分类号_____ 密级：_____

UDC_____

# 昆明理工大学

## 工程硕士学位论文

区域化探找矿方法在牛波金矿找矿实践中的应用研究


研究生姓名 李向东

指导指导教师姓名、职称 李 俊 副教授

胡长寿 教授级高工


学科专业 地质工程

研究方向 地球化学勘查

论文工作 2002 年 1 月 30 日

起止日期 至 2005 年 8 月 15 日

论文提交时间 2005 年 9 月 2 日

# 摘　要

本文以 1:20 万元阳幅(含大鹿马幅国内部分)区域化探项目资料为基础，以现代矿物学、成矿理论、地球化学理论为指导，根据绿春县牛波金矿的找寻，研究了区域化探金异常优选方法的应用以及完成异常优选后的野外找矿工作方法。

区域化探金异常优选采用了经验分析法，选取①异常强度、②异常面积、③异常衬度、④异常规模、⑤元素组合及分带、⑥异常的浓度分带、⑦成矿地质条件、⑧矿产这 8 个指标来统计得分，按得分高低进行排名。牛波金异常通过全区排序为 23 位，分区排序为第 9 位，统计分类为 A，远景分类为乙$_1$。金异常优选应把各异常元素的浓集中心是否重叠作为重要指标来考虑。

牛波金矿模型类比确定异常特征为：前缘晕为 As、Sb、Hg、Cu；矿体晕为 Au、As、Sb、Hg、Ag、Pb；尾部晕为 Mo、W、Cr、Cd。野外找矿工作中应充分运用快速简便经济的现场金分析，其分析值范围为 4ppb－10000ppb，其分析值范围和精度可以满足野外找矿要求。该手段是提高找矿效果的有效途径之一。

金元素在疏松物中既有在粗粒中富集的倾向，又有在细粒中富集的倾向，采用直接分析粗粒样品和细粒样品的方法，可以取得同样的找矿效果。

金元素在较厚的土壤层中，表现出 C 层富集的趋势。金异常区认真研究异常样点所控制的汇水盆地、面积是确定找矿范围大小的主要依据之一。

在加密重砂和水系沉积物测量中，重砂化验法优于水系沉积物测量，特别是弱金异常，效果更佳，便于确定高值异常区，明确找矿靶区。重砂样取两盆，重约 30 千克，尾砂保留 20－30 克，直接用于现场金分析。

土壤测量仅在加密异常浓集中心开展，工作比例尺为 1:1 万或 1:5 千。在土壤金异常浓集中心还应加密土壤测量，才能确定揭露工程位置。

揭露工程的确定应综合考虑地形地貌、地质背景条件。工程中金含量在横向上、垂向上的变化情况将决定下一步工程的布置。找到金矿体后，应根据矿体特征和勘探规范要求来布置探矿工程，便于资源储量估算和远景评价。

地质追索法是根据金矿体的地质特征、矿体特征和化探特征进行矿区外围的找矿工作。该方法运用的好，可以迅速扩大矿区范围，扩大矿床规模。

主题词：区域化探，金异常，优选，野外找矿方法。

# ABSTRACT

Based on the regional geochemical data from 1:200,000 Yuanyang Sheet Regional Geochemical Exploration taken charge by author, by means of modern mineralogy, mineralization and geochemical theory, author study the optimum estimate and characteristics of Au geochemical abnormity in regional geochemical exploration and methods of seeking ore in field in this paper, and emphatically study a typical example: Niubo Au geochemical abnormity in Luchun County, Yunnan Province.

Optimum estimate of Au geochemical abnormity in regional geochemical exploration mainly face to actual work in field. Optimum estimate of abnormity based on experiential analysis mainly range all abnormity according to statistical mark of eight items as below: ① strength of abnormity, ② area of abnormity, ③ contrast of abnormity, ④ scale of abnormity, ⑤ assemble and zoning of elements, ⑥ strength zoning of abnormity, ⑦ geological setting of mineralization, ⑧ mineral resources. Niubo Au geochemical abnormity in Luchun County is located 23$^{th}$ in whole area and 9$^{th}$ in local area according to above rules, and it's statistical type is A, and potential type is second. The strength center of all elements overlapped is considered as an important index in optimum estimate of Au geochemical abnormity.

Abnormal characteristics of Niubo gold deposit determined by model analogy is as below: As-Sb-Hg-Cu as elements of front halo, Au-As-Sb-Hg-Ag-Pb as elements of ore-body halo and Mo-W-Cr-Cd as elements of back halo.

Good effect of seeking ore relies on integrative and neat use of many methods in field work.

The technique, analyzed results ranged from 4ppb to 10000ppb and content request of finding ore in field work, of rapid simple Au analysis in spot ought to be used in field work of finding ore. The way is an effective method in increasing effect of seeking ore.

Gold not only tend to concentrate in coarse incompact sediment but also in fine. So, analyzed results from coarse incompact sediment and fine both have same effect in finding ore.

Gold tend to concentrate in C layer in thicker soil.

Study for catchment basin and area, been confined by abnormal point of Au

geochemical abnormity, determine on extension of seeking ore.

The assay for panning concentrating is better than for water system sediment, especially for unremarkable Au geochemical abnormity, in farther survey for panning concentrate and water system sediment. The way convenient for determining high value abnormal area and potential area of mineralization. Taking rough panning concentrating 30 kg, and keeping 20 or 30 grams fine panning concentrate assay by rapid simple Au analysis in spot.

Survey for soil, working scale in 1:10000 or 1:5000, only put up the strength center in farther survey. Location of uncovering project is determined by farther survey for soil in the strength center of Au abnormity in soil.

Landform or topographic condition and geological setting are considered in determining location of uncovering project. The change in horizontal and vertical of Au contents in uncovering project decided the farther location of uncovering project. After finding out Au ore-body, explorative project ought to be designed according to characteristics of ore and criterion of exploration for estimating mineral resources reserves and evaluating potential.

Geological tracing is the working way found out ore-body in periphery area according to characteristics of geology of ore-body and geochemical exploration. The means can rapidly outspread the area and scale of deposit if it is exploited well.

**Keywords:** Regional Geochemical Exploration, Au Geochemical Abnormity, Optimum Estimate, Methods Of Finding Ore In Field.

# 昆明理工大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，依托承担的 1：20 万元阳幅区域化探项目所进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容与成果（结论）外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：李向东

日　　期：2005 年 9 月 20 日

# 关于论文使用授权的说明

本人完全了解昆明理工大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留、送交论文的复印件，允许论文被查阅，学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印或其他复制手段保存论文。

（保密论文在解密后应遵守）

导 师 签 名：李俊　　论文作者签名：李向东

日　期：2005 年 9 月 20 日

# 第一章 绪 言

## 1.1 选题的目的意义

地球化学勘查方法（化探方法）是为了各种不同目的（找矿是其中最为主要的目的），在不同规模与尺度上系统地研究地壳中元素的变化，查明各种地表物质中的各种地球化学异常与背景模式。大多数的化探方法包括三个组成部分：采样、分析、数据处理与解释推断。化探工作的性质很大程度上取决于第一阶段的采样工作。根据野外采样工作的目的，详细程度及所涉及的面积大小分为区域化探、地球化学踏勘、地球化学普查、地球化学详查等。这些概念并不容易严格区分，例如地球化学踏勘与区域化探涵义大致相同，所不同的是地球化学踏勘有时指那类系统性不够，而且不能控制全部面积的粗略扫描。地球化学普查与区域化探涵义的差别也许在于一项区域化探计划至少涉及数千平方公里或更大得多的面积，而地球化学普查则指那些规模较为局限的工作，而且工作目标也更单一（可能只涉及少数矿种）。地球化学详查则是在已经指定的小范围内进行详细工作以便为钻探及山地验证工程提供依据。

我国从 1954 年就开始进行区域化探工作（即所谓路线金属量测量）。这项工作是在区域地质调查的同时顺便进行的。沿地质观测路线（大约 2 公里间距），每隔 200 米采集一土壤样品，并用光谱半定量方法分析 30 余种元素。受分析技术的限制，当时并没有分析金元素。化探工作经过几十年的发展，特别是近 20 年的迅速发展，积累了大量的资料和丰富的经验，方法不断改进，技术水平不断提高，理论体系也逐步完善。特别是 1980 年以来，区域化探工作得到突飞猛进的发展，随着我国国民经济和地质矿产勘查工作布局的调整，化探已发展成为寻找贵金属、有色金属、稀有稀土金属矿产不可缺少的方法技术，已经成为整个地质矿产勘查工作的重要组成部分。

1：20 万区域化探这一具有战略性工作的开展，不仅使我国的化探工作从整体上进入一个新的阶段，而且更重要的是发现了一大批 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Sn、Mo、Sb 等新矿产地和找矿远景区，明显地提高地质找矿效果。

当国家把金定为急需矿种后，为了提高区域化探在地质找矿中的效率和降低

成本，区域化探优先使用水系沉积物测量。水系沉积物样品可以被认为是一个上游汇水盆地中物质的天然组合样品。分析水系沉积物样品可以对其上游汇水盆地中元素含量的平均值作出近似估计。由于水系沉积物测量采样密度稀，控制面积大，在有效的控制范围内地质、地理条件等因素比较复杂。因此水系沉积物测量产生的金异常与金矿体的关系具有许多不确定因素。这些不确定因素使许多化探工作者产生了浓厚的兴趣，并进行了有益的探讨，促进了区域化探金异常优选和找矿的研究热潮，取得了大量的研究成果。谢学锦先生（1979）在《区域化探》一书中提出了如下的区域化探异常优选方法：①模式辩认，②异常界线的划分，③评价准则，④异常初步筛选。随着找矿难度的增大和科学技术的发展，区域化探（金）异常优选新思路和方法不断涌现，如模式类比法优选异常、综合信息优选异常、GIS 优选异常等，这些方法的推广应用，大大提高对不显著或不够显著的中弱异常的优选能力。

通过区域化探（金）异常优选，确定有找矿希望者后，还心须对优选出的异常实施野外找矿工作，否则优选只能成为纸上谈兵，毫无意义。野外找矿工作是化探工作中最为扣人心弦的阶段，因为区域化探（金）异常的发现给我们提供了找矿信息，（金）异常的优选和评价为我们指明了找矿的方向，但野外找矿工作并不能只停留在找矿希望上，而必须将希望变成现实。

作者在近 20 年的地质找矿工作中，特别是在 1：20 万元阳幅水系沉积物测量工作中，逐渐探索出区域化探金异常优选方法和一套野外工作方法，较好的解决了异常变现实的问题。本文是对这些经验的初步总结，目的是进一步提高作者的理论水平和工作能力，同时也希望这些成果能为社会服务。

## 1.2 区域化探异常优选方法的研究现状

区域化探异常的优选在异常的经验式优选方法基础上，以地球化学、地质学、矿床成因学等的最新研究成果为指导，借助现代计算机技术，提出了一些新的优选方法和准则。特别需要强调的是：（1）要改变区域异常优选中从局部异常出发，就异常论异常的优选方法。要把局部异常的优选置于区域上来考虑。研究区域中是否存在不同级次的套合模式（地球化学省、亚省-区域性异常或地球化学区带-局部异常）和不同级次地球化学异常模式的特征，以及不同级次地球化学模式与区域成矿模式的关联，单个局部异常与不同级次套合地球化学模式的关联。一般说来，在异常特征相似的情况下，具有套合模式的异常比单独出现的异常更具有

找矿前景；出现在成矿省、矿化集中区和成矿带中的异常，比出现在这之外的异常更有找矿潜力。(2) 要依据表生地球化学环境，分景观区优选异常。只有同一景观区的同类异常才具有更大的可比性；不同景观区，由于表生环境差异使得异常可比性差，甚至不能对比。(3) 建立不同矿种、不同类型、不同产出条件下的矿田级区域地球化学找矿模式及大型、特大型矿床区域地球化学找矿模式。这种以区域化探异常信息为主、结合地质背景、矿床成因类型、控矿条件、物探和遥感信息建立起来的矿田区域地球化学找矿模式，大大提高了模式类比法在区域化探异常优选中的效果。(4) 区域化探异常优选，必须建立在以区域化探资料为主，综合地质、物探、遥感等多种地学信息的基础上。综合多种信息优选异常，已成为今后异常优选的必然趋势。(5) 为实现异常优选中的多信息综合，必须充分利用现代计算机技术的成果。初步研究表明，开发利用地理信息系统 (GIS)，充分利用其空间分析手段和多信息迭加功能，将是区域化探异常推断解释、优选和找矿靶区预测走向现代化的重要途径和方法技术，将会提高对不显著或不够显著的中弱异常的优选能力，有利于隐伏矿的寻找。

此外，八十年代以来许多学者对区域成矿地球化学环境作了不少研究，对我们从区域角度优选异常提供了帮助。例如：(1) 欧阳自远 (1995) 等人认为，地球原始组成物质的不均一性是矿化集中区和超大型矿床形成的化学基础，后期不同型式的构造和化学作用为其提供了一种过程机制。这种认识有助于解释地球化学省与成矿省之间的内在联系，有助于异常优选中区域成矿地球化学环境选择；(2) J.A.普兰特 (1990) 等人认为，许多金属元素内生成矿需要预先富集，特别是地壳丰度低于 $10\times10^{-6}$ 的元素 (如 Au. Ag. Sn. Hg 等)，在萃取形成矿床之前需要予富集，即需要金属储集层 (矿源层)，它们往往构成区域性异常，甚至地球化学省；而地壳丰度高于 $10\times10^{-6}$ 的元素 (Cu. Pb. Zn. Ba 等)，其热液矿床的形成无需予先富集，只要区内存在强烈地质-地球化学作用的元素浓集过程，即使成矿元素区域背景不够高，也有成矿的可能；(3) 周永章 (1995) 认为，微量元素在地质体中的迁移存在两种倾向，其一是从固体单元迁出向邻近陷井的转移，这种迁移遵循严格的级序路径。从晶体颗粒开始，然后进入颗粒界面、微裂隙、小裂隙……，最后进入充满流动体的大断裂中。陆块边缘、裂谷或类似张性构造、岛弧带等往往是大型、超大型矿床形成的场所。其二是从高温区域向低温区域转移。常常形成高温区域某些元素亏损、相邻低温区域富集的现象。这种元素转移倾向可能是岩浆作用、变质作用热液矿床成矿系列形成的基础。这两种元素迁移方式和结果，将导致区域和局部出现不同形式的共轭异常，即出现正、负相伴异常，只不过有

些共轭异常十分明显，有些不易分辨而已。(4) 李晓波等（1993）认为，大型、超大型矿床出现的全球地质背景应从行星地球演化和地球动力学的角度来认识，它们往往在原始不均一地壳与地幔，以及水圈、大气圈和生物圈相互作用而演化形成的地壳部位，出现在层圈物质交换作用最强烈的地区；因此应有独特的地球化学异常特征。

近年来，随着找矿的难度加大，化探面临着在覆盖区寻找隐伏矿、在已知区找盲矿的新任务。为此，各国地球化学家研制了一些新方法新技术，但在研究思路上一直存在着两种不同的思路。一种思路侧重于研究某种观测技术，获取与深部矿化有关的信息，凭现有的经验，找出地表地球化学异常与深部矿化的联系。而回避其间十分复杂的元素搬运过程。持有这种思路者，必须具有充分的想象力，从复杂的地球化学过程中，总结出关键因素，一旦获得成功，会引起众多研究者的青睐。由于持这种思路者没有先前的经验可循，其研究往往先在矿区进行，常常缺乏广泛的试验，因而有时难以解释众多现象而遭到异议。另一种思路则强调搞清地表地球化学异常的形成机理和过程，深刻认识各种方法应用的条件、局限性，研究各种方法的本质特征。但这种思路见效较慢，一时很难令人满意。在实践过程中，这两种思路应是兼容并存的。在覆盖区的工作不断增多，提供了大量的成功和失败的实例，人们不得不对各种方法进行反思，从而出现了勘查地球化学方法向实用有效方法以回归的势头，重视基础研究成为势不可当。

