残留体，侵入体形态多见为岩滴、岩瘤和小岩株，西部规模较大，多见呈岩株状。该构造单元最大特点是不同程度地含有暗色深源辉长质、闪长质包体。尤其在拉木则一带呈现暗色矿物与浅色矿物组成的黑白条带或条纹，具浆混岩特点。早白垩世侵入体中包体密度大、拉长明显、形态多见为细长条形、卵虫状，强—中等的叶理构造。晚白垩世侵入体中具弱—中等叶理构造，包体数量多，拉长不甚明显，形态多见为扁圆状、卵圆状、团块状等。岩石化学和地球化学等综合特征表明，白垩纪花岗岩属次铝的钙碱性岩类，是岩浆演化初始阶段的产物，具幔源分异且程度较差之特点。

③南木林东中生代中晚期弧后盆地

该构造单元主体出露于研究区北部，呈近东西向展布于弧背断裂之南和塔玛一渡布脆韧性—韧性剪切带之北的区域内，主要出露于龙桑、冲党和龙堆、牙布桑及孔安村一带。因受古近纪花岗岩侵位的影响多呈残块形式或受第三纪地层的沉积覆盖而未于出

露。其中在南木林东牙布桑一带，也即是剪切变形带之性质转换部位范围较大。研究区内该单元组成出露不全，主要为一套陆源碎屑岩和碳酸盐岩及泥岩的组合。

④日喀则中生代晚期弧前盆地

该构造单元出露于雅江南岸之甲列、甲舍拉、小卡堆、日喀则、边雄、桑巴、江当、汪达和年木等地。总体形态呈西宽东窄近东西向展布的楔形。其南北边界以断裂关系分别与晚侏罗世至早白垩世蛇绿岩和渐新世至中新世大竹卡组砾岩接触。该单元为一套巨厚复理石建造，据岩性组合和结构特征划分为三段，研究区内该构造单元整体构成一复式向斜构造。

2、新生代陆缘火山—岩浆弧

①龙桑—达那—麻江古近纪成熟陆缘山弧

指广布于研究区北部的陆相火山岩，为一套紫红色火山碎屑岩、碎屑熔岩、火山熔岩的组合。主要分布于龙桑、西马普、南木林、达那、拉布和亩百、麻江一线及尼布坭吗、向呀浦西、格日阿和热不沙、则拉等地。总体呈近东西向长条形展布于塔玛—卡孜—渡布脆韧性—韧性剪切带之北和弧背断隆前缘断裂之南的狭长区域内，少量出露于弧背断隆之盖层的南、北两侧。总体来看，此套火山岩呈两条支带，南支带位处前缘断裂之南，发育齐全。北支带位处北部边缘或弧背断隆之盖层之上，出露不全，多见为始新统层位，在旁堆乡北热不沙一带见帕那组呈近南北向出露。该构造单元总体上表现出从早期到晚期由中基性到中性、中酸性直至酸性的连续的火山作用过程，为岛弧钙碱性火山岩，形成于活动陆缘构造环境。

②南木加岗—多角—色翁古近纪成熟岩浆岛弧

该构造单元是研究区内出露规模最大的一个单元，遍布研究区北部，并构成岩浆岛弧的主体。其总体沿塔玛、洛莱、泽南北一线呈近东西向分布，平面形态具套叠式椭圆形空间格局，其单个侵入体规模较大，并具有自边缘至中心从结构和成分上递增变化之特点，为一套中性—中酸性—酸性—酸碱性的花岗岩类。始新世早期花岗岩具从边缘至中心出现由中性—中酸性—酸性的变化特征。晚期具从边缘至中心粒径增大、斑晶增多之特点。渐新世花岗岩规模较小，并具从早阶段到晚阶段由酸性向酸碱性演变的特点。从以上可看出，古近纪是构造岩浆强烈活动时期，也反映了从早到晚不同构造环境和不同类型岩浆的变化规律。

③加多捕勒—去故错新近纪成熟岩浆岛弧

该构造单元主体分布于弧背断隆前缘断裂之北地区，在旁堆东有少量侵入体越过此

界，并且断续出露，总体为呈近东西向沿加多捕勒、巴来勒、普当乡北、穷麦曲和去故错一带显现。其大部分侵入体出现于东北部，并使念青唐古拉岩群呈漂浮残块。西北部多见其呈犬牙状围绕弧背断隆及盖层出现，且可见其侵入古近纪晚期花岗岩。中新世中晚期的侵入体以含白云母为特征，并具由早阶段至晚阶段向富碱方向演化特点，形成于板内俯冲构造环境。推测可能缘于超碰撞构造背景下弧背断隆之古老结晶基底壳层深熔所致。

④恰布林—大竹卡新生代陆缘山间断陷盆地

该构造单元主要分布于雅江南岸，呈近东西向断续出露于恰布林、聂日乡、大竹卡、仁布大桥和那波等地，系一套磨拉石堆积体。研究区内前者仅出露于东嘎煤矿一带，区域上呈狭窄条带状展现于冈底斯山之南。其南、北分别与大竹卡组和比马组角度不整合接触，其底部局部见不整合于白垩纪花岗岩之上，为一套含煤碎屑岩建造。蛇绿岩带南侧的柳区群（E1-2lq）是与秋乌组同时异相的产物，系一套山前磨拉石建造。大竹卡组系一套陆相碎屑岩夹火山岩建造，其南界见以断层与昂仁组相隔，北界多被第四系覆盖，大竹卡东山嘴见其不整合于比马组之上，切娃乡东明显见其不整合于始新世花岗岩之上。该单位西边伸延出图，东边在那波一带被断层夹持，呈楔型。中之三层火山岩说明局部的构造岩浆活动，仍处于不平静的边缘。它是第三纪以来第二期较大规模的山间磨拉石体，代表着大规模碰撞造山作用的终结。

2.2.2 雅鲁藏布缝合带

雅鲁藏布缝合带横贯研究区南部，西起日喀则市朗拉，东至仁布县娘果列一带，区内全长 150 余千米。其北界以朗拉—曲美—联珠东—苦布—吓巴断层与昂仁组接触，西端朗拉一带与冲堆组断层接触。南界以强堆—卡堆—察巴断裂为界，与涅如组类复理石变形带相隔。该缝合带由蛇绿岩亚带和混杂岩亚带组成，前者呈近东西向，在白朗东至联乡一带转向北东，从西端至联乡多均连续出露，且层序完整，大竹卡以东至东图边断续显现，该亚带区内全长 152km 左右。

1、雅鲁藏布蛇绿岩带

①中生代早期蛇绿岩带

该构造单元为蛇绿岩带形成最早的一个组成，它代表新特提斯早期碰撞之所在，主要沿强堆—卡堆—察巴构造混杂岩带呈近东西向残块出露，主要显现于强堆、卡堆和察巴一带，由八个大小不一组成不同的残块组成，其边界均为构造接触，形成于晚三叠世

板内裂谷。

②中生代中晚期蛇绿岩带

a、大竹—仁布中生代晚期岛弧型蛇绿岩亚带

该构造单元主体出现于大竹东、达拉、白朗拉、姆乡、形下、母孜庐古一线，呈近东西向残片出露，向东延伸出图。该构造单元南界被近东西向的孜巴—娘果列断裂与上三叠统宋热岩组相隔，其北界以近东西向之大竹—希马断裂与大竹卡组和晚白垩世花岗岩相望。该单元由近三十个大小不等的构造残片组成，最大规模者为达拉蛇绿岩残体。总体具有向东规模渐小、组成简单之特点。为一套不完整层序蛇绿岩组合，形成于弧前海底扩张环境，成生于晚侏罗世至早白垩世。

b、白朗—联乡中生代晚期洋脊型蛇绿岩亚带

该构造单元出露于白朗、当热、斜巴、嘎章、联乡等地，呈北东向连续出现，南、北边界分别以主中央断裂和苦布—虾巴断裂与嘎学群和昂仁组接触，其东界与大竹—仁布蛇绿岩亚带未见直接关系，西界与曲美—嘎东蛇绿岩亚带以其顶部硅质岩和前者之蛇绿混杂岩相隔。该单元总体具中间宽、两端窄之特点，由于后期构造作用致其在两侧之地层上留下推覆残体。该单元为一套组合齐全的层序蛇绿岩，其形成于早白垩世中期，具典型洋脊环境。

c、曲美—嘎东中生代晚期弧前型蛇绿岩亚带

该构造单元出露范围较大，呈近东西向展露于郎拉、曲美、夏鲁、白朗学、嘎东等地，总体具中间宽、两端窄之特点，在路曲至夏鲁一带宽度最大，西端延伸图外，东端与上述单元构造接触，其北界与冲堆组及昂仁组似整合或断层接触，南界多见柳区群不整合，后期断裂沿袭并与侏罗系不同层位构造接触。该单元为一套组合完整的层序蛇绿岩，广泛发育基性岩墙群，为典型岛弧型，形成于弧前海底扩张环境，成生于早白垩世中晚期。

2、雅鲁藏布混杂岩带

①中生代早期混杂岩带

a、白林—塔巴拉沉积混杂岩亚带

该构造单元主要出露于测区西南部之白林爬座、拍金、毕沙、摸岗、塔巴拉一带，总体呈东西长、南北窄，北宽南狭、西大东小的楔形，南部延入邻幅，四周均见逆冲断层与侏罗系—白垩系不同地层单元构造接触，此边界被后期断裂沿承。其时代为二叠纪，基质时代为晚三叠世。

b、强堆—察巴构造混杂岩亚带

该单元是与同时期蛇绿岩的构造上侵伴生的构造搅混体，主体出露在该构造混杂岩带之中部的康莎、普布顶及德吉林一带，各岩块与基质均为构造关系，形态多见为圆柱形、圆形，大小不一，以规模大者居多，其时代为晚二叠世，少量为早二叠世，基质为砂泥质，时代为晚三叠世。

②中生代晚期混杂岩带

a、路曲中生代晚期构造混杂岩亚带

该岩带是与同时期蛇绿岩的成生而伴随出现的一个构造单元，因其沉积混杂特征在区内未予出露、故不叙述。构造混杂岩主要出现在路曲南毕沙、虾欧巴一带，是迭置于早期沉积混杂岩之上的构造混杂，各岩块与基质均呈断裂关系，并在以后的构造过程中发生同构造作用。岩块规模较大，内部结构清楚，主要成分为硅质岩、硅质灰岩、灰岩等，合丰富古生物化石，时代为晚白垩世。

b、卡麦—察巴中生代早期增生杂岩亚带

该单元主要出露于卡麦、卡堆、仁布、崩岗、察巴北一带，总体呈近东西向，在普夏哇至仁布县城一带受构造影响转呈北东向，东端延伸出图，西端拼合于混杂岩带且潜入第四系，南北边界均以断裂与嘎学群和构造混杂岩相隔。主体为一套变形复理石，且多见夹有基性熔岩和碳酸盐岩透镜体，时代为晚三叠世。

c、格白—仁布中生代中晚期增生杂岩亚带

该单元主要出露在重峡、格白、模牙、托如、却宗江嘎及仁布乡南，总体呈北东向，其四周均以断裂关系与周围地质体接触，总体构成一个向斜构造，为与白朗—联乡蛇绿岩和大竹—仁布蛇绿岩密切共生的一套深海硅（泥）质建造，上部发育中基性火山岩，形成时代为晚侏罗世至早白垩世。

2.2.3 喜马拉雅板片

该构造单元位于主前缘断裂之南，除前震旦系结晶基底外，还包括南陆坡变形复理石和陆棚—陆坡泥砂质沉积。

1、拉轨岗日变质核杂岩

①前震旦系拉轨岗日核杂岩穹窿

研究区内出露范围较小，仅显于图幅南东边缘之折修南，东延出图，以剥离断裂与涅如组构造接触。该构造单元总体为一套中深层次的变质杂岩，以片岩、大理岩建造为

特征，具递增变质和迭加变质作用特点，发育各种韧性剪切变形特征，时代为前震旦纪。

2、北喜马拉雅沉积带

①中生代陆棚—陆坡沉积带

a、杜穷—雷脚中生代早期变形复理石亚带

该单元呈近东西向出露于测区南部雅夏、杜穷、重孜、互助、日窝切等地，挟持于主前缘断裂和背司—恩马断裂之间，其西界与混杂岩构造接触，东延出图，现所见为一复式向斜。地质时代为晚三叠世。

b、孙喀则—甲堆中生代晚期沉积亚带

该构造单元展布范围较大，呈近东西向出露于孙喀则、纳尔、甲堆和垭日欧布、列当夏巴及联拉一带。为一准原地系统。该单元与其它单元均呈构造接触，其东、南、西三面均延出图外，总体构成一大型宽缓复式向斜，形成时代为早侏罗世至早白垩世。

2.3　岩浆岩

2.3.1　火山岩

研究区火山活动频繁、强烈，历时较长，火山岩比较发育，出露面积约 2489.5km2。包括中生代一新生代岛弧及陆缘山弧各类火山岩，是冈底斯陆缘火山—岩浆弧（带）的重要组成部分之一，除少数地层单位不含火山岩外，大部分构成地层单元的主体或夹（含）火山岩（表 2-3）。

在时空分布上研究区火山岩呈现出明显的阶段性和与构造线方向一致的特征。大致以塔玛—由古—渡布韧性剪切带和雅鲁藏布缝合带（蛇绿岩的南界断层）为界，将区内火山岩分为南、中、北三个小区。南区火山岩不甚发育，主要以夹层形式出现，规模较小，空间上零星分布，主要岩石类型为基性—中基性—中性—酸性，根据岩石类型、接触关系及围岩时代等，分别划归晚三叠世宋热组，中晚侏罗世遮拉组、晚侏罗世—早白垩世嘎学群等。中区火山岩较发育，厚度 7145m， 近东西向条带状展布，根据岩性组合、旋回及韵律特征，将其划分为：晚侏罗世早期麻木下组、早白垩世早中期比马组、晚白垩世—第三纪旦师庭组，渐新世—中新世大竹卡组及晚侏罗世—早白垩世白朗蛇绿岩群中的火山熔岩等。其主要岩石类型为基性—中性—中酸性熔岩及火山碎屑岩；由于受后期花岗岩的侵入和破坏，现多呈残留体。北区火山岩最为发育，旋回清楚，韵律明显，火山地层出露厚度 3463m 。主要岩石类型为基性—中性—酸性—酸碱性等，根据接触关系，岩石组合，韵律特征及形成时代，将其分别划分为：渐新世日贡拉组，世—

古新世典中组、始新世年波组、帕那组，上新世嘎扎村组，中新世芒乡组，上新世宗当村组中也夹有火山岩。

表 2-3　研究区火山岩地层一览表

分区	地层单元	代号	岩石类型	岩石组合	沉积环境
北区	宗当村组	N_2z		凝灰质岩屑砂岩	陆相盆地
	嘎扎村组	N_2g	中—中酸性	粗面岩—流纹岩	
	芒乡组	N_1m	中酸—酸性	凝灰岩	
	日贡拉组	E_3r		凝灰质岩屑砂岩	
	帕那组	E_2p	中—中酸性	安山岩—流纹岩	陆相
	年波组	E_2n	中—中酸性	凝灰岩—沉凝灰岩	
	典中组	E_1d	基—中酸性	玄武岩—英安岩	
中区	大竹卡组	E_3N_1d	中—中酸性	粗面安山岩—英安岩凝灰岩	
	秋乌组	E_2q	中—中酸性	沉凝灰岩	
	旦师庭组	K_2Ed	基—中—中酸性	玄武岩、安山岩、英安岩	海相
	昂仁组	K_2a	中酸性	沉凝灰岩	
	比马组	K_1b	基—中—中酸性	玄武岩、安山岩、英安岩	
	白朗蛇绿岩群	J_3k_1B	基性	玄武岩	
	麻木下组	J_3m	基性—中酸性	玄武岩、安山岩、英安岩	
南区	嘎学群	J_3K_1G	中—中基性	安山岩、玄武岩	
	遮拉组	$J_{2-3}z^{\wedge}$	基—中基性	玄武岩、安山岩、英安岩凝灰岩	
	宋热组	T_3s	中—中基性	安山岩、玄武岩	

在早白垩世及以前火山活动主要在中区及南区，以海相裂隙式喷发为主，局部表现为中心式、半熔透式喷发，形成岛弧火山岩。在此之后，晚白垩世—古新世早中期，火山活动以陆相爆发为标志，是区内强烈火山活动阶段。在北区晚白垩世—古新世以裂隙式喷发为主。到始新世转变为中心式喷为主，形成了厚度较大的陆缘山弧火山岩。至上新世火山活动主要表现为陆相盆地型中心式火山作用。

火山活动随时间的推移，活动中心由南向北迁移；活动方式也由大面积裂隙式为主转变为局部中心式喷发，岩石化学成分从早到晚，由南至北均表现出由基性→中性→酸性→偏碱性演化特征。

火山岩的形成环境早期为海相环境，形成岛弧型火山—沉积建造；中期转变为陆相环境，形成冈底斯陆缘弧钙碱性火山建造、火山—复陆屑建造；晚期为陆相盆地环境，形成碱性—钙碱性陆相火山岩建造。

2.3.2　侵入岩

中酸性侵入岩遍布研究区雅鲁藏布江以北，出露面积 5039.6km2，发育燕山晚期—喜山期多类花岗质深成岩。区域上属于冈底斯陆缘火山—岩浆弧的中段。

花岗岩类的分布及岩浆侵入活动与板块的俯冲、碰撞、超碰撞密切相关。时代为早白垩世—中新世，侵入岩的形成经历了一个长期的演化过程。侵入体总体呈东西向展布，与主构造线方向一致，平面形态多呈椭圆或近圆形。

岩浆侵入与火山活动关系密切，表现出明显的对应关系。在空间上，侵入岩与火山岩共生；在时间上，除白垩纪侵入岩外，均稍晚于火山岩。一般见侵入岩与火山岩呈侵入接触关系，二者岩石成分特征十分相似，构成区内同源异相组合。

研究区一连串的复式深成岩体和部分小的侵入体组成一个巨大的东西向复式岩基，且被白垩纪和第三纪沉积-火山岩建造分隔，由南向北依次划分为二个岩带：

仁钦则—努玛岩带：该岩带是冈底斯中-新生代陆缘火山-岩浆弧的主要组成部分，沿雅鲁藏布江以北（图幅东谊弄-希马岩体分布于雅江以南）呈东西向展布，横贯全区。由一系列近东西向展布的不规则状、椭圆形或近圆形复式岩体及岩瘤、岩滴组成。岩石类型复杂，主要有辉长（闪长）岩、角闪闪长岩、石英（二长）闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩、碱长花岗岩和石英正长岩。形成时代为白垩纪—古近纪。

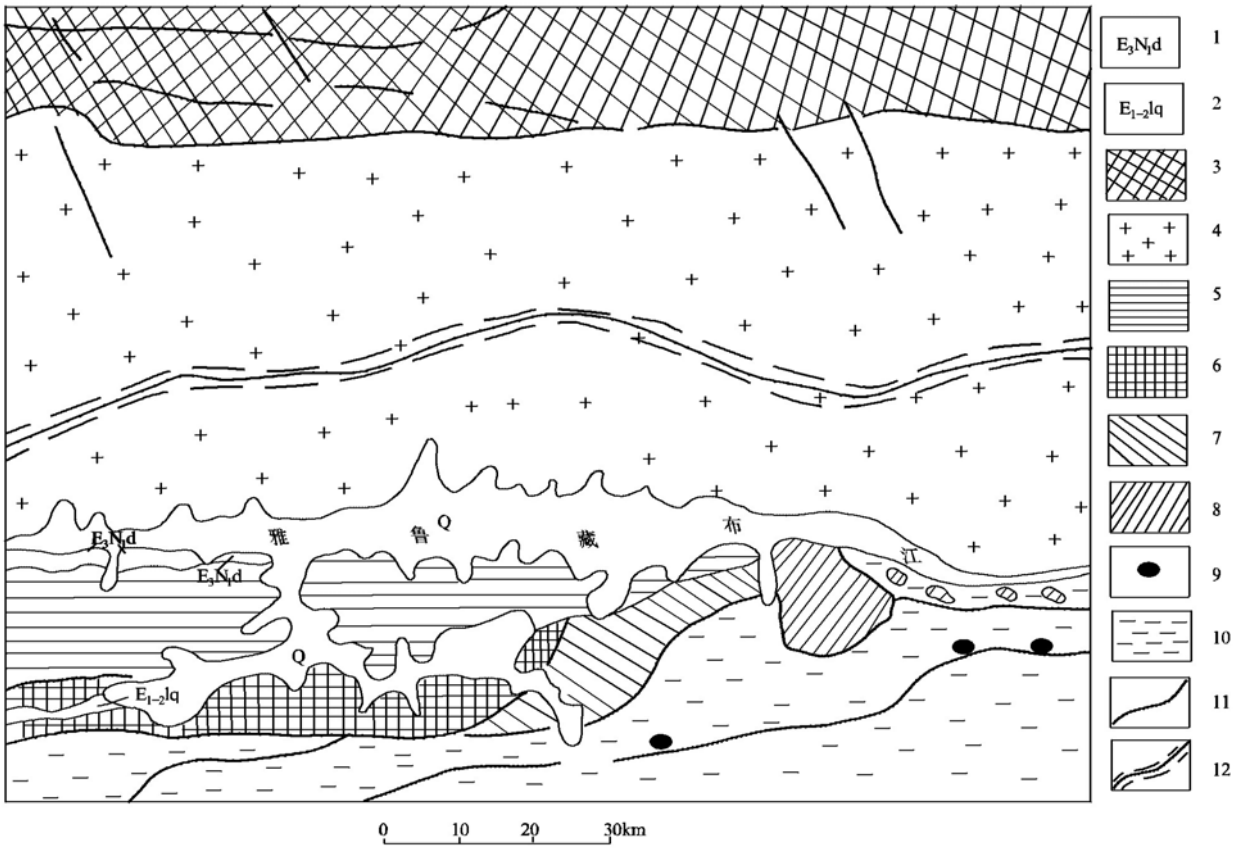
松多-堪珠岩带：位于测区北部，近东西向展布，东宽西窄，向西连续性差，断续分布于垄公-捕勤一带。主要岩石类型有二长闪长岩、二长花岗岩。侵入时代为中新世。

研究区与区域构造有关的脉岩发育，成分与深成岩不相对应，多偏碱性、偏酸性，如闪长玢岩、辉绿玢岩、云煌岩类。而与侵入岩相关的专属性岩脉较少，如花岗细晶岩、花岗斑岩等。脉岩走向近东西向或北西、北东向，规模不等。

研究区不同侵入岩具有不同的成矿系列，侵入岩为矿产的形成提高了物质来源和含矿热液的热驱动力，与花岗岩有关的热液矿床有铜、铁、铅、锌、金、银及花岗岩岗岩本身的耐酸石材。

2.4　蛇绿岩

研究区蛇绿岩位于著名的雅鲁藏布蛇绿岩带中段，西起日喀则朗拉，经曲美、路曲、冲堆、群让、白朗、白岗、联乡、仁布，延至察巴，呈近东西向展布，长约 133 km 。（图 2-4）



1、大竹卡细砾岩 2、柳区群砾岩 3、念青唐古拉弧背断隆 4、冈底斯陆缘火山-岩浆弧 5、日喀则弧前盆地 6、日喀则弧前背景蛇绿岩块体
7、白朗-联乡洋脊背景蛇绿岩块体 8、仁布岛弧蛇绿岩片带 9、卡堆蛇绿岩残片 10、中生代混杂带 11、断层 12、韧性剪切带

图 2-4 研究区蛇绿岩分布图

（据“青藏铁路沿线矿产资源遥感调查报告”修改，2002 年）

雅鲁藏布蛇绿岩带是冈瓦纳特提斯海最终闭合的一次重大板块俯冲碰撞事件的产物，区内具有比较完整而典型的地缝合线结构，自北而南有：（1）冈底斯火山岩浆弧；（2）陆缘山前磨拉石带；（3）日喀则弧前盆地；（4）雅鲁藏布蛇绿岩带；（5）中生代混杂带。

冈底斯火山岩浆弧由深成相和喷出相两部分组成：前者主要为花岗岩及花岗闪长岩系列，后者主要为陆相中酸性火山岩系列，两者密切伴生，成份基本相近，属同源异相关系。

陆缘磨拉石带有两条：一条沿雅鲁藏布江分布，称大竹卡组，与北侧冈底斯火山—岩浆弧呈不整合接触；另一条追踪蛇绿岩带呈狭长带状分布，并不整合覆盖于蛇绿岩之上，称柳区砾岩。两套砾岩均未变质，是板块碰撞后沉积的，反映板块最终碰撞阶段

的产物。

日喀则弧前盆地，挟持于冈底斯火山岩浆弧与蛇绿岩带之间，沉积环境从北至南、从滨海—浅海相迅速过渡为半深海—深海相。沉积建造具明显韵律，浊流与滑塌沉积发育。

雅鲁藏布蛇绿岩带（中段），出露于日喀则弧前盆地与中生代混杂带之间,由日喀则弧前背景蛇绿岩块体，白朗—联乡洋脊背景蛇绿岩块体，仁布岛弧背景蛇绿岩块体（岩片）拼贴组合而成。

2.5　区域地球化学特征

2.5.1　麦热 Cu、Au、Pb、Zn、Ag 异常集中区：

位于谢通门北东约 30Km 处，总面积约 700 Km2。区内山势较缓，海拔 4500—5200 米，水系发育。山坡、沟谷、高山草甸土广泛分布。

异常集中区(HS-8-乙 1)主要由 3 个北东向的串珠状异常组成，异常元素组合为 Cu、Au、Pb、Zn、Ag，各元素异常套合完好，异常分带及浓集中心明显。其中 Ag、Pb、Cd 异常分布范围最大，Cu、Zn、Bi、Au、As、Sb 位于前者浓集中心部位。异常组分复杂，含量高；最高含量分别为：Ag 510ppb、Pb 144ppm、Zn 242ppm，Cu 134ppm、Au 8.6ppb、Cd 1770ppb、AS 207ppm、Sb 4.1ppm、Bi 2.6ppm。

异常位于冈底斯中酸性火山岩和中酸性岩浆杂岩带交接部位；北部出露地层为白垩系英安质凝灰岩，凝灰角砾岩；南部为燕山晚期花岗闪长岩；西部为喜山早期石英二长斑岩。近东西向断裂构造发育。围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化等，石英二长斑岩具青盘岩化；在细小石英脉中，偶见浸染状黄铜矿化。

区内 Ag、Pb、Zn、Cu、Cd 等异常由硅化蚀变破碎带中银多金属矿化引起的。在西南部 As、Sb、Au 异常浓集部位的石英脉中，Ag、Au，As 含量分别为：30ppm、21PPb 和 410ppm，在石英二长岩与闪长岩接触带上，水系沉积物出现 As、Sb 异常，推测异常由低温热液矿化所致，从所获得的资料表明，Ag、Pb、Zn 等异常含量高、范围大，是寻找以银为主的蚀变破碎带型多金属矿产有利地段，具有较好的找矿远景。

