成都理工大学

博士学位论文

四川省甘孜—理塘金矿成矿带成矿模式与开发模式研究

姓名：夏廷高

申请学位级别：博士

专业：矿物学岩石学矿床学

指导教师：孙传敏

20060501

摘　要

甘孜-理塘断裂带分布于四川西部，大地构造上位于青藏高原东部松潘-甘孜造山带与义敦岛弧造山带的交界部位。近年来断裂带上相继发现了嘎拉、雄龙西、阿加隆洼等金矿床，显示了成矿带寻找金矿的巨大潜力。

本文以构造-区域地质地球化学背景-成矿作用-开发利用为研究主线，就甘孜-理塘断裂带区域地质、地球物理、地球化学背景开展了详细的研究，发现成矿带 Au、Mn、Cr、Ni、Co、V、Ti 丰度值均低于地壳克拉克值，Cu、Mo、Ag、Ba、W 丰度值略近于地壳克拉克值，Hg、Sb、As、Bi、Pb、Zn、B、Sn 丰度值高于地壳克拉克值，曲嘎寺组中 Au 平均丰度值高于区域克拉克值，而图姆沟组则低于区域克拉克值，砂岩、板岩及千枚岩中 Au 的含量≥3.00×10^{-9}，高于区域克拉克值；Au、As、Sb、Hg 在区内上三叠统曲嘎寺组地层中含量相对较高；Au、As、Hg、Sb 复合异常是指示微细浸染型金矿存在的最佳有效异常。

在系统的野外地质调查基础上，就断裂带上嘎拉金矿、雄龙西金矿和阿加隆哇金矿床成矿地质条件、成岩成矿作用和控矿因素进行了系统的研究；深入探讨了嘎拉金矿、雄龙西金矿、阿加隆洼金矿的矿床地质特征、矿石矿物组合、围岩蚀变、控矿因素、矿床地球化学特征；系统分析了金矿石的矿物学、岩石学、微量元素和稀土元素地球化学特征；归纳了成矿带典型金矿的矿床地质特征和成矿模式。雄龙西金矿床的成因类型属地下（卤）水溶滤形成的微细浸染型金矿。阿加隆洼金矿为断裂带控制的变质中基性火山岩为容矿围岩的浅成中低温热液型金矿床。嘎拉金矿为脆-韧性剪切带蚀变火山岩-硫化物型金矿床。

本文系统分析了断裂带地质、地球化学条件与典型金矿床的成生联系，首次提出了甘孜-理塘金矿成矿带的概念，指出成矿带上成矿作用是多期次的，不是简单的一次作用的结果，赋矿围岩主要以沉积岩、变质中基性火山岩为主。以此为基础，开创性地建立了区域金矿成矿模式，指出了甘孜-理塘断裂带的发生、发展和岩浆成岩作用和变质作用是成矿带金矿形成的最主要控矿因素，所派生的次级断裂和构造则成为主要的导矿和容矿空间。成矿带上金矿床的主成矿期为燕山晚期-喜马拉雅早期。

在金矿床中金的物相分析结果基础上，针对研究区金矿床金的赋存状态的复杂性，有针对性地分别对金矿床氧化矿石、半氧化矿石和原生矿石进行了单样、组合样的浮选、重选试验，以及浮选、重选的条件试验；开展了不同粒级、不同选液下的工业选冶试验，获得了相应的一系列工业指标，绘制了不同试验的工艺流程图，并在此基础上，系统地提出了成矿带上不同金矿石类型的开发模式，为该区难选金矿石或质量较差金矿石的利用提供了技术支撑，为本次研究的一项重大突破，在某些方面（如金精矿细菌氧化氰化试验）填补了国内的空白。

关键词：甘孜-理塘金矿成矿带，金矿成矿模式，选冶试验，开发模式

Abstract

Ganzi-Litang Fracture Zone, in Western Sichuan Province, was situated tectonically in boundary area between the giant Songpan-Ganzi Orogenic Belt and Yidun Island Arc. From north to south, **Gala** gold deposit, **Xionglongxi** gold deposit and **Ajialongwa** gold deposit have been discovered and explored along the fracture zone in recent years, and also great gold potential has been prospected.

This PhD thesis, mostly focused in tectonics, faults, regional geo-chemistry, mineralization and exploitation for gold deposits along the fracture zone, and it researched on regional geological setting, geo-physics, geo-chemistry in detail. On the one hand, the contents of the following elements Au、Mn、Cr、Ni、Co、V、Ti in different geological units such as stratigraphy or magmatite were lower than the crust Clark value, and the values of the elements Cu、Mo、Ag、Ba、W were near to the crust Clark value. On the other hand, the components of the elements Hg、Sb、As、Bi、Pb、Zn、B、Sn were conspicuously higher than crust Clark value. It was important for the gold deposit that the stratigraphy of Upper Triassic ***Qugashi Formation*** was characterized with higher value of Au than crust Clark value. But the value of Au in rocks of ***Tumugou Formation*** of Upper Triassic is lower than crust Clark value. However, the value of Au in sandstone, slate and phyllite of the strata is above 3.00×10^{-9} and obviously higher than regional value. Finally, the thesis concludes that the area with a mixing geo-chemical anomaly of Au、As、Hg、Sb is the best place to metallogenetic predicting area for fine-desseminated gold deposit.

Based on the careful investigation in the field, the thesis has devoted most of the time in studying on the following aspects, such as, geological conditions to mineralization, lithogenesis and metallogenesis, controlling factors for ore forming, and geo-chemical characters of ore deposits. The thesis has also researched on geological characters, mineral assembly of ore-rocks, alteration of host-rocks, characters of geo-chemistry, respectively, of the different gold deposit as **Gala** deposit, **Xionglongxi** and **Ajialongwa** deposit. The results of systematically analyzing on mineralogy, petrology, components of trace element and rare earth element, have proposed to this PhD thesis to the establishment of the geological characteristics and metallogenetic models of gold deposits along Ganzi-Litang fracture zone.

Xionglongxi gold deposit was considered to be an epithermal fine-disseminated gold deposit (or sedimentary-rock-hosted gold deposit) controlled by fault. Regional deep-fault is the main pathway for rain water and deep earth paleo-geothermal fluids, subsidiary inter-layer fracture zone is the ore depositing structure for the ore-body. The fault tectonite, such as metamorphic feldspar quartzose sandstone and tuffaceous sandstone, was the main host rock, and slate was the main shielding layer in the deposit.

Ajialongwa gold deposit was suggested to be an epithermal fine-disseminated gold deposit with low-mediate temperature and hosted by alterative medium-basic eruptive rocks. It is controlled by fault and affected by magma activities. Regional deep-fault is the main pathway for fresh water and epithermal fluids. Subsidiary faults and fractures are the main tectonic structures for ore deposit forming, and the structural breccia is the main host-rock.

Gala gold deposit was proposed to be a sulfide-type gold deposit hosted by eruptive rocks and limited in tectonic shear zone.

According to the series studies on conditions of geology and geo-chemistry to the fracture zone and its relation to the representative gold deposits, the thesis put forwards the concept of Ganzi-Litang gold metallogenetic zone all over the country firstly. And the thesis points out that the metallogenic process is not a simple stage mineralization but multiple-stages process. The host-rocks for the gold deposit were mainly sedimentary rocks and alterative medium-basic eruptive rocks. Most importantly, the thesis has creatively set up the regional metallogenetic model, and made the proposal to the most serious factors controlled the gold deposits forming consisting of the occurrence and development of Ganzi-Litang fracture zone and magmatism and metamorphism. The sub-faults were the main tectonics as transportation path and deposit space for metallogenic Au-bearing solution. The main metallogenetic age for gold deposits along Ganzi-Litang fracture zone has been regarded as Late Yanshanian to Early Himalayanian period.

Following with the analytical results, the PhD thesis focused in its complicated state of Au in ore-rocks. The experiments of flotation and gravity separation have been done for different ore-rocks such as oxidation ore-rock, semi-oxidation ore-rock and primary ore-rock, respectively. The experimental materials were also selected as single sample or mixing sample from the ore-rocks. Not only the condition experiments have been done for flotation and gravity separation, and the experiments for different grades of materials of ore-rocks and different ore dressing liquors have been done as well. Therefore, a series of data have been recorded and the procedure drafts of ore dressing have been drawn. The exploitation model has been determined for different kinds of ore-rock in the fracture zone finally. All above mentioned could be the basic technical and engineering supports for difficult milling ore-rocks or poor quality ore-rocks in the zone. This is the most achieved breaking through work in the thesis. And in some aspects, such as fine-grade gold bacteria oxidizing cyaniding, is the initial innovation job and fills the gap in that point for our country.

Key Words: Ganzi-Litang Gold Metallogenetic Zone , Mineralization model, Gold-bearing rock dressing experiment, Exploitation model

第1章 绪论

1.1 金矿成矿模式与开发模式研究现状及本项研究选题依据

自 1962 年美国内华达州发现产于沉积岩地层中的微细粒浸染型金矿以来，于 70 年代到 90 年代，各大矿业公司相继在美国找到了类似金矿床 40 多个，并主要分布在内华达州。此外，国外还相继发现了诸多类型超大型金矿床，如绿岩型、砾岩型、卡林型、火山岩型、穆龙套型金矿，极大地促进了金矿成矿理论、成矿模式的先后建立，找矿方法、选冶技术也不断得到更新和升华。

中国是世界上最主要产金国之一，产量和储量均列世界前几位，除兰德式砾岩型铀—金矿床未发现外，其他主要金矿床类型均已发现。中国的金矿床可以说是星罗棋布，而最主要成矿时代为中生代，太古代则相对贫金。

国外金矿床成矿理论[1]-[51]的不断发展和找矿方面的突出进展，大大推动了中国金矿地质科技的进步。关于金矿地质科技攻关，中国从 80 年代初期就已拉开序幕，地矿部组织了“六五” 金矿地质科技攻关，从中国东部几片重要的金矿成矿区和大型矿山出发，总结区域成矿背景、矿床特征和找矿方向，取得了认识上的飞跃，并对实际找矿发挥了积极的指导作用。“七五”国家重点科技攻关第 55 项中设立了“中国东部金矿研究”，汇集了地质矿产部、有色工业总公司及国家教委三大系统所属 53 个单位的 300 多位科技人员参加的金矿科技攻关研究，大大推动了中国东部地区金矿地质勘查和研究工作。与此同时，国家科委和新疆维吾尔自治区组织的国家 305 项目也开展了金矿资源调查和成矿区带以及矿床地质研究工作，开创了西部找金的新思路和新局面。

80 年代以来，通过对卡林型金矿产出的地质条件和成矿模式的分析研究，结合中国西部成矿地质条件，首先在贵州获得突破，连续发现了烂泥沟、戈塘、紫木凼等大型微细浸染型金矿床（卡林型金矿），在广西发现了同类型高龙金矿、金牙金矿。在广东河台、江西金山、辽宁排山楼发现了韧性剪切带型金矿；在广西贵县发现了龙头山斑岩型金矿。借鉴于此，90 年代又在珠江三角洲地区的高要长坑发现了超大型金银矿床，首次实现了在东南沿海该类矿床找矿的重大突破。90 年代中，中国在新疆的南天山发现了穆龙套式萨瓦亚尔顿超大型金矿；还首次在湖北嘉鱼蛇屋山发现了红土型金矿，随后又在贵州豹子洞、老万场、砂锅厂发现红土型金矿。与此同时，在四川西部，寻找金矿也取得了巨大的进展，相继发现了丘洛、嘎拉、错阿、色卡、雄龙西、阿加隆哇、耳泽等金矿床。以上成果极大地丰富了中国的金矿床类型，推动了中国金矿成矿理论研究领域的发展和创新，中国的金矿成矿理论研究、分析手段及选冶技术均已进入了世界的前列。

虽然取得了巨大的成就，但由于中国金矿床的成矿地质环境、矿床地质特征、成矿条件、矿床形成原因和过程的多样性，到目前仍缺乏系统而深入的总结，这一点在关于

中国的金矿床分类上的争议表现尤为明显，这也是中国的矿床学家正积极探索的焦点问题之一。

金几乎在所有的地质年代的地层岩石中都有分布，并且金矿的主成矿期可与其赋矿地层或岩石的形成时间可以相差数百万年甚至数亿年。金可以赋存在沉积岩、变质岩、岩浆岩三大类岩石之中，反映了金的特殊的地球化学性和形成金矿的复杂，因而，就金矿的分类就多达上百种，与之相对应的金矿床成矿模式也是类型繁多，甘孜-理塘断裂带内的金矿类型也同样如此。

近年来，国际国内报道和论述最多的金矿床类型，莫过于对卡林型金矿的研究。关于卡林型金矿(carlin type gold deposit)，国内外说法较多。有人称其为微细浸染型金矿(micro-desseminated gold deposit)、浅成低温热液金矿床(epithermal gold deposit)、渗流热(卤)水金矿床、碳硅泥岩型金矿(carbon-silica-clay gold deposit)、碳酸盐岩型金矿(carbonaceous gold deposit)，还有人称其为热泉型金矿(hot-spring gold deposit)，也有人统称为沉积岩为围岩的金矿床(sedimentary rock-hosted gold deposit)。

卡林型金矿的基本特征是产出在沉积岩或浅变质沉积岩中，容矿围岩主要是碎屑岩和碳酸盐岩，以中低温的矿物共生组合（自然金-雄黄、雌黄、辰砂、毒砂、辉锑矿）为特征，围岩蚀变有去碳酸盐化、硅化、粘土矿化和硫化物化，以显微-次显微金产出，金分布于硅化的微细粒石英、粘土、微细粒黄铁矿的边缘。

卡林型金矿作为一种重要的金矿床类型，国内外矿床地质学家提出了各自的成因模式，但至今未取得共识。概略地讲，主要包括：

（1）地层改造说。这也是国内外大多数矿床地质学家所接受的观点。这种观点认为， 地层是矿源层， 成矿热液从地层中萃取 Au、As、Hg、Sb、Ba 等元素，在断裂构造适当部位成矿。但在具体的矿源、热源、水源上又有不同的看法。

（2）热泉成矿说。认为卡林型金矿床与火山热泉型金矿床十分相似，均属于浅成低温热液矿床，只是一个产在火山岩石中，另一个产在沉积岩石之中，并强调了成矿作用与中-新生代热泉活动关系密切。

（3）岩浆热液成矿说。认为矿源和热源都来自岩浆岩， 赋矿地层仅仅是成矿的有利部位， 是岩浆热液体系的远源产物。

（4）多源成因说。

甘孜-理塘断裂带上的众多金矿，国内虽见一些报道，但关于整个断裂带金矿从区域的角度分析研究并总结成矿规律和金矿成矿模式，尚未见报道。就甘孜-理塘金矿成矿带上众多的金矿床有选择性地开展典型矿床解剖和对比研究，发现这些矿床在矿床地质特征、成矿作用的内在联系，力求建立区域金矿成矿模式，进而归纳找矿模型和找矿标志，为该区新的找矿突破提供理论依据，理所当然成为本次研究选题的最基本依据。

甘孜—理塘断裂带是一个长期演化的复杂构造带，属古特提斯洋俯冲消减及扬子陆块与义敦古岛弧拼接、碰撞的缝合线。自印支期以来，曾经历洋壳俯冲、陆—弧碰撞、陆内会聚等一系列构造事件。古洋壳残片—蛇绿混杂岩、岛弧火山—沉积岩、被动陆缘复理石等各类构造组合相互混杂，沿断裂带并有燕山期酸性岩浆岩侵入。多期构造-岩浆活动为区内深源分散金元素的活化、迁移和富集沉淀提供了十分有利的成矿条件。已有资料表明，甘孜—理塘断裂带北段在地质构造演化的不同时期均有金矿作用发生，近年来新的金矿床的不断发现，已引起国内矿床地质学家的广泛关注，其主要成矿作用发生在三叠纪及其后，金矿的分布局限于甘孜—理塘断裂带内，金矿的产出在空间上皆与构造断裂有着密切关系。已发现的金矿床，绝大部分具有变质细碎屑岩型和中基性变火山岩的特征（如本次研究的嘎拉金矿、阿加隆洼金矿和雄龙西金矿）。其赋矿围岩可以是沉积岩，又可以是火山岩或构造角砾岩。矿床的成矿温度主要是中温的，其矿石矿物组合又具有中低温的特点，所以，大部分金矿床属于发育在韧性剪切带内的构造蚀变型金矿床（付小芳，等，1996），同时也有部分为卡林型金矿（王小春，等，1994）。

根据成矿带地质环境和成矿作用方式不同，可将其划分为如下 5 类：

（1）产于蛇绿岩剪切带中的构造蚀变岩—硫化物型金矿。如甘孜嘎拉金矿床。

（2）产于蛇绿岩剪切带中的构造蚀变岩—石英脉型金矿。如甘孜色卡Ⅰ—Ⅴ号矿体。

（3）产于剪切带中与基性浅成脉岩有关的金矿。如甘孜尼亚达扬Ⅰ号矿体，色卡Ⅰ号矿体。

（4）产于火山碎屑沉积岩中构造破碎蚀变带中的微细浸染型金矿。如新龙雄龙西金矿床。

（5）产于第四纪阶地及河漫滩中的冲积型矿金矿。如甘孜生康、拖坝、德拉等砂金矿。

以上论述说明，研究区的金矿床类型较丰富，为本次研究提供了最基本的选题条件。

在开发模式方面，国际国内伴随着卡林型金矿的大量发现和众多研究，促使了该类金矿的开发利用技术日趋成熟。国内对卡林型金矿的开发研究同样如此（李平， 等，1997；张亚林， 等，1997； 杨天足，2005）。然而，对于极细粒超显微金或矿物中晶格金的难选冶金矿的开发模式研究报道甚少。

所以，选择断裂带内阿加隆洼金矿床的难选金矿石，开展选冶试验研究并建立区域开发模式，对经济技术相对落后的川西少数民族地区具有及其重要的现实意义，也为本次研究工作的选题提供了充分的依据。