在已知矿区的深部或外围，开展岩石地球化学测量是十分有效的。因以基岩采样为基础的化探方法很好地反映成矿作用前后元素分散聚集的原始情况，揭示成矿作用的地质、地球化学因素，为地质、地球化学、地球物理资料的综合解释提供了最可靠的基础。从六十年代开始，前苏联就着手这方面研究，现已形成一套完整的理论和方法体系。西方从七十年代开始采用这种方法进行区域和矿区规模的矿产普查（G.J.S.Govett，1984）。近些年来，越来越多的西方学者强调基岩的重要性。在我国，矿区原生异常研究早已取得很好的找矿效果，在吸收国外经验基础上发展成为一套具有我国特色的工作方法，总结矿床地球化学分带规律和评价指标，并逐步形成了地球化学找矿模型（邵跃，1975，欧阳宗圻，1990；张本仁，1985）。自 1979 年以来，张本仁教授提出了两个转化思想，总结了独特的区域成矿带地球化学工作理论和方法体系。於崇文教授（1985）将耗散结构理论引入到区域地球化学场的研究中。这些思路能适应当前矿产普查工作的客观需要，发挥地球化学的优势，同时提高了地质地球化学认识水平和实际效果。

## 1.3 完成的工作量及测试结果质量评述

作者于1987年大学毕业参加工作至今，一直从事区域化探工作和野外找矿工作，对区域化探异常优选和野外找矿有较系统的研究。本文的研究自1997年下半年开始至今还在进行，与多名同事在绿春境内及周边地区进行多年的找金工作。本文的研究以牛波金矿为例，从开始工作到编写本文时，完成实物工作量见表1.1

表1.1　　实物工作量表

| 项目 | 工作面积 | 地质点 | 标本 | 岩石薄片 | 古生物样品 | 水系沉积物样 | 重砂样 | 土壤样 | 岩石样 | 化学样 | 探槽 | 浅井 | 现场金分析样 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 单位 | $km^2$ | 个 | 块 | 件 | 件 | 件 | 件 | 件 | 件 | 件 | $m^3$ | m | 件 |
| 完成工作量 | 20 | 40 | 20 | 10 | 2 | 120 | 40 | 350 | 50 | 80 | 450 | 60 | 640 |

岩石薄片样品由云南省地调院区调所张伟明高级工程师鉴定,金化学样由云南省地矿局区域地质矿产调查所实验室和云南地矿局物化探队实验室用化学光谱法分析，古生物化石由云南省地矿局区域地质矿产调查所古生物鉴定室林敏基高级工程师鉴定。水系沉积物样、重砂样、土壤样、岩石样由本人在找矿现场采用现场金分析法进行分析。1：20万元阳幅区域化探样品分析Au及相关元素由湖北省地质实验室研究所采用最优的分析方法进行分析。

通过对分析测试结果进行对比研究，认为绝大多数的分析测试结果是正确、可信的，可以满足研究的要求。1:20 万元阳幅区域化探数据处理和主要图件的编制均在云南省地矿局物探队电算站高档计算机上进行。

# 第二章　区域化探（金）异常优选

## 2.1 区域背景分布特征

分析对比 1:20 万元阳幅水系沉积物 39 种元素背景值（见表 2.1）和中国水系沉积物 39 种元素背景值（见表 2.2），我们可以明显的看出，测区的金元素背景值与全国的背景值相近，但算术均值略低于全国背景值，其它相关元素也有类似的结果。测区明显高于克拉克值（指区域浓度克拉克值 K≥1.2）的元素有 Pb、Ag、As、Sb、W、Sn、Bi、Fe、Zr、La、Al、Cd、B、Si、K 等，低于克拉克值（指区域浓度克拉克值 K<0.80）的元素有 Cu、Au、Hg、M、Ni、B、Cu、Na 等，表现出弱贫化分布。测区元素变化系数 CV 普遍偏低，CV>0.5 的仅有 As、Sb、Sr、Cd、B、Ca、Na 等，按有关文献划分标准，CV<0.5 为分布均匀，CV=0.5—1.0 为较均匀，CV=1.1—1.5 为不均匀，则测区所有元素都应归入分布均匀和较均匀之列。

表 2.1　　1：20 万元阳幅水系沉积物中 39 种元素含量统计表

| 参数 / 元素 | $\bar{x}$ | $\bar{x}j$ | S | CV | K | 参数 / 元素 | $\bar{x}$ | $\bar{x}j$ | S | CV | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cu | 28.8 | 26.7 | 10.9 | 0.38 | 0.61 | Be | 2.5 | 2.4 | 0.8 | 0.32 | 0.66 |
| Pb | 27.9 | 25.3 | 12.0 | 0.43 | 1.73 | Nb | 15.7 | 15.3 | 3.9 | 0.25 | 0.79 |
| Zn | 77.9 | 73.8 | 24.9 | 0.32 | 0.94 | Zr | 299 | 292 | 69.7 | 0.23 | 1.76 |
| Au | 1.6 | 1.4 | 0.8 | 0.50 | 0.38 | La | 39.6 | 37.6 | 12.6 | 0.32 | 1.37 |
| Ag | 0.09 | 0.08 | 0.04 | 0.44 | 1.29 | Y | 26.6 | 25.6 | 7.6 | 0.29 | 0.72 |
| As | 10.7 | 6.9 | 9.1 | 0.85 | 6.29 | Sr | 102.8 | 70.0 | 81.6 | 0.79 | 0.30 |
| Sb | 1.23 | 0.82 | 1.03 | 0.84 | 2.46 | Ba | 481 | 446 | 177 | 0.38 | 0.74 |
| Hg | 0.05 | 0.04 | 0.02 | 0.40 | 0.63 | Cd | 0.16 | 0.15 | 0.08 | 0.50 | 1.23 |
| W | 2.53 | 2.26 | 1.13 | 0.45 | 1.95 | U | 2.92 | 2.71 | 1.13 | 0.37 | 1.17 |
| Sn | 4.00 | 3.73 | 1.46 | 0.37 | 1.60 | Th | 13.1 | 12.6 | 3.8 | 0.29 | 1.01 |
| Mo | 0.62 | 0.56 | 0.27 | 0.44 | 0.56 | B | 50.2 | 39.4 | 28.1 | 0.56 | 4.18 |
| Bi | 0.38 | 0.34 | 0.18 | 0.47 | 1.9 | F | 583 | 551 | 188 | 0.32 | 0.88 |
| Ti | 4937 | 4775 | 1226 | 0.25 | 1.10 | P | 753 | 718 | 231 | 0.31 | 0.81 |
| V | 99.3 | 93.5 | 32.9 | 0.33 | 1.10 | $SiO_2$ | 64.0 | 63.4 | 8.2 | 0.13 | 2.2 |
| Cr | 74.3 | 68.1 | 30.7 | 0.41 | 0.90 | $Al_2O_3$ | 15.4 | 15.2 | 2.6 | 0.17 | 1.91 |
| Mn | 831 | 794 | 248 | 0.30 | 0.83 | MgO | 1.56 | 1.42 | 0.71 | 0.05 | 0.83 |
| $Fe_2O_3$ | 5.6 | 5.4 | 1.4 | 0.25 | 1.20 | CaO | 0.35 | 0.30 | 0.19 | 0.54 | 0.12 |
| Co | 15.2 | 14.3 | 5.9 | 0.39 | 0.84 | $K_2O$ | 3.06 | 2.91 | 0.82 | 0.27 | 1.22 |
| Ni | 35.2 | 31.3 | 16.5 | 0.47 | 0.61 | $Na_2O$ | 0.41 | 0.33 | 0.28 | 0.68 | 0.16 |
| Li | 33.5 | 31.2 | 12.0 | 0.36 | 1.05 | | | | | | |

注：1.$\bar{x}$ —算术平均值；$\bar{x}j$—几何平均值；S—标准离差；CV—变化系数；K—区域浓度克拉克值（本测区元素平均值与地壳半度的比值）。

2.系剔除特高值后的统计值。　3.Au 单位为 PPb；氧化物为百分含量（%）；余皆为 PPm。

## 表 2.2　中国水系沉积物中 39 种元素背景值

| 类型 / 元素 | 水系沉积物（N=44422） | | | | 土壤（A 层）N=863~4093 | 陆壳元素含量（K·H·Wedepohl 1995） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 中位数 | 几何均值 | 算术均值 | 0.02%~99.98%累频区间含量变化 | 几何均值 | |
| Ag | 77.00 | 80.88 | 93.82 | 6.83~3452.33 | 105.00 | 70.00 |
| As | 10.02 | 10.09 | 13.29 | 0.51~420.72 | 9.20 | 1.70 |
| Au | 1.32 | 1.37 | 2.03 | 0.01~211.80 | | 2.50 |
| B | 47.00 | 42.47 | 51.25 | 1.14~405.79 | 38.70 | 11.00 |
| Ba | 491.16 | 473.47 | 521.69 | 37.09~5454.56 | 450.00 | 548.300 |
| Be | 2.13 | 2.13 | 2.28 | 0.27~17.12 | 1.82 | 2.40 |
| Bi | 0.31 | 0.34 | 0.50 | 0.03~55.98 | 0..32 | 0.08 |
| Cd | 135.00 | 156.33 | 258.39 | 11.50~12558.33 | 74.00 | 100.00 |
| Co | 12.12 | 11.75 | 13.10 | 0.86~74.43 | 11.20 | 24.00 |
| Cr | 59.39 | 56.43 | 67.86 | 3.80~1565.95 | 53.90 | 126.00 |
| Cu | 21.83 | 21.56 | 25.56 | 2.01~368.08 | 20.00 | 25.00 |
| F | 492.20 | 490.34 | 528.49 | 93.71~6595.25 | 440.00 | 525.00 |
| Hg | 36.12 | 35.90 | 69.06 | 1.53~17904.64 | 40.00 | 40.00 |
| La | 39.00 | 38.94 | 41.10 | 7.20~248.46 | 37.40 | 30.00 |
| Li | 31.70 | 31.21 | 33.94 | 4.00~201.03 | 29.10 | 18.00 |
| Mn | 670.56 | 658.04 | 728.47 | 32.92~4949.65 | 482.00 | 716.00 |
| Mo | 0.84 | 0.90 | 1.13 | 0.10~29.75 | 1.20 | 1.10 |
| Nb | 15.83 | 15.99 | 17.38 | 1.16~137.50 | | 19.00 |
| Ni | 24.68 | 23.68 | 28.66 | 1.71~669.61 | 23.40 | 56.00 |
| P | 577.78 | 582.37 | 654.02 | 77.60~5580.00 | | 757.00 |
| Pb | 23.53 | 24.94 | 29.19 | 2.60~1795.27 | 23.060 | 14.80 |
| Sb | 0.69 | 0.76 | 1.42 | 0.05~208.78 | 1.06 | 0.30 |
| Sn | 3.02 | 3.22 | 4.13 | 0.31~337.57 | 2.30 | 2.30 |
| Sr | 142.90 | 126.31 | 163.81 | 7.87~1597.73 | 121.00 | 333.00 |
| Th | 11.90 | 12.17 | 13.54 | 1.30~130.43 | 12.80 | 8.50 |
| Ti | 4103.70 | 4043.52 | 4459.41 | 332.00~31199.08 | 3600.00 | 4010.00 |
| U | 2.45 | 2.63 | 3.08 | 0.37~63.68 | 2.79 | 1.70 |
| V | 80.41 | 78.47 | 87.30 | 6.63~527.80 | 76.40 | 98.00 |
| W | 1.83 | 1.97 | 2.73 | 0.11~238.75 | 2.20 | 1.00 |
| Y | 24.73 | 24.97 | 26.31 | 2.59~152.45 | 21.80 | 24.00 |
| Zn | 70.04 | 69.61 | 77.17 | 9.83~1906.27 | 67.60 | 65.00 |
| Zr | 271.40 | 269.45 | 292.64 | 27.32~2015.97 | 2357.00 | 203.00 |
| FeO | 4.50 | 4.42 | 4.73 | 0.46~19.05 | | 6.17 |
| $Al_2O_3$ | 12.83 | 12.38 | 12.73 | 1.05~27.29 | | 15.03 |
| CaO | 1.80 | 1.62 | 2.87 | 0.03~40.70 | | 5.39 |
| MgO | 1.37 | 1.27 | 1.56 | 0.06~12.66 | | 3.66 |
| $K_2O$ | 2.36 | 2.28 | 2.40 | 0.16~6.53 | | 2.57 |
| $Na_2O$ | 1.32 | 0.94 | 1.37 | 0.02~5.30 | | 3.10 |
| $SiO_2$ | 65..31 | 64.05 | 64.74 | 9.60~91.33 | | 61.70 |

注：1.水系沉积物元素含量数据：837 幅 1：20 万化探扫面图幅中以 1/2.5 万图幅为单位的平均值统计结果，N 为样本数。

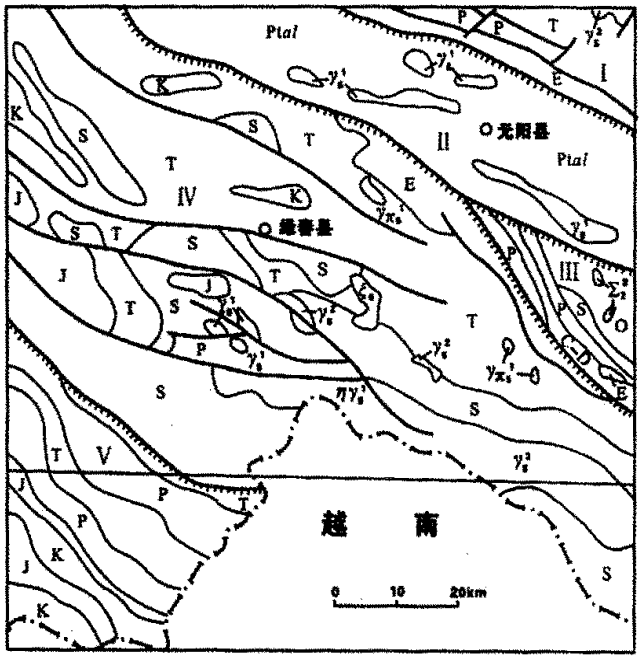
2.含量单位：Ag、Au、Cd、Hg 为 ng/g，氧化物为百分含量（%）。

土壤背景值引自“中国土壤元素背景值（A 层）”，1990，中国环境科学出版社

## 2.2 异常的圈定、分类

### 2.2.1 异常的圈定

1：20 万元阳幅（含大鹿马幅）地球化学分区见图 2.1。



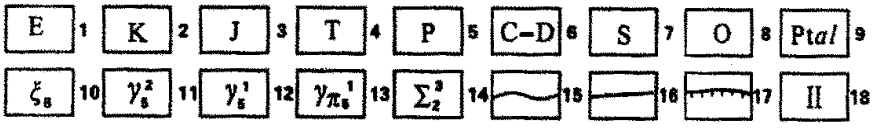




**图2.1　1:20万元阳幅(含大鹿马幅)地球化学分区略图**

1.下第三系；2.白垩系；3.侏罗系；4.三叠系；5.二叠系；6.石炭系-泥盆系；7.志留系；8.奥陶系；9.元古界哀牢山群；10.喜山期正长岩；11.燕山期花岗岩；12.印支期花岗岩；13.印支期酸性斑岩；14.晚古生代超基性岩；15.地质界线；16.断层；17.地球化学分区界线；18.地球化学分区编号；