2.5.2　吉如 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag 异常集中区：

位于南木林西部，总面积约 600Km2。总体呈近南北向椭圆状展布。区内山势较陡，海拔 5000 米以上，水系不发育。岩石物理风化破碎严重。

研究区异常元素组合为 Cu、Mo、Ag、Pb、Zn ，各元素异常套合较好。Cu、Mo

异常面积较大，其中 Cu 为南北向带状异常，Mo 为北东向带状异常，二者在此处交汇。异常区内以 Cu、Mo、Ag 异常为主，各异常具有强度大、峰值高、浓集中心显著的特点，峰值分别为：Cu 81ppm、Mo 6.12 ppm；Mo、Ag 异常内、外分带明显（见表 2-4）。

表 2-4　吉如异常集中区地球化学参数表

元　素	Cu	Mo	Bi	U	W	Zr	Y	Be	La
异常下限	43	2	1	6	5	400	40	5	60
面积(Km2)	220	40	80	75	80	25	10	10	10
浓度分带	1	1	3	3	2	2	1	1	1
最高值	87	3.8	6.8	26.3	10.9	1133	62	5.4	109
平均值	74	3.0	3.6	20.8	6.9	777	62	5.4	109
衬　度	1.5	1.5	3.6	3.47	1.4	1.94	1.0	1.00	1.82
规　模	90	60	288	260	111	49	10	10	18
异常点数	4	5	5	3	9	2	1	1	1

注：Au 、Ag、Cd、 Bi 单位为 ppb, 其余为 ppm。

异常主要赋存在喜山期多次活动的杂岩体和燕山晚期的中酸性岩浆侵入体中，下白垩统及古新统地层少量出露，北西和北东向构造极其发育。Cu、Mo、Ag 异常范围较大，强度高，且喜山期二长花岗岩株在区内广泛分布，形成斑岩型铜矿的条件十分有利，是寻找斑岩型铜矿的最佳地段。

2.6　区域地球物理特征

雅鲁藏布江航磁异常带是青藏高原范围内磁场强度最大、延伸最长的线性异常带，横亘在青藏高原南部，为研究雅鲁藏布江缝合带提供了比较详尽的磁场信息。（图2-4）

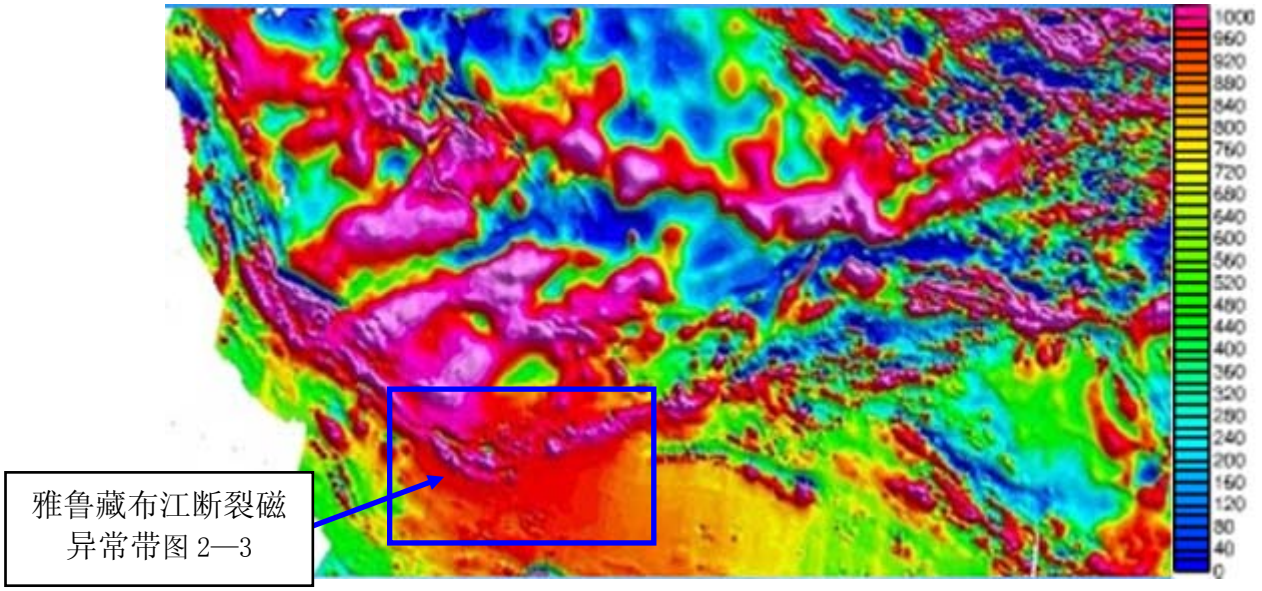


图2-4　青藏高原航磁异常分布图

（据“青藏铁路沿线矿产资源遥感调查报告”修改，2002年）

雅鲁藏布江南带中东段达吉岭至大竹卡和北带东段泽当至朗县一带，都见到了蛇绿岩型基性超基性岩沿雅鲁藏布江缝合带呈东西向分布，与航磁异常对应，并经查证该岩类具有较强-强磁性，有时具有很强的剩余磁化强度，是本区磁性最强的岩石。航磁异常地表出露为蛇绿岩型基性超基性岩，但自大竹以西的北带西段异常，还未见到蛇绿岩分布。

在研究区以北异常区的曲水大桥带，发现了包括鸭拉岩体、林岗-卡热岩体、大竹卡岩体和它甫岩体等，呈东西向狭长条带状沿雅鲁藏布江断续分布在大竹卡及其以西地区，岩石组合为辉长岩-二长闪长岩-石英二长闪长岩，形成于早白垩世末至晚白垩世初期的燕山晚期，是冈底斯岩带中段最早阶段的深成岩，其中以鸭拉二辉辉长岩体最为典型，被后期石英二长闪长岩穿插，是最老的基性岩石，也是雅鲁藏布江一带磁性测量中磁性最强的岩石。雅鲁藏布江北带该段异常恰位于该辉长岩体上，两者分布比较吻合，初步推断异常即由上述辉长岩引起，航磁异常连贯性表明，该段异常是雅鲁藏布江北带异常的一部分，因此认为辉长岩与其周围的花岗岩是不同的，并将昂仁-大竹卡一带的蛇绿岩一起被划归为超镁铁岩体。

大竹卡向西南，经白朗继续向西延，过吉定至达吉岭，地质上已发现了一系列蛇绿岩体，构成了雅鲁藏布江蛇绿岩带中连续性和保存最好的部分，在上述出露的已知岩带中，可分为北、南两部分，与雅鲁藏布江航磁异常带北带东段位置相对应，其中以罗布莎岩体和泽当岩体规模最大，东西向延伸，面积分别达70km^{2}和5Okm^2 ，并在曲松北罗布莎超基性岩体中发现了我国目前最大的豆荚型铬铁矿床和中型原生铂矿床。大竹卡以西应属于南岩带，与雅鲁藏布江航磁异常带南带位置相对应，自东向西依次有大竹卡岩体、柳区岩体、昂仁岩体和达吉岭岩体等，其中以柳区岩体规模最大，东西向长约150km，面积达579 km^2。

第 3 章　研究区典型矿床（点）分析

研究区已知矿产有岩金、砂金、铜、铅、锌、钼，非金属软玉、花岗石材、石灰岩、石英岩，固体燃料煤、泥炭以及热泉等矿种，其中金、银、铜为优势矿种。矿产地 66 处，其中大型矿床 1 处、小型矿床 2 处，矿点 44 处，矿化点 19 处（表 3-1、图 3-1）。本文主要针对岩金和铜矿进行研究分析。

表 3-1　地质矿产统计表（据“1:25 万日喀则幅区域地质调查报告”）

规模 / 数量 / 矿种	内生矿产		外生（变质）矿产			合计
	矿点	矿化点	小型矿床	矿点	矿化点	
铬铁矿	2	5				7
硫铁矿		5				5
褐铁矿		1				1
铜　矿	10					10
钼　矿	1					1
铅锌矿		1				1
岩　金	1	1				2
砂　金	7					7
瓷　土					1	1
花岗石材	1					1
软　玉		4				4
煤			2		1	3
泥　炭				2		2
石英岩	1					1
热　泉	19					19
合　计	42	17	2	2	2	65

3.1　金

研究区金矿产地2处。成因类型为构造蚀变热液型、石英脉型。具有一定的工业价值。

3.1.1　形下岩金矿点

矿点位于仁布县德吉林乡形下村北，距仁布县城北东方向约 4.5km，地理坐标，东经 89°50′20″，北纬 29°16′20″。

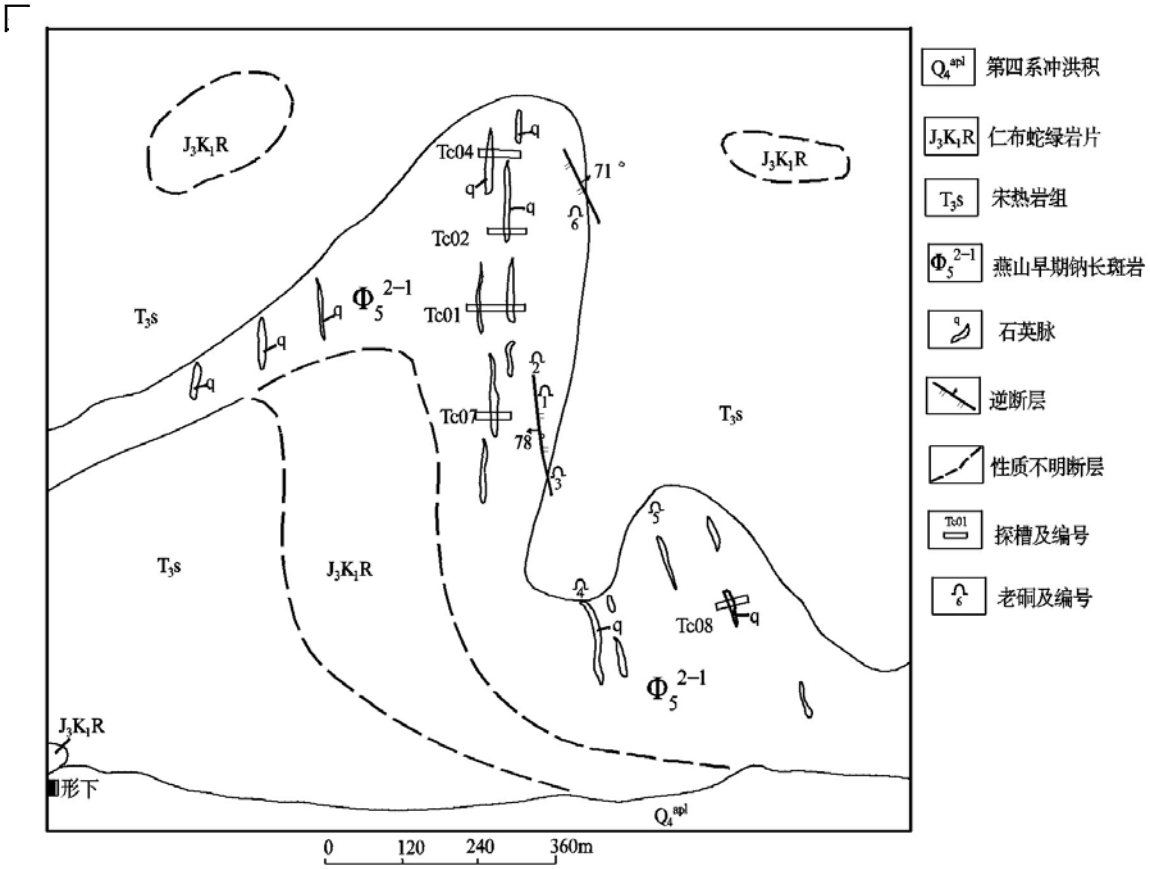
（1）矿点地质概况

矿点上出露地层有宋热岩组（T3s）及仁布蛇绿岩岩片带（J3K1R）（图 3-2）。

宋热岩组（T3s）：岩性为千枚状板岩夹砂质板岩、千枚岩、变砂岩及中基性火山岩组成的一套浅变质岩系。

仁布蛇绿岩岩片带（J3K1R）：主要岩石类型有蛇纹岩、蛇纹石化斜辉辉橄岩。

岩脉：主要为钠长斑岩（φ），分布于研究区中部，面积约 0.4km2。顺层侵入于地层中，倾向 160°-190°，倾角 20°-35°，最宽 15-35m，一般宽 0.5-8m。在钠长斑岩中，有较多地层捕虏体，多呈长条状，条带状，长 0.2-20m，宽 0.5-5m。



3-1　仁布形下金矿点地质草测平面图

（据“1:25万日喀则幅区域地质调查报告”修改）

石英脉：区内石英脉分布广泛，与钠长斑岩密切相关，呈单脉状、网格状，主要分布于钠长斑岩中，其次产于断层破碎带中。区内石英脉近四十条，主要呈北西—南东向展布，少数南北向、东西向、北北东-南南西，倾向北东向，倾角 45°-85°，长 60-80m，宽 0.3—0.6m，属岩浆期后产物。与金矿化有关的石英脉多呈浅肉红色，他形细粒、微粒结构，块状构造。矿物组成以石英为主，含量 95%以上，其次含少量方解石，黄铁矿。石英多呈他形粒状，黄铁矿呈团块状分布在石英中，一般都有较好的立方体晶形。

区内断裂构造十分发育，主要为长十至百余米不等的小型张性断层，产状 180°-210°∠40°-50°，断层破碎带宽一般 0.5-4m，其中充填石英细脉，并且硅化、碳酸盐化、黄铁矿化蚀变强烈，是主要容矿构造。菱形节理或格子状节理构造也十分发育，特别是在钠长斑岩脉与地层的接触带附近较为密集。北西向早期节理为很好的容矿构造。

（2）矿化与蚀变

岩石蚀变类型有钠长石化、硅化、黄铁矿化、绢云母化和绿泥石化等，硅化、黄铁矿化与金矿化关系密切。硅化范围与金矿化范围呈正相关系。黄铁矿化具多期次特点，主要集中在断层破碎带中或钠长斑岩脉与地层接触处及石英脉中，黄铁矿化地段往往是金矿化地段。

金矿化体有石英脉、构造破碎蚀变带、斑岩脉与围岩地层接触蚀变带。

①石英脉

石英脉普遍含金，含量在 0.0012-4.62ppm。依据老硐及工程控制结果，沿石英脉纵深方向金含量有增加趋势，据此推测，深部石英脉是寻找金矿的有利部位。

②破碎蚀变带：

矿点所见 5 条破碎蚀变带大都发育于钠长斑岩中，均有金矿化显示。其中位于矿点南部小冲沟中的一条蚀变带，长 100 m±，宽 5-8m，走向 20°-200°，倾向 110°-290°，倾角 35°-50°。具强烈硅化、黄铁矿化及轻微绢云母化，金含量为 0.0012-8.6ppm，破碎带中部约 1 米宽左右的金矿体，金品位 1.42-4.31g/t。因此该蚀变带是找金矿的远景地带。

③钠长斑岩与宋热岩组（T_3s）接触蚀变带

该带是矿点上规模最大的矿化蚀变带，是最具找矿远景的含金地质体，钠长斑岩与地层接触处普遍产生硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化。蚀变带宽度 1-2m，其产状与接触面产状近于一致。从痕量金分析看，均具有金矿化现象。老硐全部分布在该带上，老硐里不同地段，金品位分别为 1.70g/t、80g/t、2.58g/t、2.78g/t。

（3）矿区预测远景评价

矿点老硐近 20 处，最大深度 50 米，总长近 300 米。样品分析结果表明，石英脉、钠长斑岩与宋热岩组地层接触带及断裂破碎带普遍含金。根据金的地质背景值分析，超基性岩体金背景值为 2ppb，比正常值（4-6ppb）低，钠长斑岩背景值为 4-20ppb，比正常值（3.5ppb）高。初步分析认为，矿点及其外围大面积出露的钠长斑岩为金的母岩。该区段具备大规模的成矿母岩和导矿、容矿构造条件，是金矿找矿远景区，建议进一步开展矿点评价工作。

3.1.2 其他岩金矿（化）点（如表 3-2）

表 3-2　冲江金矿点特征

名称	位置与交通	地质概况	矿化特征	成因类型	资料来源	评价意见
冲江金矿点	位于尼木县麻江乡冲江村南公路边，交通方便，地理座标；89°59′00″ 29°36′26″ 矿点海拔4400m	矿点主要为伦主岗岩体中粒含斑角闪花岗闪长岩，处于塔玛-渡布韧性剪切带北侧，近东西向、北西向、北东向断裂、裂隙极为发育，并沿裂隙有较多中酸性岩脉、石英脉产出	矿体见于北西向断裂中，并有细小石英脉产于其中。矿体宽5m，长约100m。矿石矿物为孔雀石、铜蓝、少量黄铁矿、磁铁矿，矿石类型为浸染状、细脉状、致密块状、薄膜状。含Au1.69ppm、Cu3.4%、Ag 5.6ppm，伴生Pb、Zn等	热液型	1:20万南木林、谢通门幅发现并检查	有进一步工作价值，附近有冲江铜矿床

3.2　铜

研究区大型铜矿床 1 处，铜矿（化）点 10 处。除冲江斑岩型铜矿具大型规模和潜在远景外，其它矿（化）点规模均较小，工业意义不大。

3.2.1　冲江铜矿床

位于尼木县麻江乡与帕古乡交界部位之冲江—白容达之间的江古曲河谷地段，地理坐标：东经 89°57′51 ″—89°59′08 ″，北纬 29°36′13″—29°37′18″。矿区海拔 4300m。通过水系沉积物取样和轻型山地工程发现一条长大于 1300m，宽 25—280m 的铜（银）矿（化）体，矿化强烈地段已构成工业矿体，Cu 平均品位 1.12%，Ag＞1.5ppm。铜矿储量远景可望达大型规模。

（1）矿区地质概况

冲江矿区地处世界三大斑岩成矿域的特提斯—喜马拉雅成矿域西段，处于南木林—邬郁构造带上，南邻塔玛—渡布韧脆性剪切带。岩浆活动强烈，矿区斑岩为伦主岗中粒含斑角闪黑云花岗闪长岩和续迈中粒斑状黑云二长花岗岩，在矿区北、北东部与设兴组呈侵入接触。此外还见有规模不等的石英闪长玢岩、二长闪长玢岩、闪长细晶岩等岩脉，多见穿切斑岩体，局部见有零星矿化。南木切-邬郁断裂破碎带近东西向通过矿区，矿区出露地层主要为 K_2s、E_1d、E_2n、E_2p、E_3r，为一套火山碎屑岩和陆源碎屑岩建造，总体呈东西向带状展布，与区域构造线方向一致。矿区断裂构造发育，规模较大的三条近东西向断裂破碎带通过矿区，受其影响，矿区北东—南西向、北西-南东向两组次级断裂破碎带发育，均具多期活动特点，前者对矿体再次富集叠加和后期改造起到一定作

用，属控矿、容矿构造。区内构造裂隙发育，以北东、北北东、北西向为主，与氧化矿矿化富集程度呈正相关系，其中北东向为容矿裂隙，矿化普遍较强。

（2）矿化与蚀变

矿区铜矿化主要见于江古曲两侧，矿化呈北东—南西向展布，长约 1.3km，宽约 1km，呈北东张开、南西收敛的椭园形态。含矿岩石为斑状二长花岗岩，Cu 含量一般 0.1-2%，最高达 4.82%，伴生 Mo、Au、Ag、Pd、Rh 等有益元素。铜矿化岩石蚀变以钾硅化为主，次为钾化、绢云母化、粘土化、黄铁矿化，具相互叠加现象。随深度增加，硅化有所减弱，钾化增强，其变化趋势与钼品位变化相对应。地表浅部为厚 30m±的氧化矿，以孔雀石为主，次为蓝铜矿，偶见辉钼矿，多呈星点状或沿裂隙呈薄膜状、皮壳状、脉状产出。

围岩蚀变主要有钾长石化、硅化、黑云母化、绢云母化、粘土化、石膏化、青磐岩化，并伴有孔雀石化、黄铁矿化、磁铁矿化。断裂破碎带或脉岩的中心部位矿化蚀变强，向两侧逐渐减弱。

找矿标志：①斑岩体群的出现是可能赋存斑岩型矿床的标志，含矿斑岩与非含矿斑岩在斑晶成分和副矿物特征上存在差别。②地表孔雀石化为最直观找矿标志。③ 地表“火烧皮”为重要找矿标志。④矿化强度与蚀变强度呈正相关系，强烈硅化、钾化及绢云母化、绿帘石化、绿泥石化地带，围岩蚀变与铜矿密切相关，为间接找矿标志。⑤矿床在地形地貌上明显，多呈 U 型负地形。

（3）矿体特征

铜矿体大多产于中酸性侵入岩体内的两组断裂破碎带及沿断裂、裂隙贯入的二长花岗岩脉和石英脉中，冲江村以北的北东-南西向断裂破碎带控制主矿体的产出，冲江村以南的北西-南东向断裂破碎带控制小矿体产出。根据铜矿工业指标，按矿体平面位置，矿区共划分为五个矿体（图 3-2）。

Cu1 矿体：位于江古曲南西侧，矿体呈北东—南西向展布的脉状，倾向南东，倾角陡，长约 500m，宽约 31m，深度 200m。矿石矿物以孔雀石为主，次为蓝铜矿、辉钼矿、黄铁矿。矿石具一定分带性，地表以氧化矿为主，浅部见有少量硫化矿。氧化矿石呈皮壳状、薄膜状、浸染状分布于岩石中及其裂隙面上，硫化矿呈浸染状、微至细脉浸染状，含矿母岩以斑状二长花岗岩为主，次为石英闪长玢岩。铜平均品位 0.6%，银 5.21g/t。

Cu2 矿体：位于 Cu1 矿体南东 208 米处。矿体平面形态呈 S 型，北面—南东向展布，长约 660m，宽约 250m，深度>500m。地表浅部由厚约 50m 的氧化矿石混合矿石

组成，矿石矿物以孔雀石为主，蓝铜矿、黄铜矿、辉钼矿次之，深处局部蓝铜矿增多并超过孔雀石含量。氧化矿物呈皮壳状、薄膜状分布于裂隙面上或呈浸染状于岩石中。硫化矿物为黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿，呈团块状、浸染状、微和细脉浸染状，厚度>400m。含矿岩石为斑状二长花岗岩。铜平均品位 0.53%、银 3.4g/t、金 0.14g/t、钼 0.01g/t。

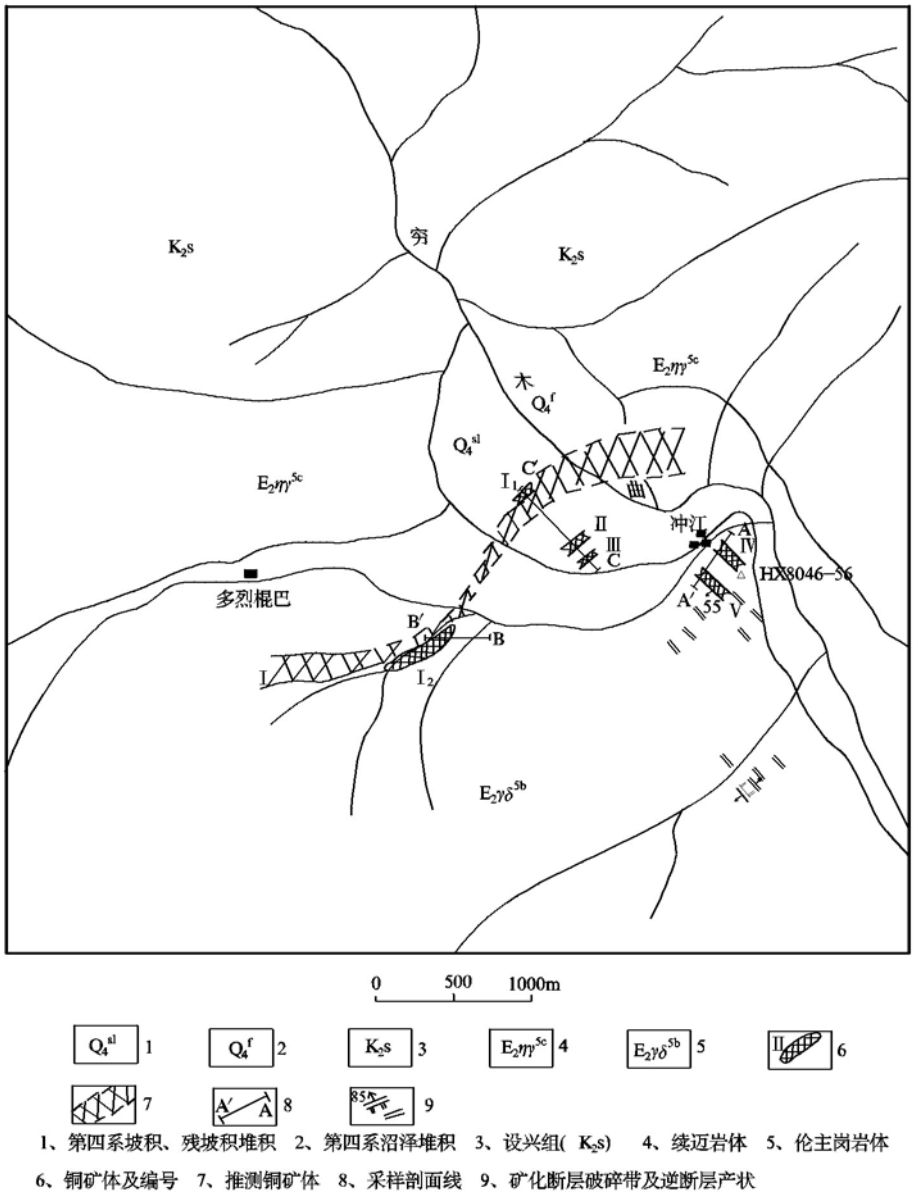


图 3-2　冲江铜矿点矿体分布平面地质草图

（据“1:25万日喀则幅区域地质调查报告”修改，2002年）

Cu3 矿体：位于江古曲北东侧，Cu1 矿体北东 450m，含矿斑岩体北部与围岩接触部位，矿体沿谷坡大面积出露。矿体呈透镜状、猴头菇状，长 715m，宽 325m，矿化厚度>300m。主要由厚约 30m 的氧化矿和硫化矿及少量混合矿（厚约 10-20m）组成，矿石分带性明显。前者以孔雀石为主，蓝铜矿、辉钼矿少见，多呈薄膜状分布于裂隙间或

呈浸染状于岩石中。硫化矿以黄铜矿为主，次见黄铁矿、辉钼矿、斑铜矿。以浸染状为主，细（微）脉浸染状次之，辉钼矿则多呈细脉状、团块状现于晚期石英脉中。混合矿由孔雀石及黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿组成，呈细脉浸染状分布。含矿岩石主要为斑状二长花岗岩。氧化矿平均品位铜 0.56%、银 2.3g/t，硫化矿平均品位铜 0.36%、钼 0.0236%、金 0.21g/t、银 2.3g/t。