1.2 四川甘孜—理塘金矿成矿带研究现状

甘孜-理塘断裂带（甘孜-理塘蛇绿混杂岩带）分布于四川西部，位于青藏高原东部

的松潘-甘孜造山带与义敦岛弧造山带的交界部位。该断裂带北起青海扎多、治多、玉树，呈北西走向展布，向南延经马尼干戈至甘孜转为近南北走向，经理塘转为北北西向，至木里逐渐撒开并为金河—箐河平移断裂所切，总体呈反S形，长约1000公里(图1-1)。

而松潘-甘孜造山带和义敦岛弧造山带，均地处中国西南部的东特提斯巨型造山系中，该造山系不仅发育多条由消减洋壳和消减杂岩组成的蛇绿混杂岩带和相应的弧盆系，而且夹杂一系列规模不等、性质各异的边缘沉积盆地和走滑转换盆地，更有地球第三极—青藏高原耸立和两大火成岩省—德干玄武岩(南侧)和峨眉玄武岩(北侧)巨量堆积（侯增谦，1996)。

近20年来，中国许多地质学家对东特提斯巨型造山系投入了巨大的精力，付出了

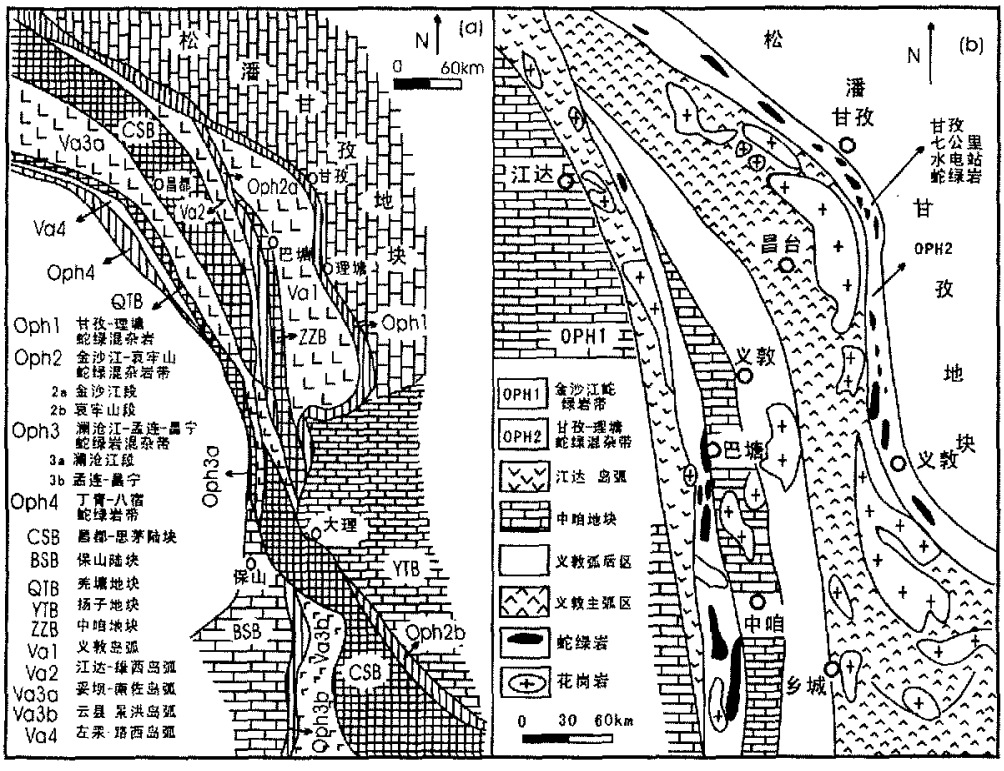


图1-1 (a)三江地区构造地质略图(据莫宣学,等,2001;侯增谦,等,1996);
(b)甘孜-理塘蛇绿混杂岩带构造地质略图(据许志琴,等,1992; 邹光富,等,1994)

艰辛的劳动，在蛇绿岩性质与时空分布、弧一盆体系类型与空间配置(刘增乾，1992；莫宣学，1993)、沉积盆地与形成演化(罗建宁，1992)、造山系时空结构与造山类型(刘增乾，1992； 潘桂棠，1994； 潘桂棠，1996)、盆山作用与陆洋转换(刘增乾，1992；潘桂棠，1994)等方面，均取得了突破性进展，集中概括为三点：①早古生代以来，全球大陆呈现劳亚、冈瓦纳和泛华夏三大陆块群“三足鼎立”时空格局，早古生代“南聚北散”，中生代“北聚南散”(潘桂棠，1996)，处于三者间的特提斯具多岛洋构造格局；②特提斯巨型造山系统主要由一系列的岛弧造山带和与之镶嵌的陆块构成，岛弧系显示

以昌都一思茅陆块为中轴向南北两侧出老至新依次排布的时空配置特征(刘增乾，1992；莫宣学，1993；侯增谦，1992)；③特提斯大陆岩石圈向大洋岩石圈转换通过陆缘裂离或弧后扩张来完成，大洋岩石圈向大陆岩石圈转换通过洋壳板片俯冲消减和弧一弧、弧一陆碰撞来实现(刘本培，1993)。

东特提斯巨型造山系的形成演化，通过对中国西南特提斯巨型造山系的时空结构和构造一岩浆事件分析研究，提出泥盆一石炭纪时期出现于昌都一思茅陆块两侧的热幔柱导致了金沙江洋和澜沧江洋成对打开，热幔柱岩浆作用沿洋脊产出苦橄玄武岩和洋岛玄武岩，并造成区域地球化学异常。二叠纪末期出现于昌都—思茅—印支中央陆块下的冷性柱导致了两大洋向该陆块下俯冲消减，陆块两缘发育沟弧—盆体系，构成冷性柱的洋壳板片在200Ma时期堆积沉落，诱发板块后继俯冲，产生滞后型弧火山—岩浆岩。发育于冈瓦纳大陆北缘的德干热幔柱在侏罗纪导致怒江洋和雅鲁藏布江洋相继打开.在白垩纪末期(66Ma)形成德干玄武岩省。发育于劳亚大陆南缘的峨眉热幔柱在二叠纪，导致峨眉火成岩省的形成，在早中三亚世使甘孜一理塘断裂带扩张成洋。冷幔柱的持续发生，决定了雅鲁藏布江洋和甘孜-理塘向昌都一思茅陆块方向的俯冲消减以及来自冈瓦纳大陆和劳亚大陆陆块分别向昌都一思茅陆块南北两侧拚贴和碰撞（侯增谦，1996)。

而对于甘孜-理塘断裂带的研究，众多地质学家研究后认为，属于古特提斯洋俯冲消减及扬子陆块与义敦古岛弧拼接的碰撞缝合带。自印支期以来，曾经历洋壳俯冲，陆一弧碰撞，陆内会聚等一系列构造事件：古洋壳残片一蛇绿混杂岩，岛弧火山一沉积岩，被动陆缘复理石等各类构造组合相互混杂，沿断裂带并有燕山期酸性岩浆岩侵入。多期构造一岩浆活动为区内深源分散金元素的活化、迁移和富集沉淀提供了十分有利的成矿条件。近年来经地矿、冶金系统及科研、教学单位在本区金矿找矿及区域地质构造等方面的研究取得了一系列重大成果。现有资料表明，甘孜一理塘断裂带北段在地质构造演化的不同时期均有金矿作用发生，但主要成矿作用发生在三叠纪及其后，金矿的分布局限于甘孜一理塘断裂带内。金矿的产出在空间上皆与断裂构造有着十分密切的关系（尹显科，1995)。

甘孜-理塘断裂带内出露由超基性岩、层状辉长岩、辉绿岩墙、玄武岩、硅质岩和深水浊积岩组成的蛇绿混杂岩，以及代表西部岛弧环境的晚三叠世火山-沉积岩和代表东部被动陆缘环境的晚三叠世复理石沉积（西康群)，呈大小不等的构造岩片和夹块相互混杂，沿断裂带断续产出，使之总体具有成层无序的特点。

该断裂带出露的地层为一套已被构造作用肢解、混杂而具蛇绿岩套组合特征的地层单元，1：20万甘孜幅把它划为上三叠统曲嘎寺组。经1：5万区域地质调查后称为蛇绿岩群，包括卡尔蛇绿岩组和瓦能蛇绿岩组。前者为一套经构造变形改造的灰色变质碎屑岩和硅质岩，其中夹外来的志留纪岩块及不能准确鉴别时代的绿片岩、石英岩等岩块，代表晚二叠世-中三叠世甘孜-理塘洋盆俯冲而形成的混杂岩，瓦能岩组为具洋壳属性的

蚀变基性火山岩夹硅质岩以及砂板岩，局部夹大理岩（图 1-2）。

二叠纪时该带应分布有洋盆，沿断裂带出露的蛇绿岩是晚二叠世至晚三叠世洋壳存在的证据（侯立玮，等，1994； 许志琴，等，1992），晚三叠纪时演变为向西俯冲的俯冲带。在晚三叠世中晚期，在西侧形成了岛弧火山-沉积体系，发育钙碱性系列的中酸性火山岩，在东侧则发育斜坡-半深海被动陆缘复理石沉积。随着甘孜-理塘洋盆进一步

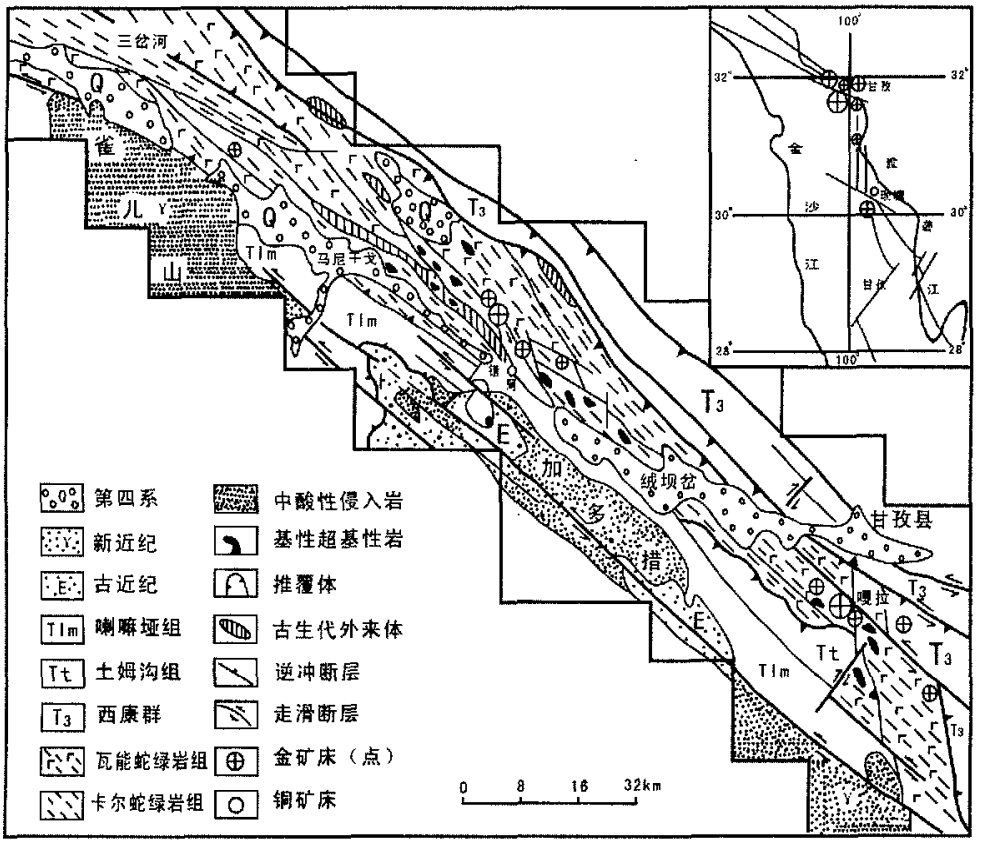


图 1-2 甘孜-理塘断裂带北段地质构造图(付小芳,等,2003)

向西消减，西侧形成了沟-弧-盆的构造格局。晚三叠末期由于古特提斯洋沿甘孜-理塘构造带的闭合，使古洋壳残片-蛇绿混杂岩带被夹持在弧陆之间，并经历弧-陆碰撞，使该区出现了印支“古山脉”的构造格局（许志琴，等，1992）。

燕山晚期以来，该区进入陆内汇聚阶段，地壳进一步压缩加厚导致陆壳重熔，在岛弧背景上引起中酸性岩浆侵入，形成了大规模的雀儿山花岗岩带。

新生代喜马拉雅期以来，由于特提斯洋沿雅鲁藏布江一线的开启与闭合，印度板块与欧亚板块相互碰撞，引起强烈的陆内构造作用，致使甘孜-理塘构造带的印支古造山带发生构造叠加改造作用。

前人的研究大多偏重于甘孜-理塘断裂带的古生代-中生代时期演化过程及其构造特征[1]-[20]。而该断裂带北段，则更多地表现为新生代燕山末期-喜马拉雅期构造作用，

并对构造带上大量分布的金矿成矿作用起到至关重要的控制作用。

断陷盆地

古近纪以来，随着造山带主体大规模急剧抬升，在甘孜-理塘断裂带北段的甲安、你岔玛、达火沟、亚拔、玉隆、日盖等地发育一系列受北西向断裂控制的沿北西-南东向呈串珠状分布的断陷盆地。按岩性和古生物特征，可分为古近纪红色磨拉石建造（热鲁组）和新近纪含煤建造（昌台组），但后者分布局限。古近纪热鲁组产出有大量桉属植物化石群，属于干旱类植物区系成分，据此可推断古近纪川西高原仍处于海拔小于 1000 米的热带的气候环境（谭凯旋，1991）。至古近纪以后转入急速抬升阶段，上升到现今 5000 米的高度，按本区现今平均海拔高度 4000 米计算，剥蚀厚度约 1000 米。

逆冲推覆断裂

新生代逆冲-推覆构造作用表现为一系列推覆体和数目众多且形态各异的飞来峰或构造窗，以及早期形成的构造形迹被进一步复合改造。

推覆体或构造岩片自南西向北东和自北东向南西发生对冲，在甘孜-理塘断裂带北东侧，西康群被动陆缘复理石构造岩片逆冲推覆或叠覆于蛇绿混杂岩片之上，在断裂带南西侧，义敦群火山-沉积建造和印支-燕山期花岗岩推覆于甘孜-理塘断裂带之上，形成错通沟-岗嘎逆冲推覆体系，由一系列北西向叠置的构造岩片和飞来峰组成，涉及到的岩石和地层有：印支期多加措花岗岩体、燕山晚期雀儿山花岗岩体、蛇绿岩群、晚三叠世义敦群图姆沟组、喇嘛垭组、古近纪热鲁组和新近纪昌台组。

在德格错阿乡南西侧错通沟一带，组成哦尼玛雪山（5543 米）主体的印支期花岗岩和晚三叠世喇嘛垭组变质碎屑岩被推覆在古近纪热鲁组之上，断面呈舒缓波状，倾向南西或北东，倾角为近水平至 350。热鲁组紫红色砂砾岩褶曲变形，指示自南西向北东的逆冲推覆（杨军，等，1998），构造形成于喜马拉雅期，并且受北西和北东向平移断层错切改造。在德格县阿皮沟，晚三叠世喇嘛垭组从北东向南西逆冲推覆于古近纪热鲁组之上，其推覆面波状起伏，产状平缓，在前缘还形成了一系列飞来峰。在德格县亚拔、玉隆、丘穹里桶一带，蛇绿岩群卡尔岩组变质砂板岩、结晶灰岩，呈帽状推覆叠置于热鲁组和昌台组之上，形成了推覆体和飞来峰。

多数逆冲断层的倾角较缓（小于 20° -35° ）由北东向南西和由南西向北东对冲推覆。根据 1：5 万区域地质调查资料[①]，断面 a 石英的电子自旋共振测年为 9.4-39.2Ma。另根据中生代花岗岩和蛇绿混杂岩被叠覆于古近纪和新近纪之上，且推覆构造又被北西向左行走滑断层所切割（图 1-2），表明构造活动最强烈的时期为喜马拉雅晚期。

左行平移走滑断裂

喜马拉雅晚期以来，形成的大规模平移走滑剪切带仅北段甘孜至德格县洛须长度就达 300 公里，并且控制了第四纪拉分盆地的形成和分布，错切和叠加改造了早期的构造

[①]四川地质矿产局，1995. 1:5 万错阿幅区域地质调查报告

形迹。主要特征为：

北西走向平移走滑断裂带呈平行带状展布，断续延伸。各带宽窄不一，穿切了早期的地层岩石和断层，局部切断第四系沉积物，并使早期形成的逆冲推覆断层遭受复合叠加改造。左行平移走滑主剪切带局部沿走向具波状或弧形弯曲，走滑断裂的断层面直立或向东倾斜，倾角为 60-80°。水平拉伸线理和水平擦痕发育，伴生的倾竖褶皱、雁形斜列构造透镜体和剪切带的显微构造等指示断层以左行平移剪切为主，主要断层之间发育北西向、北北西向走向的次级左行平移走滑断层或斜冲断层，糜棱岩、碎裂岩断续发育，具有韧性-脆韧性变形特征，是金矿主要的控矿容矿构造。右行平移走滑断层规模较小，与左行平移走滑断层相互交切，表现强度较弱，走向 30-50°，倾角 60-80°（SW），亦发育水平擦痕。

甘孜嘎拉北西向次级平移剪切带玄武质千糜岩动态重结晶石英具有两组不对称极密组构，低温组构叠加于中温组构之上，剪切带晚期经历了中温!低温的变形阶段，剪切特点为左行平移走滑，后期右行滑移不明显（付小方，等，1993）。

大规模左行走滑作用使岩体或山体错位，表现最突出的是雀儿山花岗岩的错移。岩石类型、岩石化学成分、稀土微量和同位素等特征的对比表明，位于甘孜-理塘断裂带北段两侧的雀儿山和高贡花岗岩体同是燕山晚期的斑状二长花岗岩，而且外形边缘拼接弥合性均较好，在雀儿山北侧和高贡岩体南侧均缺失边缘相和外接触带，发育强烈劈理化带、花岗碎裂岩和糜棱岩，应属同一岩体。后被喜山期以来的左行平移走滑作用影响，使之被北西向断层错断和错移，平移错距达 80km。