Ⅰ区——白垩—陡岩地球化学区
Ⅱ区——哀牢山地球化学区
Ⅲ区——藤条河地球化学区
Ⅳ区——绿春地球化学区
Ⅴ区——大鹿马地球化学区

根据元阳幅中的地质成矿条件和主要矿致异常的元素组合特征，选择了 Au、As、Sb、Hg、Ag、Cu、Pb、Zn、Gd、W、Sn、Bi、Mo、Cr、Ni、Co、Nb、Be、Li、La、Y、Th 等 22 个元素，分成 Au、As、Sb、Hg；Ag、Cu、Pb、Zn、Cd；W、Sn、Bi、Mo；Cr、Ni、Co 和 Nb、Be、Li、La、Y、Th 五组编制综合异常图。

(金)异常是相对背景而言，比背景值高出一定梯度的数值即成为异常值。(金)异常的圈定以 4km$^2$ 为小窗口减去 100 km$^2$ 的大窗口得到剩余值，求取剩余平均值(Xa)、离差(a)并计算异常下限(Ta)：Ta=Xa+1.65a 用 Ta 圈定(金)元素异常。金综合异常图上仅对金元素以 Ta、2Ta、4Ta 勾绘等值线。其它相关的异常元素仅以 Ta 勾绘异常范围。

异常按方里网从左至右、自下而上统一编号。

1：20 万元阳幅共圈定 95 个综合异常，各元素组及异常数见表 2.3

表 2.3　1：20 万元阳幅异常元素组及异常数

| 异常分组 | Au、As、Sb、Hg | Ag、Cu、Pb、Zn、Cd | W、Sn、Bi、Mo | Cr、Ni、Co | Nb、Be、Li、La、Y、Th |
|---|---|---|---|---|---|
| 异常数 | 21 | 34 | 26 | 4 | 10 |

## 2.2.2 异常的分类

根据部颁《物化探生产技术管理制度》的异常分类原则，结合本区实际，将综合异常分为甲、乙、丙、丁四类。

(1) 甲类异常：反映已知矿床且异常与矿床规模相当、成矿元素与化探异常所反映的元素、元素组合一致，无必要再进行工作的异常。

(2) 乙类异常分为乙$_1$类、乙$_2$类两个亚类；

乙$_1$类异常：有已知矿床、矿点存在的但推测还能扩大找矿远景或可能发现新矿种的异常。

乙$_2$类异常：推测的矿致异常。

(3) 丙类异常：找矿远景不明的异常。

(4) 丁类异常：目前在找矿或解决其它地质问题方面暂无意义或已被确认为由人工污染引起的异常。

根据上述原则，将全区 95 个综合异常分为：甲类异常 6 个，乙$_1$类异常 29 个，乙$_2$类异常 26 个，丙类异常 26 个，丁类异常 8 个。

2、异常的统计分类

为从地球化学的角度了解同一异常区的异常的强度、面积、规模、衬值、元素组合诸方面所反映的找矿前景的优劣，在对综合异常分组评序的基础上，用有序样品聚类分析程序，将异常的找矿前景从优到劣分为A、B、C、D四类。

全区综合异常的找矿前景分类、统计分类结果见表3.4。

## 2.3 区域化探（金）异常优选

区域化探（金）异常优选方法比较多，许多文献中都有介绍，这些方法各有特点和不足。由于景观和地质条件的复杂性，成矿条件的差异性，因而很难有一种包罗万象的优选方法。往往是一种方法适合于一定的景观和地质环境及矿产。根据研究区属热带雨林气候，水系发育，化学风化、物理风化强烈，雨量充沛，切割较大等特点。本文的选择了经验分析法进行（金）异常的优选。

经验分析法主要依据（金）异常的异常强度、规模、元素组合等地球化学异常特征，所处地质背景和已知的（金）矿异常的相似性等准则，凭借优选者的认识、经验和智慧，在单元素（金）地球化学图上或综合异常图上直观优选（金）异常。并用数理统计方法作为辅助手段参与评序优选（金）异常。在实际应用中，通常选择对异常优选有重要意义的 8 个指标进行指标打分，各指标得分累加即为该异常的最后分植（总分满分为100）。按得分高低进行排序。

所选用的8个统计指标及打分标准如下：

①异常强度：取各综合异常的主要元素极大值作为该异常的强度值。

②异常面积：量取各异常的面积（平方公里）

③异常衬度：先分别计算异常中各相关元素含量平均值与该元素异常下限之比值，再求各元素衬度平均值。

④异常规模：异常面积与强度之积。

上述4个指标的记分方法为：以各指标的最高值作标准记15分，其余异常的相应指标值按15×(指标值/最高指标值)计算得分。

⑤元素组合及分带：凡对成矿有利者记10分，一般记5分，不利者不记分。

⑥异常的浓度分带：主要成矿元素浓度分带好记10分，仅相关元素分带好记5分，分带不明显者不记分。

⑦成矿地质条件：对成矿有利者记10分，一般计5分，不利者不记分。

⑧矿产：矿床记10分，矿点、矿化点记5分，其余不记分。

2、异常的统计分类

为从地球化学的角度了解同一异常区的异常的强度、面积、规模、衬值、元素组合诸方面所反映的找矿前景的优劣，在对综合异常分组评序的基础上，用有序样品聚类分析程序，将异常的找矿前景从优到劣分为 A、B、C、D 四类。

全区综合异常的找矿前景分类、统计分类结果见表 3.4。

## 2.3 区域化探（金）异常优选

区域化探（金）异常优选方法比较多，许多文献中都有介绍，这些方法各有特点和不足。由于景观和地质条件的复杂性，成矿条件的差异性，因而很难有一种包罗万象的优选方法。往往是一种方法适合于一定的景观和地质环境及矿产。根据研究区属热带雨林气候，水系发育，化学风化、物理风化强烈，雨量充沛，切割较大等特点。本文的选择了经验分析法进行（金）异常的优选。

经验分析法主要依据（金）异常的异常强度、规模、元素组合等地球化学异常特征，所处地质背景和已知的（金）矿异常的相似性等准则，凭借优选者的认识、经验和智慧，在单元素（金）地球化学图上或综合异常图上直观优选（金）异常。并用数理统计方法作为辅助手段参与评序优选（金）异常。在实际应用中，通常选择对异常优选有重要意义的 8 个指标进行指标打分，各指标得分累加即为该异常的最后分植（总分满分为 100）。按得分高低进行排序。

所选用的 8 个统计指标及打分标准如下：

①异常强度：取各综合异常的主要元素极大值作为该异常的强度值。

②异常面积：量取各异常的面积（平方公里）

③异常衬度：先分别计算异常中各相关元素含量平均值与该元素异常下限之比值，再求各元素衬度平均值。

④异常规模：异常面积与强度之积。

上述 4 个指标的记分方法为：以各指标的最高值作标准记 15 分，其余异常的相应指标值按 15×(指标值/最高指标值)计算得分。

⑤元素组合及分带：凡对成矿有利者记 10 分，一般记 5 分，不利者不记分。

⑥异常的浓度分带：主要成矿元素浓度分带好记 10 分，仅相关元素分带好记 5 分，分带不明显者不记分。

⑦成矿地质条件：对成矿有利者记 10 分，一般计 5 分，不利者不记分。

⑧矿产：矿床记 10 分，矿点、矿化点记 5 分，其余不记分。

⑧矿产：矿床记 10 分，矿点、矿化点记 5 分，其余不记分。

若在评序中出现综合异常带积分相同者，则按这些异常间地球物理条件（主要是区域磁力异常和区域重力异常）、遥感信息条件（主要是线、环形影象信息，赋矿岩层信息，矿化蚀度信息）的优劣确定秩序。

全区及分区的异常按上述指标记分累加排序结果见表 2.4

牛波金异常剖析图见图 2.2，通过全区和分区评序，其成矿元素为 Au，强相关元素为 As、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn、Ag、W、Bi、Cd；次相关元素为 Cr、Ni、Co。全区排序为 23 位，分区排序为第 9 位（位于绿春异常区），统计分类为 A，远景分类为乙 1。通过经验分析法优选该金异常，显示了较好的找矿前景。

从长期的金异常找矿研究发现，金异常元素组合复杂，各异常元素浓集中心重叠，无论峰值高低，均能发现或找到金矿化体或金矿体。因此，金异常经验式优选研究应把各异常元素的浓集中心是否重叠作为重要指标来考虑。