Cu5 矿体：位于江古曲北东侧 Cu3 矿体南东 100m 处，矿体走向为北东，倾向为南东，倾角陡。矿体呈长透镜状，长约 240m，宽为 20.2m，深度大于 50m。矿石矿物以孔雀石为主，次为蓝铜矿。呈皮壳状、薄膜状、浸染状分布，与 Cu3 矿体特征相同。铜平均品位为 0.89%、银为 3.5g/t。

Cu6 矿体：位于多列曲东侧 Cu5 矿体南东 620m 处，矿体走向北西，倾向北东，倾角陡，矿体形态呈脉状，长约 260m，宽约 20m，深度>50m，矿石矿物和矿石结构特征与 Cu5 矿体相同。铜平均品位 0.63%，银 3.0g/t。

成因类型为斑岩型铜矿。

（4）矿区预测远景评价

矿区岩浆活动频繁，岩石类型较多，并具多期侵入特点，对斑岩型铜矿的形成较为有利，已发现较多铜矿（化）体，均伴生金、银、铅、锌等有益元素，个别矿体中金含量达边界品位。冲江铜矿床在地形地貌、地质构造和地球化学、地球物理等诸多方面有明显表现，含矿母岩为斑岩体，具有强烈的矿化蚀变和分带，存在八个矿物世代，具典型斑岩型铜矿床的矿石结构构造。经预测计算 Cu 和 Au 均达到大型矿床规模。因第四系草甸和残坡积覆盖较大及基岩露头不好，加上深部工程较少及综合研究程度不够，严重影响了矿体的圈连。因此，该矿床有必要进一步加深研究，加大勘查力度，扩大矿床规模，有望成为有远景的斑岩型铜矿基地。

第 4 章　数据集成研究

4.1　地质资料数字化

收集并积累大量的地质资料，是提高地质认识程度的基础，更是为下一步数字矿产预测模型的建立、地质数据资料的二次开发及利用的前提条件。由于种种因素，早期的地质资料大都为纸介质，因此，若想要把这些地质资料及数据整合起来并为之建立数据库以便为之后的矿产资源预测提供帮助，必须先对这些地质资料及数据进行数字（矢量）化。

4.2　建立研究区空间数据库

4.2.1　地质图空间数据库

（1）空间数据库建设规范及要求

建立空间数据库总体空间框架参照《全国重要成矿带综合研究项目空间数据库建设工作方法指南》进行，其基准比例尺为 1:5 万。空间坐标采用无投影关系的经纬度坐标，并以“度×400”为单位，采用西安 1980 国家大地坐标系和 IUUG-75 地球椭球。

（2）研究区地质图矢量化

西藏日喀则地区包括六幅 1：5 万西藏矿产地质图，首先需要把这六幅地质图利用 MAPGIS6.7 分别矢量化，然后根据实际经纬度拼接图幅，最后对合并后的地质图进行标准化，生成新的经纬网格。

（3）空间数据处理

对地质图进行误差校正后进行图层分离，并分别建立分图层文件，然后赋特殊线属性值及区编辑。

（4）投影

将全部图层文件利用 MAPGIS6.7 中的投影变换功能，投影到西安 80、高斯投影 6 度分带 15 带下，做好后的地质图坐标即是高斯坐标系。

（5）文件格式转换

先将地质图在 MAPGIS6.7 上放大 50 倍后，利用文件转换功能使各图层数据文件转换成 shape 格式文件，以便在 Arcview 软件中运行。

（6）建立缓冲区

将传换好的 shape 格式文件在 Arcview 下，利用 Arcview 中的 buffer 模块为每一个图

层文件建立缓冲区，所有图层缓冲区建立按照研究区面积大小及多次反复试验，确定建立缓冲区遵循 500 米、1000 米、1500 米、2000 米、2500 米、3000 米、3500 米、4000 米、4500 米、5000 米规律，也就是每一个图层都将做出以上不同距离大小的图层文件。

空间数据库的建立是地质资料及数据集成的基础和前提条件，这里包括地质图空间数据库、矿产地质数据库、地球物理数据库、地球化学数据库等空间数据库的建立和集成。

4.2.2 矿产地质数据库

（1）矿产分布

研究区已知矿产有贵金属岩金、砂金，有色金属铜、铅、锌、钼，非金属软玉、花岗石材、石灰岩、石英岩，固体燃料煤、泥炭以及热泉等矿种，其中金、银、铜为优势矿种。矿产地 66 处，其中大型矿床 1 处、小型矿床 2 处，矿点 44 处，矿化点 19 处。根据各金属矿点分布及数量情况，且由于受到评价方法等条件限制，本文只研究岩金和铜两种金属。因此，研究区共有岩金矿（化）点 2 处，大型铜矿床 1 处，铜矿（化）点 10 处。

（2）岩体分布

研究区内广泛分布燕山早期钠长斑岩和石英脉，并且在钠长斑岩中有较多地层捕虏体，与成矿有密切的关系。

（3）控矿地层

研究区内 2 处已知矿床赋矿层位为三叠系的宋热组和仁布蛇绿岩岩片带，表明区域成矿作用具有显著的层控性。

（4）控矿构造

研究区内金矿空间分布受区域构造格架控制,其中北西向、东西向、北东向断裂、裂缝极为发育，可成为深源含矿热液上升运移的良好导矿通道,在断层中充填石英细脉，并且硅化、碳酸盐化、黄铁矿化蚀变强烈，是主要容矿构造。北西向早期解理为很好的容矿构造。

区内铜矿断裂构造发育，规模较大的三条近东西向断裂破碎带通过矿区，受其影响，矿区北东—南西向、北西-南东向两组次级断裂破碎带发育，均具多期活动特点，前者对矿体再次富集叠加和后期改造起到一定作用，属控矿、容矿构造。

（5）矿与岩体

成矿与岩体接触带关系密切,是找矿的重要标志。矿化异常多沿不同时代岩体接触带分布,以中酸性岩体接触带最为突出。当岩体边缘出现沿接触带发育的断裂破碎带和有利含矿层位时,找矿前景良好。

4.3　数据集成管理

4.3.1　数据管理

将收集来的数据数字化建库后，就是研究如何使这些数据能够被充分的利用起来，并达到预期目标。因此，数据管理可谓这其中的重中之重。根据矿产地质数据的特点及 GIS 中的数据模型特点，结合成矿区带的矿产资源评价信息系统的需求，主要研究：图层分离、MapGIS 数据空间比例尺转换、MapGIS 数据格式向 ArcView 格式转换、缓冲分析、计算权重 c 值、确定证据图层。

（1）图层分离

为使研究过程顺利进行，必须先将所有地质信息进行分类划分图层，将数字化地质图内所有对象分离开来，按各自所在成矿预测中的不同作用划分为相应类别图层。建立适于成矿区带矿产资源评价的多源地学信息分类体系 (即矿产资源评价因子层)：（如表 4-1）

表 4-1　矿产地质信息分类体系

分组	证据层名称	证据层代码
第三系	大竹卡组	DZKZ
	秋乌组	QWZ
	典中组	DZZ
	宗当村组	ZDCZ
	噶扎村组	GZCZ
	芒乡组	MXZ
	日贡拉组	RGLZ
	年波组	NBZ
	柳区群	LQQ
白垩系	昂仁组三段	ARZSD
	昂仁组二段	ARZED
	昂仁组一段	ARZYD
	冲堆组	CDZ
	谢里组	XLZ
	设兴组	SXZ
	塔克那	TKN
	楚龙组	CLZ
	比马组	BMZ
上石炭下二叠统	昂杰组	AJZ
石炭系	拉嘎组	LGZ
	永珠组	YZZ
侏罗系	汤噶混杂岩	TGHZY
	破姆弄混杂岩	PMNHZY
	哲古组一段	ZGZYD
	日当组	RDZ
	哲古组二段	ZGZED
	桑秀组	ZLSXZ
	卡东组	KDZ
	遮拉组	ZLZ
	林布宗组	LBZZ
	麻木下组	MMXZ
三叠系	涅如组	NRZ
	宗中组	ZZZ
	陆哥拉组	LGLZ
	送热组六岩段	SRZLYD
	送热组五岩段	SYZWYD
	送热组四岩段	SRZSIYD
	送热组三岩段	SRZSYD
	送热组二岩段	SRZEYD
	送热组一岩段	SRZYYD

二叠系	下拉组	EXLZ
	曲德贡岩群	QDGYQ
前震旦系	长石石英岩段	CSSYYD
	大理岩段	DLYD
	石英岩段	SYYD
	下岩组	XYZ
中新世	白岗岩	ZBGY
	细粒二长花岗岩	ZHG
	中粒二长花岗岩	
	斑状二长花岗岩	
	巨斑状二长花岗岩	
	闪长岩	
	中粒二云二长花岗岩	
渐新世	花岗岩	JHGY
	钾长花岗岩	
	碱长花岗岩	
	柳长花岗岩	
	不等粒碱长花岗岩	
始新世	细粒二长花岗岩	SHGY
	斑状二长花岗岩	
	中粒二长花岗岩	
	巨斑状二长花岗岩	
	花岗闪长岩	SSCY
	石英二长闪长岩	
	闪长岩	
	石英闪长岩	
古新世	细粒二长花岗岩	GHGY
	花岗闪长岩	
	花岗岩	
	闪长岩	GSCY
晚白垩世	花岗闪长岩	WBSCY
	石英二长岩	
	石英二长闪长岩	
	二长闪长岩	
	闪长岩	
早白垩世	昂仁蛇绿岩	ZBARSLY
	石英闪长岩	ZBSYSCY
	闪长岩	ZBSCY
	辉长闪长岩	ZBHCSCY
	辉长岩	ZBHCY

晚三叠世	巨斑花岗闪长岩	WSHG
	花岗岩	
岩脉	伟晶岩脉	WJYM
	闪长岩脉	SCYM
	花岗岩脉	HGYM
	细晶岩脉	XJYM
	地质界线	
	不整合地质界线	
	岩层产状	
	正断层	ZDC
	逆断层	NDC
	实测性质不明断层	
	逆冲推覆断层	NCTFDC
	平移断层	PYDC
	推测断层	
	构造片岩	
	靡棱岩	MLY
	壳幔韧性剪切带	JQD
	环形构造	HXGZ
其他	火山口	HSK

根据基础数据、成果数据及相关地学信息三个方面进行了分类划分，共分出 19 大类 108 个图层，其中包括不同的地层年代、岩性分类、构造等类型。

（2）整图变换

利用 MapGis 将矢量化地质图整体扩大 50 倍，也就是将地质坐标转换为高斯坐标系，以便接下来的工作顺利进行。

4.3.2 数据集成

（1）格式转换

利用 ArcView 给图层做缓冲，为使图层能够在 ArcView 中顺利运行，必须将 MapGIS 数据格式向 ArcView 格式转换（即转换成 shape 格式）。

（2）缓冲分析

将缓冲半径设置为 500m、1000m、1500m、2000m、2500m、3000m、3500m、4000m、4500m、5000m 等十个不同的距离标准。

（3）计算权重 c 值

利用 ArcGis 对缓冲图层计算权重，通过相关性计算，分析出最佳距离半径，即可成为最终预测远景图的证据图层。

第 5 章　成矿控制因素与找矿标志的关系研究

成矿作用是地质作用的一部分，各种矿产形成于一定的地质背景。区域矿产资源受控于构造、岩浆活动、地层、岩层、岩相、古地理和地球化学等因素的控制。根据收集来的基础资料，发现了一些金、铜等多金属矿床、矿（化）点，这些矿床、矿（化）点为本次证据权重法成矿预测分析提供了基础矿产地质资料。下面就从地层、岩浆岩及构造等地质因素出发，研究成矿控制因素与找矿标志的关系。

5.1　成矿控制因素研究

5.1.1　地层因素

大约于燕山晚期，源于冈底斯—念青唐古拉岩浆带的深部岩浆，携带大量的铜金等有用元素上升，在构造有利部位停滞或沉淀下来；在燕山晚期-喜马拉雅早期，强烈的构造-岩浆作用引发区域成矿作用，伴随燕山晚期-喜马拉雅早期中酸性花岗岩类岩浆的运移和就位，在侵入体内外接触带附近发育多种围岩蚀变、矿化和成矿作用，这是各种铜金矿化的基本过程。例如在吉如-冲江-达布一线，由 20 余个花岗闪长岩、闪长玢岩等组成的中酸性侵入岩小岩体群附近都发育有矽卡岩化、角岩化、粘土岩化、绢云母/绿泥石化等围岩蚀变，并伴有铜金矿化出现，是冈底斯-念青唐古拉构造岩浆带成近 EW 向发现铜金矿化线索区域。

沿雅鲁藏布江缝合带分布着规模巨大的蛇绿岩带, 自下而上由变质超镁铁岩、超镁铁-镁铁质堆积杂岩、席状岩墙群、基性火山岩组成，是全球少有的完整的蛇绿岩剖面之一。蛇绿岩南侧为断层, 顶部有一侵蚀面, 其上为日喀则群上部的昂仁组，断续分布着晚侏罗世至早白垩世的深海火山硅质岩。蛇绿岩以北为晚白垩世日喀则群, 岩性为砂页岩、泥岩夹灰岩透镜体，为一套复理石沉积岩石发生了强烈的褶皱。该区新生代火山岩十分发育，火山机构、次火山岩侵入岩等在遥感图像上均有反映，是寻找斑岩型铜、金矿床、火山喷发型硫化物铁铜矿床和热液型铜矿产的有利区域。

念青唐古拉山南部地层主要为上白垩统设兴组、塔克那组及第四系。设兴组由一套海陆相交互紫红色泥质粉砂岩、泥岩、杂色砂岩和中酸性火山岩组成，中酸性火山岩的岩性以安山岩、长英质层状凝灰岩为主。这些火山岩与含矿岩体接触，接触带发育程度不同的青盘岩化、粘土化。赋矿岩体岩性比较单一，主要为似斑状二长花岗岩，另外可见石英闪长玢岩、细晶岩脉等。蚀变类型包括钾硅酸盐化、石英绢云母化、青盘岩化、

电气石化、粘土化等。塔克那组岩性为中—厚层状灰岩，其中有生物碎屑灰岩、砂质灰岩、角砾状灰岩等，局部发生重结晶，夹有钙质板岩、粉砂质板岩和泥质粉砂岩等。主要为斑状二长花岗岩，呈岩基产出，另外可见石英闪长玢岩、细晶闪长岩以岩脉形式产出。斑状二长花岗岩新鲜面灰白色，风化面褐黄色、浅灰红色,斑状结构，块状构造。冲江铜矿矿床即分布于设兴组与塔克那组斑状二长花岗岩外接触带中。

5.1.2 岩浆岩因素

研究区岩浆岩十分发育，分布广泛，岩石类型多样，包括超基性-酸性侵入岩，基性-酸性火山岩，区域上位于冈底斯岩浆弧带的东段、雅鲁藏布江缝合带北部、念青唐古拉山南部，剥蚀程度相对强烈区段常见有椭球状岩体出露。侵入岩经历了一个长期演化的过程，侵入时代从早白垩纪至中新世均有，尤其是燕山晚期-喜山期岩浆活动强烈，岩浆岩十分发育，以中酸性岩浆岩为主，岩石类型复杂多样，具有多期性与分带性，并构成多旋回岩浆岩带，主要为黑云母花岗岩、角闪花岗岩、花岗闪长岩等，属新生代中心同岩浆活动的产物，多呈小的岩体、岩株等形式产出，与成矿作用密切相关，特别是该时代所形成的斑岩体（株）蚀变、矿化十分强烈。侵入岩岩石类型以二长花岗岩为主，约占岩石总量的一半以上，次为花岗闪长岩，其它还包括辉长辉绿岩、辉长岩、闪长岩、石英闪长岩、石英二长岩等。

根据研究区地质报告，研究区东部矿化点大多以海陆交互相紫红色泥质粉砂岩、泥岩、杂色砂岩和中酸性火山岩组成。中酸性火山岩的岩性以安山岩、长英质层状凝灰岩为主。这些火山岩与含矿岩体接触，接触带发育程度不同的青盘岩化、粘土化。蚀变类型包括钾硅酸盐化、石英绢云母化、青盘岩化、电气石化、粘土化等。在岩体与围岩接触带附近发现与侵入岩有关的矿（化）点多处，有斑岩型（冲江铜矿点、厅宫铜矿点）、热接触交代型等。综合来看，这些岩体与成矿的关系极为密切，是区内成矿条件最有利的岩体。

5.1.3 构造因素

研究区中大地构造位于冈底斯—念青唐古拉板块（Ⅰ）冈底斯陆缘火山-岩浆弧（Ⅱ）南缘，即雅鲁藏布江缝合带、日喀则弧前蛇绿岩地体北缘，是冈底斯成矿带以及雅鲁藏布江成矿带的重要组成部分，并处在冈底斯东段铜多金属成矿带西部的谢通门-南木林成矿带内。出露地层主要为侏罗-第三系岛弧火山沉积的一套碎屑岩、安山岩、凝灰岩及火山角砾岩等。与俯冲、碰撞作用有关的重熔、同熔型钙碱性岩浆杂岩体具有分布广、

期次多、规模大、时代新的特点。

区内断裂构造十分发育，形成以谢通门-南木林一带韧脆性深大断裂为主干的构造密集区。伴随有不同级别、不同期次、不同方向的次一级断裂构造岩浆活动，其构造岩浆活动不仅使深部物质出现部分熔融，壳幔之间发生大规模的物质交换，造成岩浆活动频繁强烈，呈东西向大规模侵位，更重要的是多金属成矿提供丰富的成矿物质，而且为矿床的定位和富集提供了良好的配矿和容矿空间，形成了构造-流体-成矿物质相耦合的良好配置，构成了优越的成矿地质条件。

研究区内断裂构造对矿产的控制作用比较明显，其中雅鲁藏布江缝合带东西向断裂构造是区内矿产的主要控制构造，控制了自中生代晚期以来主要火山活动和岩浆侵入事件的发生，它们又往往控制着内生矿产的形成和分布，归根结底是构造控制着矿产的分布。这些断裂即体现为控岩、控矿特征，又在多数矿化点上体现为容矿构造,大的断裂构造控制了矿床（点）的分布，而次级断裂则决定了矿体、矿脉的产出特征。尤其是 EW 向断裂与铁、多金属矿产直接有关，有些直接是多金属矿点的容矿构造。

研究区中多个矿点位于东西向及北东向逆冲断层带内及断层附近围岩节理中，这些矿点明显的受多条近平行的断裂及次生裂隙的控制，与沿裂隙溢出的火山岩关系密切。受北东向断裂影响，形成了北东向有当雄-仁布的深大断裂，同时出现了断裂间地质块体的扭动形成压扭性、张性等小断裂，及强烈俯冲、碰撞等挤压形成大小不一的扁菱形的构造体，交织在一起，形成复杂的构造体。矿点明显的受断裂及次级断裂的控制。在雅鲁藏布江缝合带与沿念青唐古拉山南部北东向断裂交汇的仁布地区，其矿体不仅受东西向断裂控制，也受北东向断裂制约，如麦热多热液型铅锌多金属矿点、宗嘎热西铅锌矿化点等在该区密集分布。种种迹象表明，研究区内矿化与断裂的关系极为密切。

褶皱构造对于矿床的形成也具有影响力，主要控制沉积型矿产的分布。区内褶皱构造对于矿产的控制主要表现在褶皱两翼的挠曲部分所引起的裂隙和破碎带，为矿液集中提供了有利部位，如聂当热液型铜、金矿矿点即赋存在近背斜轴部的西翼。

5.2　典型矿产找矿模式

研究区成矿带在多岛弧一盆系演化的阶段，因构造作用、岩浆活动、沉积作用的方式差异，形成不同的矿化类型及其相应的优势矿种。如在弧后扩张阶段，形成保留于蛇绿混杂岩带中的与基性火山活动有关的铜、金矿床；在洋壳的俯冲消减阶段，成矿作用主要与岛弧及弧间盆地中的基性、中酸性火山活动及岩浆侵人活动有关；在弧–弧(陆)

碰撞阶段，成矿作用主要与碰撞和陆内汇聚作用有关，形成与中酸性岩浆侵人活动和多期断裂活动有关的斑岩型、矽卡岩型等铜、多金属及金矿。

5.2.1 研究区找矿模式概述

1、古火山机构找矿有利地区：古火山口、古火山颈附近的含矿火山岩及次火山岩和脉岩、古火山口外围的环状、放射状断裂构造分布区。古火山机构及其周边地区常有石英斑岩、二长花岗斑岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩、闪长玢岩等微小侵入岩体是斑岩型铜多金属矿含矿岩体。

2、花岗岩体接触带找矿有利地区：花岗岩与化学性质活泼的碳酸盐岩类接触带形态弯曲复杂部位。岩体接触带是热液型金、铜多金属矿和矽卡岩型金矿成矿有利地段。

3、雅鲁藏布江缝合带蛇绿岩带：为构造侵位，物质来源地壳深部，与基性、超基性岩有关的铜矿很有找矿远景。

4、构造交汇处找矿有利部位：环形构造与线形构造交汇部位，特别在多期活动和多组线形构造的交汇部位石英脉、破碎岩带蚀变岩发育是热液型金、铜多金属矿和剪切带型金矿成矿有利地段。

5.2.2 研究区金、铜找矿模式

1、铜矿找矿模式

已知矿床、矿化点多，并具有一定规模，尤其是谢通门-拉萨地区矽卡岩成矿与本区斑岩型铜-钼矿及远离岩体的中低温热液型金矿具有相同的岩浆构造控矿条件和深部地球动力学背景，成矿时代相同、空间分布上紧密相连，构成了一个完整的与花岗质侵入岩有关的岩浆热液铜、金成矿系列。其找矿模型如下：

① 分布于深大断裂附近，受岛弧及裂谷带附近出露的中—酸性斑岩体或浅成岩、超浅成岩控制，次级断裂构造控矿作用明显。

② 环形构造发育，多位于环形构造外侧，位于岩体及围岩接触带。

③ 具有典型的蚀变组合：硅化、绢云母化、钾化、高岭土化和绿帘石化等。

④分布有铜多金属化探异常。

2、破碎蚀变岩型（或韧性剪切带型）金矿矿床找矿模式

拉轨冈日花岗岩类热穹隆背斜带是一条重要的金矿成矿线索带。由康马-谢通门的白云母/二云母花岗岩岩层中，及完整的单体岩体构成岩株/岩体链状带，发育有围岩蚀变和热液蚀变现象。在拉孜县北、扎西岗等中小型金矿化点，具备了金矿生成与富集的

良好环境，可作为金矿找矿远景区域之一。该区的成矿控矿条件可概括为：

① 区域构造条件有利，位于雅鲁藏布江缝合带南侧；

② 岩浆条件有利，拉轨冈日花岗岩带及其相伴发育的气热液作用；

③ 具有典型的构造破碎带或韧性剪切带特征。

④岩体都发育有围岩蚀变。

第 6 章　证据权重法成矿分析及预测

6.1　证据权重法的产生与概念

6.1.1　证据权重法的产生

证据权重法的思想来自于医学诊断方面，早在 20 世纪 80 年代,加拿大地质学家 Agterberg 和 Bonham-Carter 对此方法进行了修改和发展,将这种思维应用于矿产预测领域，即把不同地质现象作为“症状”,矿床预测作为“诊断结果”。

6.1.2　证据权重法的概念

证据权重法是加拿大数学地质学家 Agterberg 提出的一种采用地学统计分析模式的方法，通过对一些与矿产资源形成相关的地学信息图层的加权叠加复合来进行矿产远景区的预测及分析。

证据权法是国际地学领域使用GIS技术进行矿产资源预测及评价的一种很受重视的计算方法，是将数据的空间位置关系赋予实实在在内涵并达到评价的目的。它通过直接复合地质信息、地球化学信息，以及遥感信息等进行矿产资源预测。证据权重法是一种利用确定矿产形成的后验概率来圈定研究区有利成矿部位的数学模型。因此,证据权法不只是一种统计方法,更是一种有效划分地质单元的可操作的GIS方法，它的优点是数据驱动，避免权数的主观性，易于编程。证据权重法的评价方法是依靠图层数据驱动，由计算机自动完成。

6.1.3　证据权重法的原理

证据权重法的基本原理是把每一种成矿信息都看作是成矿预测的一个证据因子,每一个证据因子对成矿预测的贡献是由该因子的“权重”来确定的。证据权重法的目的就是要确定这些与已知类型的矿床(点) 相关的证据因子的证据权,并计算出研究区内任意空间位置的成矿概率值,并以可视化图形的方式圈定出成矿远景区。

6.1.4　证据权重法成矿预测的步骤

1、建立研究区矿床(点)和成矿作用有关的证据因子专题数据库

①地质数据库

在编制 1:20 万地质图的基础上，利用 MAPGIS、ARCGIS 等地理信息系统中的图形编辑功能对图形进行整合及校正。在整理图幅内各种地质要素属性数据的基础上，建立

西藏日喀则 1∶20 万地质数据库(包括地层、构造、岩浆岩、侵入岩等数据)。

②矿产（点）数据库

根据前人资料及野外实地考察结果，修编研究区金矿分布图，并利用数字化仪获取各矿床点的空间位置坐标，利用MAPGIS、ARCGIS的属性管理功能输人各矿(床)点的属性数据，利用GPS野外实测地理坐标数据对其进行校正，建立研究区矿(床)点数据库。

2、比例尺和坐标系的统一

对上述各个数据库的建立都转换为I∶20万的比例尺存储在MAPGIS、ARCGIS地图库中，并通过投影变换统一使用高斯坐标系。

3、根据矿点图层划分网格单元

建立好地学数据库后，为了便于下一步研究地质变量观察尺度和范围，需要对研究区图层划分单元格，即网格化。这样做还可以提高预测结果的准确性。划分单元格要遵循以下几点：

1、单元格的形状要与地质单元的形状相类似；

2、单元格的展布方向要与研究区主体构造线的方向一致；

3、单元格的大小应以格内存在3～6个地质信息为准则。

4、证据图层

搜索含矿网格单元，生成含矿网格图层。对于每一个证据因子专题数据库，提取与成矿关系密切的控矿因素，生成新的图层，即证据层。证据层提取依据以下几个方面：

1、成矿有利地层岩性组合发育；

2、控矿构造:如容矿构造、褶皱构造等；

3、深大断裂带（断裂密集带是形成具一定规模矿体必不可少的条件）；

4、中基-中酸性、酸性岩浆岩脉群发育；

5、岩体的外接触带；

6、有利的地球物理异常；

7、有利的地球化学异常；

8、已知矿点、矿床信息。

5、计算先验概率

分别将各证据层图层与含矿网格图层进行叠加，进行先验概率、权重、及相关系数(C)的计算，并且绘制综合异常等值线图。

6、计算后验概率

根据先验概率大小、权重值（C）及相关系数，筛选符合条件的证据层，参与后验概率的计算。

7、远景预测区

根据综合证据权异常图及后验概率值，其值在0-1之间，后验概率值的大小对应着成矿概率的大小。在确定整个预测评价范围内的临界值之后，后验概率大于临界值的地区即为预测的找矿远景区。