在断裂带中，水系和第四系沉积物被北西向平移走滑断层错断，河流改道或呈 S 形同步弯转等地貌现象十分发育，它们是新生代晚期构造活动的标志之一。卫星影像显示，在海子口道班南东约 3km 处，第四系沉积物分布区，其北端近河岸部分向左错移达 100m。在甘孜盆地北东侧可见晚三叠世砂板岩与第四系沉积物呈断层接触，断面陡直，倾向北东，在甘孜生康一带，一系列支流水系被左行平移错位产生 S 形弯转（付小方，等，2003）。

沿甘孜-理塘断裂带北段，大致以 45km 的等间距在邓柯、俄支乡、三岔河、马尼干戈、绒坝岔、甘孜等地发育一系列大小不一的第四纪走滑拉分盆地，它们大致呈雁形斜列排列，沿主断裂附近断续分布，近似菱形，北西-南东向延伸。

现代热泉沿甘孜-理塘断裂带广泛分布，受断裂带控制，热（温）泉温度高，分布密集，水热活动强烈，其中有 5 处为沸泉，如北段甘孜县的干因郭（90-92° C）和旭日里沸井（92° C）均已达到当地沸点。地表水热类型除沸泉外，还有沸泥塘、喷气孔、冒气地面、水热蚀变等。深部热储为 163-223.4° C，属于高温水热系统。

1.3 四川甘孜—理塘金矿成矿模式与开发模式研究意义

关于甘孜-理塘断裂带上的众多金矿，国内虽见较多的报道，但关于整个断裂带金矿从区域的角度分析和研究并总结金矿区域成矿规律和区域成矿模式，尚未见报道。就甘孜-理塘金矿成矿带上众多的金矿床有选择性地开展典型矿床解剖和对比研究，发现这些矿床在矿床地质特征、成矿作用的内在联系，力求建立区域金矿成矿模式，进而归纳找矿模型和找矿标志，为该区新的找矿突破提供理论依据，具有重要意义。

另外，国内对于超显微极细粒金或金已进入矿物晶格的难选冶金矿的开发模式研究报道极少，所以，选择甘孜-理塘金矿带内阿加隆洼金矿床的难选金矿石，开展选冶试验研究并建立区域开发模式，对经济技术相对落后的川西少数民族地区经济发展具有及其重要的现实意义。

1.4 研究思路、研究内容与实物工作量

研究思路：

本次研究主要以构造-区域地质地球化学背景-成矿-开发利用为研究主线。针对甘孜-理塘金矿成矿带内典型矿床，包括嘎拉金矿、阿加隆洼金矿、雄龙西金矿，全面系统地对其开展解剖性研究，建立矿床成矿模式，结合对区域成矿规律的研究总结，进而建立区域成矿模式。在开发模式研究上，选择阿加隆洼金矿开展全面的采矿选矿方法和开发利用试验研究，进而归纳区域开发模式。

主要研究内容：

选择成矿带内嘎拉金矿、阿加隆洼金矿和雄龙西金矿，对典型矿床开展解剖性研究，主要包括系统的矿床地质学、矿床地球化学、成矿流体地球化学、矿田构造研究，并将这些研究有机地结合， 开展综合分析，以期达到确定成矿时代、矿床类型、最主要控矿构造的目的。建立最适当的成矿模式，并总结找矿组合标志，为最终建立区域成矿模式奠定基础。为区域找矿提供技术支持。

选择成矿带内金矿的难选冶金矿石，开展工业试验研究，针对不同类型金矿石，主要包括氧化矿石、半氧化矿石、原生矿石分别进行试验，最后提出该区域金矿的开发模式，直接服务少数民族地区的国民经济建设。

本次研究过程中，必须始终围绕研究主线开展工作。研究目标针对三个典型金矿床（嘎拉金矿、阿加隆洼金矿、雄龙西金矿）。

（1）从宏观的角度讲，本次研究过程中，将充分运用国际国内最先进的金矿成岩成矿理论为指导，从甘孜-理塘金矿成矿带的大地构造演化与成矿的角度，探索大地构造与金矿成岩成矿二者的紧密联系，从岩石、矿物、流体地球化学的研究结果反演区域大地构造背景，以探索区域内金矿成岩成矿的原因。

（2）项目研究过程中，将始终关注矿源、水缘、热源、构造裂隙系统的内在关联，四者的相互作用、相互统一的成矿作用作为开展研究工作的理论基础。

（3）从矿田、矿区或矿体的角度出发，瞄准区域金矿勘探所提出的实际问题开展深入细致的工作。主要包括：金矿与构造的关系，不同矿床中矿体与哪一组断裂的关系最密切，是北东向、北西向、东西向还是南北向；围岩蚀变类型如何，矿体产状和形态如何。

（4）从微观的角度看，区域内金矿床中矿石矿物组合特征、金的矿物学特征、赋存状态、矿石可选性，是本项研究和开发模式研究的主要问题。

（6）随着目前地质找矿工作和金矿开采及选冶技术经验和资料的积累，方法的不断改进和测试技术水平的不断提高，中国金矿开发工作得到突飞猛进的发展。但对于难选冶金矿石或矿石质量较差金矿石的开发技术研究尚有待加强。

主要实物工作量：

本次研究主要完成实物工作量如表 1-1。

表 1-1 本次研究主要完成实物工作量

工作项目	单位	完成工作量	备注
1/500 实测勘查线剖面	km	2	9 条
1/1000 实测纵剖面	km	1.5	1 条
1/2.5 万土壤地球化学测量	km^2	16	3 个异常点
1/5 万水系沉积物测量	km^2	320	
刻槽取样	件	70	探槽 20 条剖面 9 条
钻探取样	件	100	5 个孔
薄片鉴定样	件	60	
光片鉴定样	件	30	
物相分析	件	12	
ICP-MS 分析	件	120	探槽、钻孔及剖面
光片扫描电镜分析	件	9	
浮选金精矿扫描电镜分析	件	2	
选矿试验	吨	20	选矿试验矿石处理量

1.5 主要研究成果和创新点及其意义

本项研究中，在矿床成矿机制与矿床开发模式的研究方面，均有所突破和创新，主

要包括以下几点：

（1）在系统的野外地质调查和室内研究基础上，对嘎拉金矿、雄龙西金矿和阿加隆洼金矿床的成矿地质条件、成岩成矿作用和控矿因素进行了全面系统的研究，完成了大量的岩石学、区域地球化学分析与测试，为全面认识甘孜-理塘金成矿带成矿作用和建立正确的成矿模式提供了系统的基础资料。①系统研究了典型金矿床的含矿岩石地层的基本地质特征；②深入探讨了嘎拉、雄龙西和阿加隆洼金矿床的矿化与围岩蚀变；③系统地分析了金矿石的矿物学、岩石学、微量元素和稀土元素地球化学特征。

（2）系统归纳了研究区区域找矿模式：①小范围大比例尺土壤地球化学异常；②地球物理视电阻率测深显示低阻低极化及高阻高极化向高阻高极化的转换，反映深部碎屑岩和碳酸盐岩或硅质岩的岩性转换面；③异常区内岩浆岩、火山岩或脉岩存在，或有隐伏岩体存在；④滑覆断裂破碎带沿岩性转换面的发育；⑤破碎带内强烈的硅化和硫化物化；⑥破碎带上覆有易塑性变形的黑页岩或泥质粉砂岩等致密且渗透性差的岩石；⑦破碎带内硅化岩石中微裂隙发育，并被大量微—细粒黄铁矿和毒砂充填；⑧岩石比重极大；⑨地表有铁帽发育。

（3）通过对前人在研究区所取得的大量研究和勘探成果资料的系统收集和消化，本项研究从地层、构造、岩浆活动、火山喷发、物化探异常的角度，系统归纳了甘孜-理塘构造带的区域成矿地质条件，首次提出了甘孜-理塘金矿成矿带的概念。

（4）广泛利用前人对研究区区域构造、沉积岩石、古生物研究成果，系统的阐述了甘孜-理塘断裂带的发生、发展直至消亡的历史，为全面深入地了解研究区构造发育史以及盆山转换机制以及成矿流体的迁移奠定了基础，所建立的区域金矿成矿模式在本区域尚无先例。

（5）针对研究区金矿床金的赋存状态的复杂性，有针对性地对金矿床不同矿石类型，主要包括氧化矿石、半氧化矿石和原生矿石进行了不同粒级、不同选液下的工业选冶试验，并在此基础上，系统地提出了成矿带上不同金矿石类型的开发模式，为该区难选金矿石或质量较差金矿石的利用提供了技术上支撑，是本次研究的一项重大突破，在某些方面（如精金矿细菌氧化氰化试验）填补了国内的空白。

第 2 章 四川甘孜—理塘金矿成矿带地质背景

研究区位于四川省甘孜州新龙县、理塘县境内，南北长 160km，东西宽 5～20km，总面积 3500km²。地理坐标为东经 100° 02′ 15″ ～100° 15′ 00″，北纬 29° 54′ 20″ ～31° 25′ 30″，调查区位于 H47D002009；H47D003009；H47D004008、H47D005009、H47D006009、H47D007009 等 1：10 万图幅的部分区域。地处甘孜～理塘断裂带中段。

川藏公路由成都经川藏北线可达研究区以北的甘孜县，经川藏南线可达南部理塘县，距离约 800km。由北而南沿雅砻江有公路由甘孜县经新龙可达理塘；研究区内主要矿区及异常区均有林区简易公路相通，交通比较方便。

研究区地貌特征分属高山深切割区、丘状高原区及山原区，海拔标高在 3000～4500m 之间，气候属高原大陆性气候，仅有冬夏之分，春秋季节不明显；每年 12 月至次年 3 月为寒冬季节。最低气温在-20° C 以下，4～11 月可进行野外地质工作；降雨主要集中在 6～8 月，年降雨量 600～800mm 左右，但近年来降雨量有增加的趋势。

本区属藏族居民聚居区，经济以农牧业为主，且以分散方式发展。以往曾有林木业生产及林产品加工工业，随着国家经济政策的变动，目前只有水电站企业，可满足县城生活、生产之需。矿业除新龙麦科砂金、理塘金厂沟砂金矿有所开发外，其它方面几乎为零，经济仍处于落后状态。

2.1 区域地质背景

2.1.1 大地构造位置

研究区位于玉树—义敦优地槽褶皱带东缘，甘孜—理塘断裂带之中段，东邻雅江地向斜（图 2-1）。按板块构造观点，本区处于义敦火山岛弧带东缘，海沟蛇绿混杂岩带上，印支期甘孜—理塘裂谷带之中南段。特殊的构造地质环境及长期演化发展，为该区矿产的形成提供了非常有利的成矿地质条件。

2.1.2 区域地层

区内地层主要由三叠系上统拉纳山组（T_3l）、图姆沟组（T_3t）、曲嘎寺组（T_3q）组成，三叠系中下统在理塘北部有局部出露，上统的英珠娘阿组（T_3yn）、喇嘛垭组（T_3lm）在新龙西部局部出现，在坐景寺—昂给断裂东侧则主要出露雅江小区的两河口组（T_3ln）。古近系沿亚火—卓西断裂和擦岗隆洼—古鲁断裂断续分布。地层分属义敦—稻城分区和马尔康雅江分区。三叠系在本区广泛分布，由老而新分别为：中下统（T_{1+2}）：岩性为凝灰质基性火山岩、玄武岩夹灰岩、板岩及砂质千枚岩。为海相火山—正常沉积岩组合。

上统曲嘎寺组（T_3q）：下段岩性为石英砂岩、板岩夹基性凝灰岩；上段（T_3q^2）岩性为变质基性-中基性凝灰岩、凝灰质砂岩、板岩、结晶灰岩，以及玄武岩。

上统图姆沟组（T_3t）：分上、中、下三段。下段岩性为板岩、硅质板岩、石英岩夹砾砂岩。中段（T_3t^2）岩性为岩屑长石石英砂岩、板岩、流纹岩、灰岩。上段(T_3t^3)岩性为板岩夹少量岩屑石英砂岩。

上统拉纳山组（T_3l）：主要由不等厚互层的砂岩、板岩、夹炭质板岩构成。

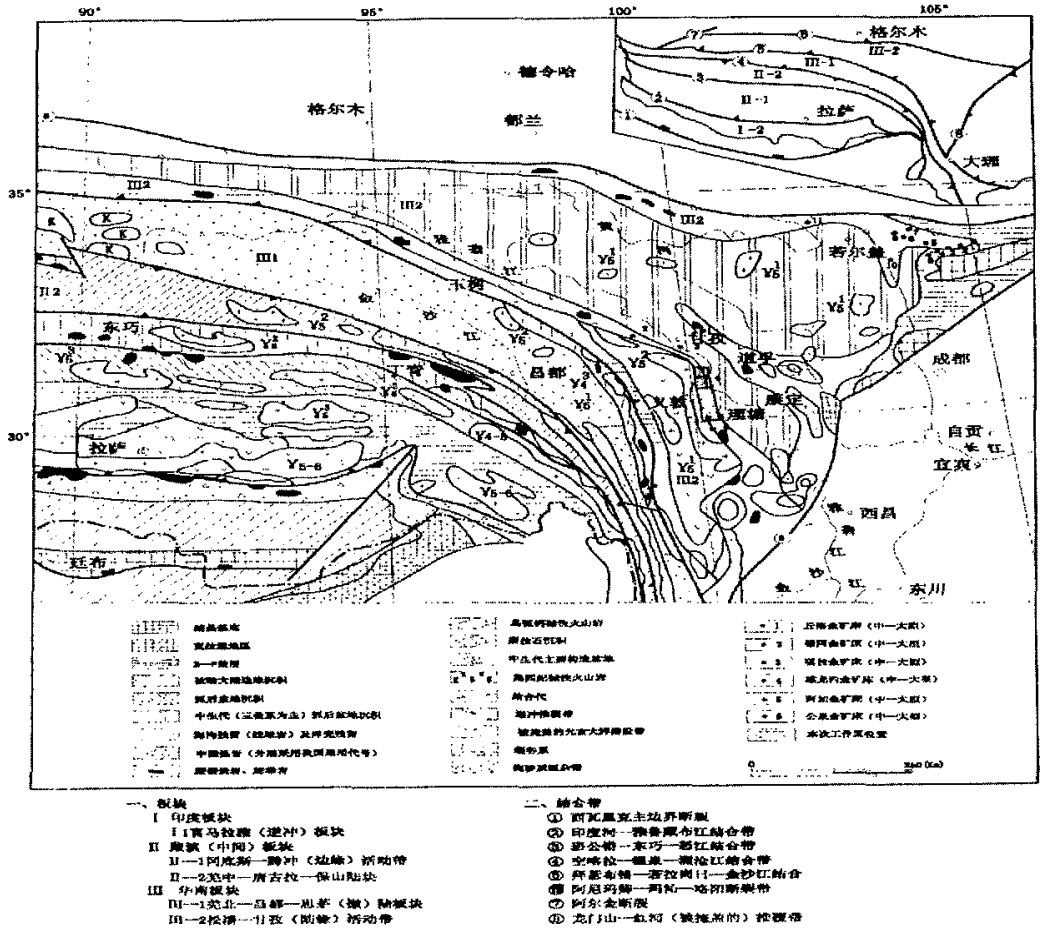


图 2-1　研究区大地构造位置图

上统喇嘛垭组（T_3lm）：为深灰色硬砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩与黑色炭质粉砂板岩韵律层，底部为一层浅灰色长石石英砂岩。

上统英侏娘阿组（T_3yn）：岩性为深灰色硬砂岩、硬砂质粉—细砂岩与黑色炭质板岩频繁韵律层，底部见不稳定的岩屑砂岩、砾岩。

以上各组段地层均为整合接触。

雅江小区上统两河口组（T_3ln）：出露于坐景寺—昂给断裂东侧，所见岩性主要由

石英砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩、薄层白云质灰岩等构成。

古近系（E）：沿亚火—卓西断裂和擦岗隆洼—古鲁断裂，呈近南北向断续分布，岩性为紫红色的泥岩、砂砾岩、砾岩、泥质灰岩等。不整合于曲嘎寺组之上。

第四系：分布范围广、成因种类多，主要沿河谷、山麓边缘及山坡地带分布，成因类型有冲积、洪积、冰积、残积、坡积、湖沼堆积等，各地厚度不等。

2.1.3 岩浆岩与岩浆活动

区内岩浆岩分布较广，岩浆活动方式以喷溢为主，侵入次之，岩性以基性～超基性为主，中酸性次之，主要为印支期岩浆岩石，其主要岩石学及岩石化学组成见表 2-1、表 2-2。

基性火山岩系：基性火山岩见于三叠系中下统（T_{1-2}）和上统曲嘎寺组中，岩石类型主要有玄武岩、凝灰熔岩、火山角砾岩等。在中下统层位中还见有苦橄玢岩。在曲嘎寺组上段（T_3q^2）中有中酸性凝灰岩分布。岩石以低钾的拉斑玄武岩系列为主，属洋壳组合。

基性～超基性侵入岩：超基性侵入岩主要沿大断裂分布，分别组成纳柯～昂给岩群、古鲁岩群、麻日蛇纹岩群等超基性岩群。岩石类型主要有辉石橄榄岩、蛇纹岩、蚀变超基性岩等。基性岩主要有辉绿岩、辉长岩、辉绿辉长岩等，分别构成阿加隆洼辉绿岩群，麻火辉长岩群，正都辉长岩群等数个基性岩群，呈岩脉状透镜状产出，单个岩体长数拾米至数百米不等，宽 50m 至 150m，极个别出露宽度大于 200m。岩石不具分带，呈单相岩石类型。

中酸性侵入岩，主要分布于亚火—卓西断裂西侧。断裂带中有闪长岩和石英闪长岩脉零星侵入，其中，理塘北部折各通闪长岩体呈岩株侵入于图姆沟组中，面积 1.2km^2。在二里壕一带有石英闪长岩脉侵入于曲嘎寺组中，酸性侵入岩侵入于上三叠系中呈岩基产出，主要有力泽西二长花岗岩体和扎卡山花岗岩体等。岩体内可分为二长花岗岩和细粒花岗闪长岩两个相带。岩体边部有热接触变质岩，主要是角岩化砂岩等。