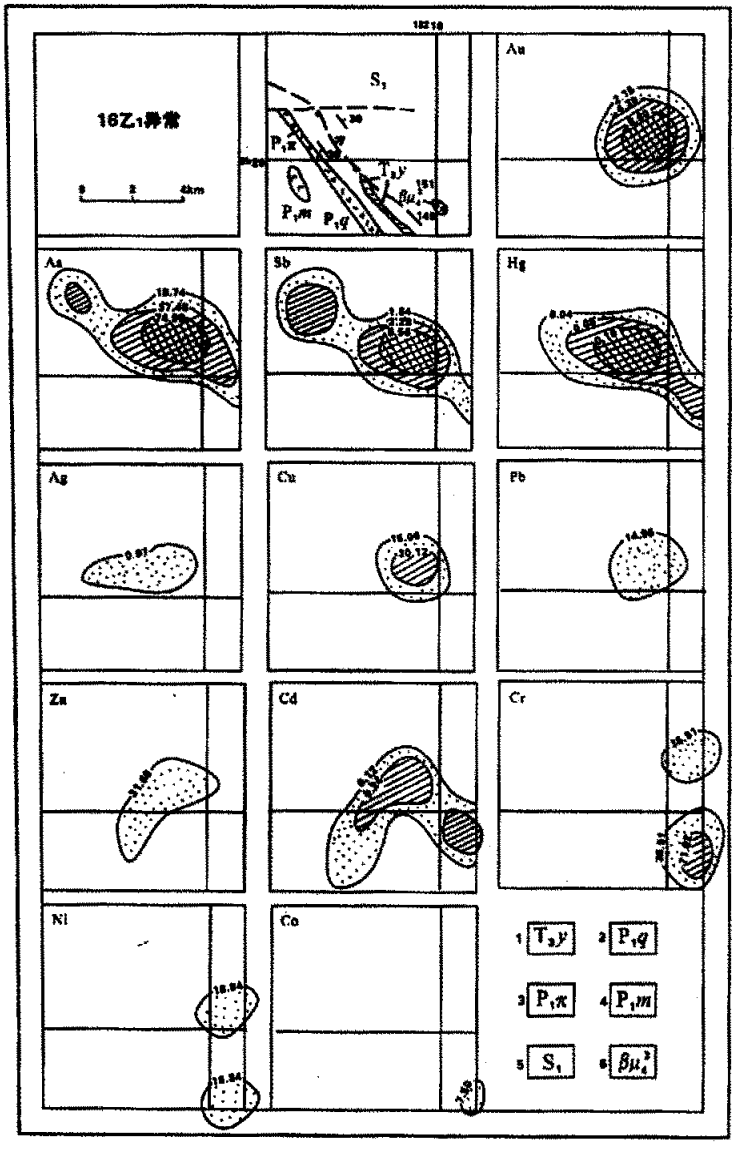



**图2.2　1:20万元阳幅牛波金异常(16乙1)剖析图**

1.三叠系一碳水组；2.二叠系下统铜厂组；3.下二叠统中酸性喷出岩；
4.下二叠统中基性喷出岩；5.志留系下统；6.华力西期闪长岩；

表 3.4　　1:20 万元阳幅(含大庵马幅)综合异常分类评序表

| 异常分区 | 异常编号 | 元素组合特征 | | | 异常分类 | | 异常评序 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 成矿元素 | 强相关元素 | 次相关元素 | 统计分类 | 远景分类 | 分区评序 | 全面评序 |
| 白显院岩异常区（I区） | 89 | Mo、Sb | Hg、Cu、Zn、Cd | Nb、Li | D | $Z_3$ | 7 | 35 |
| | 90 | Pb、Zn、Sb、Ag | Cu、Cd、Hg、Au、W、Sn、Bi、Mo、Nb | Cr、Ni、Co、Y、La、Th | B | $Z_1$ | 2 | 3 |
| | 91 | Cu、Pb、Zn | Sb、As、Au、Bi、Mo、Cr、Ni、Nb、Y | | D | 甲 | 6 | 29 |
| | 92 | Sn、Bi、W、Pb、Zn、Cu | Sb、As、Au、Mo、Th | Cr、Ni、Co、Be、Li、Y、Nb、Hg | A | 甲 | 1 | 5 |
| | 93 | Mn、Sb、Pb、Zn、Sn | As、Au、Hg、Ag、Cd、Cu、W、Mo、Nb、La | Cr、Ni、Co | B | 甲 | 3 | 6 |
| | 94 | Pb、Zn、Ag、Cd、Sn、Bi | Cu、W、Mo、As、Sb、Au、Hg、Th | Cr、Ni、Co、La、Y、Li、Be、Nb | C | $Z_2$ | 4 | 14 |
| | 95 | Mo、Sn、Cu、Pb、Zn | W、Ag、Sb、As、Au、Hg | | C | $Z_3$ | 5 | 18 |
| 察哈山异常区（II区） | 56 | Cu、Au | Ag、Cd、Pb、Zn、Cr、Ni、Co | Hg、Nb、Be、Th、Li、La、Y | B | $Z_1$ | 7 | 32 |
| | 58 | Cu | La、Be、Nb、Th | Li、Y | C | $Z_2$ | 16 | 70 |
| | 59 | Cu、Au | Co | Pb、Cd | B | 甲 | 9 | 34 |
| | 60 | Cu、Ag | | Sn、Mo、Ag、Th、La、Be、Nb | B | 甲 | 6 | 31 |
| | 61 | Cu、Au | Mo、Cr、Co | | B | $Z_2$ | 4 | 26 |
| | 68 | Ni | Cr、Co、Ag、Zn | | C | 丁 | 13 | 57 |
| | 69 | Nb、Be、Bi、Ni | La、Li、Y、Sn、W、Cr、Co | Th、Mo、Ag、Cu、Pb、Zn | B | $Z_1$ | 3 | 19 |
| | 70 | Nb、Be、Y | Th、W、Bi、Sn | Mo | C | $Z_2$ | 10 | 43 |
| | 71 | Cr、Ni | Cr、Co、Ag、Zn、Cd、W、Mo、Bi | Sn、Nb、Y、Be、La、Th | A | $Z_1$ | 2 | 11 |
| | 72 | La、Th | Be、Nb、Mo、Bi、Zn | | C | $Z_1$ | 11 | 47 |
| | 79 | Pb、Zn、La、Th | Cu、Cd、Y、Be、Cr、Ni、Co | W、Bi | B | $Z_2$ | 8 | 33 |
| | 81 | La、Th、Nb、Y、Be | W、Bi | | C | $Z_2$ | 15 | 62 |
| | 82 | W、Bi、Mo | | | D | 丁 | 18 | 92 |
| | 83 | La、Th、Nb、Y | | Cu、Cr、Co | C | 丙 | 12 | 50 |
| | 84 | La、Th、Y | | | D | 丙 | 17 | 82 |
| 腰条河异常区（III区） | 85 | Nb、Li、Be | W、Sn、Bi | Cr、Ni、Co | A | $Z_1$ | 1 | 2 |
| | 86 | Hg、Nb、Be、Y | Au、W、Sn | Cr、Ni、Ag、Cu、Pb、Zn、Cd | C | $Z_2$ | 14 | 59 |
| | 87 | La、Th、Nb、Be、Y、Li | Au、Hg | W、Bi、Cr、Ni、Cu、Pb | B | $Z_1$ | 5 | 27 |
| | 14 | Hg、Au | Ag、Zn、Cu、Pb、Cd | Li、Bi | C | 丙 | 6 | 65 |
| | 22 | Pb、Au | Zn、Cu、Ag、Cd、As、Sb、Cr、Ni、La、Th | Hg、Co、Bi、Nb | B | $Z_1$ | 3 | 12 |
| | 33 | Zn、Cd、Pb | Cu、Ag、Au、As、Hg、Cr、Co、W、Sn、Mo | Nb、Y、La、Be、Li、Th | A | $Z_2$ | 1 | 4 |
| | 34 | Ni、Cu、Co | Cr、Y | Nb、La、Li | B | 甲 | 5 | 17 |
| | 47 | Au | Hg、As、Ag、Cu、Pb、Cd、Cr、Ni、Nb、La | W、Sn、Mo、Th、Li、Be、Y | A | $Z_1$ | 2 | 8 |
| | 48 | Pb、Zn | Ag、Cu、Au、Hg、W、Mo、Nb、Y、Li、La | Cr、Ni、Co | B | $Z_1$ | 4 | 16 |
| | 49 | Ag、Hg | | | D | 丁 | 9 | 95 |
| | 50 | Cu、Ni、Co | Cr、Sb、Hg、Sn | Nb、La、Y、Ag | C | 丙 | 7 | 75 |
| | 57 | Sb | Mo、Bi | Pb、Zn、Ag、Cu | C | $Z_2$ | 8 | 76 |
| 绿春异常区（IV区） | 2 | Sn | Bi、W、Cr、Ni、Co、Ag、Cd、As、Sb、Au | Li、Y、Th、La | B | $Z_2$ | 26 | 52 |
| | 6 | Mo、W | Sb、Hg、As | Cu、Cd、Zn、Ag | B | 丙 | 30 | 56 |
| | 10 | W、Bi、Sn | Sb、Hg、As、Au、Be、Li、Nb、La、Y、Th | Pd、Ag、Zn、Cd、Cu | A | $Z_1$ | 5 | 15 |
| | 11 | Hg | Sn、Bi、W、Th、La、Li、Be | Au、As、Sb | C | $Z_2$ | 52 | 91 |
| | 12 | Zn、Cd、Pb、Ag | Cu、Ni、Cr、Ni、Co | As、As、Sb、Sn、Bi、W | B | $Z_3$ | 16 | 38 |
| | 13 | Bi、Sn、W | La、Th、Nb、Be | Au、As、Sb、Cr、Ni、Pb、Cd | A | $Z_3$ | 31 | 25 |
| | 15 | Hg、Sb | As、As | La、Y、Nb、Be | B | $Z_1$ | 24 | 49 |
| | 16 | Au、As、Sb、Hg | Bi、W、Cd、Cu、Pb、Zn、Ag | Cr、Ni、Co | A | $Z_1$ | 9 | 23 |
| | 17 | Au | Hg、Mo | Sn、Bi、W | D | 丙 | 53 | 93 |
| | 18 | Pb、Zn、Ag、Cd | Sb、As、As | W、Sn、Bi、Mo | A | $Z_3$ | 7 | 21 |
| | 19 | Sn、W | Bi、Mo、Au、Hg、As | Cr、Ni、Co、Y、La、Th、Li、Nb、Be | C | 丙 | 51 | 90 |
| | 20 | Pb、Zn、Cd | Cu、Sb、As、Au、Hg | Cr、Ni、Co、Sn、Bi、W、Li、Th、Be、La | B | $Z_2$ | 15 | 37 |
| | 21 | Pb、Zn、Cd | Cu、Ag、Li、La、Y | W、Bi、Cr、Nb | B | $Z_2$ | 39 | 72 |
| | 23 | Bi、W | Mo | Sb、Hg | C | 丙 | 45 | 84 |

| 异常分区 | 异常编号 | 元素组合特征 | | | 异常分类 | | 异常评序 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 成矿元素 | 强相关元素 | 次相关元素 | 统计分类 | 远景分类 | 分区评序 | 全面评序 |
| 绿春异常区（IV区） | 24 | Hg、Sb | As、Li、La | Be | B | 丙 | 21 | 45 |
| | 25 | Sb | As、As、Hg | W、Sn、Bi、Ag、Pb、Zn、Cu、Y、Be、Th | B | 丙 | 36 | 68 |
| | 26 | Y、La | Th、Li、Be | Cd、Au、Sb | B | 丙 | 37 | 69 |
| | 27 | Bi、Sn、W | As、Sb、Au | Pb、Zn、Ag、Cd、Cr、Ni、Co、Li、Y | A | 丙 | 10 | 24 |
| | 28 | Sb、Hg | Au、As、Co | Ag、Cu | C | 丙 | 44 | 83 |
| | 29 | Mo | Sn、Bi、W、Ni | Ag、Cu、Pb、Zn、Sb、Hg、Y、Be、Th、La | B | 丙 | 28 | 54 |
| | 30 | Mo、Sn、Au | As、Sb、Hg、Ag、Cu、Pb、Zn、Cd、Ni | Y、Be、La、Th、Nb | B | $Z_3$ | 29 | 55 |
| | 31 | Bi、Mo、W、Au | Sn、As、Sb、Hg、Pb、Cu、Ag、Cd | Nb、Y、La、Li、W、Mo、Bi | A | $Z_1$ | 1 | 5 |
| | 32 | Pb、Cu | Ag、Zn、Cd、Au、As、Sb | Ag、As、Sb、Hg、Li、Be、La | B | $Z_1$ | 20 | 44 |
| | 35 | Pb、Zn、Ag | Cd、Co | Ni、Cu | B | 丙 | 25 | 51 |
| | 36 | Au、Zn | As、Sb、Hg、Cd、Ag、Pb、W、Sn、Bi | | B | $Z_2$ | 17 | 39 |
| | 37 | Au | As、Sb | Pb、Zn、Ag、Cd | D | 丁 | 54 | 94 |
| | 38 | Sb | As、Au、Hg、W、Bi、Mo | Ag、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni、La、Li、Be | B | $Z_3$ | 33 | 63 |
| | 39 | Mo、Bi | Sb、Hg、Au、As | Cr、Co、Mo、Sn、Bi、Be、Th、Y、Nb | A | 丙 | 8 | 22 |
| | 40 | Pb、Cd | Ag、Cu | As、Hg、Th、Y | A | $Z_1$ | 12 | 28 |
| | 41 | Pb、Zn、Ag | Co、Cd | Cr、Ni、Co、Li、La、Nb、Y | B | $Z_2$ | 14 | 36 |
| | 42 | Pb、Cu | Ag、Cd | Cr、Ni、Co | B | 丙 | 31 | 60 |
| | 43 | Pb、Au | Ag、Cu、Cd、As、Sb、W、Mo、Be、Th、Y | Cr、Ni、Co、W、Sn、Nb、Be、Y、La、Th | A | $Z_1$ | 2 | 7 |
| | 44 | Au、Pb | As、Sb、Ag、Zn | | B | 丙 | 19 | 42 |
| | 45 | W、Sn、Pb | Au、As、Sb、Hg | Li、Y、Be、Th、La | C | 丁 | 48 | 87 |
| | 46 | W | Sn、Bi、Mo、As、Sb、Hg、Pb、Ag | Ag、Cu | C | 丁 | 42 | 78 |
| | 51 | Au、As、Sb | Hg | Sn、Mo | B | $Z_1$ | 23 | 48 |
| | 52 | Pb、Zn | Cd、Bi、La、Th | Li、Be | B | 丙 | 32 | 61 |
| | 53 | Pb、Zn、Ag、Cd、Hg | As、Cu | Nb、Y、La、Th | A | $Z_1$ | 6 | 20 |
| | 54 | Pb | Cu、Ag、Cd、W、Bi、Cr、Ni | Cr、Ni、Co、Li | B | $Z_1$ | 18 | 41 |
| | 55 | Ag、Mo | Pb、Zn、Sb、Hg | As、Sb、Hg、W、Sn、Bi、Mo、Cr、Ni | B | 丙 | 22 | 46 |
| | 62 | Ag、Pb、Zn、Cu | Cu、Au、Y、La、Be、Th | Y、Th、Be、Nb、La | A | $Z_2$ | 3 | 9 |
| | 63 | Sn、Bi | Ag、Cd、Cu | Nb、La、Th、Y | B | 丙 | 34 | 66 |
| | 64 | Pb、Zn、As、Sb | Ag、Cu、Cd、Hg、Sb、W、Mo | | A | $Z_1$ | 4 | 10 |
| | 65 | As | | Y、Th | C | 丙 | 49 | 88 |
| | 66 | Sb、Au、Pb | As、Hg、Ag、Zn、Cd、Cr、Ni | Pb、Zn、Cu、Cd | B | $Z_2$ | 27 | 53 |
| | 67 | Au | W、Sn、Bi、Mo、Ag | La、Nb、Th | C | 丙 | 41 | 77 |
| | 73 | Ni、Co | Cr | Pb、Cd、Nb、Y、Li、Th | C | $Z_2$ | 47 | 86 |
| | 74 | Hg、Sb | | | C | 丙 | 50 | 89 |
| | 75 | Pb、Cd | Sn、Zn、Ag、As | Cr、Ni、Co | C | 丁 | 43 | 79 |
| | 76 | Au | As、Cu、Pb、Zn、Cd | Y | B | $Z_1$ | 40 | 74 |
| | 77 | Sn、W | Pb、Hg | Bi | B | $Z_2$ | 35 | 67 |
| | 78 | Ag、Pb | As、Sn | Mo、Co | C | 丁 | 46 | 83 |
| | 80 | Pb、Au | Zn、Cu | Cu、Ag | B | $Z_2$ | 38 | 71 |
| | 88 | La、Th、Nb、Be、Y、Li | Cr、Ni、Co | | A | $Z_1$ | 13 | 30 |
| 大庵马异常区（V区） | 1 | Mo | Zn、Cd | Cd | C | 丙 | 5 | 73 |
| | 3 | Bi | Be、Li、Th | Ag、Cu、Zn、Cd | D | 丙 | 7 | 81 |
| | 4 | Hg | As、Mo、Be、Li、Th | Th、Be、Nb、Li、Y | A | $Z_1$ | 1 | 15 |
| | 5 | Hg、As | Mo、Cr、Ni、Co、Cu、Zn、Pb、Ag、Cd | Cr、Co | B | $Z_1$ | 2 | 40 |
| | 7 | Hg、Au | As、Mo、Pb、Ag、Cu、Zn、Cd | Cr、Ni、Co、Cu、Pb、Be | B | $Z_2$ | 6 | 80 |
| | 8 | Hg | Au | Mo、Cr、Ni、Au | C | $Z_2$ | 4 | 64 |
| | 9 | Cu、Zn、Cd | Ag | | C | $Z_1$ | 3 | 56 |

# 第三章　牛波矿区地质特征

## 3.1 区域地质

1：20万元阳幅位于扬子准地台、华南褶皱系和唐古拉-昌都-兰坪-思茅褶皱系三个一级构造单元的交汇部位，地质构造复杂，岩浆活动及变质作用强烈，成矿条件有利，矿产资源丰富。

### 3.1.1 地层

从元古界哀牢山群至第四系均有出露，但以元古界、古生界、中生界出露最广，新生界仅零星分布。元古界哀牢山群主要分布于红河深断裂以南，哀牢山深断裂以北，属哀牢山断块的一部分，地层沿哀牢山脉呈北西向展布。由片麻岩、变粒央、斜长角闪岩、混合岩、片岩及大理岩组成。古生界主要分布于测区东部和西南侧，为地台型碎悄岩-碳酸盐岩建造。各地层时代、岩性特征见表3.1

### 3.1.2 岩浆岩

区内岩浆活动强烈，从前古生代到新生代均有活动，以燕山期最为强烈频繁，且岩性复杂，并与矿产关系密切。岩浆岩从超基性-基性-酸性岩均有出露，以酸性岩为主。出露展布方向与区域构造线一致，多数具线性特征。

### 3.1.3 构造

区内构造主要为北西向或北北西向断裂和褶皱。红河深断裂、哀牢山-藤条河深断裂、阿得博断裂、李仙江断裂不仅控制了一定时期的沉积相、沉积建造类型、不同时期的岩浆活动，而且不同程度地控制了一系列密集分布的压扭性断裂的发育及区域变质作用的程度。多数断裂构造因多期叠加作用，致使断裂面貌模糊，断裂破碎带宽广，区内主要构造的展布见图3.1。

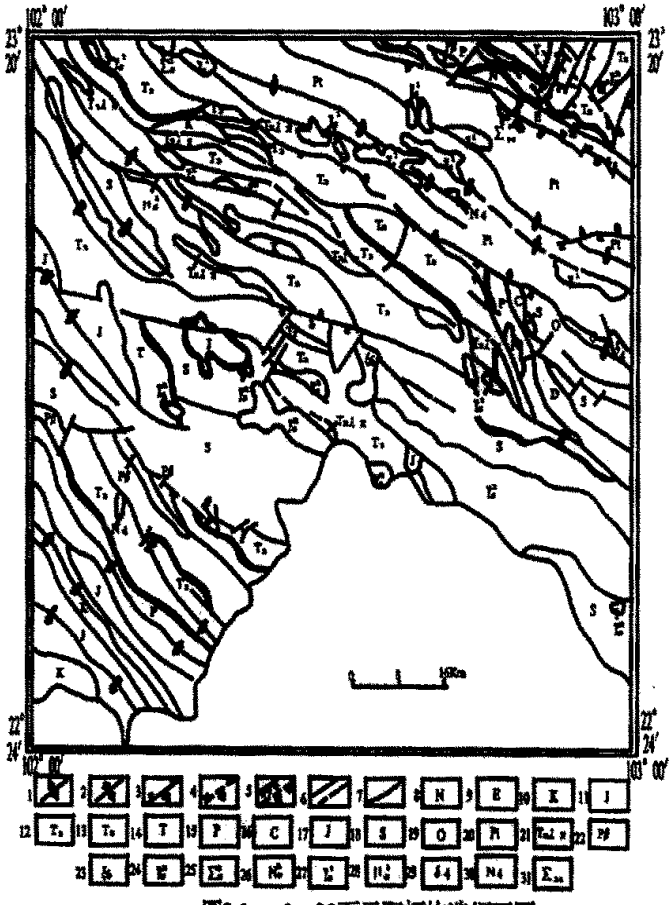



图3.1　1：20万元阳幅构造纲要图

1-背斜轴 2-向斜轴 3-实测逆冲断层 4-推测逆冲断层 5-实测正断层、推测正断层 6-实测性质不明断层，推测性质不明断层 7-实测地质界线 8-上第三系 9-下第三系 10-白垩系 11-侏罗系 12-上三叠统 13-中三叠统 14-三叠系 15-二叠系 16-石炭系 17-泥盆系 18-志留系 19奥陶系 20-元古界哀牢山群 21-晚三叠世喷出岩（流纹质岩为主） 22-二叠世喷出岩（玄武岩为主） 23-喜山期正长岩 24-燕山期花岗岩 25-燕山期超基性岩 26-燕山期基性岩 27-印支期花岗岩 28-印支期酸性脉岩 29-华力西期闪长岩 30-华力西期基性岩 31-晚古生代超基性岩