6.1.5 证据权重法数据处理流程

（1）利用MapGis对矢量化后的地质图进行图层分离文件，提取与成矿关系密切的证据因子图层；

（2）格式转换：利用MapGis将分离出来的图层进行文件格式转换，即转成shape格式；

（3）以500米为单位，做500米-5000米缓冲区分析；

（4）shape格式转MapGis格式，赋值、赋属性；

（5）提取矿点图层，划分网格单元，生成含矿网格图层；

（6）分别将各证据因子图层与含矿网格图层相叠加，并进行先验概率及权重值(W+，W-)计算；

（7）通过得出先验概率和权重(W+，W-)值，选出合适的证据因子图层，即证据层。证据层即是参与最终后验概率计算的证据因子图层。

（8）按后概计算结果确定各级预测靶区。证据权重法预测评价最终的结果即是生成一张成矿后验概率图，其值在0～1之间，后验概率值的大小对应着成矿概率的大小。在确定整个预测范围的临界值之后，后验概率大于临界值的地区即为预测找矿远景区。根据区内不同地区不同有利成矿单元的后验概率值大小及其分布情况，并结合对地质条件以及矿产资源的成矿控制因素分析，最终将在区内圈定不同级别的成矿远景预测区。

6.2 证据权重模型的建立与应用

6.2.1 区域矿产资源评价模型

矿产资源的评价模型包括反映矿产形成及成矿表现的矿床成矿模型和综合标志找矿模型。矿床模型是对一类相似矿床的有关地质特征、品位、吨位、规模及成因的系统概述(Cox et al.,1986) ，其在矿产资源评价工作中作为评价目标参照对比的对象，一直受到国内外地质学家的高度重视，并成为矿产资源评价中重要基础。基于成矿事件的发生在

其周围环境所产生的地质、地球物理和地球化学等特性差异，建立的综合信息找矿预测方法(王世称等，1989)，已在80年代中期开始在全国范围内广泛展开，并成为当前我国矿产资源勘查和评价的重要手段和组成。

矿床成矿地质模型及综合标志找矿模型，在矿产勘查和评价工作中，勘查或预侧评价准则的正确与否是关键，它们的选取应在矿床成矿研究的基础上获取。其中通过矿床模式的研究来获取这些准则是矿产资源评价的重要途径之一。这方面主要体现在对矿床经验模式和成因模式(概念模式) 的应用(Hodgson,1990)。在整理和建立矿床成矿模型及综合找矿模型的基础上，根据所应用工具GIS的数据要求特点，将模型中可以利用GIS的数字图形功能将其直接表达为可测量或可识别形式的要素，如成矿地质环境、控矿因素、物化遥物找矿标志等，以及通过对矿床成因研究得出的成矿物质来源、成矿流体来源及特性、成矿物理化学环境等微观信息特征，在现有的技术、区域资料程度条件下，可间接转换为GIS 可测量和可识别的表达形式，进行空间数据库模型的建立。本文总结的研究区找矿模型要素如下：

(1) 成矿地质背景:构造背景、成矿建造、成矿地质作用；

(2) 矿床成矿要素:地层(含矿或赋矿地层) ，构造(成矿构造型式、控矿构造类型) ，岩浆岩(类型、岩相、产状、作用方式、岩石组合) ，变质作用(类型、方式、变质相、变质建造) ，沉积作用(方式、沉积相、沉积岩石组合)；

(3) 成矿产物:矿床类型、矿种、矿产组合、规模、赋存部位、矿石品位、类型、矿物组合；

(4) 成矿标志:矿化和蚀变(类型、规模、分带) ，地球物理(重力、航磁等) ，地球化学(原生晕、次生晕、分散流等)；

(5) 控矿岩浆岩（侵入岩）主要以燕山期中酸性侵入岩为主，其它时期中酸性侵入岩次要；

(6) 与矿化有关的地球化学异常主要有Cu、Au。

6.2.2　模型的功能

空间模型数据库需具备一般关系型数据库的基本功能，如：关键字查询、信息检索等。模型中矿床成矿模型内容要素的建立经常是具有一定的学术观点，虽然在建立矿床模型空间数据库过程中，所采用的内容要素大多是相类似的，可由于成矿地质作用的复杂性，对于某一矿床成因的认识经常存在不同看法。因此，为尽可能避免信息丢失，在

建立空间模型数据库时，应尽可能地将与矿床空间有关的基础信息资料收录进来，这就要求所建立的模型库在查询和检索要素时要具有人机交互式选项功能，这有助于发挥专家的知识经验，开阔找矿和评价的思路。另外，模型库还应具有根据数据项组标识矿床模型类型的功能。如某一地区，特别是一个没有已知矿床的地区。根据这一地区某一部位的标志组合，通过模型的识别功能，推断其可能的矿化类型（王全平，2000）。

6.2.3 模型的应用

在GIS 系统中，模型数据库在实际操作中是以点数据结构模式存在的，模型中与资源评价相关的内容或要素是以点文件的属性数据加以体现。因此，就模型而言，其表达形式只是系统图层中的一个点，单纯点的角度是无法表达模型中所包含的各种属性特征。因此，模型在应用时应包括评价区空间数据的准备、模型与数据的联接和评价三个过程。评价区空间数据要求与模型中的要素数据结构和属性相一致，如水系一定距离内的缓冲区所建立的水系流域影响范围的专题图层等。

6.2.4 模型参数选择

本次开展矿产资源评价工作所使用的软件为基于ArcGIS软件平台开发的Arcview 3.x空间数据分析扩展模块ArcView_Spacial_Analyst_1.1、Arc-WofE、Grid Converter等。在开展此项工作之前，首先要对系统进行参数设置，包括“研究区范围”、“训练点（即用于计算证据因子权重值的矿床（点））”及“单元格面积”等。

预测研究区范围为东经88°30′—90°；北纬29°—30°，面积约1.6×10^4㎢。将研究区范围转换成能在Arciew软件中运行的grid格式，面积为16137㎢。单元格面积设置在Arc-WofE的用户指南中已有建议，即：“建议单元格面积=研究区总面积/训练点数/40，一般用户设定时要等于或小于这个建议的单元格面积”（Kemp等，1999）。这主要是要保证一个单元格中最多只出现一个矿床（点）。故研究区每个单元格面积的大小是根据已知矿床（点）的个数决定的。

研究区内各类矿床 6 处，矿点 130 处，矿（化）点 64 处，通过利用 Mapgis 的相关功能及预测矿种需要等因素将不相关矿种和矿床（点）剔除后，仅剩 24 个含 Au 和 Cu 矿化的矿床（点），他们分别是金 2 个、铜 22 个。将 24 个含 Au、Cu 矿化的矿床（点）文件分别转换为能在 ArcView 软件平台中运行的 shape 格式，并将建立的模型单元格面积设置成 0.5 ㎢。

根据区域找矿模型，从研究区空间数据库中将所有的找矿标志提取出来，作为证据

权重模型计算的证据因子。因为 Arc-WofE 需要各证据因子为二值图像，即证据因子存在区属性值为 2，不存在区为 1，证据层存在区的权重值用 W+表示，证据层不存在区的权重值用 W-表示，原始数据缺失时的权重值则为 0。根据这些规定将各证据因子转换成二值图像，即完成模型的参数设置。

6.2.5　金矿证据权重预测评价模型

1、金矿证据因子的选择及定量化

①赋矿地层：

根据研究区找矿模型的分析研究，赋矿地层与成矿关系密切的地层有三叠系宋热岩组、白垩系设兴组。在研究区空间数据库中，将这些图层提取出来进行缓冲区处理与分析，并将经过相关性（如表、图6-1、6-2、6-3、6-4、6-5）计算后选定相关系数最大的图层，参与最终的远景图预测。

表 6-1　三叠系宋热组二岩段（srzeyd）不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	**1**	**5.4115**	**1.0138**	**-0.6909**	**1.0000**	**6.1024**
1000	1	4.8054	1.0075	-0.6890	1.0000	5.4944
1500	1	4.6634	1.0066	-0.6884	1.0000	5.3527
2000	1	4.3316	1.0047	-0.6866	1.0000	5.0182
2500	1	4.2501	1.0043	-0.6860	1.0000	4.9361
3000	1	3.9261	1.0031	-0.6832	1.0000	4.6094
3500	1	3.7169	1.0025	-0.6809	1.0000	4.3978
4000	1	3.6432	1.0024	-0.6800	1.0000	4.3232
4500	1	3.4938	1.0020	-0.6778	1.0000	4.1716
5000	1	3.9844	1.0033	-0.6838	1.0000	4.6682

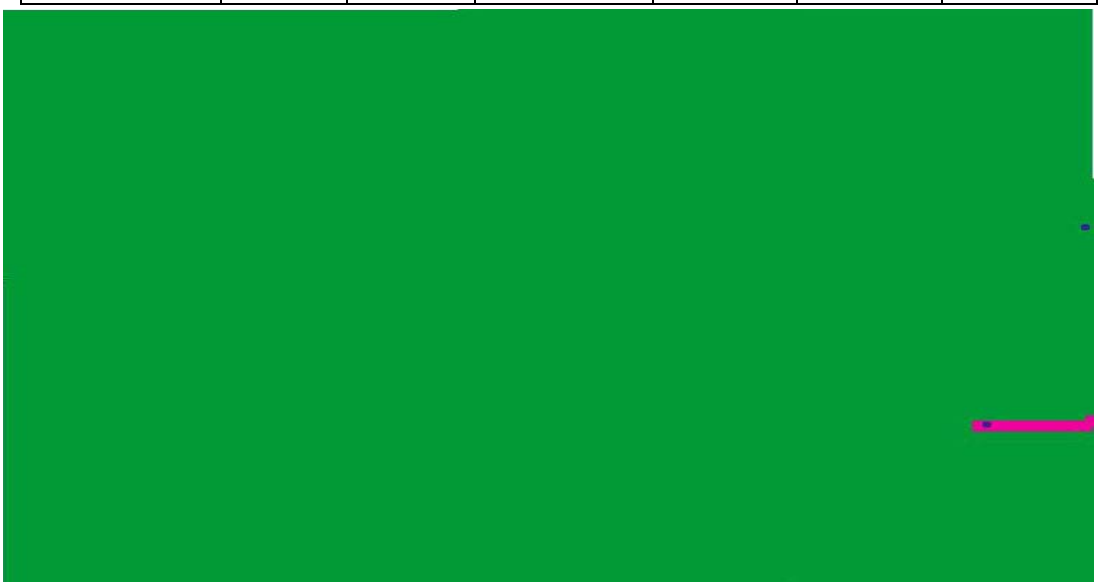


图 6-1　三叠系宋热组二岩段（srzeyd）500 米金矿床（点）缓冲图

表 6-2　三叠系宋热组五岩段（srzwyd）不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	-	-	-	-	-	-
3000	-	-	-	-	-	-
3500	-	-	-	-	-	-
4000	**1**	**2.9220**	**1.0012**	**-0.6659**	**1.0000**	**3.5879**
4500	1	2.8192	1.0010	-0.6629	1.0000	3.4820
5000	1	2.7184	1.0009	-0.6596	1.0000	3.3780



图 6-2　三叠系宋热组五岩段（srzwyd）4000 米金矿床（点）缓冲图

表 6-3　三叠系送热组一岩段（srzyyd）不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	**1**	**5.2815**	**1.0121**	**-0.6906**	**1.0000**	**5.9721**
1000	1	4.8519	1.0079	-0.6892	1.0000	5.5411
1500	1	4.5762	1.0060	-0.6880	1.0000	5.2642
2000	1	4.3507	1.0048	-0.6867	1.0000	5.0373
2500	1	4.1588	1.0040	-0.6853	1.0000	4.8441
3000	1	4.0322	1.0035	-0.6842	1.0000	4.7164
3500	1	3.9136	1.0031	-0.6831	1.0000	4.5967
4000	1	3.7586	1.0027	-0.6814	1.0000	4.4400
4500	1	3.6244	1.0023	-0.6797	1.0000	4.3041
5000	1	3.5061	1.0021	-0.6780	1.0000	4.1841



图 6-3　三叠系送热组一岩段（srzyyd）500 米金矿床（点）缓冲图

表 6-4　三叠系宋热组三岩段（srzsyd）不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	**1**	**3.3531**	**1.0018**	**-0.6755**	**1.0000**	**4.0286**
3000	1	3.2236	1.0016	-0.6730	1.0000	3.8966
3500	1	3.0655	1.0013	-0.6696	1.0000	3.7350
4000	1	2.9572	1.0012	-0.6668	1.0000	3.6240
4500	1	2.8402	1.0011	-0.6635	1.0000	3.5037
5000	1	2.7451	1.0010	-0.6605	1.0000	3.4056

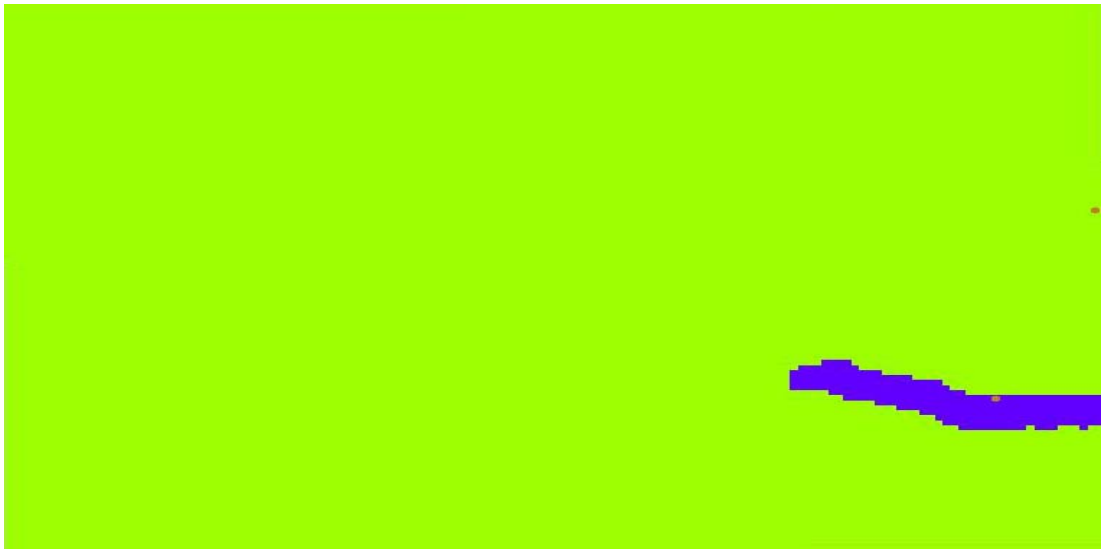


图 6-4　三叠系宋热组三岩段（srzsyd）2500 米金矿床（点）缓冲图

表 6-5　白垩系设兴组（sxz）不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000		-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	**1**	**2.5196**	**1.0018**	**-0.6521**	**1.0000**	**3.1717**
3000	1	2.3750	1.0007	-0.6455	1.0000	3.0205
3500	1	2.2439	1.0006	-0.6387	1.0000	2.8826
4000	1	2.1229	1.0005	-0.6314	1.0000	2.7544
4500	1	2.0085	1.0005	-0.6237	1.0000	2.6322
5000	1	1.9083	1.0004	-0.6161	1.0000	2.5244



图 6-5　白垩系设兴组（sxz）2500 米金矿床（点）缓冲图

②控矿构造

根据区域找矿模型分析研究，研究区内断裂构造十分发育，构造岩浆活动不仅使深部物质出现部分熔融，壳幔之间发生大规模的物质交换，造成岩浆活动频繁强烈，呈东西向大规模侵位，更重要的是多金属成矿提供丰富的成矿物质，而且为矿床的定位和富集提供了良好的配矿和容矿空间。因此，通过研究区地质图空间数据库，利用Mapgis的空间检索功能找出构造线方向为东西向的所有断裂构造，并将其转换为shape格式进行缓冲处理及分析。然后，利用Arc-WofE的缓冲分析功能，设定缓冲半径以0.5km为间隔，进

行计算（如表、图6-6）最后得出相关系数最大值（2.9807），即缓冲半径为2.5km。因此，根据相关性计算分析后选取的缓冲半径为2.5km。

表6-6　正断层（zdc)不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	**1**	**2.3370**	**1.0006**	**-0.6436**	**1.0000**	**2.9807**
3000	1	2.1004	1.0005	-0.6300	1.0000	2.7304
3500	1	1.9108	1.0004	-0.6163	1.0000	2.5271
4000	1	1.7275	1.0003	-0.6001	1.0000	2.3276
4500	1	1.5823	1.0003	-0.5847	1.0000	2.1670
5000	1	1.4365	1.0003	-0.5666	1.0000	2.0031

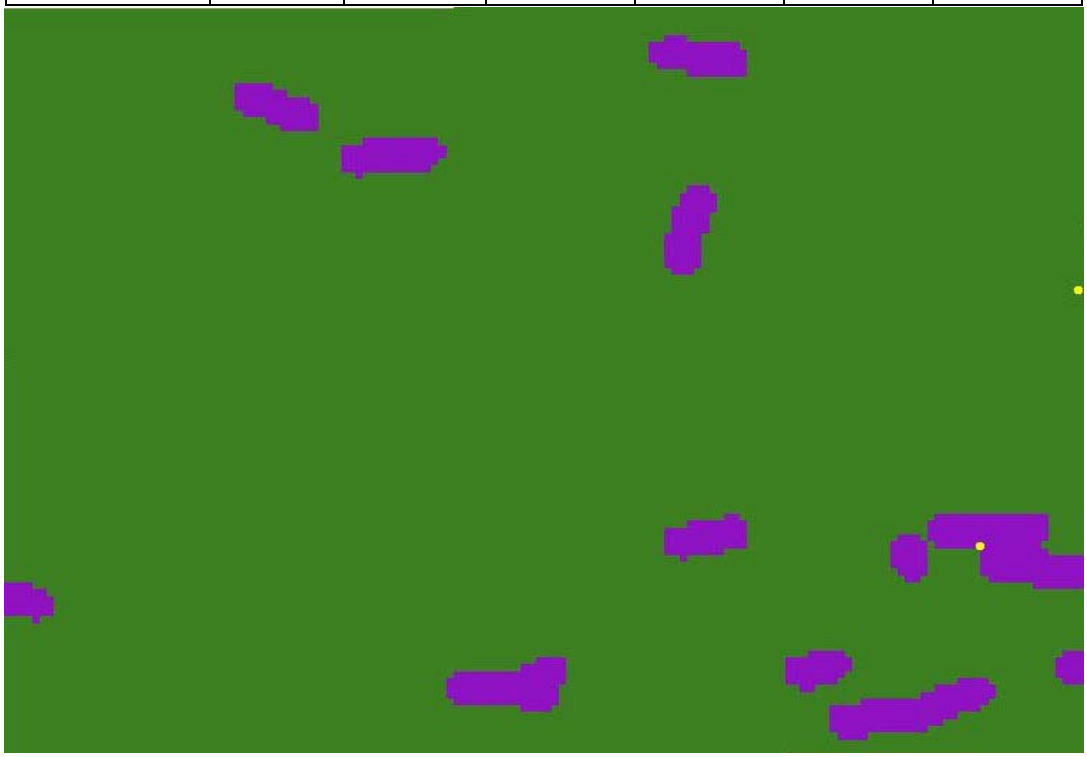


表6-6　正断层（zdc）2500米金矿床（点）缓冲图

3、控矿岩浆岩

依据区域找矿模型，岩浆岩十分发育，岩石类型多样，包括超基性-酸性侵入岩，基性-酸性火山岩，侵入岩经历了一个长期演化的过程，侵入时代从早白垩纪至中新世均有，主要控矿岩浆岩有：燕山晚期-喜山期岩浆岩、早白垩世辉长闪长岩、早白垩世昂仁蛇绿岩等。利用Arc-WofE的缓冲分析功能，分别设定缓冲半径以0.5km为间隔，进行计算（表、图6-7、6-8、6-9、6-10、6-11）最后分别得出相关系数最大值，即选出合适的缓冲半径。

表 6-7　早白垩世辉长闪长岩(zbhcscy)不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	**1**	**2.6098**	**1.0008**	**-0.6557**	**1.0000**	**3.2655**
2500	1	2.4411	1.0007	-0.6480	1.0000	3.0897
3000	1	2.2943	1.0006	-0.6414	1.0000	2.9357
3500	1	2.1524	1.0005	-0.6333	1.0000	2.7856
4000	1	2.0290	1.0005	-0.6252	1.0000	2.6545
4500	1	1.9151	1.0004	-0.6166	1.0000	2.5317
5000	1	1.8074	1.0004	-0.6075	1.0000	2.4149

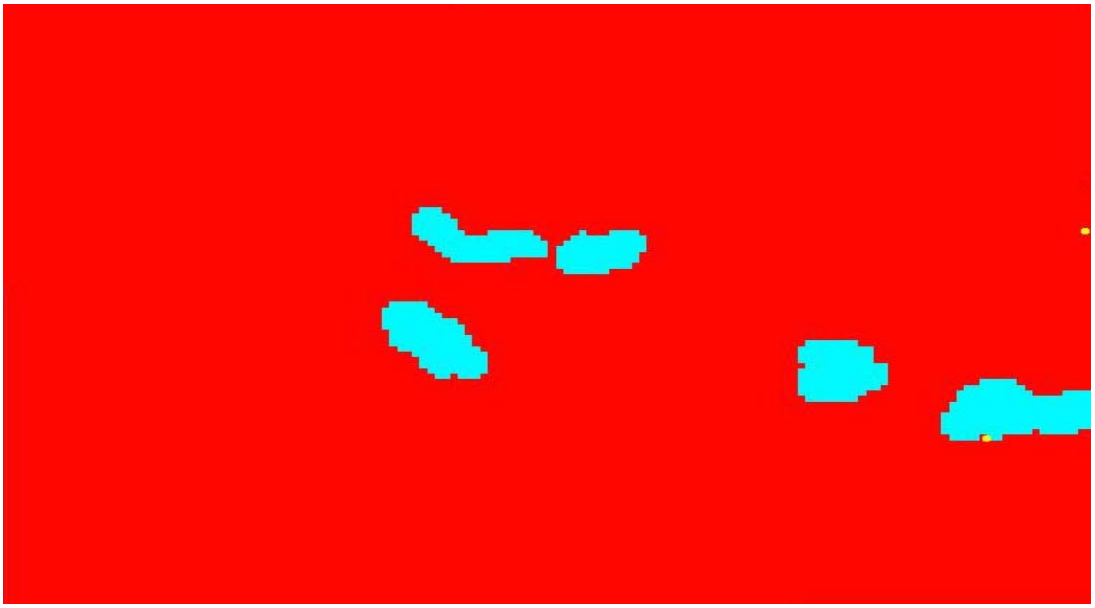


图6-7　早白垩世辉长闪长岩(zbhcscy) 2000米金矿床（点）缓冲图

表6-8　早白垩世昂仁蛇绿岩 (zbarsly)不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	**1**	**2.0636**	**1.0005**	**0.6275**	**1.0000**	**2.6911**
2000	1	1.9209	1.0004	-0.6171	1.0000	2.5380
2500	1	1.8119	1.0004	-0.6079	1.0000	2.4199
3000	1	1.7013	1.0003	-0.5975	1.0000	2.2988
3500	1	1.6086	1.0003	-0.5877	1.0000	2.1963
4000	1	1.5197	1.0003	-0.5773	1.0000	2.0970
4500	1	1.4412	1.0003	-0.5672	1.0000	2.0085
5000	1	1.3626	1.0002	-0.5562	1.0000	1.9188

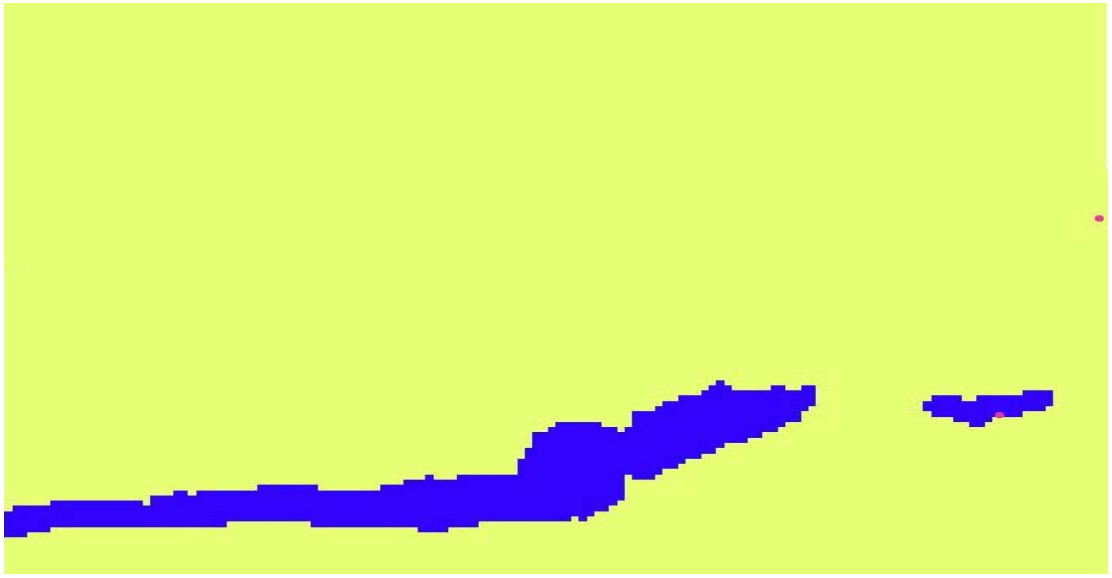


图6-8　早白垩世昂仁蛇绿岩（zbarsly）1500米金矿床（点）缓冲图

表 6-9　晚白垩世闪长岩(wbscy)不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	**1**	**0.9266**	**1.0002**	**-0.4726**	**1.0000**	**1.3992**
2500	1	0.8251	1.0001	-0.4459	1.0000	1.2710
3000	1	0.7444	1.0001	-0.4220	1.0000	1.1664
3500	1	0.6995	1.0001	-0.4076	1.0000	1.1071
4000	1	0.6082	1.0001	-0.3755	1.0000	0.9836
4500	1	0.5472	1.0001	-0.3517	1.0000	0.8989
5000	1	0.4938	1.0001	-0.3291	1.0000	0.8228