2.1.4 变质岩与变质作用

研究区隶属于川西甘孜印支变质带的禾尼—通霄变质岩带，受区域变质作用的改造，区内所出露的地层除古近系、第四系外，其余各地层单元和侵入岩体都经历了不同程度不同变质作用的改造。从而形成广泛分布的区域变质岩。接触变质岩仅限于岩体外围，形成不同宽度的热接触变质带。构造变质作用仅在断裂带及两侧，形成碎裂岩、糜棱岩、断层泥等构造变质岩。

在区域变质作用的改造下，使三叠系的原岩为砂岩、泥岩、基性火山岩及碳酸盐岩，变质为变质砂岩、板岩、千枚岩、绿片岩及结晶灰岩等区域变质岩。据泥质岩类变质程

表 2-1 研究区岩浆岩岩石特征表[1]

时代及相	岩石名称	结构	构造	矿物成分（%）								
				基性斜长石	绿泥石	次闪石	辉石	钠长石	石英	斜黝帘石	橄榄石	其它
印支期喷出岩	玄武岩	变余辉绿结构	块状构造	45～65	5～15	10～15						
	蚀变玄武岩	变余辉绿结构、嵌晶含长结构	杏仁构造枕状构造	54～68	10		43～21					
	蚀变基性玻屑凝灰熔岩	变余玻屑凝灰结构	块状构造		46	40		2		8		绢云母 1、基性火山岩屑 3
	中酸性凝灰熔岩	变余凝灰结构	块状构造		10			43	24	3		
	苦橄玢岩	斑状结构	块状构造				30				70	
印支期侵入				辉石	角闪岩	斜长石	绿帘石	绿泥石	钾长石	云母	石英	
	角闪橄榄岩	嵌晶结构	块状构造		70							橄榄石 30
	阳起石化辉石角闪岩	变余它形粒状结构	块状构造	42	50	8						
	蚀变辉长岩	变余辉长结构、含长结构	块状构造	0～25	0～45	48～60	0～1			0～2		白钛石、钛铁矿 4
	蚀变辉绿岩	辉绿结构、含长结构、变余斑状结构	块状构造	25～35	0～34	25～66	0～1	4～37				白钛石 0～3
	闪长岩	半自形粒状结构	块状构造	1	6	82					10	
	中细粒花岗闪长岩	半自形它形粒状结构、显微蠕英结构	块状构造		6	40			24	3	25	

[1] 四川冶金地质勘察院，《甘孜—理塘地区 1989～1990 年分散流测量工作初步总结》，1990

表 2-2 研究区内主要岩浆岩化学组成[①]

序号	岩石名称	岩石氧化物含量(%)											
		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	NaO	K_2O	P_2O_5	灼失
1	玄武岩	50.10	2.20	14.56	1.68	8.39	0.16	6.01	8.66	3.20	0.42	0.18	3.69
2	玄武岩	46.76	3.60	13.97	7.86	6.58	0.24	3.90	4.33	2.75	3.59	0.75	4.81
3	蚀变玄武岩	47.60	4.25	13.17	4.31	9.68	0.19	4.40	6.76	3.00	2.40	0.42	3.38
4	蚀变基性凝灰岩	46.80	2.35	4.96	1.92	7.83	0.17	19.13	10.06	0.58	0.17	0.17	5.73
5	蚀变玄武岩	45.46	2.13	11.20	1.15	7.83	0.19	8.30	10.68	3.03	1.94	0.38	7.53
6	基性火山角砾岩	41.54	1.13	13.10	2.60	5.83	0.12	7.99	13.70	2.71	0.76	0.24	9.07
7	绿泥黝帘阳起石	45.04	0.55	17.14	2.16	7.12	0.12	12.03	8.93	2.16	0.30	0.02	4.36
8	蚀变基性岩	46.64	3.25	9.89	3.34	7.41	0.18	10.25	9.32	2.57	1.50	0.33	4.19
9	帘石闪石化辉长岩	45.94	1.00	14.79	2.47	6.70	0.19	8.84	12.49	2.20	0.46	0.08	5.08
10	蚀变玄武岩	50.34	1.55	13.36	1.61	8.65	0.18	7.18	9.54	2.88	0.66	0.12	3.28
11	杏仁状玄武岩	46.50	2.15	14.13	2.41	9.00	0.16	6.18	10.84	3.36	0.39	0.23	4.00
12	玄武岩	47.94	2.20	14.48	3.16	8.08	0.17	6.12	9.50	3.08	1.56	0.28	3.68
13	基性凝灰熔岩	42.78	1.20	9.38	1.56	8.55	0.17	16.20	10.30	1.69	0.12	0.06	7.71
14	蚀变橄榄玄武岩	39.52	2.15	7.16	4.18	7.36	0.16	21.73	8.19	0.42	0.24	0.20	9.22
15	绿帘透闪片岩	41.90	1.85	7.41	4.63	4.70	0.13	12.60	12.96	2.13	0.47	0.28	10.00
16	蚀变基性岩	40.10	1.25	4.66	5.67	6.57	0.17	27.38	4.06	0.22	0.27	0.14	10.03
17	蚀变基性岩	40.36	0.88	8.81	2.45	7.55	0.17	22.41	8.21	0.33	0.06	0.08	8.24
18	蛇纹石化橄榄辉石岩	39.42	0.05	1.33	6.49	1.54	0.10	36.37	1.00	0.14	0.06	0.01	12.93
19	绿帘阳起片岩	48.12	1.55	14.74	4.09	7.40	0.16	6.03	11.17	3.00	0.70	0.12	2.32
20	辉长岩	44.78	0.65	12.57	1.77	7.68	0.15	14.67	10.90	1.00	0.76	0.02	4.46
21	蚀变辉长岩	48.58	2.08	14.65	3.40	9.43	0.18	6.57	8.78	2.92	0.24	0.17	3.59
22	石英闪长岩	62.18	0.75	15.89	1.00	4.75	0.16	2.27	4.77	2.73	2.95	0.14	2.19
23	黑云母二长花岗岩	73.36	0.18	13.82	0.40	2.11	0.08	0.39	1.98	3.10	4.17	0.02	0.61
24	花岗闪长岩	73.14	0.23	13.82	0.38	1.57	0.02	0.86	3.06	2.98	3.47	0.04	0.67
25	黑云母二长花岗岩	72.72	0.25	13.79	0.53	2.00	0.06	0.58	1.87	3.10	3.62	0.08	0.64
26	黑云母二长花岗岩	71.62	0.25	14.10	0.66	2.48	0.05	0.63	2.29	3.30	3.68	0.04	0.63
27	黑云母花岗岩	76.00	0.05	12.78	0.39	1.44	0.03	0.39	0.90	3.10	4.38	0.01	0.43
28	斑状黑云母二长花岗岩	77.78	0.05	11.67	0.34	1.23	0.01	0.16	1.19	2.53	4.57	0.02	0.42
29	黑云母二长花岗岩	73.20	0.18	13.48	0.71	1.95	0.08	1.40	2.26	3.10	3.68	0.02	0.33
30	黑云母花岗闪长岩	61.06	0.58	16.79	0.62	5.42	0.12	2.10	6.61	2.43	2.50	0.07	2.18
31	黑云母花岗闪长岩	63.98	0.55	15.94	0.65	4.47	0.10	2.04	5.54	2.55	2.23	0.14	1.52

[①]四川冶金地质勘察院，《甘孜—理塘地区 1989~1990 年分散流测量工作初步总结》，1999

度的差异性，可分成板岩亚带和千枚岩亚带。板岩亚带中主要岩石类型计有绢云板岩、绿泥绢云板岩、粉砂质板岩、钙质板岩、凝灰质板岩、变质砂岩、变质玄武岩、变质基性—中基性火山岩、结晶灰岩等。本亚带岩石变质程度低，基本保持了原岩的面貌特征。千枚岩亚带呈半弧形分布于西南侧，组成该亚带的主要地层为上三叠统曲嘎寺组上下段，主要岩石类型计有绢（白）云石英千枚岩、炭质绢云石英千枚岩、绢云钠长石英千枚岩、绿片岩等，该亚带原岩面貌多已改变。总的趋势为从西向东、从南到北，变质程度逐渐降低，千枚岩亚带被板岩亚带所代替。综上岩石组合特征，本区变质相属低温—低绿片岩相，属区域低温动力变质作用形成的单相变质产物。

2.1.5 区域地质构造

研究区构造线总体为南北向，由亚火—卓西断裂、擦岗隆洼—古鲁断裂、坐景寺—昂给断裂三条区域性主干断裂及其间的一系列轴向为南北的线状紧闭褶皱和同斜倒转褶曲构成本区褶断构造带之主体。三条主干断裂为延伸长，影响深度大的壳层断裂，呈南北向纵贯调查区，在走向上呈舒缓波状。倾向东，倾角均在 70° 以上，并具有多期活动的特征。沿断裂带除构造破碎带发育外尚有基性、超基性岩浆侵入岩。

区内除三条南北向主干断裂外，尚发育与之近于平行的层间破碎带。南北两端还有北西向压扭性断裂，中段有北东向断裂，将上述三条主断裂平移错断，北东向及北西向断裂组应是喜山期的产物。

区内的主干断裂对东西两侧三叠系的沉积相和岩浆活动有着明显的控制作用，同时对区内矿产的形成也有着明显的控制作用。

区域构造特征总体呈反“S”形构造带，其中甘孜以北向北西偏转，而理塘以南则向南东转折，调查评价区段正处于南北向地段，发育三条主干断裂，即东侧的坐景寺—昂给断层、西侧的亚火—卓西断层及其间的擦岗隆洼～古鲁断层。另外，则是与主干断裂相伴平行产出，并受同一应力场制约的褶皱构造（图 2-1）。

（1）断裂

三条主干断裂特征基本相似，走向延长达数百公里，均为规模巨大的壳层断裂，断裂破碎带宽数十至数百米不等，构造角砾岩、糜棱岩、断层泥及构造透镜体普遍可见，其倾向和倾角随走向上的偏转变化而改变，倾角一般在 50° 以上，破碎带的发育宽度也有所不同，在调查区段内相对较窄，而倾角偏大，一般为 70～80° 的高角度。东西两侧的主干断裂分别控制了两侧三叠系的沉积相，其中坐景寺—昂给断裂分别控制了东边的雅江小区沉积相及西侧海沟沉积相，而亚火—卓西断裂南段则因两侧沉积特征的差异分别呈现断裂东侧的雅江小区和西侧的稻城小区沉积特点。

除主干断裂外，区内尚分布有与主断裂近平行的次级断裂，其中以达森隆洼断裂为代表，以理塘断裂为代表的北西向断裂组和以麻火断裂为代表的北东向压扭性断裂，北

西向、北东向压扭性断裂往往将主干断裂错开平移。次级断裂对本区矿产的成因起到明显的控制作用。

（2）褶皱

褶皱构造主要有麻通寺背斜、略西沟倒转背斜、直日棍巴背斜、切斜破背斜，以及阿塞柯破向斜、森达隆洼、金厂沟向斜等。受断层的破坏，往往造成地层出露不完全，形态不完整。其共同特点则是褶皱轴走向大致平行斜列分布，且与主干断裂走向一致。

2.1.6 区域地球物理特征

1:100万四川省布格重力异常图经滑动窗口平均场法处理，沿石渠、甘孜、雅江地区，呈现一条形状规则、整体似向北东方向突出的弧形重力正异常带(图2-2)。异常带北段呈北西走向，甘孜处转为南北方向，经过雅江、水洛延伸出省。

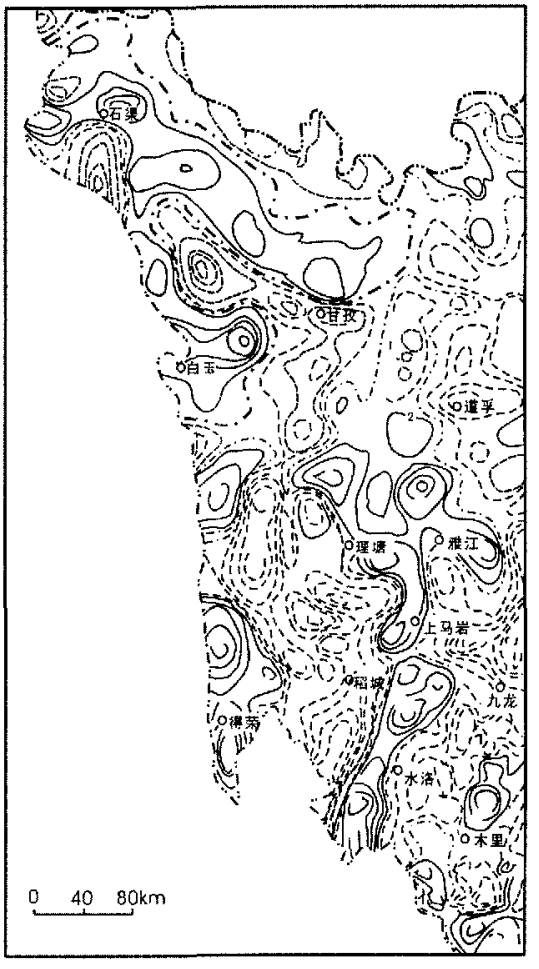


图2-2 石渠一甘孜一雅江剩余重力异常图
（据曹树恒，1994）

异常带北段、中段位于雅江冒地槽褶皱带内，西边大致以称多一甘孜一理塘断裂带为界与义敦优地槽褶皱带相邻。异常区地表主要出露三叠系西康群浅变质的砂岩、板岩，局部地区有印支、燕山期花岗岩。异常带南段斜穿义敦褶皱带与水洛、恰斯地区，与北北东向的构造一致。

在川西地区存在如此规模的重力异常必定有重要的地质构造意义。

表2-3、表2-4列出了川西地区岩浆岩、地层岩石密度，磁性特征值。从表中可以看出川西地区出露地层可以划分为4个主要的密度层，分别是第四系一第三系，上三叠系上部，上三叠系中、下部一中、下三叠系，前古生界。其中前古生界各地层岩石密度普遍较大，特征值 a=2.

758g/cm³，是区内密度最大的一个密度层。前震旦系恰斯群密度特征值为 2. 7g/cm³，与古生代地层密度基本相当。二叠纪地层因是灰岩、大理岩夹较多的玄武岩，其密度、磁性都较其它地层为大，故其存在部位的重磁异常都较明显。

表 2-3 川西地区地层岩石密度磁性特征值（据曹树恒，1994）

密度层平均密度	密度	磁性		地层（义敦－稻城地区）		地层（马尔康－雅江地区）			磁性		密度	密度层平均密度
		K	J_r						K	J_r		
1.89	1.28			第四系		第四系			70.3	2.2	1.28	1.89
	2.50			第三系		第三系			5.8	1.0	1.50	
2.61	2.63	6.8	0.5	三叠系	英珠娘阿组	格底村组		三叠系				2.62
	2.58	3.6	0.3		喇嘛垭组	雅江组			9.5	0.9	2.62	
σ =2.71	2.69	18.5	8.0		拉纳山组	两河口组	新都桥组		14.8	0.7	2.68	σ =2.67
	2.72	20.7	1.3		图姆沟组	瓦多组			13.4	0.9	2.66	
	2.70	18.2	1.1		曲嘎寺组	侏倭组					2.67	
	2.73	15.2	1.5		党恩组 / 马索三组	尕谷脑组			14.0	0.9	2.67	
					列衣组 / 三珠山组							
					比友沟组 / 茨岗组	菠茨沟组			0.5	0.5	2.67 2.77	
					吉地组 / 领麦沟组							
2.75	2.83			二叠系		二叠系					2.83	2.75
	2.77			石炭系		石炭系					2.77	
	2.71			泥盆系		泥盆系					2.71	
	2.77			志留系		志留系					2.77	
	2.68			奥陶系		奥陶系					2.68	
	2.76			寒武系		寒武系					2.76	
	2.75			震旦系		震旦系					2.75	
	2.74			前震旦系		前震旦系					2.74	

川西地区广泛出露的三叠纪地层由于成生地质环境的差异，在不同构造单元上其岩性也有所不同。因而他们的密度除在时代的新老关系上可以划分出两个密度层—上三叠系上部和上三叠系中、下部至中、下三叠系外，重要的是在义敦地区和石渠、雅江地区又由于岩性的不同，岩石密度也存在一定的差异。这种差异主要是在义敦群的图姆沟组，曲嘎寺组至中、下三叠系和西康群的瓦多组，侏倭组至菠茨沟组之间。究其原因主要是晚三叠纪的早期义敦地区曾有过火山活动，大量的火山物质在图姆沟组和曲嘎寺组地层中沉积，造成义敦地区比同时代的马尔康一雅江地区沉积的西康群岩石密度偏大，磁性要强。

表 2-4 川西地区岩浆岩石密度磁性特征值（据曹树恒，1994）

岩类	密度	磁性	
		K	J_r
花岗岩	2.64	14.5	2.3
闪长岩	2.78	42.5	6.3
正长岩	2.78	70.9	77.4
玄武岩	2.97	255.4	107.1
辉长(绿)岩	2.76	5998.8	839.2

川西地区闪长岩、正长岩、辉长辉绿岩虽具有较大的密度和一定的磁性，但其岩体规模不大，一般不会引起特别突出的重磁异常。印支一燕山期花岗岩比较发育，分布广泛，规模较大，但是由于密度低，磁性弱，故应是重力低异常和负磁异常区。川西地区玄武岩磁性相对较强，密度大，是应注意的重磁异常源。