## 表 3.1　　1：20 万元阳幅地层层序及岩性特征一览表

| 界 | 系 | 统 | 阶（组） | 代号 | 岩性特征 |
|---|---|---|---|---|---|
| 新生界 | 第四系 | | | Q | 冲积层、洪积层 |
| | 上第三系 | 中新统 | | $N_1$ | 砾岩、页岩夹石膏 |
| | 下第三系 | 古新统 | | $E_1$ | 砂岩、页岩、砾岩泥灰岩夹石膏 |
| 中生界 | 白垩系 | 下统 | 曼岗组 | $K_1m$ | 砂岩、泥岩 |
| | | | 乌沙河组 | $K_1w$ | 砂岩、粉砂岩、泥岩 |
| | 侏罗系 | 上统 | 景星组 | $J_3j$ | 砂岩夹泥岩 |
| | | 中统 | 坝注路组 | $J_2b$ | 粉砂岩、砂岩、钙质泥岩 |
| | | | 和坪乡组 | $J_2h$ | 砂岩、含钙质结核粉砂岩、泥岩 |
| | | | 小红桥组 | $J_2x$ | 砂岩、粉砂岩、泥岩 |
| | | 下统 | 漾江组 | $J_1y$ | 泥岩夹砂岩 |
| | | | 冯家河组 | $T_1f$ | 页岩夹砂岩 |
| | 三叠系 | 上统 | 澜玛组 | $T_3Z$ | 砂岩、页岩夹煤线 |
| | | | 榜子寨组 | $T_3l$ | 粉砂岩、页岩夹煤线 |
| | | | 一碗水组 | $T_3y$ | 砾岩、砂岩、页岩夹灰岩 |
| | | | 高山寨组 | $T_3\lambda\mu$ | 安山玢岩 |
| | | | | $T_3\Phi\pi$ | 英安斑岩 |
| | | | | $T_3\pi$ | 中酸性斑岩 |
| | | | | $T_3\lambda\pi$ | 流纹斑岩（石英斑岩） |
| | | | | $T_3\tau$ | 辉石粗面岩 |
| | | | | $T_3g$ | 砂岩、页岩、板岩 |
| | | | 火把冲组 | $T_3h$ | 砂质页岩夹煤层 |
| | | | 鸟格组 | $T_3n$ | 页岩、灰岩 |
| | | 中统 | 法郎组 | $T_2f$ | 灰岩夹白云岩、页岩、局部含锰矿层 |
| | | | 个旧组 | $T_2g$ | 灰岩、灰质白云岩、页岩 |
| | | | 牛上组 | $T_2n$ | 板岩夹灰岩，砂岩 |
| | | 下统 | | $T_1$ | 钙质灰岩页岩及泥质 |
| 古生界 | 二叠系 | 上统 | 龙潭阶 | $P_2l$ | 页岩、凝灰岩夹泥灰岩、煤线 |
| | | | | $P_2m$ | 中基性喷出岩 |
| | | | | $P_2\pi$ | 中酸性喷出岩 |
| | | 下统 | | $P\beta$ | 玄武岩 |
| | | | 茅口组 | $P_1m$ | 石灰岩 |
| | | | 栖霞组 | $P_1q$ | 石灰岩、砾岩、片岩 |
| | | | | $P_1\pi$ | 中酸性喷出岩 |
| | | | | $P_1m$ | 中基性喷出岩 |
| | 石炭系 | 上统 | | $C_3$ | 生物碎屑灰岩 |
| | | 中统 | | $C_2$ | 生物碎屑灰岩 |
| | | 下统 | | $C_1$ | 石灰岩 |
| | 泥盆系 | 中统 | 老proper寨组 | $D_2l$ | 灰岩、硅质页岩、白云岩 |
| | | | 马鹿阿组 | $D_2m$ | 石灰岩 |
| | 志留系 | 中统 | | $S_2$ | 白云岩、白云质灰岩 |
| | | 下统 | | $S_1$ | 板岩、砂岩夹灰岩 |
| | 奥陶系 | 上统 | 大坪子组 | $O_3d$ | 含磷石石灰岩、硅质白云岩 |
| | | 中统 | 南板河组 | $O_2n$ | 钙泥质粉砂岩，粉砂央夹泥岩 |
| | | 下统 | 白马寨组 | $O_1b^3$ | 石英砂岩，长石砂岩页岩 |
| | | | | $O_1b^2$ | 长石石英砂岩夹页岩 |
| | | | | $O_1b^1$ | 页岩、板岩夹粉砂岩 |
| 元古界 | 哀牢山群 | | 凤港组 | Ptf | 片麻岩、变粒岩 |
| | | | 阿龙组 | Pta | 大理岩与片麻岩、变粒岩 |
| | | | 小羊街组 | Ptx | 片麻岩与变粒岩互层 |

## 3.2 矿区地质

### 3.2.1 地层

矿区出露的地层（见图 3.2）主要有志留系漫波组，二叠系坝溜组、羊八寨组及上三叠统歪古村组。现将各地层特征分述如下。

（1） 志留系漫波组（Sm）

分布于矿区的北东部，由灰、浅灰色变质石英砂岩、变质粉砂岩及板岩组成，局部夹泥质灰岩，未见底。与二叠系呈断层接触，厚度大于 800m。

（2） 二叠系下统坝溜组（$P_1bl$）

呈长条状分别出露于的处东侧及阿的南东侧，其组成岩性为深灰色、灰色厚层块状细粉晶灰岩、白云质灰岩夹钙质板岩，灰岩中含：Neoschwagerina craticulifera(Schwager), Verbeekina verbeeki(Geinitz), Pseudodoliolina ozawai Yabe et Hanzsnwa, Neomisellina sphaerioidea Sheng, Namkinella lalta Yang; 珊瑚：Hua-yunophllum yunnanense Sung, waagenophyllum indicum kueicho-wense Huang 及藻类 Permocalculus forecepins(Jehnson)。该组在区内厚度大于 500m，与上覆羊八寨组平行不整合接触。

（3） 二叠系上统羊八寨组（$P_2y$）

于矿区中部呈北西-南东向带状分布，主要的近矿围岩。按岩性组合，大体上可细分为 4 个岩性段，各段（层）间为整合接触。

第一段（$P_2y^1$）：底部为灰色、浅灰色厚层状变质砾岩。砾岩变形强烈，劈理化明显，砾石往往被压扁拉长，呈定向排列。因显位稳定，具有一定厚度（厚 10-30m），划为第一段第一层（$P_2y^{1-1}$）。该段中、上部为浅灰色，风化黄褐色中-厚层状变质石英砂岩夹粉砂质绢云板岩，厚>400m，划分为第一段第二层（$P_2y^{1-2}$）。

第二段（$P_2y^2$）：深灰色、灰黑色绢云板岩夹变质砂岩，顶部夹硅质板岩，厚约 380m。

第三段（$P_2y^3$）：灰绿色，风化呈砖红色蚀变安山玄武岩，蚀变杏仁状玄武岩，厚约 250m。该段中部夹绢云板岩、硅质板岩，夹层厚 10m 左右。

第四段（$P_2y^4$）：深灰色绢云板岩为主，夹少量变质粉砂岩及泥灰岩透镜体。厚度大于 300m。

（4） 上三叠统歪古村组（$T_3w$）

分布于矿区西南部及的处后山，由紫红色厚层块状岩屑砂岩、复成份砾岩、粉砂质泥岩组成。其不整合覆于二叠系之上，厚度大于400m。

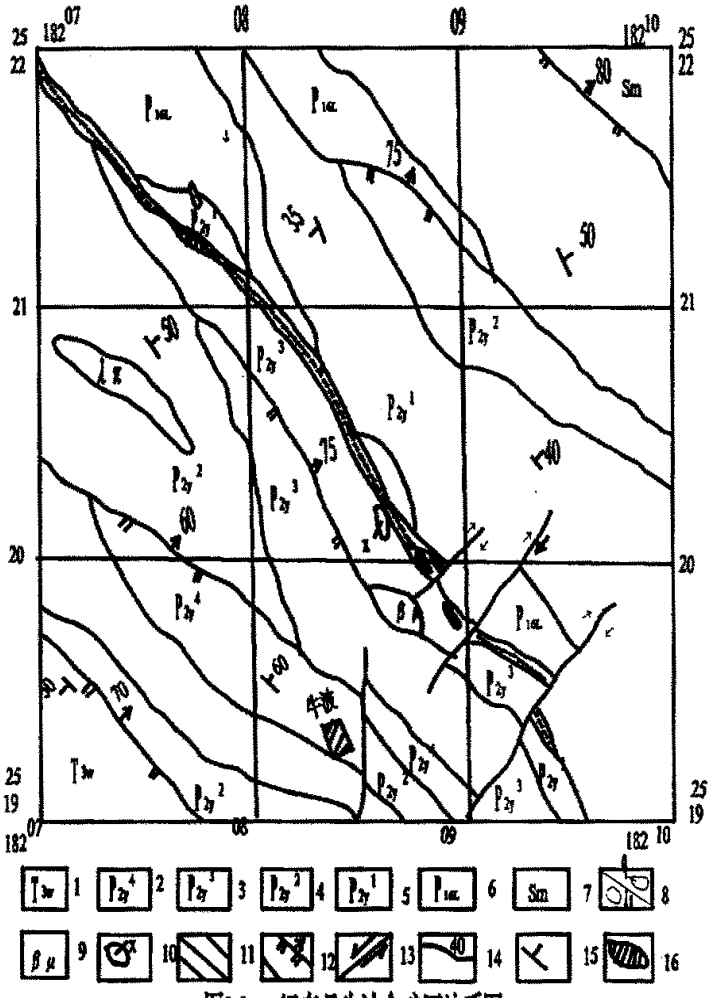



图3.2 绿春县牛波金矿区地质图

1.上三叠统歪古村组；2，3，4，5.上二叠统羊八寨组第四段、第三段、第二段、第一段；6.下二叠统坝溜组；7.志留系漫坡组 8.石英岩脉、石英斑岩；9.辉绿岩脉；10.煌斑岩脉；11.破碎带；逆断层及性质不明断层；13.平移断层；14.实测地质界线；15.岩层产状；16.金矿体

### 3.2.2 岩浆岩

矿区岩浆岩主要为华力西晚期中基性火山喷发形成的安山玄武岩，即为上二叠统羊八寨组第三段（$P_2y^3$）之岩层。除此之外，尚有零星的以脉岩产出的辉绿岩、石英斑岩及煌斑岩。

安山玄武岩：岩石呈灰、灰绿色，风化为褐色、褐红色，块状构造，部分杏仁状构造，变余间隙结构。岩石蚀变强烈，其中长石具不同程度的钠黝帘石化，安山-玄武质多被绢云母、绿泥石、粘土矿物等次生矿物所取代。

辉绿岩：出露于牛波矿段南侧，为一小岩株。岩石呈灰、灰绿色，块状构造，嵌晶含长结构，主要由辉石（55%）、斜长石（41%）组成，岩石中明显的次生蚀变，常见辉石不同程度的被次闪石，绿泥石、帘石所代替，斜长石已钠黝帘石化。

石英斑岩：呈大小不等的岩脉产出，岩石呈浅灰、灰白色，块状构造，显微斑状结构。显微斑晶主要有石英（20-23%），次为钠、更长石（5-10%），基质为隐晶长英质矿物。岩石次生蚀变较强烈，具绢云母化、硅化和钠长石化。

煌斑岩：均为岩脉，主要岩石类型有云斜和闪斜岩，岩石多呈褐灰色，块状构造，斑状结构。

上述岩浆岩中安山玄武岩和石英斑岩与金矿化关系密切，含金矿化断裂带的下盘，无一例外的破碎蚀变安山玄武岩、石英斑岩脉常与金矿体（化）相伴。

### 3.2.3 变质作用及围岩蚀变

矿区主要表现为华力西期的变质作用，卷入该斯变质的地层为志留系和二叠系。主要的变质岩石种类有绢云板岩、粉砂质（绢云）板岩、硅质板岩、变质石英砂岩、变质砾岩及变余安山玄武岩、变余辉绿岩等。出现的变质矿物为绢云母、绿泥石和雏晶黑云母，此外，岩石中还发育密集的劈理和小褶皱，总体反映了低绿片岩相的变质程度和区域低温动力变质作用的特点。

该区沿含矿断裂带的围岩蚀变较发育，主要有硅化、绿泥石化、绢云母化和褐铁矿化。

硅化往往见于矿体的顶板变质砂岩、板岩中，呈灰白色，岩石坚硬，宽1-3m，远离矿体硅化逐渐减弱，表明硅化与金矿的形成有关。

褐铁矿化普遍发育于矿区内断裂破碎带中，金矿均产于其中。也是区内金矿和直接找矿标志。

### 3.2.4 构造

矿区内以断裂最为发育，大型褶皱不明显为特征，所见断裂分两组：

北西-南东走向的叠瓦状逆冲断层组，含 $F_1$-$F_7$。总体特征是：断面均向北东倾斜，倾角大致相等，在 60° -80° 之间。沿各断层均出现宽窄不一的断裂破碎带。该组断层的上盘（北东盘）都依次相对上升，形成叠瓦状逆冲断层组。已知与金矿化关系密切的 F3 断裂具有几十至百余米宽的破碎带，由千糜岩、构造角砾岩、碎裂岩及断层泥组成，在该断层中石英脉，煌斑岩、石英斑岩脉体发育，硅化、褐铁矿化普遍，目前发现的金矿体无一例外的都位于该断层（$F_3$）带中。从区域上看，$F_3$ 断层向北西延至的处北侧被一近东西向断层所错，其北段被错移到白银寨梁子一带，再继续向北西延伸到寮家寨金异常区，走向北东-南西组断裂，为形成时间较晚的横断层，含 $F_8$、$F_9$、$F_{10}$ 右行平移及 $F_{11}$ 为左行平移断层。常切断北西-南东向组断层及金矿体，断距 100-200m，其与平行分布的一组剪切带由密集的倾角较陡的劈理组成，在这组剪切带与北西-南东向含矿断裂交汇处，有矿体增厚，矿石品位增高的牛波矿段圈定的矿体。

# 第四章　区域化探找矿方法在牛波矿区的应用

完成异常优选后的野外找矿工作是实现化探信息找矿价值的关键。而野外找矿工作是一个系统工程，必须要有合理的流程和科学的方法。只有这样，才能确保野外找矿的质量，不断提高野外找矿的效果。根据化探金异常进行野外找矿属于地质矿产普查第一阶段（矿产发现阶段），在矿产勘查工作中起着举足轻重的作用。因此，研究金异常野外找矿方法具有十分重要的意义。

## 4.1 现场金分析方法

现场金分析方法的突破，对化探金异常野外找矿起到了事半功倍的效果，使追索矿体成本大大降低，周期大大缩短。给野外找矿工作者装备了一种十分有效的设备。

### 4.1.1 野外现场金分析方法概述

野外现场快金分析方法很多，诸如萃取目视比色法，小体积水相目视比色法、微珠析出比色法等，不一而足。但这些方法经过实践的检验，或由于操作相对复杂，或成本较高，或所需设备太多，野外不易携带等原因逐渐被淘汰。相反，一种基于用泡沫塑料比色的方法得到了普遍的推广及运用。