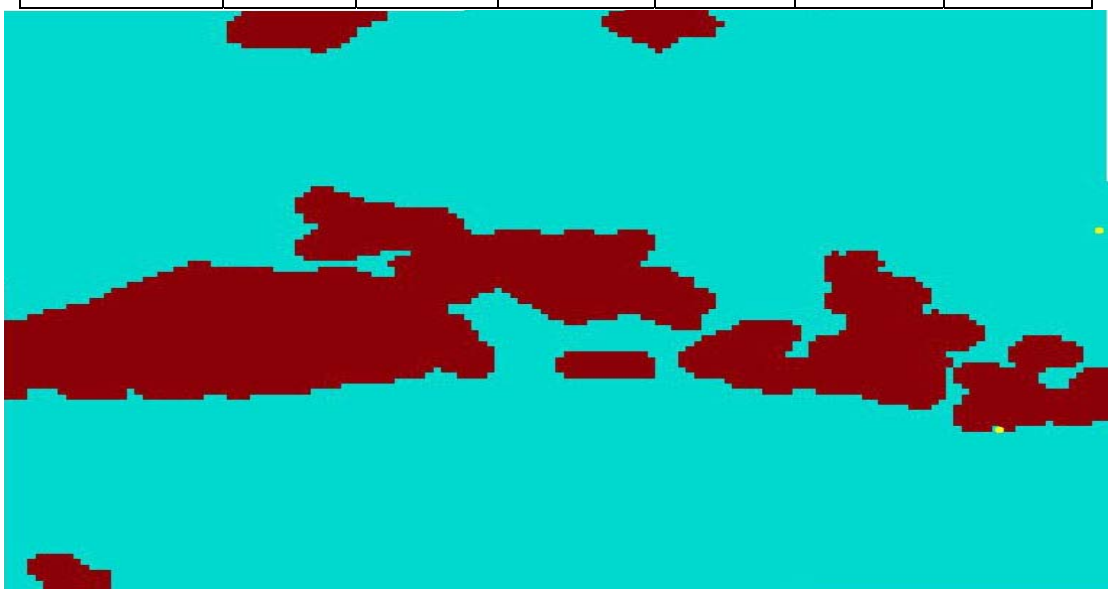


图6-9　晚白垩世闪长岩(wbscy) 2000米金矿床（点）缓冲图

表 6-10　二长闪长岩（sscy）不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	1	2.2510	1.0006	-0.6391	1.0000	2.8900
1000	**1**	**2.2510**	**1.0006**	**-0.6391**	**1.0000**	**2.8900**
1500	1	2.0319	1.0005	-0.6254	1.0000	2.6572
2000	1	1.7331	1.0004	-0.6006	1.0000	2.3337
2500	1	1.6167	1.0003	-0.5886	1.0000	2.2052
3000	1	1.5073	1.0003	-0.5758	1.0000	2.0831
3500	1	1.4181	1.0003	-0.5641	1.0000	1.9822
4000	1	1.3302	1.0002	-0.5513	1.0000	1.8816
4500	1	1.2557	1.0002	-0.5395	1.0000	1.7952
5000	1	1.1810	1.0002	-0.5265	1.0000	1.7076



图 6-10　二长闪长岩（sscy）1000 米金矿床（点）缓冲图

表6-11　二长花岗岩(echgy)不同缓冲半径与金矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	**1**	**1.4678**	**1.0003**	**-0.5707**	**1.0000**	**2.0385**
1000	1	1.3373	1.0002	-0.5524	1.0000	1.8897
1500	1	1.2278	1.0002	-0.5348	1.0000	1.7625
2000	1	1.1233	1.0002	-0.5157	1.0000	1.6390
2500	1	1.0388	1.0002	-0.4984	1.0000	1.5372
3000	1	0.9517	1.0002	-0.4787	1.0000	1.4304
3500	1	0.8662	1.0001	-0.4571	1.0000	1.3232
4000	1	0.7967	1.0001	-0.4377	1.0000	1.2344
4500	1	0.7322	1.0001	-0.4128	1.0000	1.1504
5000	1	0.6753	1.0001	-0.3995	1.0000	1.0748



图6-11　二长花岗岩(echgy) 500米金矿床（点）缓冲图

2、证据因子条件独立性检验

利用Arc-WofE条件独立性检验功能，对上述所有证据因子矿床（点）是否条件独立进行检验，结果有多个证据因子之间不存在条件独立，通过多次对各证据因子条件独立性检验，剔除或合并条件独立的证据因子，最后选取如下10个证据因子建立金矿证据权重模型，它们之间关于10个已知矿床（点）都是条件独立的，并通过基于χ^2的条件独立性检验（表6-12）。

概率值<0.05表示对应的证据因子之间不存在条件独立。

表6-12　金矿证据因子条件独立性检验结果表

prb-1.dbf

ETheme	Zbhcscy2000	Zbarsly1500	Wbscy2000	Sxz2500	Ssrzsyd2500	Sscy1000	Srzyyd500	Srzwyd4000	Srzeyd500	Shgx500
Zdc2500	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Zbhcscy2000		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Zbarsly1500			0.4036	0.7066	1.0000	0.4858	1.0000	1.0000	1.0000	0.6207
Wbscy2000				0.5675	1.0000	0.7575	1.0000	1.0000	1.0000	0.1827
Sxz2500					1.0000	0.6333	1.0000	1.0000	1.0000	0.8534
Ssrzsyd2500						1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Sscy1000							1.0000	1.0000	1.0000	0.1021
Srzyyd500								1.0000	1.0000	1.0000
Srzwyd4000									1.0000	1.0000
Srzeyd500										1.0000
Values < .05 indicate some cor										

3、正负权重值和后验概率计算

①证据因子正负权重值计算

将通过条件独立性检验后选出的证据因子，利用ArcView的扩展分析功能，进行正负权重值计算，计算结果（如表6-12）即是经过先验概率、条件独立性检验等环节后得出的准确数值。

表6-13　金矿床（点）各证据因子正负权重表

证据层	W+	W-	Contrast	stud(C)
SHGY	2.2510	-0.6391	2.8900	1.4412
syzeyd	5.4115	-0.6909	6.1024	4.2853
srzwyd	2.9220	-0.6659	3.5879	2.5355
srzyyd	5.2815	-0.6906	5.9721	1.1973
sscy	2.2510	-0.6391	2.8900	2.0429
srzsyd	3.3531	-0.6755	4.0286	2.8461
sxz	2.5196	-0.6521	3.1717	2.2418
wbscy	0.9266	-0.4726	1.3992	0.9893
zbarsly	2.0636	-0.6275	2.6911	1.9024
zbhcscy	2.6098	-0.6557	3.2655	2.3081
zdc	2.3370	-0.6436	2.9807	2.1069

②后验概率计算

后验概率计算是证据权重法中最后也是最重要的一个步骤，其预测的最终结果是生成一张后验概率图，后验概率值的大小对应着成矿概率的大小，最终结果值在 0～1 之间，后验概率值越接近于 1 的，成矿概率越大，那么此地区也就越具有赋矿潜力。

6.2.5　斑岩型铜矿证据权重预测评价模型

1、铜矿证据因子的选择及定量化

①赋矿地层

根据研究区找矿模型的分析研究，赋矿地层与成矿关系密切的地层有白垩系比马组、白垩系楚木龙组、第三系典中组、古新世、第三系噶扎村组、侏罗系卡东组、第三系柳区群、侏罗系麻木下组、第三系日贡拉组、三叠系宋热组、白垩系塔克那组、第三系宗当村组等。在研究区空间数据库的中，将这些图层提取出来进行缓冲区处理与分析，并将经过相关性（如表、图6-14、6-15、6-16、6-17、6-18、6-19、6-20、6-21、6-22、6-23、6-24、6-25、6-26、6-27、6-28、6-29）计算后选定相关系数最大的图层，参与最终的远景图预测。

表6-14　白垩系比马组(bmz)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	1	0.8847	1.0013	-0.0360	0.2501	0.9207
1000	**2**	**1.2908**	**0.7085**	**-0.0923**	**0.2583**	**1.3830**
1500	2	0.9714	0.7081	-0.0796	0.2583	1.0510
2000	2	0.7575	0.7079	-0.0684	0.2583	0.8260
2500	2	0.5380	0.7077	-0.0540	0.2583	0.5920
3000	2	0.3880	0.7077	-0.0420	0.2583	0.4300
3500	2	0.2247	0.7076	-0.0265	0.2583	0.2511
4000	2	0.1040	0.7075	-0.0131	0.2583	0.1171
4500	3	0.3935	0.5778	-0.0674	0.2674	0.4608
5000	3	0.2975	0.5778	-0.0537	0.2674	0.3512



图 6-14　白垩系比马组(bmz)1000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-15　白垩系楚木龙组（clz）不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	1	1.4373	1.0022	-0.0466	0.2501	1.4838
1000	1	0.9784	1.0014	-0.0383	0.2501	1.0167
1500	4	2.0638	0.5021	-0.2379	0.2775	2.3017
2000	4	1.7908	0.5016	-0.2282	0.2775	2.0190
2500	**6**	**1.9923**	**0.4098**	**-0.3860**	**0.3016**	**2.3782**
3000	6	1.7897	0.4095	-0.3746	0.3016	2.1643
3500	6	1.6330	0.4094	-0.3639	0.3016	1.9969
4000	6	1.4843	0.4092	-0.3519	0.3016	1.8362
4500	6	1.3603	0.4091	-0.3404	0.3016	1.7007
5000	6	1.2336	0.4090	-0.3268	0.3016	1.5604



图 6-15　白垩系楚木龙组（clz）1000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-16　第三系典中组(dzz)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	4	1.0757	0.5008	-0.1846	0.2775	1.2603
1000	4	0.8631	0.5006	-0.1637	0.2775	1.0269
1500	**6**	**1.0939**	**0.4089**	**-0.3095**	**0.3016**	**1.4035**
2000	6	0.9576	0.4088	-0.2898	0.3016	1.2473
2500	6	0.8384	0.4087	-0.2697	0.3016	1.1081
3000	6	0.7382	0.4087	-0.2506	0.3016	0.9888
3500	7	0.7956	0.3784	-0.3250	0.3163	1.1206
4000	7	0.7956	0.3784	-0.3250	0.3163	1.1206
4500	8	0.7691	0.3540	-0.3900	0.3335	1.1591
5000	8	0.6948	0.3539	-0.3682	0.3335	1.0630



图 6-16　第三系典中组(dzz) 1500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-17　古新世(ghgy)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	2	0.1075	0.7075	-0.0135	0.2583	0.1210
2500	3	0.4161	0.5778	-0.0704	0.2674	0.4866
3000	4	0.6180	0.5005	-0.1326	0.2775	0.7506
4000	4	0.4539	0.5004	-0.1064	0.2775	0.5603
4500	**6**	**0.7826**	**0.4087**	**-0.2593**	**0.3016**	**1.0420**
5000	6	0.7124	0.4087	-0.2452	0.3016	0.9576



图 6-17　古新世(ghgy) 4500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-18　第三系噶扎村组（gzcz）不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	17	-0.0304	0.2501	0.6817	1.0010	-0.7121
1000	3	1.3995	0.5786	-0.1496	0.2674	1.5491
1500	4	1.5563	0.5013	-0.2174	0.2775	1.7737
2000	4	1.4417	0.5011	-0.2110	0.2775	1.6527
2500	**5**	**1.5520**	**0.4483**	**-0.2840**	**0.2888**	**1.8360**
3000	5	1.4588	0.4482	-0.2775	0.2888	1.7363
3500	5	1.3570	0.4481	-0.2696	0.2888	1.6266
4000	5	1.2789	0.4481	-0.2629	0.2888	1.5418
4500	5	1.1876	0.4480	-0.2543	0.2888	1.4420
5000	6	1.2952	0.4090	-0.3337	0.3016	1.6289



图 6-18　第三系噶扎村组（gzcz）2500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-19　侏罗系卡东组(kdz)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	**1**	**0.8594**	**1.0012**	**-0.0354**	**0.2501**	**0.8948**
3000	1	0.7243	1.0011	-0.0317	0.2501	0.7560
3500	1	0.5938	1.0010	-0.0276	0.2501	0.6214
4000	1	0.4766	1.0008	-0.0234	0.2501	0.5001
4500	1	0.3903	1.0008	-0.0200	0.2501	0.4103
5000	1	0.2895	1.0007	-0.0156	0.2501	0.3051



图 6-19　侏罗系卡东组(kdz) 2500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-20　三叠系陆哥拉组(lglz)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	1	1.2699	1.0019	-0.0440	0.2501	1.3138
2000	1	1.0788	1.0016	-0.0404	0.2501	1.1192
2500	1	0.9756	1.0014	-0.0382	0.2501	1.0138
3000	1	0.8323	1.0012	-0.0347	0.2501	0.8670
3500	**2**	**1.4002**	**0.7086**	**-0.0957**	**0.2583**	**1.4959**
4000	2	1.2869	0.7085	-0.0921	0.2583	1.3791
4500	2	1.1835	0.7083	-0.0885	0.2583	1.2720
5000	2	1.0835	0.7082	-0.0845	0.2583	1.1680

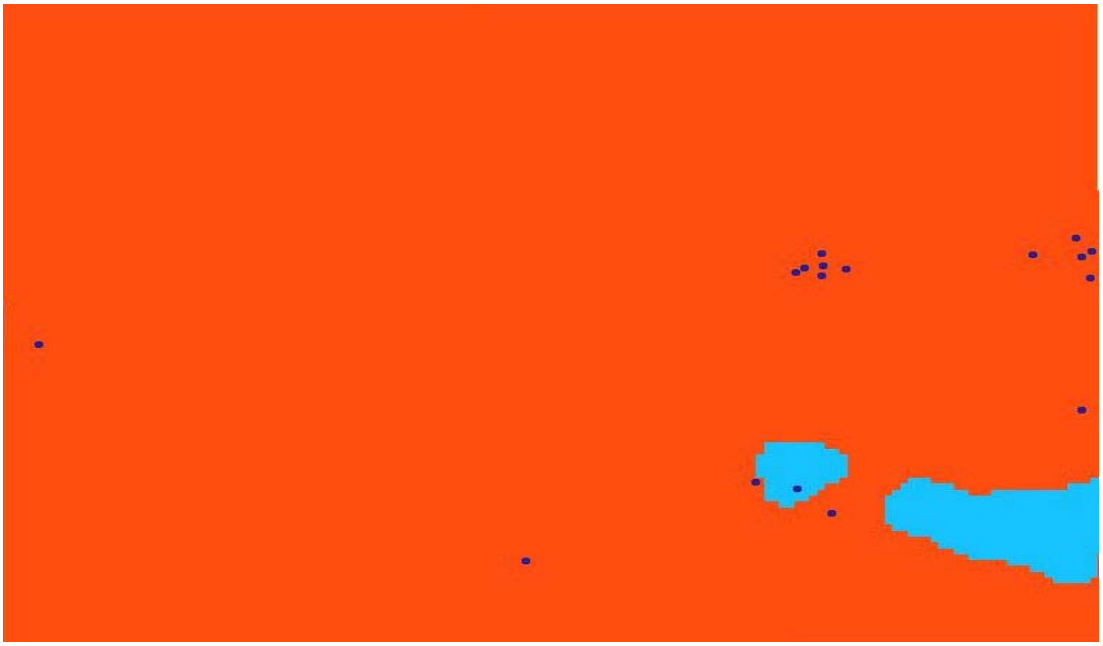


图 6-20　三叠系陆哥拉组(lglz) 3500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-21　第三系柳区群 (lqq)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000		-	-	-	-	-
1500	1	3.4522	1.0165	-0.0588	0.2501	3.5109
2000	1	3.1398	1.0121	-0.0581	0.2501	3.1979
2500	1	3.1398	1.0121	-0.0581	0.2501	3.1979
3000	2	3.2698	0.7169	-0.1207	0.2583	3.3905
3500	3	3.3670	0.5861	-0.1881	0.2674	3.5551
4000	3	3.2070	0.5848	-0.1870	0.2674	3.3940
4500	4	3.2698	0.5069	-0.2593	0.2775	3.5291
5000	**5**	**3.3508**	**0.4539**	**-0.3379**	**0.2888**	**3.6888**



图 6-21　第三系柳区群（Iqq）5000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-22　侏罗系麻木下组(mmxz)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	1	3.5218	1.0177	-0.0589	0.2501	3.5807
1000	1	2.9215	1.0098	-0.0575	0.2501	2.9790
1500	1	2.5767	1.0069	-0.0561	0.2501	2.6328
2000	1	2.1529	1.0045	-0.0538	0.2501	2.2066
2500	2	2.6120	0.7122	-0.1165	0.2583	2.7285
3000	3	2.7425	0.5821	-0.1827	0.2674	2.9252
3500	3	2.5675	0.5813	-0.1805	0.2674	2.7480
4000	**5**	**2.8945**	**0.4515**	**-0.3319**	**0.2888**	**3.2264**
4500	5	2.7458	0.4509	-0.3292	0.2888	3.0750
5000	5	2.5963	0.4504	-0.3261	0.2888	2.9225



图 6-22　侏罗系麻木下组(mmxz) 4000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-23　年波组(nbg)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	1	0.2450	1.0004	-0.0175	0.2501	0.2625
1000	1	0.3699	1.0004	-0.0284	0.2501	0.3983
1500	1	0.6248	1.0003	-0.0558	0.2501	0.6806
2000	2	0.1343	0.7075	-0.0166	0.2583	0.1510
2500	2	0.1601	0.7074	-0.0234	0.2583	0.1835
3000	2	0.0693	0.7075	-0.0096	0.2583	0.0789
3500	3	1.5601	0.5788	-0.1564	0.2674	1.7164
4000	4	1.7658	0.5015	-0.2720	0.2775	1.9929
4500	**5**	**1.8947**	**0.4488**	**-0.3031**	**0.2888**	**2.1978**
5000	6	0.5572	0.4086	-0.2095	0.3016	0.7666

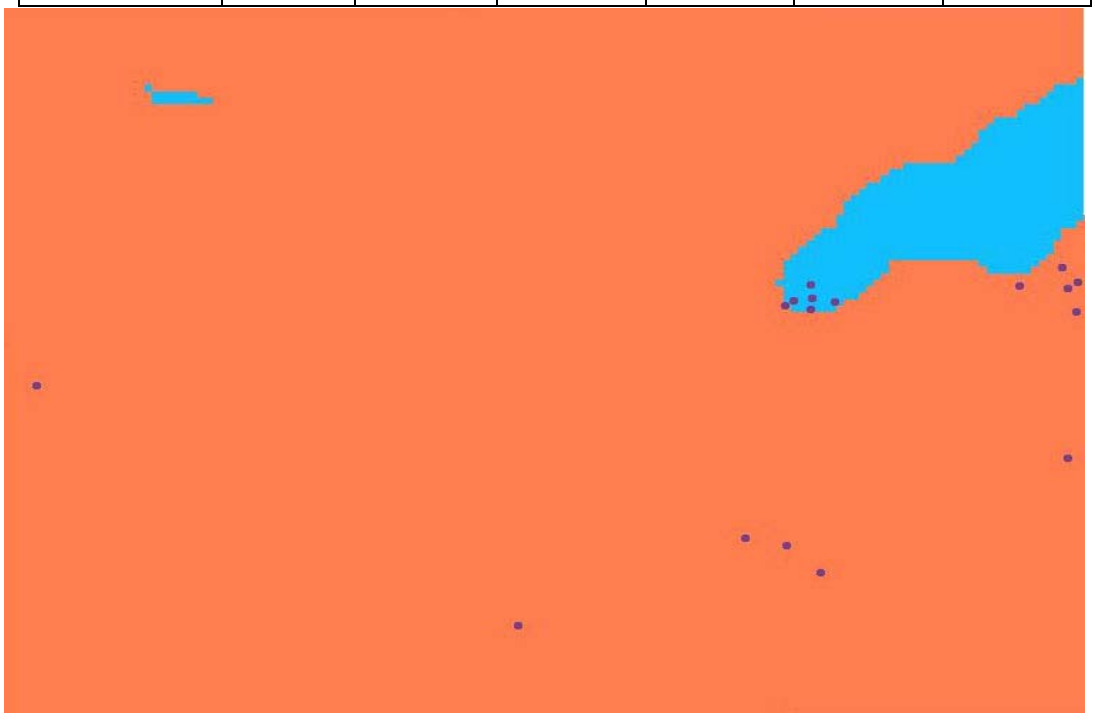


图 6-23　年波组(nbg) 4500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-24　第三系日贡拉组（rglz）不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	2	2.3480	0.7110	-0.1139	0.2583	2.4619
1000	4	2.3828	0.5038	-0.2520	0.2775	2.9349
1500	**5**	**2.6517**	**0.4505**	**-0.3273**	**0.2888**	**2.9790**
2000	5	2.4131	0.4498	-0.3216	0.2888	2.7347
2500	5	2.2542	0.4495	-0.3170	0.2888	2.5712
3000	6	202718	0.4103	-0.3982	0.3016	2.6700
3500	6	2.1393	0.4101	0.3929	0.3016	2.5322
4000	6	2.0184	0.4099	-0.3873	0.3016	2.4057
4500	6	1.9105	0.4097	-0.3817	0.3016	2.2922
5000	6	1.8078	0.4096	-0.3757	0.3016	2.1835



图 6-24　第三系日贡拉组（rglz）1500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-25　三叠系宋热组六岩段(srzlyd)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	-	-	-	-	-	-
3000	-	-	-	-	-	-
3500	-	-	-	-	-	-
4000	1	0.6394	1.0010	-0.0291	0.2501	0.6685
4500	1	0.5423	1.0009	-0.0258	0.2501	0.5681
5000	**2**	**1.1370**	**0.7083**	**-0.0867**	**0.2583**	**1.2237**

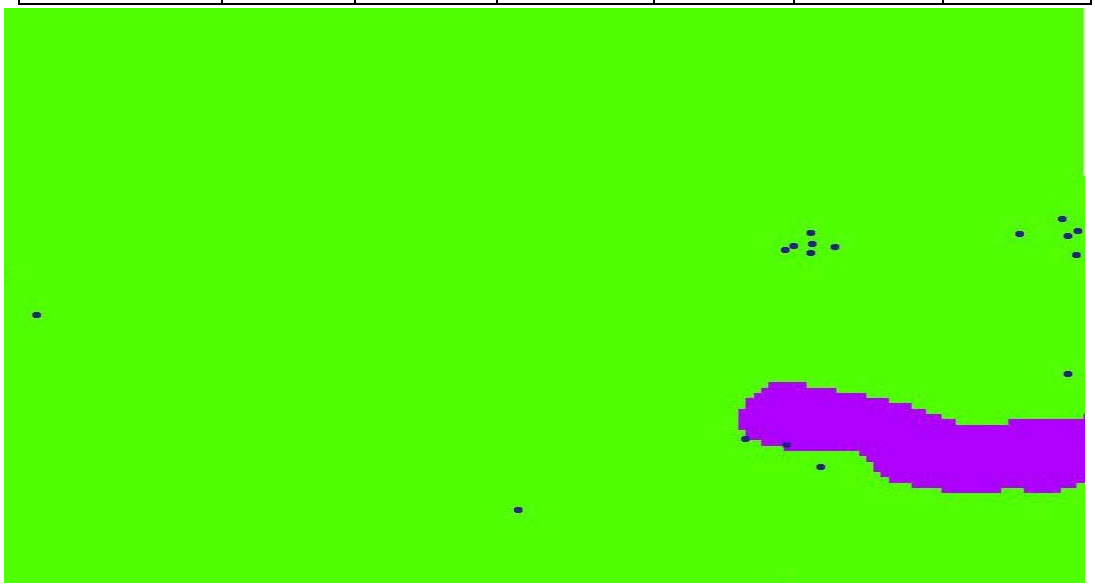


图 6-25　三叠系宋热组六岩段(srzlyd) 5000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-26　白垩系塔克那组（tkn）不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	2	2.4909	0.7116	-0.1154	0.2583	2.6063
1000	3	2.5321	0.5812	-0.1800	0.2674	2.7122
1500	4	2.4941	0.5032	-0.2486	0.2775	2.7428
2000	**6**	**2.6783**	**0.4114**	**-0.4108**	**0.3016**	**3.0897**
2500	6	2.4514	0.4107	-0.4044	0.3016	2.8558
3000	6	2.2776	0.4103	-0.3985	0.3016	2.6761
3500	6	2.1017	0.4100	-0.3912	0.3016	2.4929
4000	6	1.9624	0.4098	-0.3845	0.3016	2.3469
4500	6	1.8182	0.4096	-0.3763	0.3016	2.1945
5000	6	1.6942	0.4094	-0.3683	0.3016	2.0624



图 6-26　白垩系塔克那组（tkn）2000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-27　第三系宗当村组（zdcz)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	0	-	-	-	-	-
1000	0	-	-	-	-	-
1500	2	2.2049	0.7105	-0.1121	0.2583	2.3170
2000	2	2.0059	0.7099	-0.1092	0.2583	2.1151
2500	2	1.8074	0.7094	-0.1057	0.2583	1.9131
3000	2	1.6583	0.7091	-0.1025	0.2583	1.7608
3500	3	1.9316	0.5794	-0.1683	0.2674	2.0999
4000	**5**	**2.3323**	**0.4496**	**-0.3193**	**0.2888**	**2.6516**
4500	5	2.2193	0.4494	-0.3158	0.2888	2.5351
5000	5	2.0237	0.4492	-0.3087	0.2888	2.3323

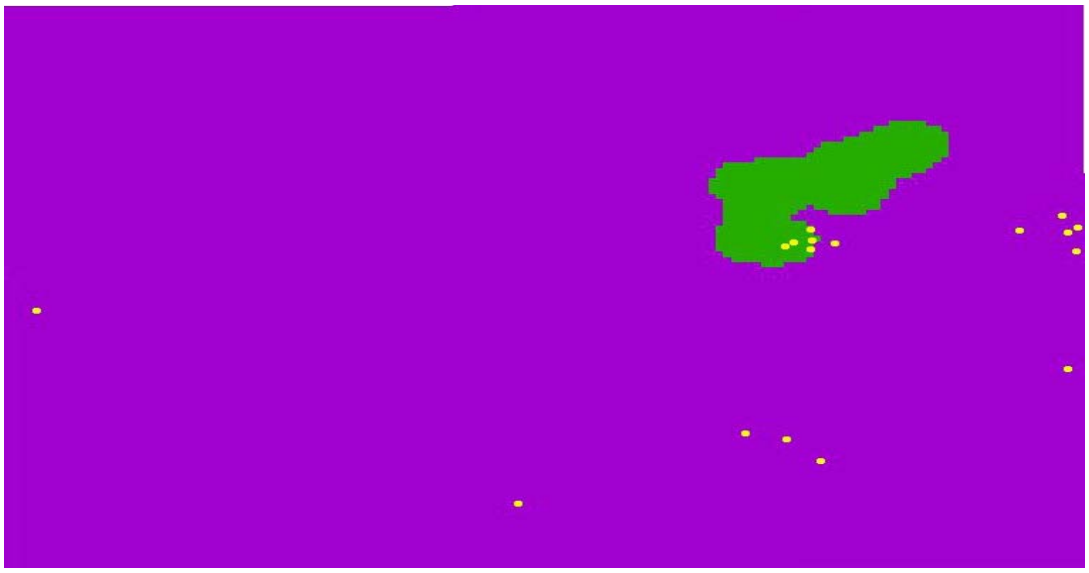


图 6-27　第三系宗当村组（zdcz)4000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-28　侏罗系哲古组二段（zgzed)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	-	-	-	-	-	-
3000	-	-	-	-	-	-
3500	2	1.5557	0.7089	-0.1000	0.2583	1.6557
4000	2	1.4225	0.7087	-0.0964	0.2583	1.5189
4500	2	1.3167	0.7085	-0.0931	0.2583	1.4098
5000	**3**	**1.6018**	**0.5789**	**-0.1579**	**0.2674**	**1.7597**