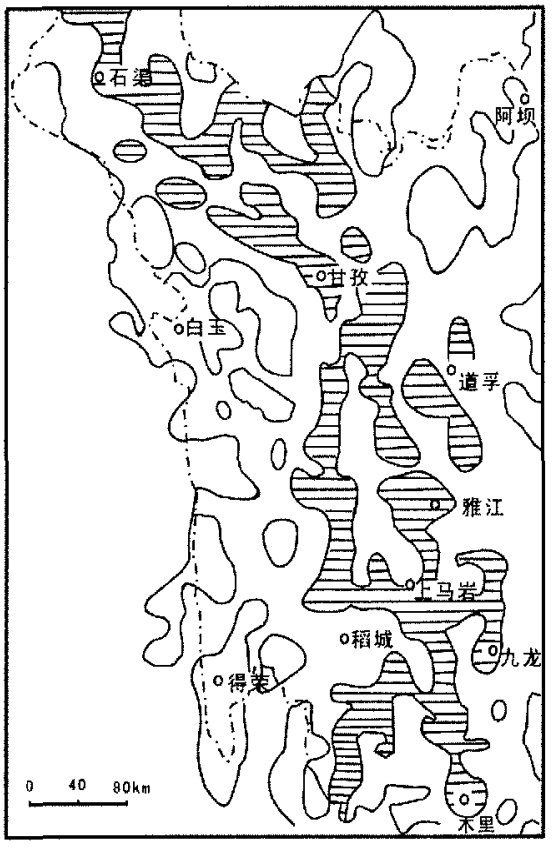


图 2-3 石渠-甘孜-雅江地区航磁上延 10 垂向二次导数零值线异常图（据曹树恒，1994）

通过上述岩石物性特征分析，可以认为石渠一甘孜一雅江重力正异常带主要不是地表岩石密度差异引起，重力异常源主体在深部。依据有如下几点。第一，龙门山一二郎山以西与称多一甘孜一理塘以东之间的三角地区，地表主要出露三叠纪西康群，其岩性为浅变质砂板岩，除上部的雅江组外，其余各组地层岩石密度一般差异不大，为 2.67 g/cm³ 左右。而本文研究的石渠一甘孜一雅江重力正异常带，仅位于上述三角区的西部，呈现规则的弧形异常带连续展布，并且其南段延出西康群，向南西方向斜穿义敦群褶皱带。这种现象说明异常带的出现与地表西康群的存在无直接的联系。第二，该异常带西侧，紧邻义敦优地槽褶皱带。区内的三叠系除喇嘛垭组外，岩石密度普遍都比西康群大 0.05g/cm³。一般情况，应是高密度层部位出现重力正异常。但是，在义敦褶皱带与雅江褶皱带相邻部位，在密度较低的西康群上也同样出现重力正异常。并且还存在跨越西区地层连续展布的异常。这种现象就很好地说明重力异常源在深部。第三，在义敦褶皱带内，由于花岗岩比较发育，规模较大，密度特征值为 2.62g/cm³(仅义敦褶皱带四个地区花岗岩统计)，比义敦地区地层岩石密度小 0.09 g/cm³，故而在义敦褶皱带内大片花岗岩地段应出现重力负异常。

川西地区航磁异常是以平稳低值负异常为主。基本特征与四川东部完全不同。化向地磁极图上，从康定经雅江向西，磁异常场值等值线由康定地区的较大负异常经过梯级带的陡变带，转变为等值线开阔、梯度减小的相对升高磁场区。雅江附近正是这种显著变化的地段，说明该处西侧存在具一定磁性的磁性体。处理后的航磁异常(图 2-3)，更清楚地反映出石渠-甘孜-雅江-水洛确实存在一条连续性较好的正磁异常带。其中，除

部分磁异常与地表的沿甘孜-理塘一带的二叠、三叠系含玄武岩等火山岩的地层对应较好外，重要的是在上马岩附近，该磁异常成南北向连续朝北延伸，进入西康群地层内，经过雅江，呈现出与重力异常带相当的边界位置。

结合表 2-3，表 2-4 的岩石物性特征，西康群基本不具磁性，能引起该磁异常的磁性体必定也在深部。并且图 2-2 和图 2-3 显示重磁异常基本对应，都具有相同的展布方

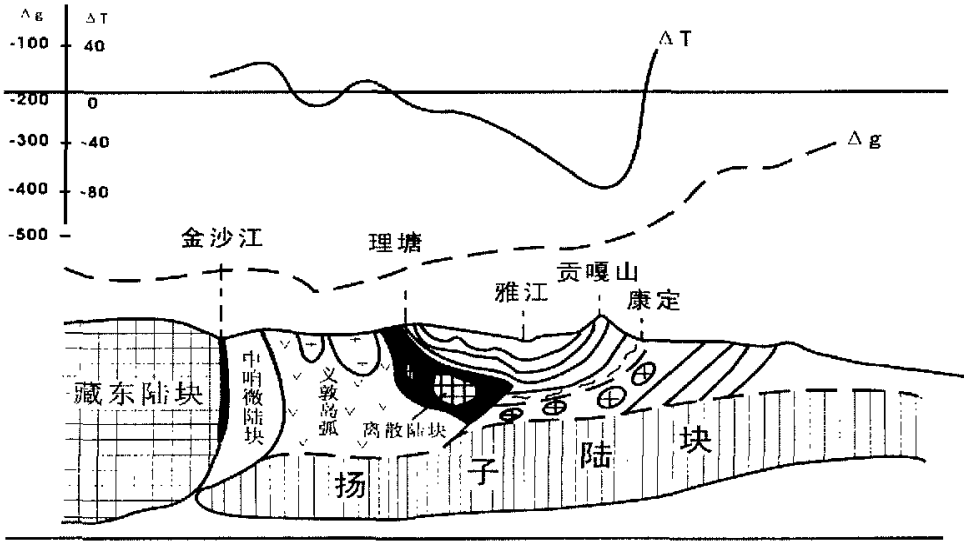


图 2-4　川西高原磁碰挤压后大地构造示意（据曹树恒，1994）

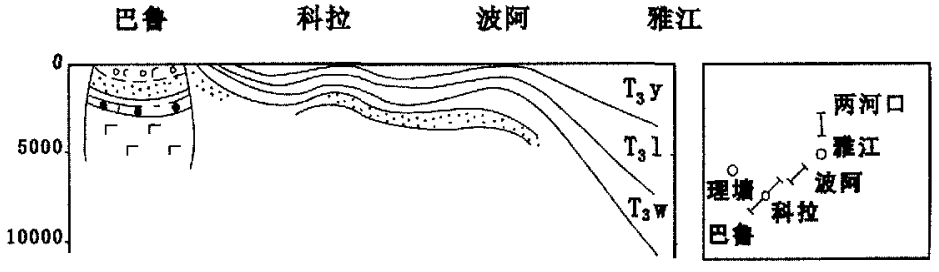


图 2-5　理塘-雅江地区中、上三叠统碎屑岩变化特征（据曹树恒，1994）

向和相当的边界位置，说明两者可能是同一成因的场源体。

1987 年对 1：50 万四川省航空磁力异常图进行初步解释[①]时，对存在于乾宁-京达地区西康群之上的似环状，最高值仅十几纳特((nT)的弱磁异常做过推测，认为引起该异常的原因有两种可能，一是含有大量火山岩的义敦群在西康群之下仍存在，二是深部存在类似水洛一带出现的前震旦系弱磁性基底。由前面的分析来看，上述的两种可能都

[①]曹树恒,1987.1:50 万四川省航磁图的初步解释。

存在。但是更直接的证据应当是本文的研究对象：石渠一甘孜一雅江重力异常南段所呈现的重、磁异常与地质体的直接对应关系。

石渠一甘孜一雅江重力异常带南段，在延伸出西康群之后，斜穿义敦褶皱带，北北东向沿水洛构造带延出省外。据区域地质资料，水洛构造带主要是恰斯地区的弯隆状构造，由离散陆块(1：20 万贡岭幅区调报告称为漂移地块)，及其环绕其间的二叠纪至三叠纪玄武岩(也称蛇绿混杂岩)构成。重、磁异常与之对应关系十分良好。本区古生界和前震旦系岩石密度为 2.75g/cm^3，较中生界岩石密度偏大。而且二叠纪玄武岩既是高密度体，又具较强磁性。

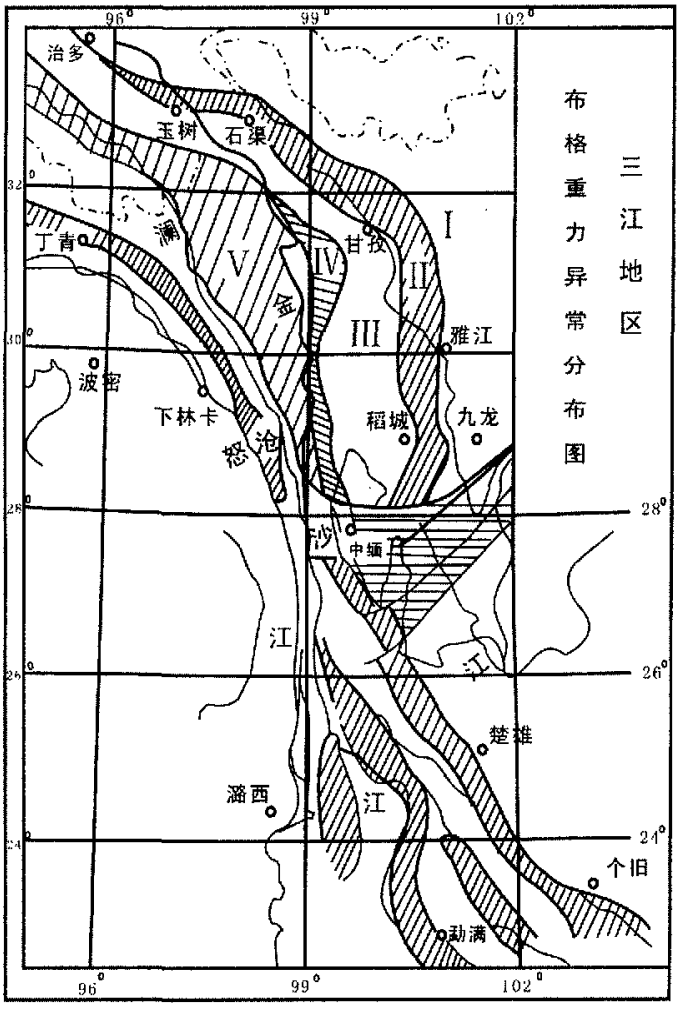


图 2-6　三江地区布格重力异常图（据曹树恒，1994）
I.治多-道孚-九龙重力低异常区；　II.玉树-甘孜-沙湾重力高异常区；　III.扎格涌-稻城重力低异常区；　IV.白玉-得荣重力高异常区;V.杂多-江达-德钦重力高异常区

因此，沿水洛构造带出现走向一致的重磁异常则是必然的。

按照由已知推向未知的原则。既然已有如此明显的证据，并且石渠一甘孜一雅江重力异常带与水洛异常带呈连续展布的关系，因而得出上面的结论就是很自然的。

为了进一步说明已有的结论，选择了鄂霍沟一上马岩地质剖面进行正演，结果表示出已出露地表的玄武岩、义敦群，甚至还有前古生界的块体向东倾斜地插入到西康群之下。1：20 万理塘幅区调地质图所示该区断层产状多向东倾斜，“并构成呈规则的北西向展布，以向西逆推为主的叠瓦状构造带”。

所以，可以说前古生代离散陆块，二叠纪玄武岩及“义敦群”存在于“西康群”之下是引起石渠一甘孜一雅江重力正异常的原因。

根据以上讨论，结合川西区域地质特征，研究区现今的大地构造格式可能如图 2-4 所示。显示了扬子地台西部在二叠纪“地裂”时期，经扩张、拉裂形成的离散在扩张洋中的前古生代陆块(包括前震旦系)，在三叠纪末及燕山、喜马拉雅期随着扩张洋的消减、闭合而被“挤压”在一起，随同洋壳残余及这一时期生成的义敦群地层一起，被“挤入”西康群之下。

而研究区中三叠世至晚三叠世海水逐渐咸化，并且西部的科拉，波拉地区较早开始咸化(图 2-5)，说明此时该区地壳由于受到推挤已经在雅江以西开始隆升。

该异常带连续延伸的走向，显示出地质上称为甘孜—理塘构造带的南段主体部分已由北西转至南西走向了。

结合三江地区布格重力异常分区(图 2-6)，可以看出该异常带向北延伸已达青海治多地区，又与三江地区重力异常带形态一致，说明其成因与三江地区构造作用有关。因此，该重力异常带是重要而明显的构造分界线位置。

2.1.7 区域地球化学特征

甘孜—理塘地区各主要地质体中微量元素分布分配特征见表 2-5，该区微量元素的分布分配有以下特征：

（1）研究评价区内 Au、Mn、Cr、Ni、Co、V、Ti 等元素丰度值均低于地壳克拉克值；

（2）Cu、Mo、Ag、Ba、w 等元素丰度值略接近于地壳的克拉克值；

（3）Hg、Sb、As、Bi、Pb、Zn、B、Sn 等元素的丰度值均高于地壳克拉克值；

（4）曲嘎寺组中 Au 平均丰度值高于区域克拉克值，而图姆沟组则低于区域克拉克值；

（5）就岩性而言，砂岩、板岩及千枚岩中 Au 的含量≥3.00×10-9，略接近地壳克拉克值、高于区域克拉克值；

（6）Au、As、Sb、Hg 在上三叠统曲嘎寺组地层中含量相对较高，其它地层组中含量相对较低。

经对同一异常中水系沉积物、土壤和相应的岩石样品分析，部分微量元素平均含量的变化统计（表 2-6），可得出如下变化特征：

（1）Au、Hg 在原生晕样品中的含量明显地高于水系沉积物及土壤样品，水系沉积物及土壤样品中含量变化不大；

表 2-5 四川甘孜-理塘地区主要地质体微量元素组成[①]

地层或地质体	岩性	样品件数	微量元素平均含量																		
			Au	Hg	As	Sb	Bi	Cu	Pb	Zn	Mn	Cr	Ni	Co	V	Ti	B	Ag	Mo	Ba	Sn	W
上三叠统曲嘎寺组T_3q	砂岩	121	3.5	0.109	10.6	2.70	0.24	53	24	87	785	51	45	13	50	2010	55	<0.1	1.8	<500	3.3	<20
	板岩	83	3.0	0.053	10.6	1.45	0.37	61	30	126	626	47	43	11	48	1950	57	1.7	1.4	<500	4.2	<20
	灰岩	71	3.1	0.056	9.6	1.14	0.18	42	17	114	638	48	44	12	36	1430	51	<0.1	1.3	<500	3.1	<20
	千枚岩	16	2.3	0.095	9.9	3.19	0.43	48	40	114	736	45	41	11	42	1560	43	<0.1	1.0	<500	3.0	<20
	砾岩	8	2.6	0.037	10.8	0.81	0.15	46	21		833	31	28	10	43	2000	32	<0.1	1.0	<500	3.0	<20
	大理岩	7	2.4	0.270	2.0	0.30	0.15	873	12		833	38	35	10	40	2000	63	<0.1	1.0	<500	3.0	<20
	白云岩	3	2.9	0.192	59.8	21.30	0.17	67	23	133	1167	65	52	10	43	2000	78	1.0	1.8	<500	3.0	<20
上三叠统图姆沟组T_3t	砂岩	49	1.8	0.018	10.2	0.94	0.40	60	31	151	633	48	53	14	48	2100	55	<0.1	2.1	<500	3.0	<20
	板岩	46	1.8	0.032	9.0	1.78	0.40	74	36	136	693	46	45	14	42	2060	57	<0.1	1.0	<500	3.0	<20
	灰岩	31	2.0	0.025	3.9	0.63	0.37	24	13		503	43	41	15	45	1530	51	<0.1	1.0	<500	3.2	<20
	大理岩	12	1.3	0.010	2.1	0.30	0.15	22	10		917	28	30	10	40	1400	63	<0.1	1.2	<500	3.1	<20
上三叠统拉纳山组T_3l	砂岩	22	1.6	0.062	16.5	0.78	0.35	77	43	152	918	44	42	14	48	1700	59	<0.1	1.5	<500	3.2	<20
	板岩	21	4.5	0.021	18.1	0.72	0.39	57	40	145	815	46	44	13	39	1580	62	1.3	1.3	<500	3.8	<20
	灰岩	7	1.1	0.873	21.0	25.83	0.17	114	16		1000			10	27	1500	71	<0.1	1.4	<500	3.1	<20
上三叠统侏倭组T_3zh	砂岩	13	2.1	0.062	21.0	0.82	0.33	45	26	104	492	38	33	13	40	2200	55	<0.1	1.5	<500	3.3	<20
	板岩	19	2.1	0.039	17.6	3.30	0.43	52	34	129	489	32	30	15	45	2000	41	<0.1	1.6	<500	3.5	<20

① Au 单位为 10-9,其余元素为 10-6,克拉克值地壳和火成岩类据维诺格拉多夫 1962 年统计成果。区域克拉克值系指甘孜—稻城测区各地层平均含量，研究区内还有一些小地层未作统计。表中变质岩一栏主要指片岩类，而板岩、大理岩、千枚岩未统计在其中。