### 4.1.2 痕量金野外快速测试方法——泡沫塑料比色法

1. 原理

本方法是利用 Au（Ⅲ）在一定酸度条件下，能被聚氨基甲酸酯泡沫塑料所富集，与其它元素分离。灼烧泡沫塑料以除汞。在浸取 Au（Ⅲ）后的溶液中，用 EDTA 二钠掩蔽砷、锑、铋等干扰元素，再以小泡沫塑料富集，并以它为载体，使 Au（Ⅲ）与硫代米氏酮（TMK）生成络合物，借以进行比色。反应式如下：

$$Au^{+3}+2TMK \rightarrow Au^{+1}+2TMK^{+1}(\text{紫色})$$

$$Au^{+1}+TMK \rightarrow [AuTMK]^{+1}(\text{红色})$$

2. 特点

本方法的特点是：（1）无污染操作：采用封闭式溶矿，无臭灰化；不需要专门的排风设备。（2）没有电源的情况下，可用煤油炉、炭炉、煤炉等任何加热设备对样品进行测试；（3）硫代米氏酮直接在泡沫塑料上显色，不需用有机试剂萃取，显色后颜色稳定，色调正常。（4）取 10g 样品可测定含金范围 0.004——10g/t(4ppb——10000ppb)。

3. 主要试剂与设备

（1）金标准溶液

储备液：100 微克/毫升，称取金 0.1000 克于 100 毫升烧杯中，加王水 10 毫升，微热溶解，转入 1000 毫升容量瓶中，用 10%王水稀释至刻度摇匀。

工作液：0.40 微克/毫升，吸取上述金标准溶液 1.00 毫升于 20 毫升瓷坩埚中，加 10%KCl4 滴，在水浴上蒸至近干，取下用 5%HCL 提取，转入 250 毫升容量瓶中，用 5%HCL 稀释至刻度，摇匀。

（2）王水（1：1）

将 3 份体积的浓盐酸加 1 份体积的浓硝酸混匀后加入 4 份体积的水，摇匀，夏天气温高，应现用现配。

（3）尿素溶液（20%）

称尿素 20 克于 100 毫升烧杯中，加水溶解，转入 100 毫升容量瓶中，加水稀释至刻度，摇匀。

（4）缓冲溶液（PH=3—4）

称 $NaH_2PO_4$20 克溶于近 100 毫升水中，溶解后滴加 $H_3PO_4$ 调节 PH 为 3—4。转入 100 毫升容量瓶中，加水至刻度，摇匀。

（5）EDTA 二钠（10%）

称 EDTA 二钠 10 克于 100 毫升烧杯中，加水微热溶解，转入 100 毫升容量瓶中，加水稀释至刻度，摇匀。

（6）硫代米氏酮显色剂

储备液：TMK0.02%，称 TMK20 毫克溶于无水乙醇中，溶解后加无水乙醇至 100 毫升，摇匀，包一层黑纸，置于避光处保存。

工作液：TMK0.002%，吸取上述溶液 1 毫升加无水乙醇 9 毫升，摇匀

（7）HCL（5%）

取浓 HCL50 毫升加水稀释至近 1000 毫升，加 $H_2O_2$1 毫升，转入 1000 毫升容量瓶中，加水稀释至刻度，摇匀。

（8）HCL（40%）

取浓 HCL40 毫升加水至 100 毫升，摇匀。

（9）聚氨基甲酸酯泡沫塑料（以下简称泡塑）

事先剪切成 1X1X1 厘米（0.1 克）小方块及 Φ7 X4 毫米（0.005 克）小园块二种，经水洗后再在水中煮沸 10 分钟备用。

（10）A 试剂（即无水乙醇）

无臭灰化时使用。（为节省资金，灰化时可用一般的工业酒精代替无水乙醇）

（11）野外痕量金速测箱

多功能水浴锅。密封式聚碳酸酯溶矿瓶，瓷坩埚，塑料烧杯，定量加液器，不锈钢镊子，打孔器，小台秤，比色盘，塑料瓶及 TMK 等专门试剂等。

（12）函数计算器

用于数理统计和简单成图

（13）60 目不锈钢筛和碎样铁盘，铁锤。

4. 操作流程

称样品 10 克于聚碳酸酯溶矿瓶中，加 1：1 王水 25 毫升，加盖拧紧，摇匀。放入沸水浴锅中加热 1 小时，取下冷却，启盖。加水 70——80 毫升。加 0.1 克泡塑一块，加盖拧紧，振荡 20——30 分钟，启盖，取出泡塑，在水中冲洗干净拧干。用定性滤纸（Φ11 厘米）半张包好，放入 20 毫升瓷坩埚中，加 A 试剂（或工业酒精）3——4 毫升，然后置于电炉（或煤油炉、汽化炉）上进行无臭灰化。先用明火点燃，直至灰份显白色，炭质除尽为止。

在灰化过的瓷坩埚中加入 40%HCL1 毫升，$H_2O_2$3 滴，置瓷坩埚于沸水浴锅上浸取 10 分钟，加 5%HCL3 毫升；然后加 10%EDTA 二钠溶液 8 滴，摇匀，加 0.005 克小泡塑（Φ7 X 4 毫米）一块，振荡 15—20 分钟。取出泡塑，冲洗干净，挤干；将泡塑浸一下尿素溶液，挤干；再浸泡一下缓冲溶液，挤干。然后置小泡塑于比色板上，均匀地滴加 0.002%TMK 显色剂 50 微升。5 分钟后与标准系列同时比色。标准系列见表 4.1。

在灰化完毕后仔细观察灰分。若觉察到灰份略带微红色时，意味着该样品含金量达 0.4g/t；若灰份呈红色，样品含金量达 1g/t；若呈紫红，样品含金量达 3g/t 左右；若紫得发黑，样品含金量高达 10g/t，甚至更高。以上情况应将样品溶液进行分取出部分量进行比色。具体操作如下：

当觉察到灰份含金量高时，在已灰化过样品的瓷坩埚中加 1—2 毫升 40%HCL，

3 滴 $H_2O_2$，置瓷坩埚于水浴上蒸 10 分钟，取下，冷却，将该溶液转移到 10 毫升比色管（或 100 毫升容量瓶）中，用 5%HCL 冲稀到刻度、摇匀。分取少量溶液，补加 5%HCL 至 3 毫升（当分取量达 3 毫升时，可不再补加 5%HCL），加 10%EDTA 二钠溶液 8 滴，摇匀，加 0.005 克小泡塑（Φ7 X 4 毫米）一块，与低含量样品同时振荡，……然后进行比色。

分析结果计算：

$$Au(ppb)=\frac{\text{读数（纳克）}}{\text{样品重（克）}}$$

$$Au(ppb)=\frac{\text{读数（纳克）}}{\text{样品重（克）}}\times\frac{\text{总量（毫升）}}{\text{分取量（毫升）}}$$

金标准系列的配制

分取金标准溶液（工作液 0.40 微克/毫升）于瓷坩埚中，按下表补加 5%HCL，加 10%EDTA 二钠溶液 8 滴，加 0.005 克小泡塑（Φ7 X 4 毫米）一块，……以下操作与样品相同。

表 4.1　金标准溶液系列表

| 序号 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 金标准 | （微克） | 0.000 | 0.04 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 2.0 |
| 系　列 | （纳克） | 0 | 40 | 100 | 200 | 300 | 500 | 800 | 1200 | 2000 |
| 分取金标准溶液（毫升） | | 0.00 | 0.10 | 0.25 | 0.50 | 0.75 | 1.25 | 2.0 | 3.0 | 5.0 |
| 补加 5%HCL（毫升） | | 3 | 3 | 3 | 2.5 | 2.5 | 2 | 1 | 0 | 0 |

### 4.1.3 现场金分析与室内定量分析对比研究

由于现场金分析是在野外现场简陋条件下作的分析，其分析条件不能同实验室相提并论。同一件样品，野外样品加工粒度仅过 60 目不锈钢筛，而实验室可以加工至 200 目。因此，现场金分析值准确、精确程度依赖于分析者对理论的掌握、理解程度，操作过程的熟练程度及经验积累程度。为了进行现场金分析可靠程度研究，本人选择了绿春县牛波金异常区土壤测量 II 剖面的样品做实验。该剖面取于矿体上方土壤层，样品取自土壤 B 层（深 30—40 厘米），样重 500—1000 克，取样间距为 3 米，总长度为 72 米。每件样品在野外过 60 目不锈钢筛后取 10 克作现场金分析，分析结果见图 4.1。完整保留好该批样品的副样，然后带回单位密码编号送地矿局物化探队实验作化学光谱分析，其分析结果见图 3.1，从图上可以看出，两者的分析结果比较接近，变化比较同步，说明野外现场金分析方法是正确的，其精度能够满足野外找矿要求。

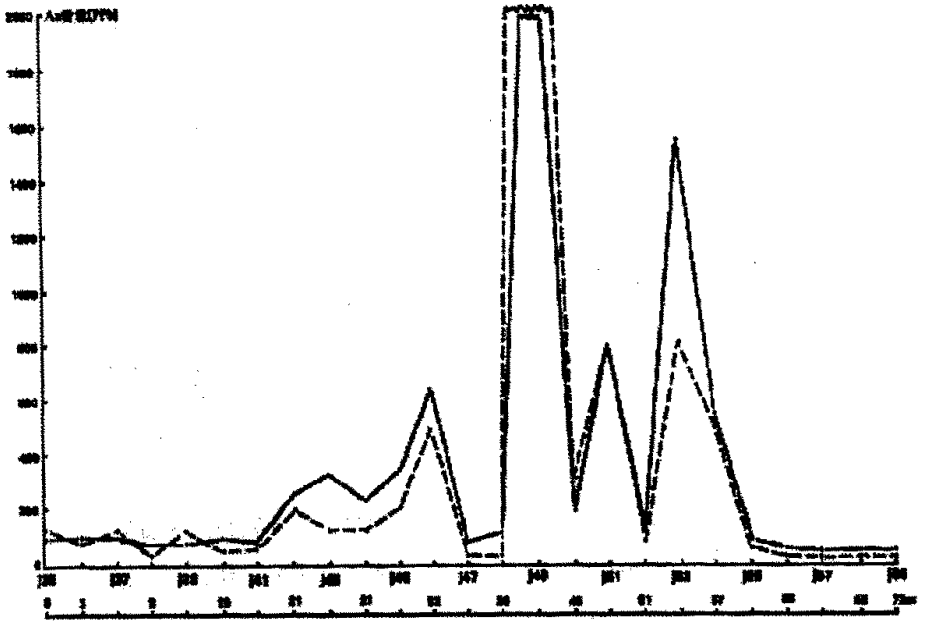


图 4.1 [illegible]



| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

## 4.2 牛波金矿区疏松物中金的富集粒度、富集层位特征的研究

### 4.2.1 金矿区疏松物中金的富集粒度特征

金矿地球化学勘查过程中，由于金铁颗粒效应而造成的样品代表性问题，是长期困扰金矿化探工作的重要问题之一。为此，国内外著名勘查地球化学家Harris(1982)、I.Nichol(1983,1989)、谢学锦（1990）、林存山（1990）、朱有光（1994）等都曾著文从理论上，实践上进行过讨论。

根据前人和本人研究成果，本人认为金矿地球化学勘查中样品代表性问题的解决，应从疏松物中金的存在形式和金在疏松物中的粒度分布特征研究入手。

金矿化地段的疏松物中，金多数主要以游离自然金的形式存在。

金在疏松物中的粒度分布，倾向于在大于 60 目和小于 140 目的端元粒级中富集。

本人选择了疏松物中以游离自然金作为主要存在形式的牛波金矿进行了富集粒度的试验。

云南绿春县牛波金矿点所采集的 2 个水系沉积物大样和 3 个 B 层土壤大样粒度试验结果反映如表 4.2

表 4.2　　云南绿春县牛波金矿点在疏松物各粒级中的分配

| 粒度 / 含量 / 样号 | 20——60 目 | 60——100 目 | 100——140 目 | 140—200 目 | <200 目 |
|---|---|---|---|---|---|
| NS—1 | 120.5 | 116.2 | 48.6 | 29.6 | 74.5 |
| NS—2 | 322.0 | 76.8 | 114.5 | 92.9 | 64.6 |
| NT—1 | 81.3 | 50.7 | 54.9 | 134.7 | 59.8 |
| NT—2 | 91.3 | 71.8 | 45.4 | 81.8 | 114.1 |
| NT—3 | 79.1 | 226.4 | 67.4 | 90.1 | 143.6 |

备注：含量单位为 $1X10^{-9}$

表中 NS 为水系沉积物样品，NT 为土壤样品。从表中可以看出金元素分别在粗粒级和细粒级中富集的倾向，此研究说明在较大异常范围内追索金矿体中，采用河流重砂追索，效果较好。在较小范围内追索金矿体，采用土壤测量，效果更佳。其中水系沉积物更倾向于在粗粒级中富集，土壤样品中更倾向于在细粒级中富集。

既然金元素在疏松物中既有在粗粒中富集的倾向，又有在细粒中富集的倾向，

显然金的颗粒效应在粗粒级中肯定比在细粒级中表现得明显。同时，由于自然金的延展性，样品磨细过程中金的粒度状况并无明显改善，对金的颗粒效应不能起到明显的消除作用。看来，根据金疏松物中的粒度分布特征，采用直接分析粗粒样品和细粒样品的方法，可以取得与常规方法相似的找矿效果。

### 4.2.2 金矿区金在土壤层中的富集层位特征

有关游离自然金在残坡积土壤中的富集层位，自 1997 年以来本人进行过多个矿区的研究，其规律性不是很强，只有土壤覆盖层厚度较大时（一般大于 1m）时，才显示出较一致的富集规律。

表 4.3 列出了绿春县牛波金矿区第 3 勘探残土壤垂直剖面中不同深度的金元素含量。第 3 勘探线中剖面土壤层厚度大于 3 m，在已揭露的土壤剖面中未见 C 层和基岩露头，样品主要采自土壤 B 层，由上而下金元素含量没有明显的变化倾势。第 4 勘探线中剖面土壤层厚度较小，在已揭露的 1.7m 深度上，已出现土壤 C 层，金元素含量由上往下表现出比较明显的递增趋势，即表现出 C 层富集的趋势。

表 4.3　不同土壤剖面中不同深度的金含量分布

| 3 勘探线 | | | | 4 勘探线 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 样号 | 取样深度（m） | 层位 | 金含量 | 样号 | 取样深度（m） | 层位 | 金含量 |
| C3—1 | 0.5 | AB | 80 | C5—1 | 0.2 | A | 120 |
| C3—2 | 1.0 | B | 70 | C5—2 | 0.7 | B | 180 |
| C3—3 | 1.5 | B | 75 | C5—3 | 1.2 | B | 275 |
| C3—4 | 2.0 | B | 60 | C5—4 | 1.7 | BC | 460 |
| C3—5 | 2.5 | B | 70 | | | | |
| C3—6 | 3.0 | B | 78 | | | | |

备注：含量单位为 $1X10^{-9}$

金元素在较厚土壤层 C 层富集的倾向可以得到地球化学的解释。前苏联 H·B·涅斯捷罗夫在研究和报道俄罗斯东北亚地区金矿床表生富集现象时指出，多数金矿床氧化带中的次生富集亚带位于完全氧化亚带渗滤亚带之下。而又位于古潜水面之上。云南省绿春县牛波金矿金的次生富集带位于铁帽的氧化亚带、淋滤亚带之下，次生硫化物富集带和原生硫化物带之上。法国奥尔良大学 J·C·JOURAY 教授在研究澳大利亚巴丁顿（Baddington）红土型金矿后指出："该区近于平行的三层矿体很可能具体反映了潜水面高度的变化历史。"这些都说明在表生条件下金在氧化条件下溶解、迁移，在相对还原的条件下沉淀富集。