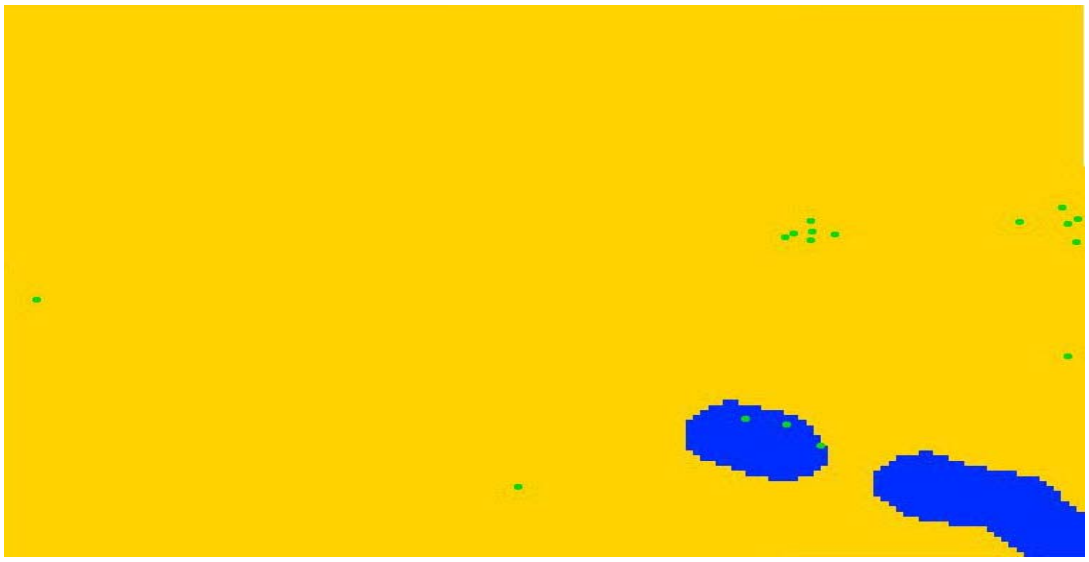


图 6-28　侏罗系哲古组二段（zgzed）5000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-29　侏罗系哲古组一段（zgzyd）不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	**1**	**2.3323**	**1.0054**	**-0.0549**	**0.2501**	**2.3872**
1000	1	1.9488	1.0037	-0.0522	0.2501	2.0010
1500	1	1.6893	1.0029	-0.0497	0.2501	1.7390
2000	1	1.4788	1.0023	-0.0471	0.2501	1.5259
2500	2	1.9981	0.7099	-0.1091	0.2583	2.1072
3000	2	1.8269	0.7094	-0.1061	0.2583	1.9329
3500	2	1.6864	0.7091	-0.1031	0.2583	1.7895
4000	2	1.5458	0.7089	-0.0998	0.2583	1.6455
4500	2	1.4379	0.7087	-0.0968	0.2583	1.5348
5000	2	1.3187	0.7085	-0.0932	0.2583	1.4119

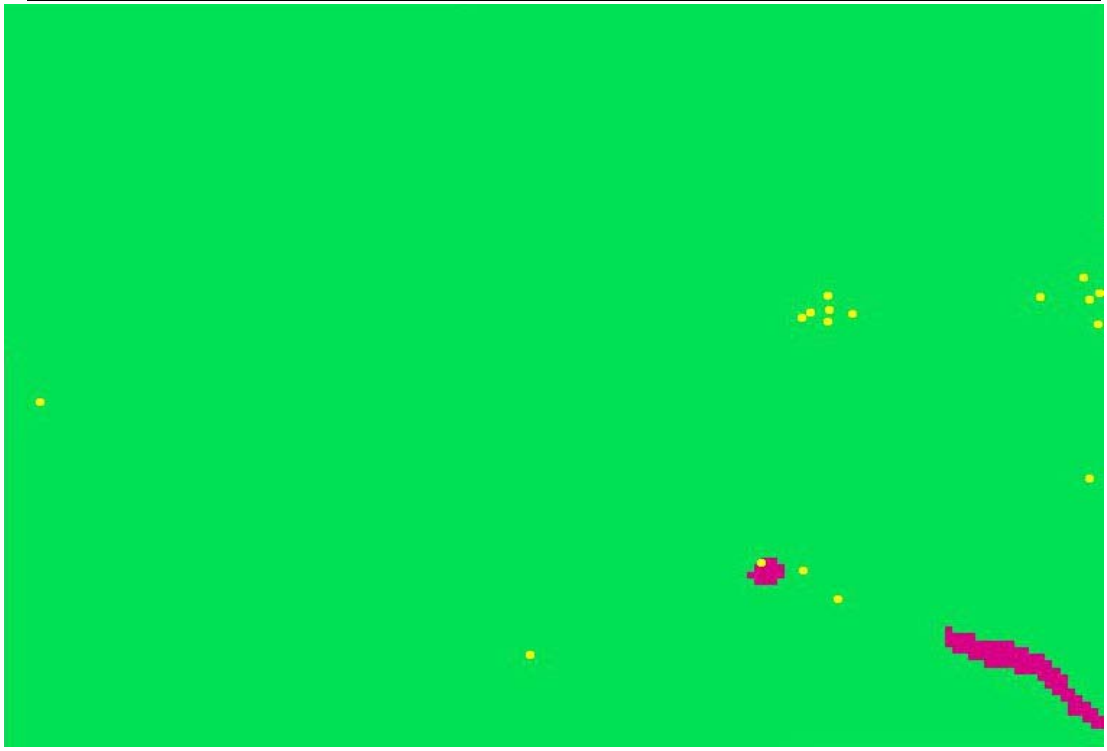


图 6-29　侏罗系哲古组一段（zgzyd）500 米铜矿床（点）缓冲图

②控矿构造

根据区域找矿模型，研究区内主要控矿是NE、NW向断裂的正断层和逆断层构造。因此，通过研究区地质图空间数据库，利用Mapgis的空间检索功能找出构造线方向为东西向的所有断裂构造，并将其转换为shape格式进行缓冲处理及分析。然后，利用Arc-WofE的缓冲分析功能，设定缓冲半径以0.5km为间隔，分别进行计算（表6-30、6-31）最后得出正断层相关系数最大值（-0.2465），即缓冲半径为3.5km；逆断层相关系数最大值（1.2209），即缓冲半径为3.5km。因此，根据相关性计算分析后选取正断层和逆断层的缓冲半径均为3.5km。

表 6-30　正断层（zdc)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	0	-	-	-	-	-
1000	0	-	-	-	-	-
1500	0	-	-	-	-	-
2000	0	-	-	-	-	-
2500	0	-	-	-	-	-
3000	0	-	-	-	-	-
3500	**1**	**-0.2302**	**1.0004**	**0.0163**	**0.2501**	**-0.2465**
4000	1	-0.4135	1.0003	0.0325	0.2501	-0.4460
4500	1	-0.5587	1.0003	0.0479	0.2501	-0.6066
5000	1	-0.7045	1.0003	0.0661	0.2501	-0.7705

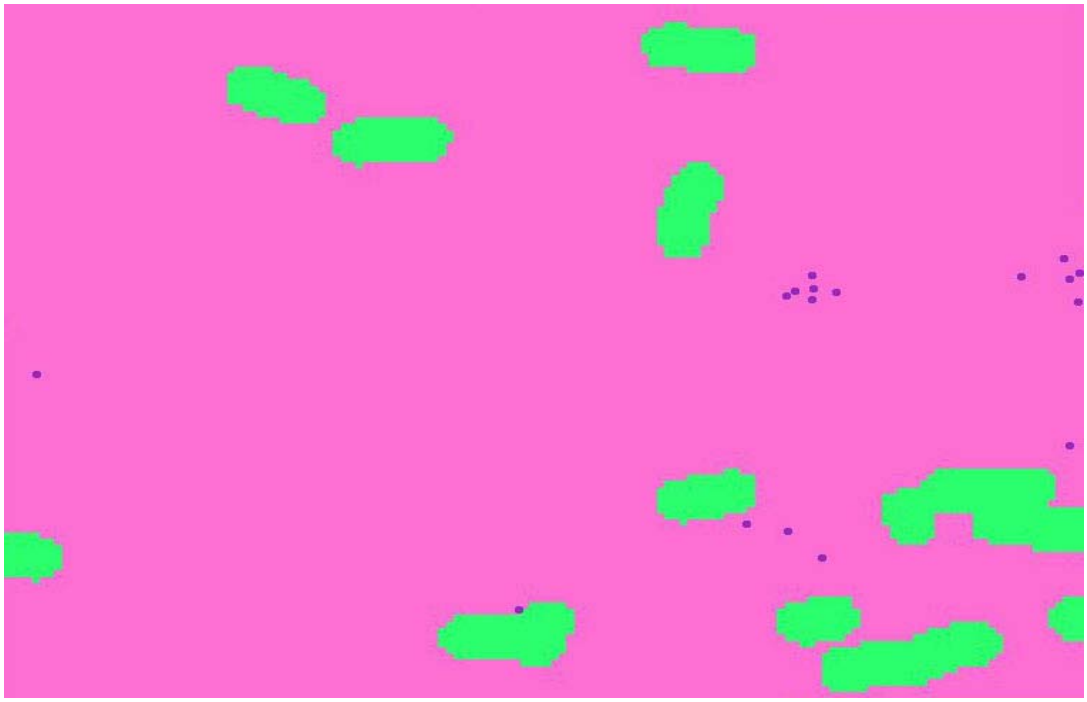


图 6-30　正断层（zdc）3500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-31　逆断层（ndc)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	2	0.3989	0.7077	-0.0429	0.2583	0.4419
1000	5	0.5839	0.4476	-0.1691	0.2888	0.7530
1500	8	0.6592	0.3539	-0.3570	0.3335	1.0163
2000	10	0.6432	0.3165	-0.5174	0.3781	1.1606
2500	11	0.5493	0.3018	-0.5705	0.4084	1.1144
3000	12	0.4879	0.2889	-0.6558	0.4473	1.1436
3500	**13**	**0.4662**	**0.2776**	**-0.7747**	**0.5001**	**1.2209**
4000	13	0.3321	0.27776	-0.6514	0.5001	0.9835
4500	13	0.2602	0.2775	-0.5565	0.5002	0.8167
5000	14	0.2580	0.2674	-0.7232	0.5775	0.9812

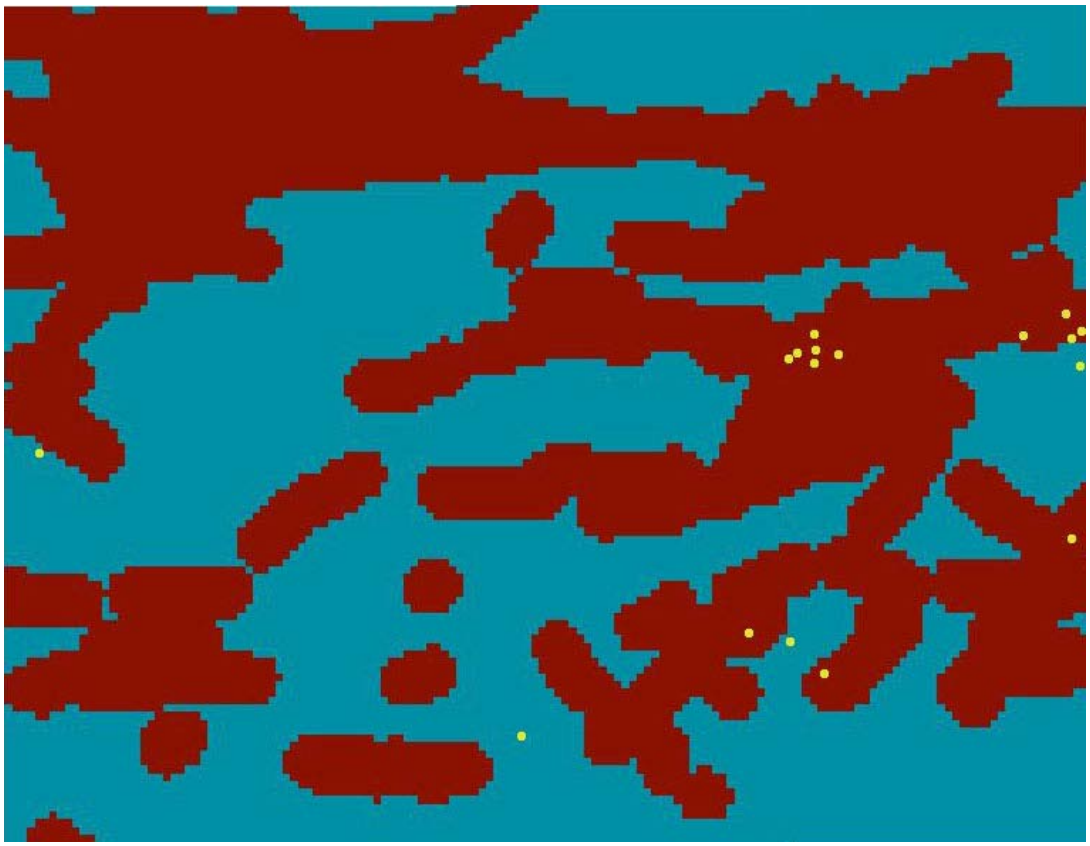


图 6-31　逆断层（ndc）3500 米铜矿床（点）缓冲图

③控矿岩浆岩

依据区域找矿模型，主要控矿岩浆岩有：古新世闪长岩、渐新世花岗岩、侏罗系破姆弄混杂岩、二长花岗岩、闪长岩、早白垩世昂仁蛇绿岩、中新世白岗岩、早白垩世辉长闪长岩、早白垩世石英闪长岩等。利用Arc-WofE的缓冲分析功能，分别设定缓冲半径以0.5km为间隔，进行计算（表6-32、6-33、6-34、6-35、6-36、6-37、6-38、6-39、6-40、6-41、6-42）最后分别得出相关系数最大值，即选出合适的缓冲半径。

表 6-32　古新世闪长岩(gscy)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	1	1.2366	1.0018	-0.0434	0.2501	1.2800
1000	3	2.0144	0.5796	-0.1703	0.2674	2.1848
1500	3	1.7782	0.5792	-0.1639	0.2674	1.9421
2000	5	2.0827	0.4491	-0.3110	0.2888	2.3936
2500	**6**	**2.0659**	**0.4099**	**-0.3896**	**0.3016**	**2.4554**
3000	6	1.9213	0.4097	-0.3823	0.3016	2.3035
3500	6	1.5277	0.4095	-0.3556	0.3017	1.8833
4000	6	1.3904	0.4094	-0.3433	0.3017	1.7337
4500	7	1.6821	0.3790	-0.4510	0.3163	2.1330
5000	7	1.3168	0.3789	-0.4137	0.3164	1.7305



图 6-32　古新世闪长岩(gscy) 2500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-33　渐新世花岗岩(jhgy)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	**1**	**0.2853**	**1.0007**	**-0.0154**	**0.2501**	**0.3007**
1000	1	0.0554	1.0006	-0.0034	0.2501	0.0588
1500	1	0.1560	1.0005	-0.0106	0.2501	0.1667
2000	1	0.3259	1.0004	-0.0244	0.2501	0.3503
2500	1	0.4764	1.0003	-0.0389	0.2501	0.5153
3000	1	0.6180	1.0003	-0.0549	0.2501	0.6729
3500	1	0.7495	1.0002	-0.0723	0.2501	0.8218
4000	1	0.8618	1.0002	-0.0893	0.2501	0.9511
4500	1	0.9699	1.0002	-0.1080	0.2501	1.0779
5000	1	1.0722	1.0002	-0.1280	0.2501	1.2001

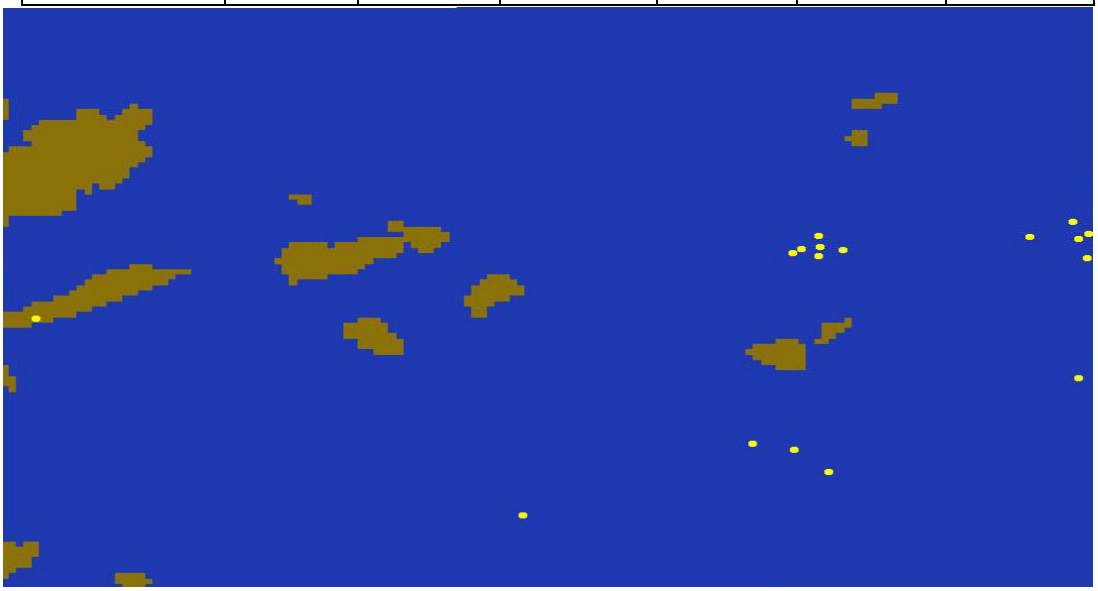


图 6-33　渐新世花岗岩(jhgy) 500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-34　侏罗系破姆弄混杂岩（pmnhzy)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	-	-	-	-	-	-
3000	-	-	-	-	-	-
3500	-	-	-	-	-	-
4000	**1**	**-0.4914**	**1.0003**	**0.0405**	**0.2501**	**0.5318**
4500	1	-0.4914	1.0003	0.0405	0.2501	0.5318
5000	1	-0.5515	1.0003	0.0471	0.2501	0.5986

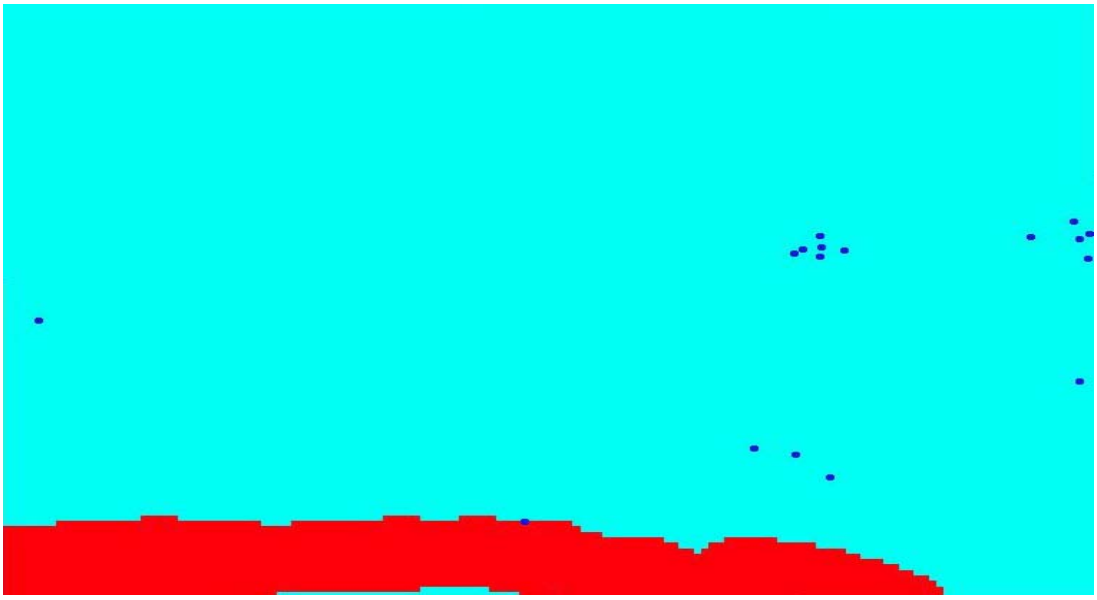


图 6-34　侏罗系破姆弄混杂岩（pmnhzy）4000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-35　二长花岗岩（echgy）不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	7	1.2759	0.3787	-0.4085	0.3163	1.6844
1000	7	1.1450	0.3786	-0.3902	0.3163	1.5352
1500	7	1.0352	0.3785	-0.3725	0.3163	1.4078
2000	9	1.1826	0.3339	-0.5767	0.3537	1.7594
2500	**10**	**1.2012**	**0.3168**	**-0.6926**	**0.3781**	**1.8938**
3000	10	1.1162	0.3167	-0.6733	0.3781	1.7895
3500	10	1.0304	0.3167	-0.6517	0.3781	1.6821
4000	10	0.9607	0.3167	-0.6323	0.3781	1.5931
4500	10	0.8961	0.3166	-0.6128	0.3781	1.5089
5000	11	0.9347	0.3019	-0.7483	0.4084	1.6829

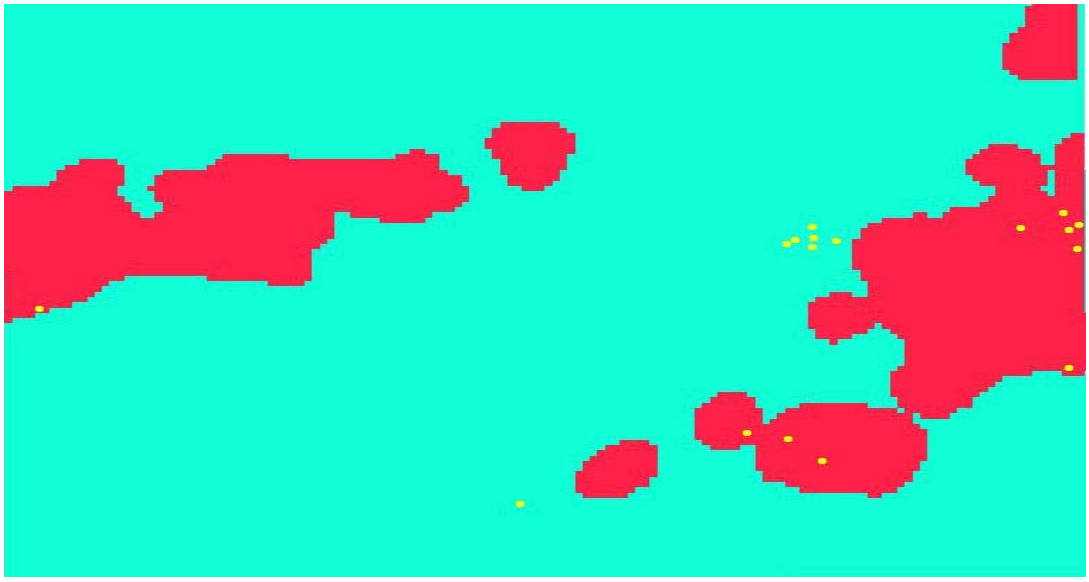


图 6-35　二长花岗岩（echgy）2500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-36　闪长岩(SSCY) 不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	3	1.2110	0.5784	-0.1402	0.2674	1.3511
1000	3	0.9914	0.5782	-0.1264	0.2674	1.1178
1500	4	1.1321	0.5008	-0.1894	0.2775	1.3215
2000	5	1.2044	0.4480	-0.2560	0.2888	1.4603
2500	**6**	**1.2705**	**0.4090**	**-0.3310**	**0.3016**	**1.6015**
3000	6	1.1609	0.4089	-0.3182	0.3016	1.4790
3500	6	1.0715	0.4089	-0.3065	0.3016	1.3779
4000	6	0.9833	0.4088	-0.2937	0.3016	1.2771
4500	6	0.9086	0.4088	-0.2819	0.3016	1.1905
5000	8	1.1223	0.3541	-0.4697	0.3334	1.5920



图 6-36　闪长岩(SSCY) 2500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-37　侏罗系汤噶混杂岩(tghzy)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	1	0.5887	1.0010	-0.0274	0.2501	0.6162
1000	1	0.3438	1.0007	-0.0180	0.2501	0.3618
1500	1	0.1266	1.0006	-0.0074	0.2501	0.1340
2000	1	0.0222	1.0005	-0.0014	0.2501	0.0236
2500	2	0.5261	0.7077	-0.0531	0.2583	0.5792
3000	2	0.4115	0.7077	-0.0440	0.2583	0.4555
3500	2	0.3022	0.7076	-0.0342	0.2583	0.3364
4000	2	0.2129	0.7076	-0.0252	0.2583	0.2381
4500	**4**	**0.8174**	**0.5006**	**-0.1586**	**0.2775**	**0.9759**
5000	4	0.7415	0.5006	-0.1494	0.2775	0.8908



图 6-37　侏罗系汤噶混杂岩(tghzy) 4500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-38　晚白垩世闪长岩（wbscy）不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	2	0.0934	0.7074	-0.0131	0.2583	0.1066
1000	2	0.2672	0.7074	-0.0417	0.2583	0.3089
1500	4	0.2874	0.5004	-0.0740	0.2775	0.3614
2000	4	0.1729	0.5003	-0.0477	0.2775	0.2206
2500	4	0.0713	0.5003	-0.0209	0.2775	0.0922
3000	5	0.2139	0.4475	-0.0772	0.2888	0.2911
3500	5	0.1689	0.4475	-0.0628	0.2888	0.2317
4000	6	0.2601	0.4085	-0.1177	0.3017	0.3778
4500	**7**	**0.3534**	**0.3782**	**-0.1893**	**0.3164**	**0.5427**
5000	7	0.2999	0.3782	-0.1667	0.3164	0.4666



图 6-38　晚白垩世闪长岩（wbscy）4500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-39　早白垩世昂仁蛇绿岩(zbarsly)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	1	0.2665	1.0007	-0.0145	0.2501	0.2810
1000	**2**	**0.7548**	**0.7079**	**-0.0683**	**0.2583**	**0.8231**
1500	2	0.6167	0.7078	-0.0596	0.2583	0.6763
2000	2	0.4739	0.7077	-0.0491	0.2583	0.5230
2500	2	0.3648	0.7076	-0.0400	0.2583	0.4048
3000	2	0.2542	0.7076	-0.0295	0.2583	0.2837
3500	2	0.1613	0.7075	-0.0197	0.2583	0.1810
4000	2	0.0724	0.7075	-0.0093	0.2583	0.0817
4500	3	0.3999	0.5778	-0.0682	0.2674	0.4681
5000	3	0.3212	0.5778	-0.0572	0.2674	0.3784