表 2-5（续）四川甘孜-理塘地区主要地质体微量元素组成

地层或地质体	岩性	样品件数	微量元素平均含量																		
			Au	Hg	As	Sb	Bi	Cu	Pb	Zn	Mn	Cr	Ni	Co	V	Ti	B	Ag	Mo	Ba	Sn	W
上三叠统瓦多组 T_3w	砂岩	13	2.6	0.046	8.3	0.71	0.24	44	20	100	1046	36	31	14	51	1900	37	<0.1	1.3	<500	3.1	<20
	板岩	7	2.7	0.020	15.1	0.86	0.40	55	29	119	388	35	32	13	39	2100	56	<0.1	1.2	<500	3.0	<20
上三叠统两河口组 T_3In	砂岩	55	3.8	0.030	25.0	1.32	0.18	47	36	106	710	41	44	13	46	1900	59	<0.1	1.0	<500	3.0	<20
	板岩	35	2.9	0.014	30.0	1.08	0.22	44	35	116	779	40	45	13	47	1750	32	<0.1	1.0	<500	3.0	<20
	灰岩	3	1.5	0.042	2.5	0.80	0.15	16	10		575	38	40	10	41	1870	43	<0.1	1.5	<500	3.0	<20
	千枚岩	8	2.5	0.010	8.8	0.53	0.18	37	24	108	333	43	41	14	38	2000	88	<0.1	1.5	<500	3.0	<20
其它地质体	石英岩	60	2.9	0.082	12.6	2.46	0.24	45	26	98	540	43	40	12	49	2200	79	<0.1	1.7	<500	3.3	<20
	含铜石英脉	10	5.6	21.03	105.1	26.38	0.15	>1%	47	242	500	50	48	18	62	2300	93	2.3	1.6	<500	3.5	<20
	褐铁矿石	7	21.5	0.084	32.8	6.58	0.35	81	28	144	2763	45	38	16	52	2400	86	<0.1	1.8	<500	4.2	<20
	铜矿石	11	4.7	32.843	157.7	40.00	0.15	>1%	67	318	455	46	43	16	50	2000	82	3.9	2.3	<500	4.3	<20
测区各主要地层平均值	T_3q	309	2.8	0.116	16.2	4.41	0.24	170	24	117	803	46	41	11	43	1850	54	1.4	1.3	<500	3.2	<20
	T_3t	138	1.7	0.021	6.3	0.91	0.33	45	23	144	687	41	42	13	44	1773	57	<0.1	1.3	<500	3.1	<20
	T_3l	50	2.3	0.319	18.5	9.11	0.30	83	33	149	911	45	44	12	38	1593	62	1.3	1.4	<500	3.4	<20
	T_3zh	32	2.1	0.051	19.3	2.06	0.38	49	30	117	491	35	32	14	43	2100	48	<0.1	1.6	<500	3.3	<20
	T_3w	20	2.7	0.033	11.7	0.79	0.32	50	25	111	417	36	32	14	45	2000	47	<0.1	1.3	<500	3.2	<20
	T_3In	101	2.7	0.024	16.6	0.93	0.18	36	26	110	524	41	43	13	43	1880	56	<0.1	1.3	<500	3.2	<20
测区主要岩石平均值	砂岩	260	2.6	0.055	16.7	1.31	0.29	54	30	118	708	43	41	14	47	1944	56	<0.1	1.5	<500	3.2	<20
	板岩	211	2.8	0.028	16.8	1.53	0.36	57	34	129	632	41	40	13	43	1877	51	1.5	1.3	<500	3.4	<20
	灰岩	112	1.9	0.249	9.3	7.1	0.22	49	17	114	679	43	42	12	37	1615	54	<0.1	1.2	<500	3.2	<20
	千枚岩	24	2.4	0.053	9.4	1.86	0.31	43	32	111	535	44	41	12	40	1780	61	<0.1	1.3	<500	3.0	<20

表 2-5（续）四川甘孜-理塘地区主要地质体微量元素组成

地层(或地质体)	岩性	样品件数	微量元素平均含量																		
			Au	Hg	As	Sb	Bi	Cu	Pb	Zn	Mn	Cr	Ni	Co	V	Ti	B	Ag	Mo	Ba	Sn	W
基性—超基性岩体	辉长辉绿苦橄岩	136	2.1	0.028	3.9	0.67	0.15	90	12	102	1207	108	91	28	92	3000	51	<0.1	1.0	<500	4.5	<20
中—酸性岩体	花岗岩类	141	2.4	0.062	4.1	0.86	0.19	56	29	90	682	27	27	10	39	1736	42	<0.1	1.0	<500	3.0	<20
变质岩		54	1.9	0.085	5.4	1.01	0.22	208	20	106	621	50	49	13	46	1892	41	<0.1	1.0	<500	3.0	<20
克拉克值	地壳		4.0	0.080	1.8	0.20	0.17	55	13	70	950	100	75	25	135	5700	10	0.07	1.5	430	2.0	1.5
	区域	650	2.3	0.096	12.5	1.21	0.27	52	26	122	696	42	40	12	43	1843	55	<0.1	1.3	<500	3.2	<20
	超基性岩		5.0	0.010	0.5	0.10	0.001	20	0.1	30	1500	2000	2000	200	40	300	1	0.05	0.2	1	0.5	0.1
	基性岩		4.0	0.090	2.0	1.00	0.007	100	8	130	2000	200	160	45	200	9000	5	0.10	1.4	300	1.5	1.0
	中性岩				2.4	0.20	0.010	35	15	55	1200	50	55	10	100	80	15		0.9	650		1.0
	酸性岩		4.5	0.080	1.5	0.26	0.010	20	20	8	600	25	8	5	40	2300	15	0.08	1.0	830	3.0	1.5

（2）As、Sb 由原生晕—土壤—水系沉积物，其含量逐渐降低变贫。尤其是 Sb 的贫化更明显。由此也可证明，分散流样、土壤样中上述元素富集区正是金矿产出的地区，而 Au、As、Hg、Sb 复合异常为指示微细浸染型金矿存在的最佳有效异常。

表 2-6　原生晕、次生晕、分散流样品微量元素含量对照表

异常	元素	样品数			平均含量			离差		
		原生晕	次生晕	分散流	原生晕	次生晕	分散流	原生晕	次生晕	分散流
雄龙西	Au	167	328	124	580.1	2.80	2.90	1640.5	2.6	1.5
	Hg	108	238	113	0.048	0.06	0.039	0.06	9.010	1.601
	As	108	299	182	23.8	17.2	14.0	11.30	7.4	4.60
	Sb	108	289	121	2.79	0.97	0.83	2.11	0.30	1.90
理塘公果以西	Au	106	349	89	79.7	2.10	3.20	152.2	1.50	1.40
	Hg	106	356	98	0.12	0.06	0.04	0.147	0.010	0.030
	As	106	283	72	69.9	16.2	14.5	72.2	4.4	5.3
	Sb	106	262	78	4.96	1.6	0.83	4.91	0.45	1.09
备注：Au 单位为$\times 10^{-9}$，其余元素为$\times 10^{-6}$										

从 1/20 万水系沉积物测量所获得的金异常及其它元素的异常基本上分布于甘孜～理塘南北向断裂带所挟持的狭长地带内的特点就可明确得出元素的富集受构造带控制，而部份异常的分布与断裂构造密切相关。对异常内对断裂构造带样品中微量元素分布量的分析统计结果如下表（表 2-7）。

表 2-7　新龙—理塘地区断裂构造地球化学特征一览表

断裂性质	样品数	微量元素平均含量				说明
		$Au\times10^{-9}$	$Hg\times10^{-6}$	$As\times10^{-6}$	$Sb\times10^{-6}$	
S-N 向断裂	314	30.0	0.074	34.3	3.29	原生晕各主要元素背景值如下： Au：10.3 Hg：0.053 As：20.5 Sb：2.45
NW-SE 向断裂	38	41.5	0.124	50.5	6.32	
NE-SW 向断裂	59	324.6	0.352	7834	12.86	
主干断裂	214	30.0	0.074	34.3	3.23	
次级断裂	113	122.0	0.159	43.0	6.39	
备注	样品来自雄龙西、色西底、理塘下坝、公果以西等金异常。该区视 S-N 向断裂为主干断裂，NE、NW 向及部份走向不明断裂为次级断裂。					

（1）不同方向的断裂构造带显示了不同的地球化学特征，北东向展布的断裂构造 Au、As、Hg、Sb 含量明显高于其它断裂中的样品；

（2）不同级次的断裂中元素分布也有明显的差异，次级断裂带中 Au、As、Hg、Sb 明显的高于主干断裂。这说明在主干断裂形成和活动过程中，除沿断裂带形成破碎带外，同时派生次级断裂及其剪切构造，主干断裂主要起到深源热液运移的通道，而次级构造由于地温、压力的减弱而构成了成矿物质沉淀的场所。

研究区内发育了 65 个以金为主的 Au、As、Hg、Sb、Mo、Ag 分散流异常，其中划分出乙类异常 10 个，总面积达 56.45km2，丙级异常 11 个，总面积为 44km2，沿甘孜～理塘断裂带呈狭长带状分布，大部份异常分布在曲嘎寺组地层中。雄龙西金矿和阿加隆洼金矿均为通过地表工程验证 As18、As65 分散流异常发现金矿体的，其余部份异常经检查亦发现了金矿化破碎带和金矿体。类似的异常区内尚有多处，值得进一步开展工作。主要异常特征见表 2-8。

研究区内原区域地质测量过程中圈定的重砂异常有 10 处，其中有辰砂异常三处，辰砂、金异常三处，铬铁矿、黄金、重晶石异常一处，铬铁矿、重晶石异常一处，金重砂异常一处，辰砂重晶石异常一处，异常明显受断裂构造控制，沿断裂带成带分布。黄金异常区具找砂金矿的意义，部份异常区发现了金矿，其它异常找矿意义不明。

本次研究工作在理塘北部完成了 1/5 万水系沉积物测量 320km2，并进行了 1/2.5 万土壤地球化学测量，圈出 20 个 Au、As、Hg、Sb、Cu 分散流异常，主要的异常与 1/20 万水系沉积物测量结果吻合；测区圈出 16 个次生晕异常，曲开隆洼测区圈出 5 个次生晕异常，其中乙级异常有 6 处。特征见理塘县麻火、曲开隆洼地区土壤地球化学异常特征表 2-9。

主要次生晕异常特征

麻火测区

（1）Ap5 号异常：呈纺锤状沿 T3t1 与 T3q 之层间破碎带展布，面积 0.1km^2。Au 平均值 20.88 $\times10^{-9}$，峰值为 100 $\times10^{-9}$，剩余面金属量 1.438$\times10^{-9}$km^2，元素组合以 Au、Sb 为主。该层间破碎带有铜矿体产出，推测具较好的找矿前景。沿破碎带还有 Ap4、6、7 号异常展布其上，验证时应将上述异常一并投入工程进行验证；

（2）Ap11-1 号异常：呈不规则状展布于 T_3q^2 地层中，面积达 0.313km^2。Au 平均值 10.04 $\times10^{-9}$，峰值 20$\times10^{-9}$km^2，元素组合为 Au、As、Sb、Ag、Hg 的多元素组合异常，具两个浓集中心，其中之一的浓集中心沿构造线展布，长达 700 余米，具较好的找矿意义；

（3）Ap11-2 号异常：该异常紧邻亚火—卓西断裂分布。所处层位为 T_3q^2 异常内有两条辉长岩脉出露。异常面积 0.325km^2，Au 平均值 10.7 A$\times10^{-9}$，峰值达 42$\times10^{-9}$，元素组合以 Au、Hg 为主，Sb 次之。异常中有两个浓集中心，具较好的找矿价值；

（4）Ap15 号异常：呈浑圆状展布于 T3q2 地层中，面积 0.188km^2，异常以 Au、As、Ag 为主，有辉长岩脉出露，且发现了褐铁矿化层间破碎带，具较好的找矿价值。

表 2-8　新龙—理塘地区主要分散流金异常特征一览表[2]

异常区地名	异常编号	Au 异常特征值						地质特征	异常的推断解译	分类	备注
		元素组合	异常走向	面积 Km^2	平均值 10^{-9}	峰值 10^{-9}					
新龙日巴以西	AS5	Au、As	总体 NE	3.4	8.7	12.5	0.3	所处地层为 T_3ln，受控于甘孜——理塘南北向断裂带	异常浓集中心明显，具一定成矿地质条件，找矿前景不明	丙	
日巴西南处	AS6	Au、Hg、As、Sb	总体 EW	7.8	9.7	15.5	0.3	所处地层为 T_3ln，受控于南北向断裂，并有北西、南东向次级断裂切错主断裂	异常元素组合好，具一定强度和浓集中心，成矿地质条件有利，有找矿意义	乙	
新龙大盖以西	AS7	Au	NE	1.8	44.3	115.0	1.1	所处地层为 T_3ln，异常区内无断裂构造和岩浆岩出露	异常虽然强度高，浓集中心好，但元素组合单一，成矿地质条件不利，找矿前景不明	丙	
新龙莫若娘阿	AS10	Au 局部有 As、Sb	总体 NW	16.1	15.4	50.0	0.9	所处地层为 T_3q，受控于南北向主干断裂，并有北西向断裂切错主断裂	异常具有明显浓集中心和浓度梯度，成矿地质条件有利，有找矿意义	丙	
新龙角多以西	AS11	Au、As	总体 SW	7.6	8.6	14.0	0.3	所处地层为 T_3ln，区内无断裂	异常具一定强度和浓集中心，具一定的找矿意义，成矿条件不利，性质不明	丙	
尕绒寺	AS16	Au、Hg 局部有 As、Sb	SN	8.0	11.3	26.0	0.6	所处地层为 T_3q、T_3ln，受控于甘孜—理塘南北向深大断裂带	异常具一定规模、强度和浓集中心，成矿条件有利，可望找到金矿（化）体	乙	经初步查证已见矿
新龙雄龙西	AS18	Au、Hg、As、Sb、Cu、Cr	NNE	21.25	10.4	22.0	0.4	所处地层为 T_3q，甘孜——理塘南北向深大断裂在此交汇，构造岩浆岩均十分发育，见矿化蚀变	异常具一定规模，浓集中心明显，成矿地质条件有利，已获次生晕金异常及金矿（化）样品，有找矿意义	乙	已见多个金矿体
直日根巴	AS20	Au、Hg、As、Sb	NW	2.5	10.0	29.0	0.6	所处地层为 T_3q，受控于南北向深大断裂带，岩浆岩发育	异常有明显浓集中心和浓度梯度，成矿地质条件有利，具一定的有找矿意义	乙	经查证已见矿化
新龙麻日乡北西处	AS25	Au、Hg	NW	1.9	11.6	17.0	0.5	所处地层为 T_3q，南北向断裂带从异常区穿过	异常具明显浓集中心和一定强度，成矿地质条件比较有利，找矿性质尚不明	丙	
新龙夏热隆巴沟尾	AS30	Au、Hg	NE	2.3	8.3	9.8	0.2	所处地层为 T_3q，受控于南北向深大断裂带	异常强度低，无浓集中心，找矿前景不明	丙	
新龙坐景寺以北	AS39	Au、Hg 、As、Sb	等轴	1.4	7.3	8.5	0.1	所处地层为 T_3q，受控于南北向深大断裂，区内岩浆岩石发育	异常组合元素好，成矿地质条件有利，但强度弱，找矿前景不明	丙	
新龙竹青南西处	AS41	Au、As、Sb、Hg、Cu	NNW	2.0	14.0	17.0	0.4	所处地层为 T_3q，夹于南北向主断裂中间部位，一北东向次级断裂穿过金异常	异常元素组合好，成矿条件有利，经检查已获得次生晕金异常	乙	

[2]西南冶金地勘局 605 队，新龙—理塘地区 1/20 万水系沉积物测量成果表，1990

表 2-8（续） 新龙—理塘地区主要分散流金异常特征一览表

异常区地名	异常编号	Au 异常特征值						地质特征	异常的推断解译	分类	备注
		元素组合	异常走向	面积 Km^2	平均值 10^9	峰值 10^9	变化系数				
理塘麻火	AS42	Au、Hg、As、Sb、Cu、Ag、Mo	NW	6.5	18.5	100.0	1.1	处于 T_2q、T_3t 地层中，受控于南北向主干断裂，次级断裂和岩浆岩十分发育	该异常具明显浓集中心和浓集梯度，成矿地质条件十分有利，有找矿意义	乙	地调已发现金矿化，并有次生晕金异常
理塘奔波寺以北	AS44	Au、As、Hg、Sb、Cu、Ag	NWW	2.2	9.3	16.0	0.4	处于 T_3q 地层中，有少许第三系出现露，受控于南北向断裂带，岩浆活动强烈	异常具一定规模和浓度中心，成矿地质条件有利，目前找矿性质不明，但可望找到一矿（化）体	乙	
理塘略西以东	AS48	Au、Hg、As、Sb	近 W	1.8	12.4	24.5	0.6	处于 T_3q 地层中，区内无断裂构造	异常具明显浓集中心和浓度梯度，目前找矿前景不明	丙	
理塘业母	AS50	Au、As、Sb、Cu、Ag	EW	4.1	9.4	26.0	0.7	区内出露地层为 T_3q 和少许第三系，受控于南北向主干断裂并发育有次级构造	异常具明显浓集中心组合好，目前找矿前景不明	丙	
理塘热戈	AS52	Au、As、Hg、Sb Cu、Ag	NE	2.5	11.4	22.0	0.5	处于 T_3q 地层中，有少许第三系地层出露，受控于南北向深大断裂带	经次生晕扫面，获得了一处次生晕异常，可望而望找到金矿（化）体	乙	地调已发现金矿（化）体
理塘郎格隆巴南东处	AS55	Au、Hg、As、Sb、Cu、Mo、Ag	近 SN	1.2	14.3	22.0	0.4	处于 T_3t 地层中，区内岩浆岩发育，受控于南北向深大断裂带	该异常浓集中心明显，经次生晕扫面获金异常，可望找到金矿（化）体	乙	
无地名	AS63	Au	SN	1.2	13.5	22.5	0.7	处于 T_3q 地层中，异常区内无断裂构造及岩浆岩出露	异常强度略高，但规模小，目前找矿前景不明	丙	
理塘阿加隆洼	AS65	Au、As、Hg	NNW	2.5	27.0	47.0	0.6	处于 T_3q 地层中，受控于南北向深大断裂带	异常强度高，具有明显浓度中心和浓度梯度，成矿条件有利，具找矿意义	乙	证实已有金矿存在
理塘曲开隆洼	AS68	Au、Hg、As、Sb、Cu、Mo	NE	4.0	7.9	9.0	0.1	处于 T_3q 地层中，构造较不发育	1999 年经地质研究，发现小型汞矿床，有望找到金矿（化）体	丁	