由于土壤 C 层是土壤的最底层，距地表远，接近基岩，是大气降水在地表的渗出地段，湿度较大，并常有地表水的渗出，其氧化程度最低，局部地段出现还

原环境，有利于土壤层由上而下渗滤的含金溶液的沉淀。游离自然金在土壤C层富集的规律，对于指导土壤地球化学测量的采样层位，深度和进行金的土壤地球化学异常解释评价有重要的实际意义。

当然，上述规律是有条件的，在金主要以有机相的形式存在，腐植层厚度较大的金矿区，则往往出现金在表层（A层）富集的现象，表现为从A层→C层金含量逐渐降低的规律。

## 4.3 异常区汇水盆地研究

1:20区域化探采样对象是细粒水系沉积物。正常地区采样密度为1件/1k ㎡，为了减少样品分析件数，室内按大格编号取等量4件样合并成一件组合样进行分析，即1：20万区域化探1个组合样分析值代表4平方公里的面积。当拿到一个区域化探金异常时，首先确定浓集中心所在的大格（4k ㎡），在大格中再确定每一个小格（1k ㎡），每一小格中再确定样点所在位置，根据样点的位置及其所控制的汇水域全部面积即为该样点所控制的汇水盆地。1：20 万区域化探金异常面积往往比较大，如只有一个分析值是异常，该异常面积达4平方公里，如有3个分析值为为异常，该异常面积达12平方公里。如果该异常不进行单样分析，则所有样点控制的汇水域视为该异常的汇水盆地，汇水盆地面积过大，会造成工作量猛增，工作周期变长，费用增高。若室内提取该异常的所有单样进行分析，单样分析值达到异常者在考虑其样点所控制的汇水域，达不到者则剔除汇水域，这样该异常的汇水盆地会大大缩减，有利于分析异常源的位置，靶区缩小，找矿目标明确，工作会事半功倍。如绿春县牛波金异常组合样异常值有4个，用地形图圈定其汇水域面积达20.3平方公里，在这么大的范围内找金矿体如大海捞针。后来提单样分析，只有2件样有异常，且这2件样在同一条II级水系中，上游样点比下游样点金含量高，说明金矿体还在上游，用上游金异常点圈定汇水域，其汇水盆地面积只有1.04平方公里。此时工作区域的面积就缩减到较小的区域内。

## 4.4 加密水系沉积物和重砂测量研究

### 4.4.1 概述

水系沉积物和重砂测量是沿着地表水道，系统地采集水系沉积物和重砂样品，

测定其中的Au元素的含量或其它地球化学特征，以发现与金矿化有关的水系沉积物和重砂异常并向上游追踪，寻找金矿床。

在进行水系沉积物和重砂测量时，采集较少数水系沉积物和重砂样品就可以对一个很大范围内的金含量作出近似估计。加之采用现场金分析测试技术手段，使其找矿的能力得以加快。鉴于水系沉积物和重砂异常具有明确的方向性和地形标志、通行条件与追踪条件均好，水系沉积物和重砂测量特别适用于大面积金异常快速找矿。

在地形切割、剥蚀作用剧烈的山区，水系沉积物和重砂金异常主要是碎屑金异常，其异常物质呈各种原生矿物与耐风化的次生矿物的碎屑而存在。这种异常中的异常物质是以固体颗粒，即碎屑颗粒进行搬运。河水的机械搬运能力取决于水的流速与被搬运物质的粒度及比重，据水力学计算，流水的搬运能力与其速度的四次方成正比。河床中由于坡度与弯曲等原因，水的流速变化极大，有时甚至形成逆流。因此，金异常物质发生显著的分选作用。经常发生沉淀的地点有河道 转弯的内侧、砂嘴后缘、转石背后、河床缓处等，它们都是形成碎屑水系沉积物和重砂金异常的场所。

水系沉积物和重砂中的碎屑金异常模式是由富含金的覆盖层受到侵蚀与冲积搬运而生成的。这种金异常与矿源的关系因受覆盖层金早期的分散史的影响，也可以变得很复杂。如果水系沉积物和重砂异常直接由残积土金异常剥蚀而成，矿源可能就位于土壤金异常邻近。如果水系沉积物和重砂金异常是由渗湿土异常的剥蚀而形成，则应从渗湿金异常朝地下水位上坡方向追溯矿源。

### 4.4.2 方法研究

1：20 万区化金异常面积往往很大，即使进行单样分析，其异常汇水域盆地面积相对矿体而言面积还是偏大。而沿着沟系、水系加密重砂和水系沉积物取样，是快速、经济、有效追索异常源、金矿体的方法之一。用得好，用得妙，可以起到迅速缩小工作范围，迅速找到金矿体之功效。

在多年的区化异常找矿实践研究中发现，在异常点控制的汇水域盆地内，沿着主沟系两侧的次一级羽状水系进行水系沉积物和重砂取样加密控制，在主沟系内间隔一定的间距（200—500 米）进行重复控制，可以迅速缩小靶区，缩小工作面积。

在前面的研究中发现，有游离自然金存在的金矿区，较细的水系沉积物和粗粒的重砂的效果一致，但重砂的金含量作现场金分析，比较细的水系沉积物含量高几倍，甚至几百倍。由于重砂中含金矿物、铁矿物较多，是人工人为富集的结果，而重矿物携带的成矿信息比效大，比较多，其金含量高是可以理解的。

绿春县牛波金异常1：20万区化峰值达36PPb，面积达20平方公里，在浓集中心取单样分析，最高值达128PPb，其余一件达28 PPb，两件样均分布在一条水系，含量低者位于水系下游，含量高的样点位于水系上游，其汇水域盆地面积达1.04平方公里，显然工作面积较大，只有进一步加密重砂和水系沉积物取样，才能缩小异常范围。样点尽量布置在汇水面积较小的羽状水系口，大水系间隔一定距离重复控制。重砂取样约30Kg（两盆），淘洗后尾砂保留20-30g，用此尾砂直接做现场金分析以确定重砂中的金含量。在重砂取样中，在大水系中有三件重砂样发现明金各一粒，大小为0.1 mm。水系沉积物和重砂样作现场金分析，其结果见表4.4。加密取样点位见图4.2

表4.4　　牛波金异常水系沉积物和重砂金含量对比表

| 样号 | NS1 | NS2 | NS3 | NS4 | NS5 | NS6 | NS7 | NS8 | NS9 | NS10 | NS11 | NS12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 水系沉积物金含量（$\times10^{-9}$） | 75 | 4 | 4 | 4 | 25 | 4 | 4 | 45 | 10 | 10 | 40 | 4 |
| 重砂样金含量（$\times10^{-9}$） | 3100 | 50 | 20 | 25 | 500 | 35 | 25 | 1200 | 150 | 200 | 2500 | 10 |
| 备　注 | 最高含量单样位置重砂发现明金1粒 | 羽状水系口 | 羽状水系口 | 羽状水系口 | 重砂发现明金1粒，主水系 | 羽状水系口 | 羽状水系口 | 重砂发现明金1粒，主水系 | 羽状水系口 | 羽状水系口 | 重砂发现明金1粒，发现矿体沟系 | 羽状水系口 |

从上表可以看出，同一取样位置上同时取水系沉积物样和重砂样作现场金分析，重砂样的金含量比水系沉积物样的金含量高，这对于指导弱小金异常检查具有十分重要的意义。重砂化验法可以强化金异常，迅速缩小异常范围，明确找矿方向、找矿靶区。取水系沉积物样省时，但样品件数多时，样品重量大，运输较困难。取重砂样费时，但样品重量小，样品代表性强，指示性强。

总之，在水系发育的金异常区，进行水系沉积物测量和重砂测量研究具有现实找矿意义，它可以迅速缩小异常范围，明确找矿靶区，为下一步工作提供决策依据。该方法具有成本较低、工作效率较高、效果较好的普查找矿方法。

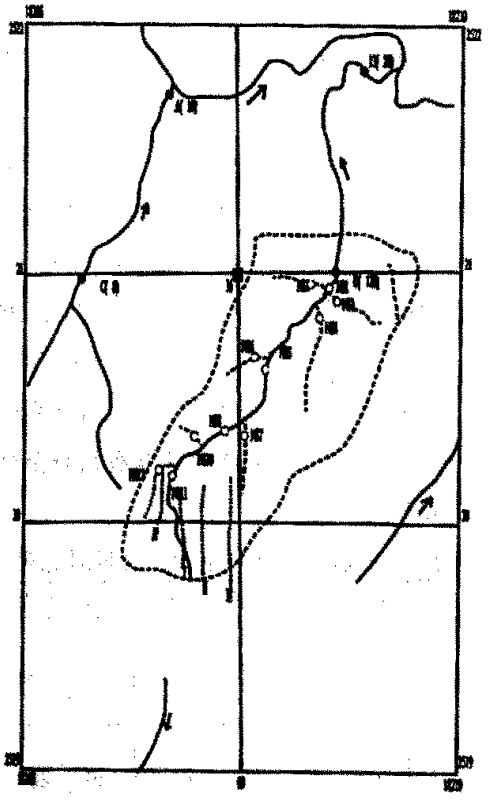


图4.2　牛坡金异常区加密点位图

1.1:20万区化金异常值(10⁻⁹)；2.岩样点位编号及分析值(10⁻⁹)；3.加密水系沉积物和土壤采样点位及编号；4.水系及水流方向；5.干沟沟；6.汇水盆地范围；7.土壤取样剖面位置及编号

## 4.5 土壤测量研究

### 4.5.1 概述

土壤测量系以土壤为对象所进行的地球化学勘查工作。土壤是一种地表物质，指一切地表疏松的覆盖物，如残积物、坡积物、塌积物等。土壤金异常是指环绕在金矿体或异常源周围赋存于地表疏松覆盖物中的次生异常。因此，该方法是系统的测量和研究土壤中的金元素含量或其它地球化学特征，以发现与金矿化有关的各类次生异常，并进而寻找金矿床（体）。

碎屑运动造成的分散大部分局限于土体的表层，这里的侵蚀作用活跃。在重力作用下或通过流水的媒介，覆盖层中的固体组分趋于向下坡移动。

在残、坡积覆盖层内的固体组分由于重力的影响，其物质的质点总是处于不断地作不规则运动的状态。质点的运动主要有两种形式，即作上下运动和水平横向运动，越接近残、坡积层表面的质点运动频率和幅度就越大。

在无金矿地段，上述质点运动的结果使残、坡积层内矿物的或元素的含量比在基岩内显得更为均匀，这也就是我们通常所说的次生作用。如果在有金矿化原生金异常存在的情况下，由于质点作不断的长期的运动，必然导致矿化与岩石的碎屑物质也要不断地、缓慢地向周围扩散。在地表处于水平条件下，只有碎屑扩散起作用，由此可形成单纯性的残积物碎屑金异常。然而，这种水平区段在自然界是很少的。斜坡是自然界广泛分布的地形，地形的倾斜引起残积物向坡积物过渡。坡积物在重力作用下向下坡作缓慢的运动。这里，除了碎屑扩散之外，还有侧向潜动，它包括土流及蠕动二种作用。在温暖与潮湿的气候下，由于土壤水的滑润作用而增进了潜动。间隙水的轮番冻结与融化，或土壤的轮番湿润与干燥，趋于增进碎屑 物质的下坡运动。在上万年的时间里，这种运动的结果势必产生坡积金异常位移。

如果矿体倾斜与地形倾斜同是存在，坡积金异常的位移将有些变化。当金矿脉倾斜与地形倾斜相一致时，两种位移可相互抵消；反之则两种位移相加。由此可见，在根据次生金异常追索原生露头时，考虑当地的地质地形特点是何等重要。

### 4.5.2 方法研究

1：20 万区化金异常经过水系沉积物和重砂逐级加密后异常样点所控制的汇水域盆地面积比较小时，即视为加密金异常浓集中心区，在此中心区一般无地表常流水系分布，要进一步追索异常源或金矿体，就只能进行土壤测量，土壤测量应视重砂或水系沉积物高值样点所控制的汇水域面积大小而定。面积大时，线距、点距应适应放稀，面积小时，线距、点距应当减小。

土壤测量剖面线的布置原则应根据工作范围内的地质背景情况和地形地貌特征来定。根据地质背景情况布置剖面线时，剖面线应尽量垂直构造线方向，线距确定原则应在两条以上。点距应尽量密些，一般 20—30m。根据地形布置剖面线时，第一条剖面线应布置在坡脚平行于沟系方向上。第二条、第三条剖面线应尽量平行于第一条，线距一般为 50-100m，点距为 15—30m。剖面线应把整个坡面或所确定的整个工作区域控制完。若出现高值样点时，应在高值样点之间进一步加密，加密点距为 3—5 m。

绿春县牛波金异常检查取土壤样时，第一条剖面线平行于沟系沿坡脚布置。第二条布置在半山坡，第三条布置在分水岭附近（其位置见图 4.2），线距为 70—100 m，点距为 20 m。剖面线上发现高值样点时，在样点之间进一步加密，点距为 2—3 m。

土壤取样深度应视土层厚度而定，厚度超过 2m 时，应取深一些，一般取自土壤 B 层，深度 30—50 cm。根据前面研究，取自土壤 C 层效果更好。但深度过深，影响土壤取样的效率。土层较薄时，厚度小于 50 cm，取样深度达 20cm 即可。取样应讲效率，但要照顾效果。一般有金矿体存在的金异常区，一般避开土壤腐植层（A 层），取土壤 B 层有较好的金异常显示。

土壤样品取样重量一般在 500—1000g，样品重量过少，样品缺乏代表性，重量过大，会造成运输负担过重，影响效率和成本。

土壤样品在野外作现场金分析时，样品必须在野外进行缩分和加工。根据多年的找矿实践研究，土壤样品过 60 目不锈钢筛后进行现场金分析结果与实验室分析结果比较接近。而且过 60 目筛的效率比较高，一个人一天可加工土壤样 50—60 件。粒度过细，影响效率，粒度过粗，分析结果跳动较大，质量不稳定。

总之，土壤测量在 1：20 万区化金异常检查、追索金矿体的过程中，具有承上启下，迅速缩小找矿靶区的作用，同时具有矿体定位的效果。加强新异常区土壤测量研究，找出适合于该区的土壤测量方法，可以提高找矿效果。

## 4.6 工程揭露和控制研究

在土壤测量高值样点加密区所控制的汇水区域即视为土壤测量金异常浓集中心；在浓集中心区域因覆土较厚，掩盖较大，很难发现原生金矿体，此时只有根据土壤金异常分布特征、地质背景、地形地貌特征来布置山地工程进行揭露，追溯金矿体。