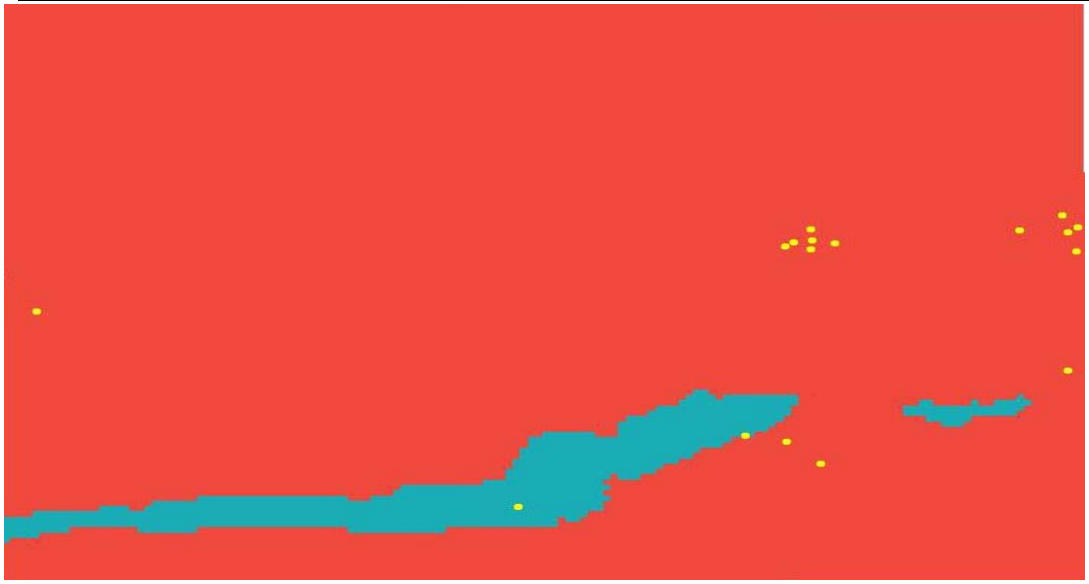


图 6-39　早白垩世昂仁蛇绿岩(zbarsly) 1000 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-40　中新世白岗岩（zbgy)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	0	-	-	-	-	-
1000	0	-	-	-	-	-
1500	0	-	-	-	-	-
2000	0	-	-	-	-	-
2500	0	-	-	-	-	-
3000	0	-	-	-	-	-
3500	0	-	-	-	-	-
4000	0	-	-	-	-	-
4500	**2**	**0.4919**	**0.7077**	**-0.0505**	**0.2583**	**0.5424**
5000	2	0.3483	0.7076	-0.0385	0.2583	0.3867

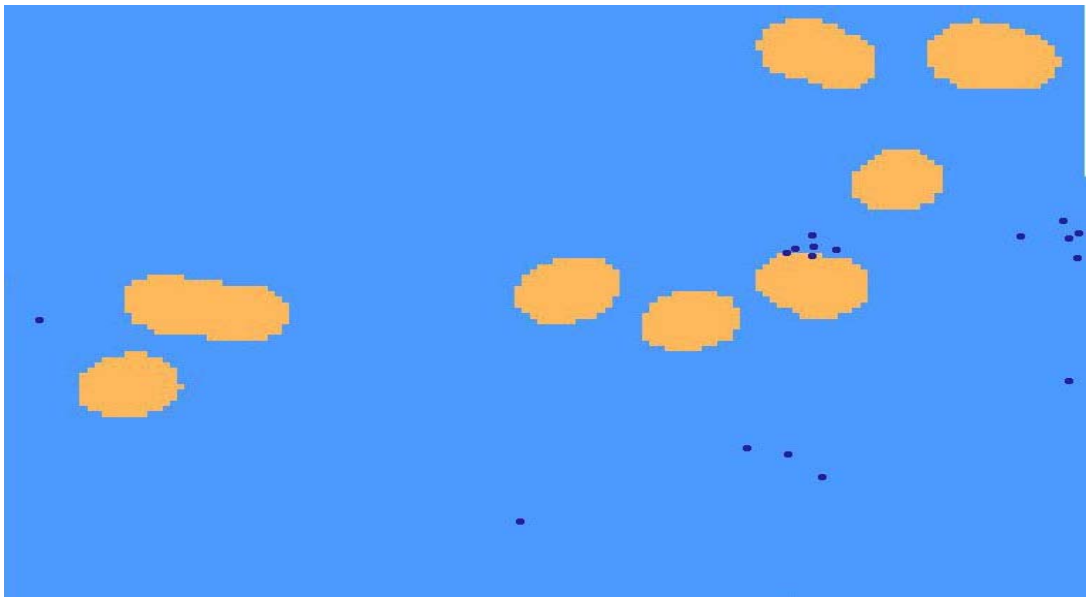


图 6-40　中新世白岗岩（zbgy）4500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-41　早白垩世辉长闪长岩(zbhcscy)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	0	-	-	-	-	-
1000	0	-	-	-	-	-
1500	0	-	-	-	-	-
2000	0	-	-	-	-	-
2500	**1**	**0.3001**	**1.0007**	**-0.0161**	**0.2501**	**0.3162**
3000	1	0.1533	1.0006	-0.0088	0.2501	0.1622
3500	1	0.0114	1.0005	-0.0007	0.2501	0.0121
4000	1	0.1120	1.0005	-0.0074	0.2501	0.1194
4500	1	0.2259	1.0004	-0.0160	0.2501	0.2419
5000	1	0.3336	1.0004	-0.0251	0.2501	0.3587

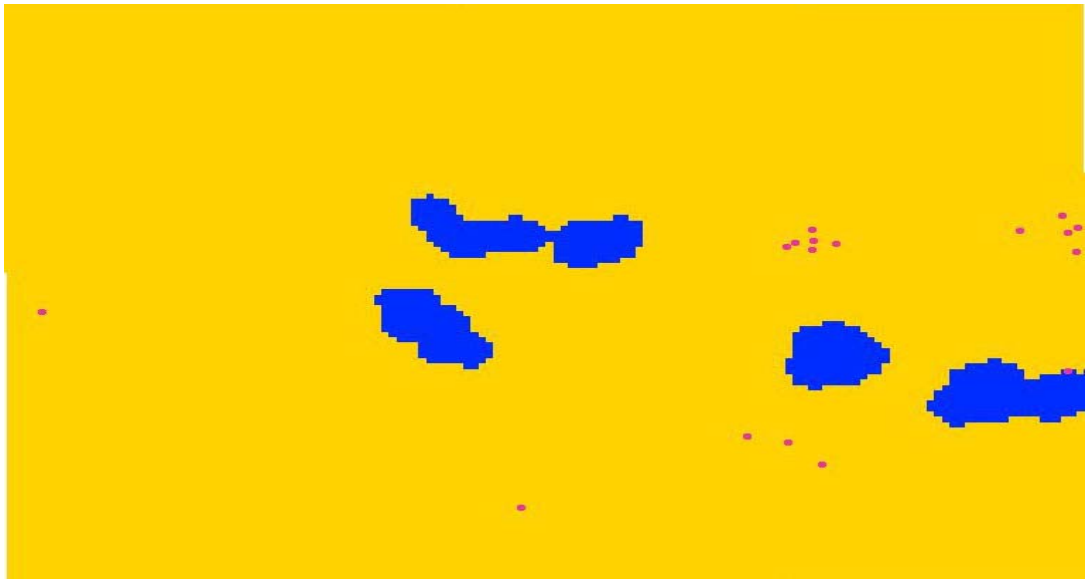


图 6-41　早白垩世辉长闪长岩(zbhcscy) 2500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-42　早白垩世石英闪长岩(zbsyscy)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径 m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	0	-	-	-	-	-
1000	0	-	-	-	-	-
1500	2	0.9904	0.7081	-0.0805	0.2583	1.0709
2000	2	0.7537	0.7079	-0.0682	0.2583	0.8219
2500	2	0.5487	0.7078	-0.0548	0.2583	0.6035
3000	3	0.7756	0.5780	-0.1094	0.2674	0.8851
3500	3	0.6315	0.5779	-0.0956	0.3083	0.7271
4000	4	0.7827	0.5006	-0.1545	0.2775	0.9372
4500	**5**	**0.8951**	**0.4478**	**-0.2213**	**0.2888**	**1.1154**
5000	5	0.7893	0.4477	-0.2049	0.2888	0.9943

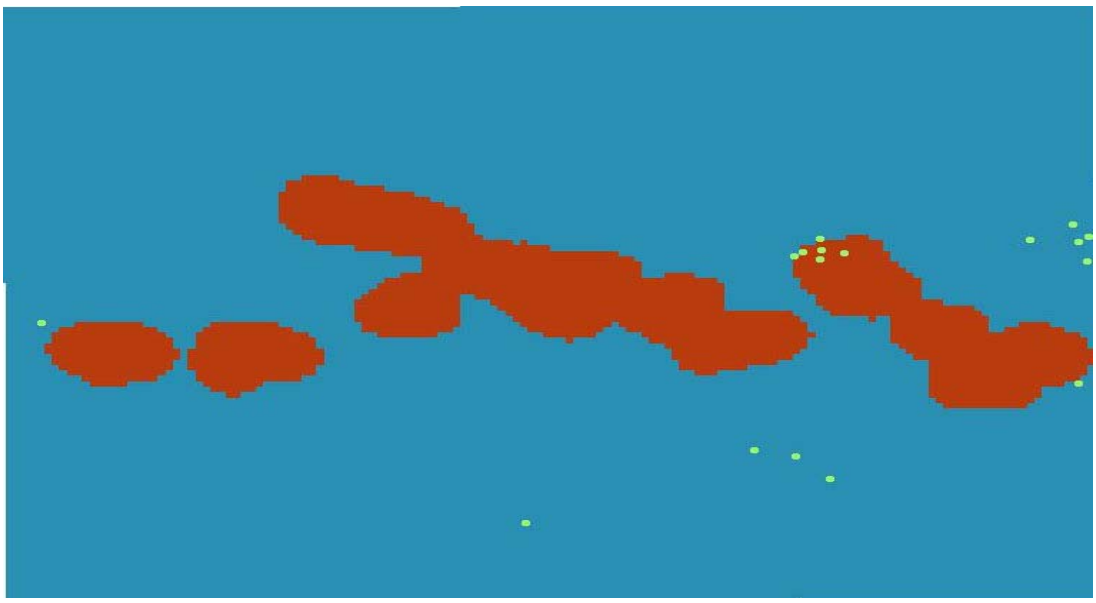


图 6-42　早白垩世石英闪长岩(zbsyscy) 4500 米铜矿床（点）缓冲图

④控矿斑岩、脉岩

依据区域找矿模型，控矿斑岩、脉岩对找矿具有很大指示意义，因此，从空间地质数据库中，把研究区内的斑岩、脉岩提取出来，并对它进行缓冲分析。利用 Arc-WofE 中的缓冲分析功能，对其进行缓冲计算，缓冲半径以 0.5km 为间隔来分析计算（表 6-43、表 6-44）。

表 6-43　岩脉花岗岩脉（hgym）不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	1	0.8796	1.0013	-0.0359	0.2501	0.9155
2500	1	0.8796	1.0013	-0.0359	0.2501	0.9155
3000	1	0.5636	1.0009	-0.0266	0.2501	0.5902
3500	2	0.9742	0.7081	-0.0797	0.2583	1.0540
4000	3	1.1341	0.5783	-0.1357	0.2674	1.2699
4500	**5**	**1.4328**	**0.4482**	**-0.2755**	**0.2888**	**1.7084**
5000	5	1.2432	0.4480	-0.2596	0.2888	1.5028

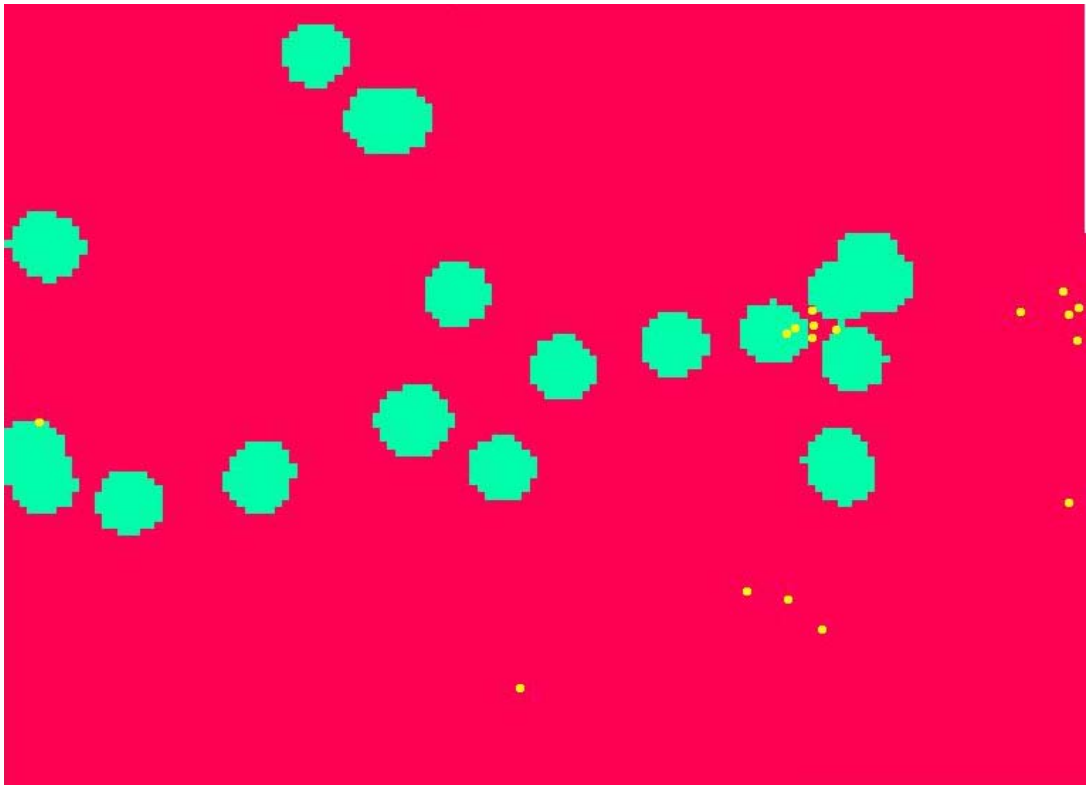


图 6-43　岩脉花岗岩脉（hgym）4500 米铜矿床（点）缓冲图

表 6-44　闪长岩脉(scym)不同缓冲半径与铜矿床（点）相关程度

缓冲半径（m）	矿点数	W+	s(W+)	W-	s(W-)	Contrast
500	-	-	-	-	-	-
1000	-	-	-	-	-	-
1500	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-
2500	-	-	-	-	-	-
3000	**2**	**1.4373**	**0.7087**	**-0.0968**	**0.2583**	**1.5341**
3500	2	1.1991	0.7083	-0.0891	0.2583	1.2882
4000	2	0.9385	0.7081	-0.0780	0.2583	1.0166
4500	2	0.7309	0.7079	-0.0668	0.2583	0.7977
5000	2	0.5453	0.7078	-0.0545	0.2583	0.5998

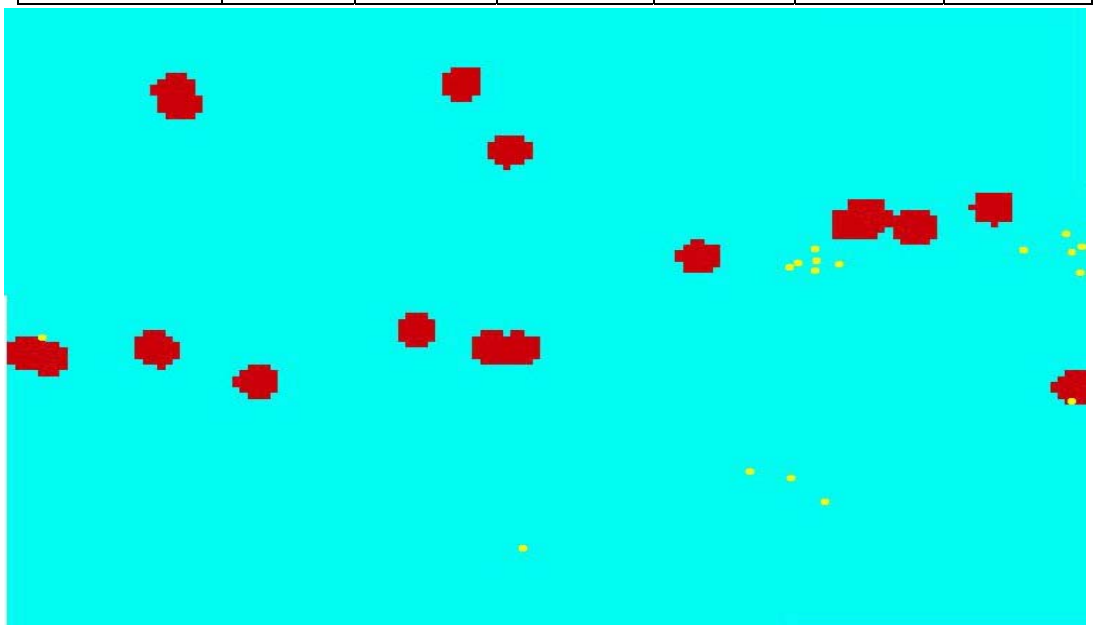


图 6-44　闪长岩脉(scym) 3000 米铜矿床（点）缓冲图

2、证据因子条件独立性检验

利用Arc-WofE条件独立性检验功能，对上述所有证据因子矿床（点）是否条件独立进行检验，结果有多个证据因子之间不存在条件独立，通过多次对各证据因子的条件独立性检验，剔除或合并条件独立的证据因子，最后选取如下18个证据因子建立铜矿证据权重模型，它们之间关于已知18个矿床（点）都是条件独立的，也即通过了基于χ^2的条件独立性检验（表6-45）。

概率值<0.05表示对应的证据因子之间不存在条件独立。

表6-45　铜矿证据因子条件独立性检验结果表

ETheme	Zdc3500	Zbzyd500	Zbsyscy4500	Zbhcscyc2500	Zbarsly1000	Wbscy4500	Tkn2000	Tghzy4500	Srzlyd5000	Scym3000	Pmnhzy4000	Ndc3500	Mxz4000	Lglz3500	Kdz2500	Hgym4500	Clz2500	Bmz1000
Zqzed5000	1.0000	0.3817	0.5934	0.6333	0.7715	0.3418	0.4569	0.0000	0.0000	0.4858	0.6333	0.6591	0.5934	0.3817	0.3817	0.9609	0.4569	0.4858
Zdc3500		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Zbzyd500			0.5058	0.7966	0.2212	0.3885	0.4465	0.5201	0.2212	0.7066	0.7966	0.5675	0.5058	0.7966	0.7966	0.6333	0.4465	0.7066
Zbsyscy4500				0.5058	0.8841	0.0000	0.0000	0.3959	0.8841	0.8841	0.5058	0.3959	0.0000	0.5058	0.5058	0.3885	0.0000	0.8841
Zbhcscyc2500					0.7066	0.8534	0.4465	0.5675	0.7066	0.2212	0.7966	0.5675	0.5058	0.7966	0.7966	0.6333	0.4465	0.2212
Zbarsly1000						0.6207	0.7457	0.0000	0.5363	0.5825	0.2212	0.9584	0.8841	0.7066	0.7066	0.4858	0.7457	0.5825
Wbscy4500							0.0000	0.1827	0.6207	0.3008	0.3885	0.8643	0.1191	0.3885	0.3885	0.1021	0.0000	0.7872
Tkn2000								0.2753	0.7457	0.7457	0.4465	0.2753	0.0000	0.4465	0.4465	0.5570	0.0000	0.7457
Tghzy4500									0.0000	0.4036	0.5201	0.4513	0.3959	0.5201	0.5201	0.7575	0.2753	0.4036
Srzlyd5000										0.5825	0.7066	0.9584	0.8841	0.2212	0.7066	0.4858	0.7457	0.5825
Scym3000											0.7066	0.9584	0.8841	0.7066	0.7066	0.7715	0.7457	0.5363
Pmnhzy4000												0.5201	0.5058	0.7966	0.7966	0.6333	0.4465	0.7066
Ndc3500													0.3959	0.5201	0.5675	0.6591	0.2753	0.9584
Mxz4000														0.5058	0.5058	0.3885	0.0000	0.8841
Lglz3500															0.7966	0.6333	0.4465	0.7066
Kdz2500																0.6333	0.4465	0.7066
Hgym4500																	0.5570	0.4858
Clz2500																		0.7457
Values < .05 indicate some cor																		

3、正负权重值和后验概率计算

①证据因子正负权重值计算

将通过条件独立性检验后选出的证据因子，利用ArcView的扩展分析功能，进行正负权重值计算，计算结果（如表6-46）即是经过先验概率、条件独立性检验等环节后得出的准确数值。

表6-46　铜矿床（点）各证据因子正负权重表

证据层	W+	W-	Contrast	s(C)	stud(C)
bmz	1.2908	-0.0923	1.3830	0.7541	1.8340
clz	1.9923	-0.3860	2.3782	0.5089	4.6737
dzz	1.0939	-0.3095	1.4035	0.5081	2.7621
ghgy	0.7826	-0.2593	1.0420	0.5080	2.0512
gscy	2.0659	-0.3896	2.4554	0.5089	4.8245
gzcz	1.5520	-0.2840	1.8360	0.5333	3.4428
hgym	1.4328	-0.2755	0.2888	1.7084	2.6498
jhgy	0.2853	-0.0154	0.3007	1.0315	0.2915
kdz	0.8594	-0.0354	0.8948	1.0320	0.8670
lglz	1.4002	-0.0957	1.4959	0.7542	1.9833
lqq	3.3508	-0.3379	3.6888	0.5380	6.8567
mmxz	2.8945	-0.3319	3.2264	0.5359	6.0202
nbg	1.8947	-0.3031	2.1978	0.5337	4.1183
ndc	0.4662	-0.7747	1.2209	0.5720	2.1345
Pmnhzy	0.0405	-0.4914	0.5318	1.0311	0.5158
rglz	2.6517	-0.3273	2.9790	0.5352	5.5666
scym	1.4373	-0.0968	1.5341	0.7543	2.0338
Ec-shgy	1.2012	-0.6926	1.8938	0.4932	3.8395

srzlyd	1.1370	-0.0867	1.2237	0.7539	1.6232
sscy	1.2705	-0.3310	1.6015	0.5082	3.1514
echgy	1.2705	-0.3310	1.6015	0.5082	3.1514
tghzy	0.8174	-0.1586	0.9759	0.5724	1.7051
tkn	2.6783	-0.4108	3.0897	0.51.1	6.0560
wbscy	0.3534	-0.1893	0.5427	0.4931	1.1005
zbarsly	0.7548	-0.0683	0.8231	0.7536	1.0923
zbgy	0.4919	-0.0505	0.5424	0.7534	0.7199
zbhcscy	0.3001	-0.0161	0.3162	1.0315	0.3065
zbsyscy	0.8951	-0.2213	1.1154	0.5328	2.0933
zdc	0.2302	-0.0163	0.2465	1.0312	0.2390
zdcz	2.3323	-0.3193	2.6516	0.5344	4.9616
zgzed	1.6018	-0.1579	1.7597	0.6376	2.7598
zgzyd	2.3323	-0.0549	2.3872	1.0361	2.3041

②后验概率计算

后验概率计算是证据权重法中最后也是最重要的一个步骤，其预测的最终结果是生成一张后验概率图，后验概率值的大小对应着成矿概率的大小，最终结果值在 0～1 之间，后验概率值越接近于 1 的，成矿概率越大，那么此地区也就越具有赋矿潜力。

6.3 证据权重法金、铜矿床（点）分析总结

根据计算结果进一步分析可以得出以下几点基本认识：

6.3.1 证据权重预测模型

证据权重预测模型是根据已知矿床（点）与各成矿条件之间的条件概率来确定各成矿条件权重值的，这些权重值直接决定最终成矿预测的结果。通过利用证据权重预测模型计算可得到预测区最终的后验概率结果，即预测区有利成矿远景图。

根据研究区找矿预测的成控矿地质条件和所反映综合找矿信息的丰富程度，将研究区成矿预测区分为 A、B 两类。

6.3.2 金、铜预测结果

1、已知金、铜矿床（点）基本落入后验概率图中出现的 A、B 两类分布范围内，说明预测结果对已知条件没有出现漏判。

2、有利成矿远景预测区分布走向基本与研究区内的控矿构造、岩浆岩分布一致，成矿作用明显受 EW 和 NE 向断裂控制，预测好的区域基本都在 EW 向的断裂带上，出露地层均为研究区内有利含矿地层，表现出成矿受岩浆活动和层位以及断裂的控制，这与研究区内已知金、铜矿床（点）特征相吻合。

3、预测远景区覆盖了几乎所有的已知金矿床（点），并且还发现一些尚未出现矿床（点）的远景区。分析表明，远景区的划分与该区的成矿地质条件所反映出的找矿前景大小基本一致，证实了该方法的合理性和可靠性，对于该区的进一步找矿具有一定的指导意义。

第 7 章　成矿远景综合分析

7.1　成矿远景区评价原则

根据研究区找矿预测的成控矿地质条件和所反映综合找矿信息的丰富程度，将研究区成矿预测区可分为A、B两类，具体圈定原则如下：

A类：成矿地质条件优越，分布相对集中完整且具有良好分带；区内已知成矿事实较多，特别是有矿床（点）存在；有良好的物探异常、化探异常佐证，总体地、化、物异常信息融合度高，找矿前景好；

B类：成矿地质条件良好，有一定成矿事实，也有部分物探、化探异常反映，地、化、物异常信息具一定的融合度，有一定的找矿前景；

7.2　成矿远景预测结果综合分析

成矿预测是本次研究目的任务的重要组成部分，是一项综合性强、难度较大的系统工程。一般需要在对区域地质背景分析，主要矿产控矿条件和成矿规律研究的基础上，充分运用地质、矿产、物化探等成果，通过多元信息叠加、关联来圈定成矿预测区。根据找矿预测靶区的划分原则，在研究区优选出金矿A类远景区1处、铜矿A类远景区1处。金矿B类远景区1处、铜矿B类远景区1处。

7.2.1　金矿预测结果综合分析（如图 7-1）

1、扎西岗-仁布A类金矿远景区

该金矿远景区西起扎西岗，东至仁布，东西长约 180 km，南北宽约 30 km。区内主要出露侏罗系-第三系弧火山沉积岩系，燕山晚期-喜马拉雅期俯冲-碰撞型中酸性侵入岩浆活动强烈，花岗岩类的岩石类型复杂多样，成矿作用与弧火山岩或侵入岩关系密切。通过物化探异常查证和矿点评价等工作，已发现有洞嘎、安张、雄村等矿床(点)，其中洞嘎金矿、雄村铜金矿具大型矿床前景，具有很大的进一步找矿潜力。