表 2-9　理塘县麻火、曲开隆连测区土壤地球化学异常推断解释一览表

测区	异常编号	Au 平均值 $\times10^{-9}$	Au 峰值 $\times10^{-9}$	Cu 平均值 $\times10^{-6}$	Ag 平均值 $\times10^{-6}$	Hg 平均值 $\times10^{-6}$	Sb 平均值 $\times10^{-6}$	As 平均值 $\times10^{-6}$	异常面积 km^2	金剩余面金属量 $km^2.10^{-9}$	异常元素组合	地质概况	推断解释	异常分类
麻火测区	Ap_1	30.0	30	80	0.09	85	4.3	62	0.0125	0.29	Au、Sb、As、Cu	位于 T_3t^1 地层上	异常呈弧点产于 T_3t^1 地层，虽该异常强度较高，元素组合好，但鉴于仅为异常且异常部位无矿化蚀变，构造等现象，推测其不具找矿意义	丁
	Ap_2	5.4	45	56	0.21	92	7.9	46	0.425	0.71	Sb、As-Au、Ag-Hg、Cu	位于 T_3q^2 地层上，属布于区域断裂与次级断裂交汇部位附近	该异常为以 Sb 为主的多元素组合异常，包含了多个金点异常，元素组合以 Au、Sb、As 为主，次为 Ag、Hg、Cu、Au 元素峰值达 45×10^{-9}，异常面积在全区最大，产出地层为 T_3q^2，虽然该异常为丁类异常，鉴于其规模和各元素的丰度及处于几组构造带边缘，将其列为找矿性质不明异常	丁
	Ap_3	9.5	12	42	0.14	58	5.8	31.7	0.0375	0.11	Au、Sb	展布于区域性断裂破碎带之上之 T_3q^1 地层	仅为 Au、Sb 的点状组合异常，产于 T_3q^1 地层，不具找矿意义	丁
	Ap_4	9.8	12	57	0.11	60	2.8	3.07	0.025	0.08	Au、Sb-As-Hg	沿 T_3t^1 与 T_3q^2 之间的层间破碎带展布，主要展布于 T_3t^1 地层	产于 T_3t^1 与 T_3q^2 两套地层之含层间构造上，元素组合为 Au、As、Sb，异常形态好，但规模小，元素含量丰度低，不具找矿意义	丁
	Ap_5	20.9	100	40	0.15	89	5.3	68.2	0.10	1.44	Au、Sb、As-Ag	主要展布于 T_3t^1 地层，次为 T_3q^2，并沿 T_3t^1、T_3q^2 层间破碎带展布	异常呈纺锤状展布于 T_3t^1 与 T_3q^2 层间破碎带上，Au 元素含量丰度高达 100×10^{-9}，异常面积较大，元素组合较好为 Au、Sb、及 As、Hg 多元素组合异常，在层间破碎带北段已发现铜、银将产出。推测具较好找矿意义	乙
	Ap_6	11.6	30	43	0.19	63	5.5	74	0.0625	0.32	Au、As	斜交 T_3q^1、T_3q^2 地层层间破碎带展布于二地层上	异常呈带状展布于 T_3t^1、T_3q^2 地层上，且横跨两套地层的层间破碎带，元素组合较好，找矿前景不明	丙

表 2-9（续） 理塘县麻火、曲开隆洼测区土壤地球化学异常推断解释一览表

麻火测区	Ap_7		11.6	17	43	0.19	48	2.3	36.6	0.05	0.26	Au、Sb、As-Ag	斜交T_3q^1、T_3q^2地层层间破碎带展布于二地层上	同上	丙
	Ap_8		7.8	10	47	0.26	74	2.3	44	0.0625	0.08	Au、As-Sb Ag	展布于T_3q^2地层	该异常虽然元素组合较好，但 Au 元素丰度低，异常小，未发现破碎蚀变现象，无找矿意义	丁
	Ap_9		8.5	9	60	0.24	62	2.6	29.6	0.025	0.05	Au、Ag	展布于T_3q^2地层	为 Au、Ag 组合异常，面积小，强度低，无找矿意义	丁
	Ap_{10}		9.9	15	56	0.19	121	3.5	38.2	0.05	0.17	Au-As、Sb-Hg	展布于T_3q^2地层	同上	丁
	Ap_{11}	-1	10.0	27	60	0.25	116	4.6	63.3	0.313	1.11	Au、Sb、As、Ag-Hg	展布于T_3q^2地层，位于区域断裂与次级含矿断裂之间	该异常包含了Ap_{11}号异常的两具浓集中心，异常面积大，元素组合好，产于T_3q^2地层，两侧有区域性断裂层间断裂构造挟持，推测具有较好找矿意义	乙
		-2	10.7	42	67	0.23	132	2.8	27.5	0.325	1.37	Au、Hg-Sb As	靠区域断裂展布于T_3q^2地层，异常内有 υ 产出	该异常包含了Ap_{11}号异常的两个浓集中心，异常面积大，Au 丰度高，元素组合较好，在其产出地层 T_3q^2 中有 υ 产出，异常紧邻区域性构造破碎带，推测具较好的找矿价值	乙
	Ap_{12}		13.5	18	49	0.16	87	158.8	188.2	0.025	0.18	Au、Sb、As	展布于T_3q^2地层	无找矿意义	丙
	Ap_{13}		8.9	10	67	0.46	228	2.6	20.4	0.025	0.06	Au、Ag、Hg	展布于T_3q^2地层	同上	丁
	Ap_{14}		17.8	28	94	0.13	78	6.2	116.2	0.05	0.57	Au、Sb、As、Cu	沿构造破碎带展布于地层展布于T_3q^1之上	异常虽有 Au、Sb、As、Cu 元素组合，Au 丰度高达 28×10^{-9}，均值达 17.8×10^{-9}，且紧邻构造破碎带，但异常的产出部位为T_3q^1为主进入 Q 中未封闭，故暂定为找矿意义不明异常	丙
	Ap_{15}		12.2	20	79	0.26	116	3.8	44	0.188	1.06	Au、As、Ag-Sb-Hg、Cu	展布于T_3q^2地层，异常区内见破碎带，异常边缘有 υ 产出	异常产于T_3q^2地层，向南未封闭，元素组合好，在异常边缘有 υ 产出，异常区内见有层间破碎，褐铁矿化、绢云母化等矿化蚀变现象，推测具较好找矿意义	乙
	Ap_{16}		8.9	10	130	0.26	136	2.7	44.3	0.0375	0.09	Au、As、Cu、Ag	展布于T_3q^2和 Q 地层上	无找矿意义	丁

表 2-9（续） 理塘县麻火、曲开隆洼测区土壤地球化学异常推断解释一览表

曲开隆洼	Ap_1	13.5	20	38	0.20	204	3.4	63.5	0.0875	0.75	Au、Sb、As-Ag-Hg	展布于断裂构造边缘之 T_3q^1 地层	异常紧邻区域性次级断裂产出于 T_3q^1 地层，向北西未封闭。该异常有一定规模，元素组合较好，但野外露头出露差，找矿性质不明	丙
	Ap_2	5.7	7	71	0.08	317	1.8	14.2	0.0375	0.03	Au、Sb、Hg	展布于区域断裂与次级构造间的 T_3q^2 地层	产于 T_3q^1 与 T_3q^2 接触带上，异常规模小，强度低，找矿性质不明	丙
	Ap_3	21	21	95	0.09	193	7.3	257	0.0125	0.2	Au、Sb、As、Cu	展布于 T_3q^2 地层	同上	丙
	Ap_4	33.3	280	34	0.19	2676	1.8	10.7	0.1375	3.89	Au、Hg-Sb、Ag-Cu、As	沿区域断裂次级构造展布于 T_3q^1 与 T_3q^2 接触带上	异常沿区域压扭性构造之次级斜交构造产出，异常规模大，元素组合好，Au 丰度高，峰值达 280×10^{-9}，地层上展布 T_3q^1 与 T_3q^2 之接触带，有温和产出，Hg 异常值特高，其紧邻的 Ap_5 号异常内有 Y 。产出，推测具较好找矿意义	乙
	Ap_5	10.5	30	73	0.18	11490	1.8	12.6	0.20	1.12	Au、Hg-Sb、Cu-Ag-As	展布于区域构造与次级构造交汇部位之 T_3q^1、T_3q^2 地层，异常内有 Y 。产出	异常产于区域压扭性构造与其次级斜交构造破碎带的锐角交汇部位，地层上属 T_3q^1、T_3q^2、T_3t^1 之交汇部位，在异常中有 Y 。产出，异常规模大，Au 丰度好，元素组合好，特别是 Hg 丰度高达 63900×10^{-9}，具很好找矿价值	乙

曲开隆洼测区

（1）Ap4 号异常：异常面积 0.1375km2，Au 平均值 33.3 $\times10^{-9}$，峰值 280$\times10^{-9}$，元素组合以 Au、Hg 为主，Sb、Ag 次之。异常沿次级构造展布于 T3q 地层中，相邻的西侧有汞矿点产出。该异常汞异常面积大，强度高（平均值为 2679.7$\times10^{-9}$，峰值 9800 $\times10^{-9}$），有较好的找矿意义。

（2）Ap5 号异常：呈分枝状展布于 T3q1、T3q 等地层接触带及区域性断裂（擦岗隆洼—古鲁断裂）带与 NW 向金厂沟断裂带的交汇部位，内有花岗斑岩脉产出和温泉出露，地质条件极为有利。面积（已控制的）0.2km^2，往东南出测区未封闭。Au 平均品位值 10.49$\times10^{-9}$，峰值 30$\times10^{-9}$，元素组合以 Au、Hg 为主。Hg 异常面积大，强度高，平均值为 11490.5$\times10^{-9}$，峰值达 63900$\times10^{-9}$，具较好找矿价值。

综上所述，麻火测区的几个异常中已有铜矿体产出，具有找铜金矿床的价值，而曲开隆洼测区的 Ap4、Ap5 号异常具有寻找汞矿和汞、金矿床的价值。

2.2 甘孜—理塘金矿成矿带矿床分布

区域地质、构造特征

工作区所处大地构造位置为华南板块松潘—甘孜(陆缘)活动带西缘，义敦火山岛弧与巴颜喀拉弧后盆地之间的甘孜-理塘裂谷带中段（图 2-1、图 2-7）。

地层特征

区域地层属巴颜喀拉地层区，义敦—中甸分区木里小区和稻城小区，出露地层有三叠系、下第三系。三叠系是本区分布最广的地层，分述如下：

三叠系中下统（T_{1-2}），岩性为凝灰质基性火山岩、玄武岩夹灰岩、板岩及砂质千枚岩，为海相基性火山岩—火山碎屑岩—正常沉积岩建造。与上三叠统曲嘎寺组呈角度不整合接触。

上三叠统（T_3）分为曲嘎寺组（T_3q）、图姆沟组（T_3t）和纳拉山组（T_3l）。

曲嘎寺组分为上、下两段，下段（T_3q^1）岩性为石英砂岩、板岩，基性凝灰岩；上段（T_3q^2）岩性为石英砂岩、基性火山岩、结晶灰岩和板岩。

图姆沟组分为上、中、下三段，下段（T_3t^1）岩性为板岩、硅质板岩、石英岩类含砾砂岩；中段（T_3t^2）岩性为岩屑长石石英砂岩、板岩、流纹岩和灰岩；上段（T_3t^3）岩性为板岩夹少量岩屑石英砂岩。

纳拉山组只出露下段（T_3l^1），岩性为砂质板岩、粉砂质板岩夹细砂岩。

其中曲嘎寺组和图姆沟组是区内重要含金层位。

下第三系（E）岩性为砾岩、砂砾岩、砂岩、泥岩和泥灰岩，属内陆山间盆地或断陷盆地沉积，为区内重要铜银矿含矿层。主要沿亚火—卓西断裂和察冈隆洼—古鲁断裂呈南北向断续展布，与下伏三叠系为角度不整合接触。

第四系（Q_4）出露零星，主要分布于河谷及山麓、山麓边缘、山坡和冰川积雪区，以角度不整合覆于其它地层之上。

构造特征

区内经受了印支末期及燕山期、喜马拉雅期多期次岩浆构造活动叠加，地层褶皱变形和断裂作用强烈，形成南北向的褶皱、断裂构造轮廓。

南北向构造：属甘孜—理塘断裂带，构成区内基本的构造轮廓，由走向近南北向的褶皱和断裂组成。褶皱主要有麻通寺背斜、略西沟背斜、金厂沟向斜和达森隆洼向斜。断层由坐景寺—昂给断裂、察冈隆洼—古鲁断裂、亚火—卓西断裂及达森隆洼断裂组成，具压性特征。该组断裂控制了区内的沉积建造、岩浆活动、变质作用和成矿作用，属区内导岩导矿构造。

北西向构造：主要是走向 300° 的金厂沟断裂，分布于工作区南侧。

北东向构造：主要由走向 25—40° 的麻火断裂、五花沟断裂、者木坎多断裂和一些同方向的小断裂组成，分布于工作区内。阿加隆洼金矿体受走向 20—45 度的北北东向断裂控制，是工作区的控矿、容矿构造。

岩浆岩

区内岩浆岩发育，岩浆活动方式有侵入和喷发两类，其中以侵入为主。本区由印支期的基—中酸性火山岩、超基性、酸性侵入岩构成了一个呈反 S 形展布的岩浆岩带。其中以基性火山岩和规模巨大的酸性侵入岩为主体，岩石类型有玄武岩、基性凝灰岩、闪长岩、辉长岩、辉橄岩、辉绿岩及二长花岗岩等。

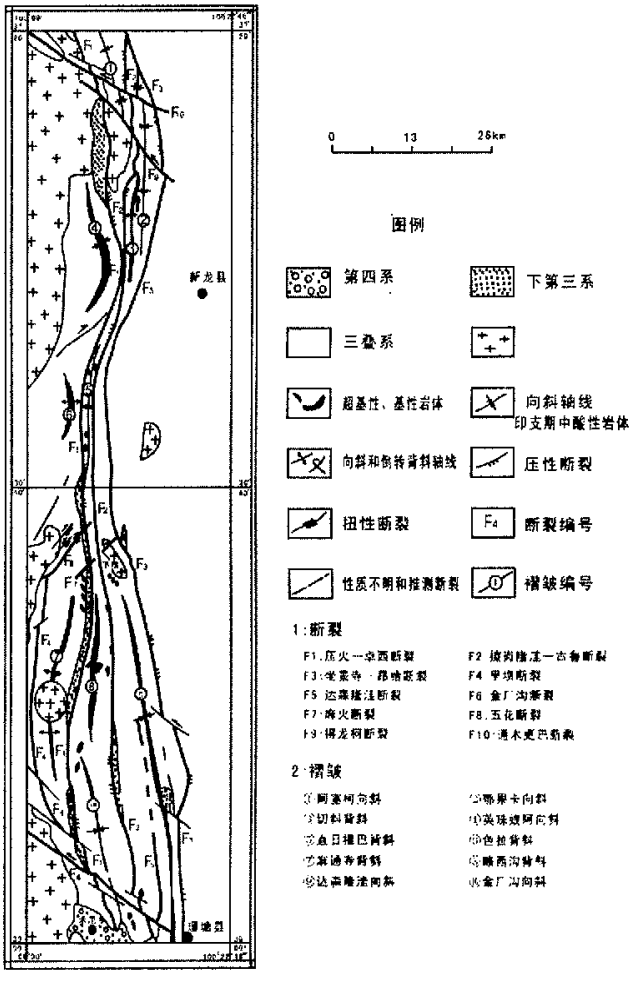


图 2-7 甘孜—理塘金矿成矿带南段构造地质图

区内喷出岩广泛分布在上、下三叠统地层中，构成区内典型的火山沉积建造，是区内金（银、铜）重要含矿岩系，尤其是强烈蚀变基性火山岩、基性凝灰岩中 Au 为（1.15-5）$\times 10^{-9}$，经研究认为 Au

（Au+Ag+Hg+As）和 Cu（Cu+Pb+Zn）可分别作为 Au 和 Cu 异常的判别标志。

地球化学特征

区内岩石地球化学及微量元素的分布分配特征与地层岩性有关，Au、As、Sb、Hg 元素在三叠系上统曲嘎寺组、拉纳山组地层中含量相对较高，Au 的主要伴生元素在地球化学分散场中的分布主要受断裂带和富金地层控制，高背景场和异常场主要分布在曲嘎寺组和断裂带中；Hg、Sb 的高背景场和异常分布与 Au 基本一致；Au 异常元素组合可分为四类：①Au；②Au、As、Sb；③Au、As、Hg；④Au、As、Sb、Hg。其中 Au、As、Hg、Sb 元素套合好，浓集中心突出的具有重要找矿意义。

矿产分布特征

甘孜一理塘断裂带是“三江”地区东缘的重要成矿带。初步统计区内已发现金、铜 、银、汞、铁、锑等矿床（点）及矿化点 63 个，而最具工业价值的是金矿，该成矿带上以发现的金、铜、银（锡）等矿产具有成群且等间距分布的特点。

2.3 甘孜—理塘金矿成矿带成矿理论研究历史沿革

对甘孜－理塘断裂带的地质调查工作始于 1930 年。但进行较系统的研究工作是四川省地质局第三区测队对 1：100 万昌都幅（1965～1974）的区调，认为它是一深大断裂带，其东侧为冒地槽的“西康群”，西侧为优地槽的“义敦群”，该带是一条重要的分界线。

20 世纪 70 年代初，四川地质局一、二、三区测队，西南地科所，南京古生物所对该带两侧进行的“西康群”与“义敦群”的专题研究。“六五”、“七五”期间，高原地质研究所、武汉地质学院等科研教学单位涉足该带进行研究。四川省地矿局区调队在该带完成了 1：20 万区调工作，为甘孜－理塘带的研究打下了基础。

甘孜－理塘断裂带“代表岛弧和陆壳最终的碰撞缝合线位置”（郝子文等，1983）；“具洋壳特征的深海洋”（刘宝田等，1983）；“治多－理塘玄武岩由上地幔在一定条件下部分熔融演化生成大洋中脊型玄武岩浆海底喷溢而成”，但“轻稀土不属于消耗型而为富集型”（江耀明，1984）；“在理塘地区存在以次火山岩为基质的蛇绿混杂岩”（王连城等，1985）；“属洋壳性质，晚二叠世至晚三叠世卡尼期形成俯冲海沟”（俞如龙等，1989）；“存在蛇绿岩是一俯冲带”（许志琴等，1993）；“存在有洋脊型火山－蛇绿岩带”（莫宣学等，1993）；“存在蛇绿混杂岩带”（邹光富等，1994）。