探矿工程一般先做地表，采用探槽和浅井进行揭露和控制。探矿工程布置位置应根据高值样点所控制的坡面区域大小、坡面陡缓来定。在一般情况下，坡面陡时，工程位置应在坡上方离控制样点远一些。如坡面较缓时，工程位置离高值样点近一些。如采用探槽进行揭露时，探槽尽量垂直坡面（平行等高线）布置，长度要超过高值样点所控制的宽度。当土层较厚，无法揭穿覆盖层时，则必须在整个探槽底系统取样，以便确定高值样点的位置和整个宽度。单样取样长度视探槽长短而定，一般控制在 2—3m。采用刻线法连续取样。样品重量大时，对样品在现场进行混匀，缩分，单件样品重量一般在 1000—1500g 左右。通过现场金分析，在高值样点位置应作垂直剖面方向上的取样，取样长度不超过 1 米，以便确定金含量在垂直方向的变化。若地表含量低，而底部含量增高，说明金矿体在此样点下方深部，在探槽中应作浅井工程进一步揭露深部可能存在的金矿体，若地表含量高，而探槽底部含量低，说明金矿体还在探槽的坡上方。此时，应该在坡上方适当的位置布置平行于此探槽的另外一条探槽进行揭露；或者根据高值样点的位置顺坡面布置探槽进行揭露。探槽完工之后，应在探槽底部系统取样进行现场金分析，以便及时掌握探槽中金含量的分布及变化特征，便于确定下一步工作目标。

作探槽、浅井工程时，深度应尽量达到基岩或土壤 C 层，以便了解金矿体宽度、产状及含量变化，根据这些矿体的特征，来布置其它探槽、浅井工程或深部坑道工程。尽量把金矿体控制完全，便于储量估算和远景评价。

当金矿体与围岩较难区别，所作的探矿工程都应系统取样作现场金分析。便于监控金矿体的分布情况。取样长短应视工程的长短来定，应用最少的样品达到最佳的控制，最大限度节约人力、物力、财力。使找矿与勘探工作达到快速、经济、有效、事半功倍之效果。

## 4.7 地质追索研究

地质追索是在探矿工程揭露和控制金矿体，对金矿体的地质成矿规律有一定深度的认识后，根据区域化探金异常特征和对区域地质背景认识的基础上，通过类比，根据相似性确定区域上追索金矿体的找矿过程，这一过程研究的好，运用的好，可以迅速扩大矿区范围，扩大矿体规模，扩大金矿体的地质储量。

地质追索首先要研究矿区已知金矿体的控矿断裂、产状、延伸；上下盘地层，岩性；矿体特征；围岩蚀变特征；矿化特征及找矿标志。通过这些特征的研究、总结，来指导矿区外围相同或相似地质背景的找矿工作。

在绿春县牛波金异常找矿中，通过逐级加密取样逐级缩小金异常范围的方法找到了该金矿体，该金矿体产于北西向的断层破碎带中，金矿体呈似层状、透镜体雁行式分布于断层破碎带中，硅化，褐铁矿化是该金矿的找矿标志。通过地质追索，沿着该含矿断裂追索、研究，在离牛波金矿体的北西方向 1.6Km 处找到一处具有工业价值的金矿体（的处金矿）。在南东方向该含矿断裂的延长方向 2Km 处找到了金矿化体（阿的金矿体）。

总之，加强金异常区已知金矿体的地质特征、矿体特征的综合研究，用地质追索法在矿区外围进行找矿工作，具有十分重要的意义。

# 第五章　结论和讨论

## 5.1 结论

筛选化探（金）异常，首先是要把化探（金）异常信息与其它的地质、物探、遥感等大量信息进行综合、整理，并努力提取出来，实现（金）异常与地质语言的转换，只有信息集中了，才能研究其个性和共性，找出规律，由已知到未知进行（金）异常优选。

在区域化探（金）异常优选中，选择异常强度、异常面积、异常衬度、异常规模、元素组合及分带、异常浓度分带、成矿地质条件、矿产等 8 个指标分别打分累加，按得分高低优选异常是可行的和有效的。通过认真研究牛波金异常的特征是：异常浓集中心面积不大，只有 4 个大格；单样分析后只有两件单样含量较高，其控制的汇水域面积较小；元素组合主要以金、砷、锑、汞、银、铜、铅、锌、镉为主，浓度分带明显，而且各元素异常中心是重合的；异常区中基性火山岩和岩脉发育，异常元素展布方向与北西向断裂构造一致。通过认真对比和优选，认为该金异常由金矿引起。

为了加速金异常找矿工作，野外必须配备痕金现场金分析设备，此举可以缩短野外找矿的周期。而且现场金分析的分析成本比较低，效率很高。两个人每天可加工样品 60—80 件，每天可分析样品 60—100 件，每年样品分析成本大约 3—5 元。分析精度达 4-10000ppb，可满足野外找矿需要。

牛波金矿区，金在水系沉积物中更倾向在粗粒级中富集，在土壤中，更倾向于 C 层细粒级中富集。

在水系发育地区，对于低缓的弱金异常，必须实施水系重砂测量。取重砂并非用于鉴定重矿物，而是用作现场金分析。通过对比研究发现同一取样地点，取重砂分析金含量比水系沉积物样金含量高出 1 倍甚至几十倍。这对肯定金异常是否存在、突出金异常、强化金异常十分有效，可以迅速缩小金异常范围，明确找矿靶区，快速追踪矿体。这种方法在野外找矿中十分有效，这种学科之间的交叉运用增添了一种新的找矿方法——重砂化验找金矿法，经过多年的找金矿实践检验，该方法是可行的，而且是经济有效的。几个金异常的突破，得力于重砂化验

找金矿法的应用。

在水系沉积物和重砂加密异常浓集中心若为残坡积覆盖区，必须实施土壤测量，加密土壤测量可以起定位矿体的作用。

金异常野外找矿的正确程序一般是：1:20 万区化金异常（单样分析）→1:5 万水系沉积物和重砂加密→1:1 万或 1:5 千土壤测量（有条件时配合物探）→探槽或浅井工程揭露（见矿后再实施深部工程等）。但野外找矿（无论哪个阶段）的中心目标是尽快找到矿体。所以，实际工作中要因地制宜，跨越上述“正常程序”中的某些阶段，以加快工作进程。但是，根据多年的实践经验总结，这个“正常程序”的各个阶段是“可跨不可略”的。因为一个区化金异常，特别是面积较大的金异常，对它的野外找矿往往是一个长时间的反复认识，不断取得新成果的过程。1:5 万和 1:1 万或 1:5 千化探是区化金异常野外找矿的基础资料，缺了他们，反复认识无从谈起，不断发现也就非常困难了。如楚雄市小水井、勐海县勐满、绿春县牛孔、金平县铜厂等几处较大规模的金矿床，都是在 1:5 万、1:1 万、1:5 千基础资料较齐全的条件反复认识，不断加强野外化探找矿、不断扩大矿床规模的。那种见了矿就是地质工作的事了，再不需要物化探及野外找矿的观点是错误的。

## 5.2 讨论

化探（金）异常的优选应是一个由大至小，由面到点的优选过程，即是贯穿在成矿区、带、点的确定的全过程。依据金元素的化探异常的分布和构造、地层、岩浆岩分布的特征确定成矿带；在成矿带中根据异常发育强度、分布、组合等确定成矿有利区；在寻找矿体的过程当中又可以指导盲矿、外围矿的找矿工作等。优选部置应先定片区，再定带，带中再选点，这一切均是与化探（金）异常的研究密切相关的，是化探（金）异常多层次反复优选过程。

通过多年来的实践研究，认为不同的金、砷、锑、汞组合可能有不同的金矿发育：

①金砷锑汞组合：多是沿大构造发育的，中基性火山岩或岩脉发育的微细粒型金矿；

②金砷锑组合：是一种复杂的金矿，金矿较分散，目前尚无大的突破；

③单金异常：在深切割区可能是明金区，在高草原区可能是表生地球化学环

境所影响，加深取样后如金砷锑汞异常变得明显，异常强度急剧升高的有找前景。

从多年的研究结果看，（金）异常优选既要重视强度高、面积大、元素组合全的异常，又要重视低缓的弱异常优选，如保山市崇岗金异常，异常面积较大，但峰值仅为 $9\times10^{-9}$，平均值 $5.2\times10^{-9}$，金异常值只在下限值上下波动，如此弱的异常，很难确认它的找矿意义。基于崇岗金异常所处的地质成矿条件优越：地处高黎贡山变质带上，既有金矿的矿源层，又有韧性剪切带通过。通过优选和类比，确定该金异常应该有找矿意义，增强了野外找矿的信心。后来带组通过实地找矿，仅一个星期就找到了该金矿。后来经地矿部立项勘查，规模已达中型金矿。低缓的弱异常找到了大金矿，振动很大。这条经验非同小可，提示我们：只要异常处于成矿条件具备的地区，而异常强度弱，有浓集中心，且有一定规模，就要优先安排找矿。另一条经验，就是优选金异常不怕重复，允许认识的反复性和深入，一次认识就没有牛波、牛孔、崇岗等金矿的发现。反复认识决不是简单的重复。

1:20 万区域化探金异常通过优选，确定其具有找矿意义时，就必须组织相关的地质、物化探技术人员进行野外实地找矿工作。野外工作中要紧密结合地质成矿条件，综合研究分析地质、物化探、遥感等资料。同样一个化探金异常，找矿时若认识（往往是地质上的认识）肤浅或错误，就会造成野外找矿的失败。而地质上的认识有了新的进展，找矿方法有新的突破，又常常会导致某些长期停滞不前的找矿工作取得新的突破。总之，化探与地质是一种相辅相成的关系，两者结合越好，成效越大。相互之间不能有偏见，更不能偏废。地质与化探的结合不是形式上的，而是两个学科的融合，强调为地质找矿服务。

区化金异常野外找矿工作是一项复杂的系统的工程。只有认识充分，行动到位，对水系沉积物测量、重砂测量、土壤测量、岩石测量、工程揭露等各种找矿方法的综合运用、巧妙运用，才能在野外找矿中有大的突破，有新的发现。由于各个金异常区的地质、地形、地貌特征差异性较大，工作中应针对实际情况作调查研究，然后再进行合理的布署，使野外找矿工作尽快获得突破。工作中要避免照抄照搬、生搬硬套、牵强附会，浪费人力、物力、财力，使有限的地勘经费发挥较大的作用。

# 致　　谢

本文的编写得到了导师——昆明理工大学国土资源学院地质系秦德先教授、李俊副教授、云南省地矿局区调队胡长寿教授级高级工程师的具体指导。作为本人攻读工程硕士的学位论文，论文的选题注重了与生产实际、科研相结合，其研究内容取材于中国区域化探扫面项目——1:20 万元阳幅区域化探扫面。从论文的选题到野外工作时间安排、样品的测试分析均得到了项目负责人胡长寿教授级高级工程师的大力支持；在论文编写过程中的具体地质、化探问题也得到了他的悉心指点。作者对三位导师的大力帮助表示衷心的感谢。

在野外工作和室内资料的整理、研究过程中，作者与云南省地矿局区调队同事严城民高级工程师、李高良高级工程师、彭显忠高级工程师进行了愉快而富有成效的合作；在与张伟明高级工程师、李万里高级工程师、孙云波高级工程师等同事进行的地质、化探问题讨论中作者获益匪浅。正是在与他们的认识中使本文的研究深度和广度得到了不断的拓展和完善。对于他们的帮助和支持作者在此深表谢意。

本人在昆明理工大学国土资源学院的学习得到了上级主管部门云南省地矿局区域地质矿产调查大队、云南玉溪迈特实业有限公司的大力资助。在学习期间得到了昆明理工大学国土资源学院地质系系主任李俊副教授、地质系副教授及挚友张世涛博士的大力帮助。对于他们的资助和帮助作者借此表示诚挚的谢意。

最后作者还要感谢妻子任冬云女士，正是由于她长期以来对家庭和家人的照料，才使本人能安心从事野外地质找矿工作，工作中的新发现、新进展都有她默默无闻的奉献。本文在写作过程中也经常得到了她的鼓励和支持。

# 主要参考文献


[1]云南省地质矿产局，云南省区域地质志. 北京：地质出版社，1990.

[2]谢学锦，区域化探. 北京：地质出版社，1979.

[3]H·G·霍克斯、T·S·韦布，谢学锦译，矿产勘查地球化学. 地矿部物探所，1974.

[4]李昌年编著，火成岩微量元素岩石学. 武汉：中国地质大学出版社，1992.

[5]阮天健、朱有亮，地球化学找矿. 北京：地质出版社，1985.

[6]黄薰德、吴随彦，地球化学找矿. 北京：地质出版社，1992.

[7]王继伦、李善芳、顾正乾，金矿地球物理、地球化学勘查新方法新技术研究论文集. 南沙：中南工业大学出版社，1994.

[8]丁矢勇等，热带雨林景观区化探扫面方法讨论. 第三届勘查地球化学学术讨论会论文摘要及研究报告，1986.

[9]任天祥、伍宗华，1:20 万区域化探异常筛选与查证方法技术研究. 地矿部“八五”科技攻关项目研究成果报告，1995.

[10]M·克维亚特科夫斯基著，张国容、邱郁文译，岩石化学找矿法. 北京：地质出版社，1981.

[11]邵跃、沈时全，岩石地球化学寻找隐伏热液矿床几个技术问题的探讨，地质与勘探，No. 7.

[12]邵跃：矿床元素原生分带的研究及其地球化学找矿中的作用，地质与勘探，No. 2.

[13]朱炳泉著，地球化学省与地球化学急变带. 北京：科技出版社，2001.

[14]波利卡尔波奇金，吴传璧、邱郁文译，次生分散晕和分散流 北京：地质出版社，1976.

[15]赵峻田、周丽沂，偏提取技术在勘查地球化学中的应用，物探与化探译丛，No. 1，No. 2，1985

[16]邹光华、邱阳宗圻、李惠等，中国主要类型金矿床找矿模型. 北京：地质出版社，1996。

[17]刘英俊、曹励明等，元素地球化学. 北京：科学出版社，1984.

[18]赵伦山、张本仁偏著，地球化学. 北京：地质出版社，1988.

[19]刘英俊、邱德同等，勘查地球化学. 北京：科学出版社，1987.

[20]熊兆春，泡塑吸附技术研究及其在化学分析中的应用. 北京：地质出版社，1992.

[21]陈寿根，含金地质样品的分解和痕量金的提取，岩矿测试. 北京：地质出版社，1989.

[22]欧阳自远等：地球的化学不均一性及其起源和演化，矿物岩石地球化学通讯，1，1995

[23]周永章：元素迁移的分维结构、级序路径及共轭地球化学异常存在的理论依据，地球化学，24（1），1995

[24]向运川等：地理信息系统在评价冀东地区绿岩型金矿资源中的应用，《物探化探计算技术》，5期，1997

[25]曹洛华等：关于地质-地球物理-地球化学模型，地矿部物化探所，1991。

[26]任天祥、伍宗华：1：20万区域化探异常筛选与查证方法技术研究，地矿部“八五”科技攻关项目研究成果报告，1995

[27]王燕：红土型金矿床的勘查及研究现状。有色金属矿产与勘查，1999，8（6）

[28]王砚耕，陈履安，李兴中，王立亭。贵州西南部红土型金矿特征及其分布规律。贵州地质，2000，17（1）

[29]翟裕生，邓军，李晓波.区域成矿学。北京：地质出版社，1999.

[30]陈履安.老万场红土型金矿成矿过程的地球化学作用.贵州地质，2000，17（1）

[31]陈毓川，等.中国金矿床及其成矿规律[M].北京：地质出版社，2001.

[32]胡晓隆，张仲礼等.甘肃武山县竹子沟金矿地质特征及找矿模型探讨[J].黄金.2004.2

[33]Cook, D. R., The Evolution of Mineral Eeploration Technology-Past, Present, and Future, Intrgrated Methods in Expioration and Dtscovery

[34]Symons PM, et al. 1990 Boddington gold deposit. in Geology of the mineral deposits of Australia and Papua NeW Guinea. 165-169