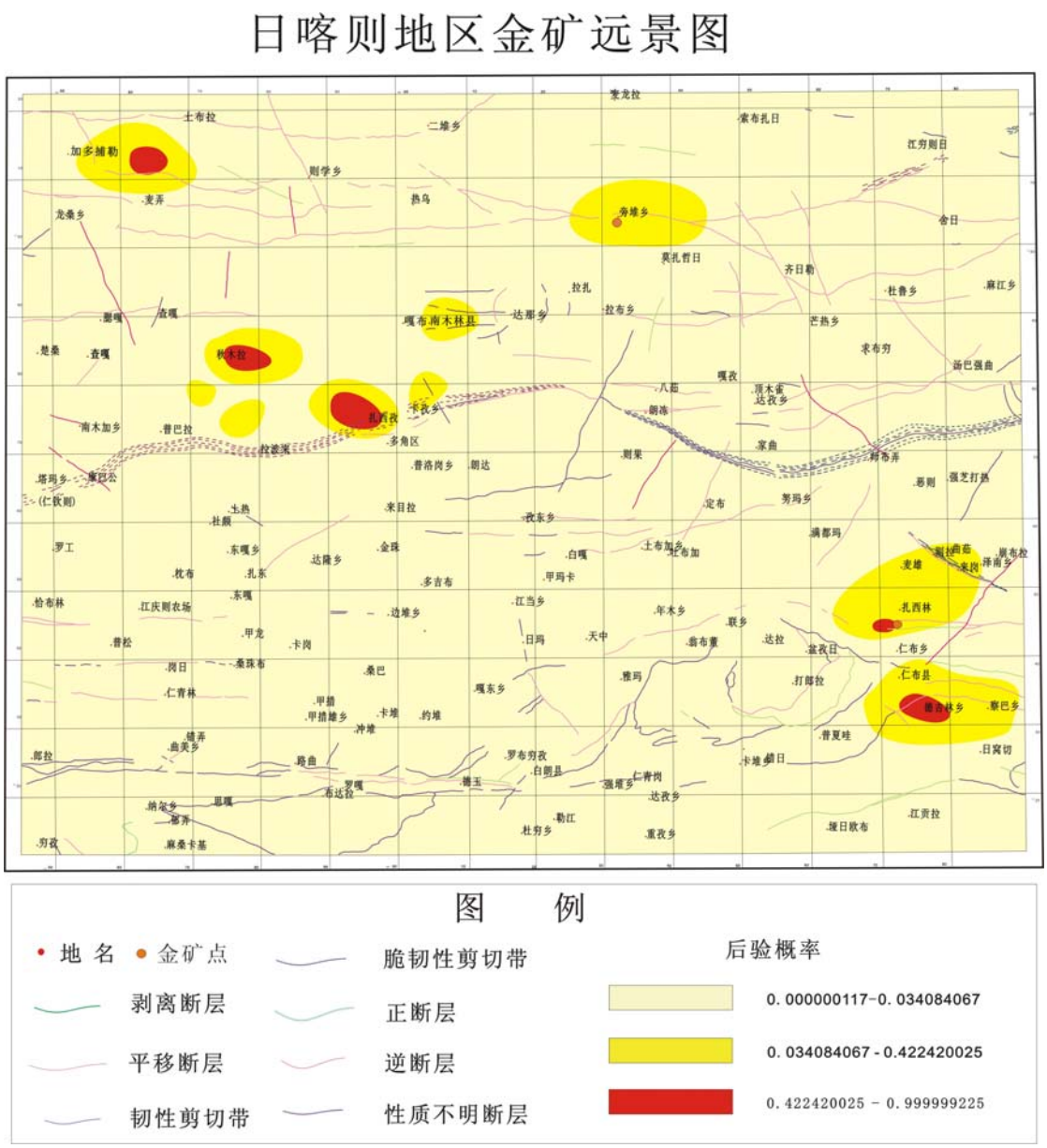


图7-1　金矿后验概率图

2、德来-查拉B类金矿远景区

该区位于研究区西北部，整体构造受区域主应力场控制，应力场为近南北向的挤压，受印度板块向欧亚陆块的俯冲，喜马拉雅地块与冈底斯地块强烈挤压，形成一系列断层面应向南倾斜的逆冲推覆构造带，并形成规模巨大的向北突出的逆冲叠置岩浆弧。研究区内主要发育石炭纪—二叠纪与冰水有关的浅海陆棚沉积，出露地层包括永珠组、拉嘎组、昂仁组和下拉组，古近纪林子宗群火山岩普遍角度不整合覆于其上。环形构造在本区比较发育，分布零散，规模小，一般直径 2-3Km。根据环形体结构特征和区域地质背景分析，这些小环形构造很可能是区域内的火山机构和隐伏侵入岩体等地质现象在地表的反映。这些地质现象对矿床的形成起着内在的控制作用。

古火山口附近的含矿火山岩及次火山岩和脉岩、古火山口外围的环状、放射状断裂构造分布区，石英斑岩、二长花岗斑岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩、闪长玢岩等微小侵入岩体是金矿含矿岩体。花岗岩与化学性质活泼的碳酸盐岩类接触带形态弯曲复杂部位，是热液型金和矽卡岩型金成矿有利地段。环形构造与线形构造交汇部位，特别在多期活动和多组线形构造交汇部位石英脉、糜棱岩、破碎岩带蚀变岩发育是热液型金和剪切带型金矿成矿有利地段。

7.2.2 斑岩型铜矿预测结果综合分析（如图 7-2）

1、尼木-曲水斑岩型A类铜矿远景区

该远景区位于研究区东部，出露地层以晚白垩世-古近纪林子宗群火山沉积岩系为主，其它地层零星分布。燕山晚期-喜马拉雅早期侵入岩浆活动作用强烈，形成多期次的中酸性复式岩基；喜马拉雅晚期碰撞后的浅成斑岩即侵入于该复式岩基中。该找矿远景区内的主要矿床类型为斑岩型铜矿床，铜矿化与喜马拉雅晚期形成的二长花岗斑岩、花岗斑岩和花岗闪长斑岩等有关。区内的斑岩型铜矿床与化探异常吻合度好，化探异常的元素组合为 Cu Mo-Ag-Pb-Zn-Cd-Bi-W-Au 等，主成矿元素为 Cu 和 Mo。目前通过对其中的冲江、厅宫、吉如等斑岩型铜矿床开展的勘查评价，已初步证实冲江、厅宫等斑岩型矿床的铜资源量远景达大型规模以上。

2、谢通门-南木林斑岩型 B 类铜矿远景区

该区内断裂构造十分发育，形成以谢通门-南木林韧脆性深大断裂为主干的构造密集区。伴随有不同级别、不同期次、不同方向的次一级断裂构造岩浆活动，其构造—岩浆活动不仅使深部物质出现部分熔融，壳幔之间发生大规模的物质交换，造成岩浆活动频繁强烈，呈东西向大规模侵位，更重要的是为多金属成矿提供丰富的成矿物质，而且为矿床的定位和富集提供了良好的配矿和容矿空间，形成了构造-流体-成矿物质相耦合的良好配置，构成了优越的成矿地质条件。

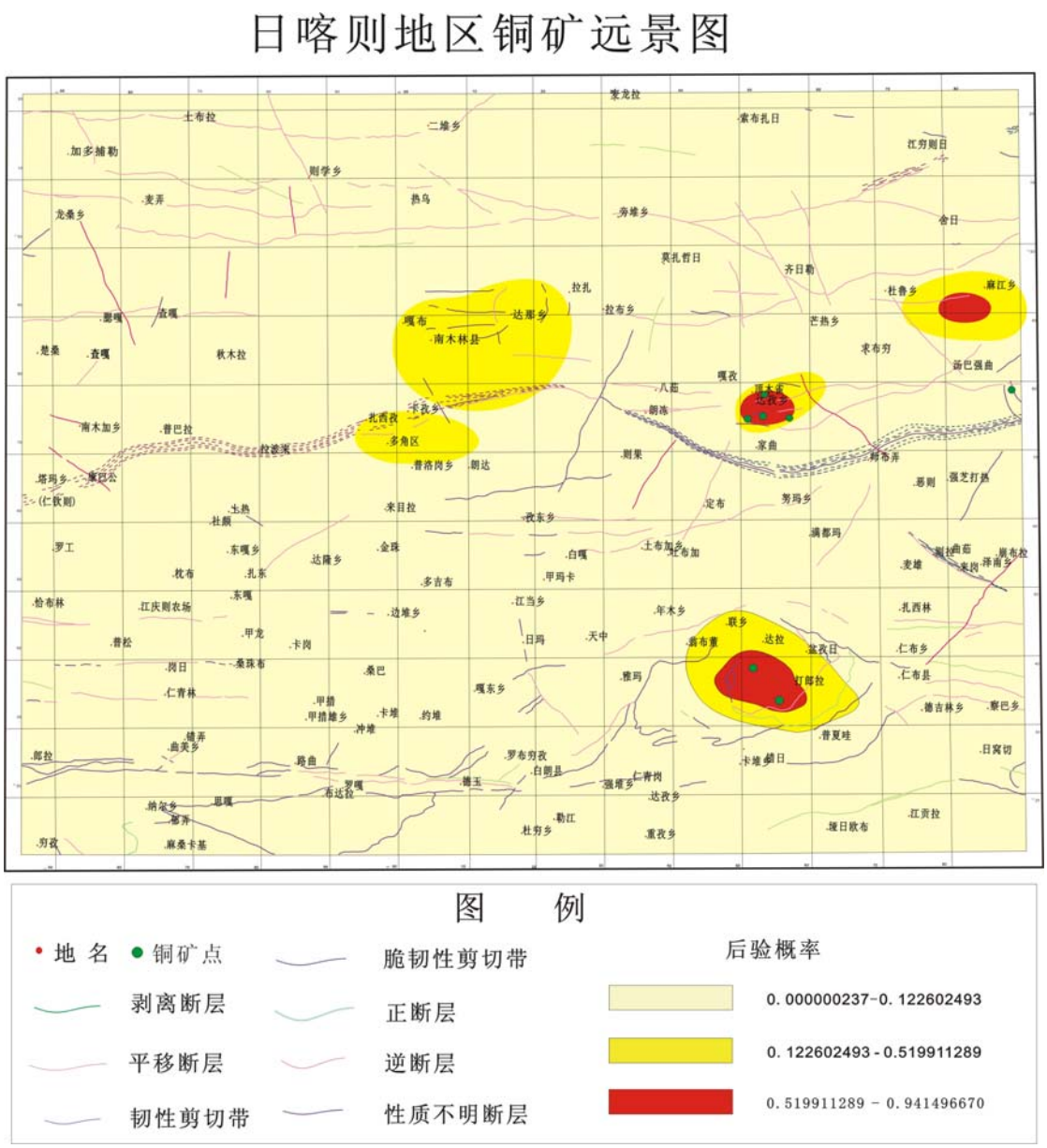


图 7-2　铜矿后验概率图

对区内成矿地质条件、地质物化探资料研究分析认为，在吉如、卡则、麦热地区是铜、金等多金属成矿的重要区段。特别是吉如和卡则两个异常区尤为重要，两个区内中新生代岩浆活动频繁多次，中酸性岩浆岩非常发育，近东西向规模较大的区域性控矿构造及次一级的断裂构造也很发育成矿地质条件极为有利，且研究区内存在较强的矿化蚀变带，并有铜矿体存在，其矿化蚀变与新生代多期侵入的花岗岩特别是花岗斑岩的侵位关系密切，其矿化和蚀变特征与斑岩型和岩浆热液型铜、金矿床相类似。因此，该区有一定的资源潜力，找矿前景巨大，是寻找铜矿的重要地段。

结　　论

本文研究内容涉及数字地质定量分析、地理信息系统、数理统计等学科，在充分利用计算机技术的基础上，以证据权重法为主线，强调基础地质条件对矿产资源形成的控制作用，充分利用现有资料及项目组近年来所取得的新资料，加深控矿规律的认识。

在西藏日喀则地区通过利用证据权重法，建立基于GIS的矿产资源评价方法，是一次创新性的且极其符合地域背景条件性的尝试。证据权重法是能够在研究程度相对较低，但地质及数据资料丰富的地区应用的一种快速而有效的矿产资源评价方法，本方法非常适合研究类似西藏这种海拔高、空气稀薄、昼夜温差大等不适于研究人员进行实地考察及评价的地区。

对研究区通过证据因子层相关性计算分析，建立证据权重模型，利用ArcView\ArcGis地理信息系统软件对权重模型计算得到后验概率图，即成矿远景预测图，并进行有利区带划分预测。主要取得如下成果与认识：

1、在区域地质资料分析的基础上确定了主要控矿地质因素。研究区矿点主要集中在冈底斯矿带，控矿围岩主要为中、下第三系、白垩系。矿床成因类型有：斑岩型、热液型、破碎蚀变岩型。成矿作用主要集中在燕山晚期和喜山期，以喜山期为主。构造因素主要为研究区沿雅鲁藏布江缝合带发育的近东西向巨型韧性剪切带。

2、在成矿控制因素、成矿规律和证据权重成矿预测模型研究的基础上，提取有用图层共 70 余层，生成处理图件 7000 余幅、通过相关性分析选择证据图层 40 余个，产生成果图件 50 余幅。建立了金矿和铜矿的证据权重成矿远景预测模型。

3、在证据权重模型和区域地质综合分析的基础上，确定金、铜远景区分别为：扎西岗-仁布 A 类金矿远景区、德来-查拉 B 类金矿远景区、尼木-曲水斑岩型 A 类铜矿远景区、谢通门-南木林斑岩型 B 类铜矿远景区。

参考文献

[1]夏代详，刘世坤等，西藏自治区岩石地层，北京，中国地质大学出版社，1997；

[2]西藏自治区地质矿产局，西藏自治区区域地质志，北京，地质出版社，1993；

[3]于学政，金玉声等，藏东遥感地质与矿产资源，北京，地质出版社，2003 ；

[4]杨日红，于学政，藏东三江地区遥感五要素模式找矿远景，国土资源遥感，2004；

[5]武长得，未红邓，宗策崔等，雅鲁藏布江断裂带的构造特征，中国地质科学院院报，1990（21）；

[6]高延林，板块构造单元划分方法探讨-以青藏高原为例，青海地质，1993(2)；

[7]杨金中，方洪宾，张玉君等，中国西部重要成矿带遥感找矿异常提取的方法研究，国土资源遥感，2003（3）；

[8]姚正煦，周伏洪，薛典军等，雅鲁藏布江航磁异常带性质及其意义，物探与化探，2001；

[9]郝杰，柴育成，李继亮. 雅鲁藏布江蛇绿岩的形成与日喀则弧前盆地沉积演化. 地质科学，1999(34)；

[10]潘裕生. 青藏高原的形成与隆升. 地学前缘，1999(6)；

[11]李光明，潘桂棠，王高明等，西藏冈底斯成矿带矿产资源远景评价与展望，成都理工大学学报(自然科学版)，2004（2）；

[12]辽宁省地质矿产调查院，西藏日喀则地区铜金属矿产资源评价成果报告，2005；

[13]西藏自治区地质矿产局区域地质调查大队，1：20 万 8-46-（20）拉萨幅区域地质调查报告，1991；

[14]湖北省地质调查院，1：25 万 H45 C003003 拉孜县幅区域地质调查报告，2003；

[15]西藏自治区地质矿产局区域地质调查大队，1：20 万 8-46-（19）曲水幅区域地质调查报告，1993；

[16]张生元、成秋明、张素萍、夏庆霖。加权证据权模型和逐步证据权模型及其在个旧锡铜矿产资源预测中的应用，中国地质大学学报，2009；

[17]刘世翔、薛林福、郅瑞卿、张旭东。基于 GIS 的证据权重法在黑龙江省西北部金矿成矿预测中的应用，吉林大学学报(地球科学版)，2007.5；

[18] Raper JF、Maguire DJ.Design models and functionality in GIS，Computers & Geosciences，1992；

[19] Asadi HH,、Hale M。A predictive GIS model for mapping potential gold and base metal mineralization in Takab area, Iran，Computers & Geosciences，2001；

[20]BonhamCarter GF、 Agterberg FP。Integration of geological data sets for gold exploration in Nova Scotia，Photogrammetric Engineer and Remote Sensing，1998；

[21]成秋明、赵鹏大、陈建国。成矿弱信息提取和复合信息分解证据权法在三江北段铜金矿床成矿预测中的应用研究，地球科学，2008.9；

[22]西藏自治区地质调查院一分院，1：25 万 H45 C003004 日喀则市幅区域地质调查报告，2002.12；

[23]邓　勇、邱瑞山、罗　鑫。基于证据权重法的成矿预测以广东省钨锡矿的成矿预测为例，吉林大学学报，2008.10；

[24]矫东风、吕新彪。基于 G IS 空间分析的成矿预测，地质通报，2008.10；

[25]苏金明、傅荣华。基于 MATLAB 的地学可视化实现，地质灾害与环保，2009.2；

[26]丁清峰、孙丰月。基于专家证据权重法的成矿远景区划与评价——以东昆仑地区金矿为例，地质找矿论丛，2008.11；

[27]杨中宝、彭省临、李朝艳。基于 GIS 的人工神经网络矿产预测系统设计及应用，地质科技情报，2008.11；

[28]于长春、郭志宏。航空物探领域的 GIS 开发与应用，地球科学与环境学报，2008.11；

[29]李随民、姚书振、韩玉丑。证据权重法在张家口地区铅锌银富集区定量评价中的应用，**物探化探技术**，2008.12；

[30]张小静、李佑国。基于证据加权法的攀西地区铜镍铂族元素找矿远景预测，**物探化探计算技术**，2008.12；

[31]浦路平、赵鹏大。GIS矿产资源评价中统一使用连续数据和离散数据的扩展证据权模型，**地质科技情报**，2008.12；

[32]袁峰、周涛发。GIS矿产资源预测中的证据权重法，黄金地质，2009.1；

[33]肖克炎、张晓华、陈郑辉。成矿预测中证据权重法与信息量法及其比较，物探化探计算技术，2009.1；

[34]刘因、王金锋。GIS成矿预测的数据驱动与知识驱动分析，安徽地质，2009.1；

[35]刘星、胡光道。应用MORPAS 系统证据权重法进行多源信息成矿预测，地质与勘探，2009.2；

[36]Asadi HH,、Hale M .A predictive GIS model for mapping potential gold and base metal mineralization in Takab area, Iran, Computers & Geosciences, 2009.5;

[37]BonhamCarter GF、Agterberg FP.Integration of geological data sets for gold exploration in Nova Scotia, Photogrammetric Engineer and Remote Sensing, 2009.6;

[38]Jake Ryan .Intrusion detect ion with neural network, Advances in Neural Information, 2009.6;

[39]CHEN Man ,L IU Tao.Prospecting for gold deposit in placer gold enriched areas in Mohe , Daxing'anling region, Geology and Resources, 2009.6;

[40]Journal of Shandong Normal University,The application of GIS in gold mine forecast of Eastern Shandong, YANG Maosen、ZHAN G Shuzhen, 2009.7

[41]Burrough PA,R. Van Rijn.Spmia1 Data Quality and Error Analysis Issues：GIS Function and Environmental Modeling, GIS Environmental Modeling Progress and Research Issues, 2009.7;

[42]Watson G P、Rencz A N. Geographic information system are being applied to mineral resource as sessment in Northern New Brunswick ,GEOS, 2009.7;

[43]Bonham-Carter GF、 Agterberg FP ,Weights of evidence modeling : A new approach to mapping mineral potential, Geological Survey of Canada, 2009.8;

[44]Bonham Carter GF.Geographic information for geoscientists :Modeling with GIS, Elsevier SciencesM Press U1S1A, 2009.8;

[45]Bonham2Carter GF、Agterberg FP .Weights of evidence modeling : A new approcach to mapping mineral potential ,Geolog ical Survey of Canada, 2009.8;

[46]Linden stranss J 、Tzafriri L .Classical banach spaces, New York: Springer-Verlag North Holland, 2009.9;

[47]Beauzamy B.Introduction to banach spaces and their Geometry, Mathematics Studies, 2009.9

[48]Krey sizig E.Introduction to functional analysis with applications, New York : Springer-Verlag, 2009.10;

[49]Conway JB .A course in function analysis, New York: Springer, 2009.10

[50]Raper JF,Maguire DJ.Design models and functionality in GIS,Computers & Geosciences, 2009.5

致　　谢

时光如剑，两年的硕士生涯转瞬即失。在这两年中得到了众多师长的悉心指导和同学的热情帮助，正是他们的真心付出，才使我得以顺利完成学业。

衷心感谢我的导师薛林福教授和方洪宾教授两年来对我的精心培养，本文是在方老师的项目支持和薛老师的悉心指导与关怀下完成的，从论文的选题、设计、协作沟通，到论文的写作过程中都倾注了恩师大量的心血。同时，在生活方面的帮助以及关心更是让我感动。从师两年，薛老师与方老师渊博的知识、敏锐的洞察力、求实的工作作风、坦诚朴素的生活态度，都对我产生重要影响，这对我未来的工作与学习都是一笔宝贵的财富。师恩难忘，永銘于心！

衷心感谢吉林大学地球科学学院的其他教授及老师。他们对我两年来的学习和科研工作，给予了极大的关心、支持和帮助，使我有机会学习到了许多相关的专业知识，培养和锻炼了我独立的科研能力。

由衷的感谢过去几年中一直支持、帮助我的师兄、师姐们：郄瑞卿、孙晶、王满、邓春燕、遇运良、王建强、白烨、毕丽娜、李文庆等。他们不仅在日常生活中给予我诸多帮助，更为我营造了一个充满友爱的学习、生活环境。同窗之谊，天长地久！感谢航遥中心的杨金中老师、张微博士，感谢他们的耐心和无私帮助！同时也感谢我工作单位的领导、同事的大力支持和帮助，正是他们的大力支持才能使我全身心投入学习。

本论文是在“青藏铁路沿线矿产资源遥感调查”项目支撑下完成的，特此对项目组致谢。感谢吉林大学地球科学学院良好的生活与学习环境，以及地球科学学院李艳博老师在两年的生活和学习中提供了许多帮助和便利，在此向李老师表示衷心的感谢。

感谢我的家人，没有他们给予我一贯的支持和理解，我的论文将难以完成。

最后，衷心感谢多年来所有在学习和生活上给予我无私帮助、支持和鼓励的老师、同学和朋友们，祝愿你们学习进步，工作顺利，祝愿吉林大学科研事业蒸蒸日上！

刘小杨

2010 年 5 月于吉林大学

中文摘要

西藏日喀则地区证据权重法成矿远景预测

研究区位于喜玛拉雅山北麓，雅鲁藏布江北岸；地处雅鲁藏布江中游与年初河汇合处的冲积平原地区，东依西藏首府拉萨；南靠喜马拉雅山；西连阿里高原；北接藏北高原。 本文以证据权重法理论为指导，在充分搜集以往基础地质、地球物理、地球化学、遥感影像、矿产勘查等数据资料的基础上，深入分析了研究区内金、铜矿床（点）与区域成矿规律、成矿地质构造的空间关联关系，研究总结出金、铜两典型矿床（点）的区域找矿模式，通过找矿模式建立了证据权重模型，预测了根据模型确定研究区最终的找矿远景靶区，并对这一分析研究过程进行详细阐述。本次工作的开展是基于 MapGIS、ArcGIS、ArcView 等地理信息软件平台，在整合、提取、筛选基础地层、区域构造、岩浆岩、变质岩、侵入岩、地球物理、地球化学等多元数据成矿信息标志的基础上，利用加拿大数学地质学家 Agterberg 提出的证据权重法对西藏日喀则地区的金、铜两种矿产资源进行定量预测分析及评价。

随着近年来青藏铁路的开通，西藏矿产资源将得到逐步的开发与利用。据 2010 年有关资料预测，西藏矿产资源的潜在价值在 6000 亿元以上。青藏铁路沿线和辐射区域的矿产资源十分丰富，其中有色金属的远景资源量超过 2000 万吨，但现有的矿产资源勘查工作仍显滞后，勘查矿区所占比例不到可供勘查矿区的 10%，除极少数矿区达到详查、勘探外，绝大多数地质勘查工作仍属预查和普查程度。如何加强成矿预测研究工作，指导今后的找矿工作部署，优选找矿勘查选区，是一项十分艰巨且亟待解决的问题。因此，研究有针对性的、合理的矿产资源评价方法，对西藏这一有着特殊地理条件的区域是非常必要的。本文利用证据权重法对西藏日喀则地区的矿产资源进行评价、分析和预测，是一次具有创新性的尝试，若此方法能够很好且准确的应用于西藏矿产资源开发与评价的工作过程中，将对西藏今后的地质找矿工作具有重要的指导意义。

关键词：

西藏日喀则，证据权重模型，GIS

ABSTRACT

Weights of evidence mineralization prospect evaluation，Rigaze of Xizang Area

Research area tectonic located in northern Himalayas, the yarlung zangbo river north, Located in the yarlung zangbo river middle and at the beginning of alluvial plain area, east to Tibet's capital, Lhasa, South by the Himalayas, The west highland, ali. The north northern plateau. Based on the theory of evidence weight method, based on previous fully collect geological, geophysical and geochemical and remote sensing image, the mineral exploration data based on the analysis of the research area, gold, copper deposits (occurrences) and regional metallogenic regularity, ore-forming geological tectonic space relationships, summarizes the au, cu deposit two typical regional prospecting model, through the prospecting model based on evidence weight model, model of determining final ore-hunting prospect target area, and on the analysis process are expounded. This work is based on MapGIS, ArcView ArcGIS, such software platform, geographical information integration, extraction, screening in basic formation, regional tectonics, magmatic rocks, metamorphic rocks, intrusive rocks, geophysical and geochemical metallogenic information symbol of data, on the basis of the mathematical Agterberg geologist by Canada put on weight of evidence law rigaze areas of gold and copper mineral resources both quantitatively forecasting analysis and evaluation.

In recent years, with the opening of the qinghai-tibet railway, Tibet mineral resources will get effective development and utilization. According to relevant information prediction by 2010, Tibet, the potential value of the mineral resources in 600 billion yuan of above. Along qinghai-tibet railway in the area and mineral resources are very rich, non-ferrous metal resources over 2000 tons of vision. But unfortunately, Tibet existing mineral exploration work is still lags behind, the exploration area proportion of less than 10% of the mining area for exploration, except for a few mining to scrutinize the exploration, geological exploration, the vast majority of study and census. So, how to strengthen the metallogenic prediction research work to guide future prospecting work deployment optimization exploration district, is a very difficult problems to be solved. Therefore, a reasonable evaluation method of

mineral resources, Tibet has special geographic conditions that the area is very necessary. Using the method of evidence weight rigaze area of mineral resources evaluation, analysis and prediction is an innovative try, if this method can very good and accurate utilization of mineral resource development in Tibet and the evaluation work, it will be has important guiding significance for the future of Tibet ore-prospecting work.

Key word：

Xi Zang-rigaze, evidence weight model, GIS