甘孜－理塘带“是裂谷沉积区”（雪冰等，1983）；“该带铁质超基性岩广泛发育”（姚冬生，1983）；“马尼干戈－理塘海是属于残余弧后盆地性质……不是大洋，分裂幅度是不大的”（张勤文等，1983）；“是一弧后次生扩张裂谷带，不是广泛而成熟的大洋”（1：20 万理塘、稻城、贡岭幅区调报告，1984）；“基性超基性岩属铁质超基性”（刘朝基，1991）；“基性、超基性岩残块不具有蛇绿岩套结构”①；“这一套杂岩不属于蛇

绿岩套，它是一种非蛇绿岩型的镁铁质和超镁铁质岩”（王希斌等，1994）；“该区玄武岩具有大洋拉斑玄武岩和大陆碱性玄武岩或岛弧玄武岩的过渡特征，为陆间裂谷所特有，属红海亚丁湾型”（四川省区域地质志，1991）。

以上有关甘孜-理塘断裂带的认识，分歧颇大。

而对于该断裂带内的金矿成矿理论的研究，则主要从20世纪90年带开始，而且相关报道非常少，主要包括少量的文章和对发现的金矿的普查或勘探报告。如《甘孜嘎拉脆—韧性剪切带的构造变形特征及对金矿的控制》（付小方，等，1993）；《甘孜嘎拉金矿金的赋存状态初步研究》（李开元，等，1993）；《甘孜嘎拉金矿地球化学特征及矿床成因探讨》（张建龙，等，1993），《论甘孜一道孚地区三叠系含金建造的元素地球化学特征》（王小春，等，1994）；《甘孜一理塘断裂带中韧性剪切带特征及其对金矿的控制作用》（邹光富，1995）；年《甘孜嘎拉金矿床含金剪切带的蚀变特征及地质找矿意义》（付小方，等，1996），《甘孜-理塘断裂带北段新生代构造特征及金矿成矿作用》（付小方，等，2003），《松潘地区金矿遥感地质特征研究》（印仁高，1996）等。

2.3.1 主要的矿床成因观点

从前人对研究区内金矿床的研究结合本次研究成果，本区内金矿床的主要矿床成因类型，可归纳为如下5类：

（1）产于蛇绿岩剪切带中的构造蚀变岩—硫化物型金矿。如甘孜嘎拉金矿床。

（2）产于蛇绿岩剪切带中的构造蚀变岩—石英脉型金矿。如甘孜色卡Ⅰ—Ⅴ号矿体。

（3）产于剪切带中与基性浅成脉岩有关的金矿。如甘孜尼亚达扬Ⅰ号矿体，色卡Ⅰ号矿体，阿加隆洼金矿。

（4）产于火山碎屑沉积岩中构造破碎蚀变带中的微细浸染型金矿。如新龙雄龙西金矿床。

（5）产于第四纪阶地及河漫滩中的冲积型矿金矿。如甘孜生康、拖坝、德拉等砂金矿。

2.3.2 成矿模式问题

关于研究区内主要金矿床的成矿模式，前人就成矿带北段的嘎拉金矿做过相对较多的研究。

王小春、何刚（1994）在《论甘孜一道孚地区三叠系含金建造的元素地球化学特征》一文中，通过对地层、岩相和地球化学等方面的研究，发现甘孜一道孚地区的三叠系，尤其是中、上统的细碎屑岩系，属浊积岩型含金建造，是本区微细浸染型金矿重要的矿源层。

如尹显科（1995）对嘎拉金矿的研究，所建立的成矿模式包括了矿源层形成-金的初始富集期-金的局部叠加富集期-金的氧化次生富集期，最后确定嘎拉金矿为脆-韧性剪切带蚀变岩-硫化物型金矿床。而付小芳等（1996）对嘎拉金矿的研究，也同样认为矿床为剪切带蚀变岩型金矿。

邹光富（1995）对甘孜一理塘断裂带中韧性剪切带特征及其对金矿的控制作用研究中，认为沿甘获一理塘断裂带发育的韧性剪切带，控制了区内金矿化、金犷床、金矿休的形成和分布。剪切带内金矿来主要有糜枝岩型、石英脉型及蚀变岩型三种成因类型，它们在空间上具有分带性。

付小芳、应汉龙（2003）对甘孜-理塘断裂带北段新生代构造特征及金矿成矿作用研究基础上，认为研究区金矿，主要形成在蛇绿岩群中，按矿化特征方式将金矿划为5个类型：(1)构造蚀变岩型金矿，主要有甘孜嘎拉金矿床和德格马达柯金矿床；(2)构造蚀变岩—石英脉型金矿为甘孜尼多金矿床；(3)与基性浅成脉岩有关的金矿有甘孜绒直柯和尼亚达柯金矿点；(4)与碎屑岩有关的构造破碎蚀变型金矿有新龙雄龙西金矿床和德格纳拥金矿点；(5)产于上述金矿浅部和地表与表生作用有关的淋积型金矿。上述类型金矿中，以嘎拉为代表产于蛇绿岩群瓦能组的构造蚀变岩型金矿是该断裂带产出的主要类型。

第3章 甘孜—理塘金矿成矿带典型矿床研究

3.1 矿床分布

甘孜～理塘断裂带是“三江”成矿带东缘的重要成矿亚带。初步统计，区内已发现金、铜、银、汞、铁、锡等矿床（点）矿化点，最具工业开采价值的是金矿。该成矿带金、铜、银（锡）等矿产具有成群和等间距分布的特点。

根据控矿条件（构造、地层、岩浆活动等）的一致性将成矿类型相同（相似）且分布相对集中的矿床（矿点、矿化点）划为同一成矿区，自北而南可划分6个成矿区：(1)硐中达—玉隆锡、铜、金多金属成矿区，(2)嘎拉金矿成矿区，(3)雄龙西金矿成矿区，(4)理塘金（铜）成矿区，(5)茶花铁、金成矿区，(6)耳泽金（银）、铁成矿区。各成矿区之间相距约30-40km。本次普查区即属于理塘金（铜）成矿区。

其中成型的矿床有硐中达锡（铜）矿床、错阿金矿床、嘎拉金矿床、雄龙西金矿床、阿加隆洼金矿床、麻火—亚火铜银矿床及理塘金厂沟砂金矿床等。

3.2 成矿带矿床基本特征

甘孜—理塘断裂带，经众多地学工作者研究认为，应属古特提斯洋俯冲消减及扬子陆块与义敦古岛弧拼接、碰撞的缝合线，自印支期以来，曾经历洋壳俯冲，陆—弧碰撞，陆内会聚等一系列构造事件.古洋壳残片—蛇绿混杂岩，岛弧火山—沉积岩，被动陆缘复理石等各类构造组合体相互混杂，沿断裂带并有燕山期酸性岩浆岩侵入.多期构造—岩浆活动为区内深源分散金元素的活化、迁移和富集沉淀提供了十分有利的成矿条件。近年来经地矿、冶金系统及科研、教学单位在本区金矿找矿及区域地质构造等方面的研究已取得了一定成果。

现有资料表明，甘孜—理塘断裂带北段在地质构造演化的不同时期均有金矿作用发生，但主要成矿作用发生在三叠纪及其后，金矿的分布局限于甘孜—理塘断裂带内.金矿的产出在空间上皆与构造断裂有着密切关系。

按其产出的地质环境和成矿作用方式，可将其划分为如下几类：

(1) 产于蛇绿岩剪切带中的构造蚀变岩—硫化物型金矿。如甘孜嘎拉金矿床。

(2) 产于蛇绿岩剪切带中的构造蚀变岩—石英脉型金矿。如甘孜色卡Ⅰ—Ⅴ号矿体。

(3) 产于剪切带中与基性浅成脉岩有关的金矿.如甘孜尼亚达扬Ⅰ号矿体，色卡Ⅰ号矿体。

(4) 产于火山碎屑沉积岩中构造破碎蚀变带中的微细浸染型金矿。如新龙雄龙西金矿床。

(5) 产于第四纪阶地及河漫滩中的冲积型矿金矿。如甘孜生康、拖坝、德拉等砂

金矿。

3.3 雄龙西金矿床

雄龙西金矿床位于新龙县城西平距 10km 处，新龙县扭温隆巴两侧，矿区有简易公路直通县城。地理坐标：东经 100° 10′ 20″；北纬 30° 56′ 10″。

3.3.1 矿床地质特征

矿床位于擦岗隆洼—古鲁断裂与坐景寺—昂给断裂之间，受主干断裂的控制，矿区内总体构造格架为 NNE，近南北向（图 3-1）。矿区地层为上三叠统曲嘎寺组上段，下部岩性为以火山碎屑沉积为主的中基性凝灰岩、凝灰质砂岩、沉凝灰岩等，上部岩性则是以正常碎屑沉积岩为主夹有结晶灰岩的透镜体。金矿体主要分布于下部岩性层的构造破碎带中，控矿断裂多数均为近南北向的层间破碎带，局部有穿层的特点，该组控矿构造破碎带产状倾角较陡，往往具有先压后张的力学变化特征。无论走向或倾向上均有膨缩或舒缓波状的变化，因而也控制了金矿体的形态及变化。其次北西向的剪切构造也是控矿构造之一，区内 1、3 号体即是受该剪切构造的控制，剪切构造的产状为 315—330°，倾角在 30—40° 间变化。

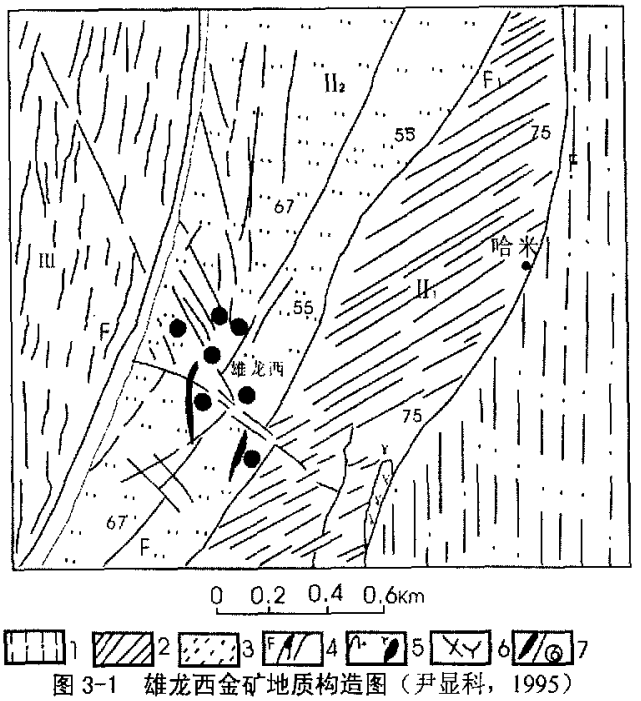


图 3-1 雄龙西金矿地质构造图（尹显科，1995）

1.被动陆缘碎屑岩构造岩片;2.蛇绿混杂岩构造岩片;
3.凝灰岩-沉凝灰岩-砂板岩系;4.弧前槽盆浊积岩构造岩片及分区断裂.
5.辉绿辉长岩脉.6.次级走滑断裂.7.金矿体及编号

金矿体分布于靠擦岗隆洼—古鲁断裂一侧，集中于南北长 1700m，东西宽约 500m 的范围内产出。赋矿围岩以中酸性凝灰质砂岩为主，在所发现的矿体中除 1、3 号矿体是受北西向构造控制外，其余矿体均受 NNE 向或近南北向的层间构造破碎带控制。矿体的产状与控矿构造一致，矿体中均有明显的蚀变特征，目前已在矿区内共发现了 18 个金矿体（图 3-2）。

3.3.2 矿体形态特征（形态、产状、规模）

如前所述，区内金矿体受构造破碎带控制，其产状与控矿构造带产状一致，而构造破碎带的边界往往就是矿体的边界，因此，矿区内矿体的边界一般是清晰可辨的，矿体的变化往往也随控矿构造的变化而变化。因金矿体无论是走向上，还是倾向上均有膨缩，尖灭再现和侧现及舒缓波状的变化特点。但就目前工程揭露的情况看，矿体的变化总的尚较稳定。

所圈出的 19 个矿体呈似层状或透镜状产出，长数十米—550m 不等，厚度一般在 1.00m 左右，最大厚度为 2.27m。出露最大高差达 180m。其中 2、13-2 号二个矿体规模较大，为目前矿区内的主要矿体，现就主要矿体特征叙述如下：

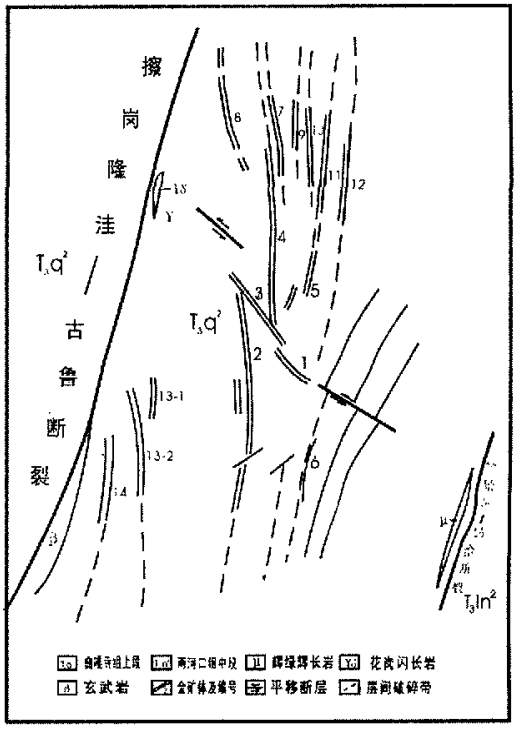


图 3-2 雄龙西金矿矿体分布示意图

2 号矿体：呈似层状产于近南北向的层间破碎带中，由十个地表工程和七个沿脉坑道控制，控制程度间距为：20—80m，垂深 40—80m。沿脉坑道控制的走向长约 70m，矿体长 610m，厚度 0.8—3.62m，平均厚 1.32m，金品位 2.06—14.8×10^{-6}，平均 9.04×10^{-6}。产状总体向东倾，倾角 75—85°，沿倾向有舒缓波状起伏的变化，因此，局部有反倾的现象。矿体厚度变化系数为 55.5%，品位变化系数为 79.12%，因此，矿体属于均匀变化。矿体顶底围岩均为中酸性凝灰质砂岩。局部有被平移断层错断的现象，但错距不大，均在 3—5m 之间。

13-2 号矿体：分布于支巴沟东侧，呈似层状产于近南北向层间破碎带中，由四个地表工程和两个穿脉平硐控制，地表控制间距 30—100m，控制垂深 67m。矿体长 370m，厚 1.01—2.30m，平均厚度 1.69m，含金品位 6.15—16.17×10^{-6}，平均品位 8.88×10^{-6}，厚度变化系数 28.89%，品位变化系数为 38.81%，为均匀变化。矿体顶底板围岩为中基性凝灰质砂岩。与 2 号矿体不同的是该矿体中有团块状辉锑矿及网脉状含自然金、辉锑矿的石英脉零星分布，自然金最大粒径达 0.85mm。该矿体出露高差达 96m。

4 号矿体，目前仅有稀疏的地表工程控制，呈长条带状分布，长 550m，平均厚度为 1.02m，平均品位 Au 3.74×10^{-6}。其它特征不清。

1、3 号矿体因受北西向剪切构造控制呈透镜状产出，其矿体顶底板围岩岩性随构

造所切穿的岩层不同而有所变化，主要有凝灰质砂岩，板岩、粉砂质板岩等。金矿化有沿围岩板理向构造破碎带外扩展的变化特点。其余矿体与上述主要矿体特征相似，只是规模及矿化程度上的差异而已。详见矿体特征一览表（表 3-1）。

3.3.3 主要矿石类型、矿物成分、结构构造

矿石类型

按自然状态分类，可分为氧化矿石和原生矿石两类，混合矿不发育。按结构构造和主要矿物组合分类，则可分为构造角砾岩型金矿石和石英脉型金矿石两类。其工业类型为破碎带控制的微细浸染型金矿石。

矿石结构、构造

金矿石具碎裂结构、变余砂状结构、自形晶-半自形晶粒结构、交代结构、金属矿物的环带结构等，角砾状构造，块状构造，显微半定向—定向构造、浸染状构造、条带状-脉状网脉状构造。

矿物组成

矿石矿物主要有黄铁矿、少量白铁矿、自然金、毒砂，局部地段可见辉锑矿、次生矿物主要有褐铁矿、黄钾铁矾，偶见锑华；脉石矿物主要为石英、长石、方解石等，少量绿泥石绢云母。次生矿物有钙质薄膜、重结晶方解石。石英脉型金矿石中脉石矿物以石英占绝大多数。

矿石化学成份

金矿石中含金量一般在 1—10×10^{-6}，少数样品含金量可达 n10×10^{-6}。选矿试验样品多元素分析含 Ag 4.5×10^{-6}、As 1.03--1.08×10^{-2}、C 0.3--0.85×10^{-2}，其它成份含量均低，矿样分析 SiO2 77.02×10^{-2}、Al2O3 7.31×10^{-2}、TFe 3.73×10^{-2}，P0.3×10^{-2}。上述主要有害元素 As 以赋存在毒砂矿物中为主，少量含在砷黄铁矿中，C 主要是碳酸盐矿物中的碳，有机炭仅局部可见。

经试验表明，As 和 C 对氧化矿石的氰化浸出率影响不显著，其它 Cu、Pb、Zn 等元素含量甚微，Sb 有局部富集成辉锑矿团块的现象。

金的赋存状态

通过大量岩矿鉴定和矿石物相分析，矿石中金矿物均为自然金，粒度细小，一般在 0.005mm 以下，部份光片中可见到粒径达 0.03—0.25mm 的中粗粒金，极个别在网脉状含金辉锑矿矿石（石英脉）中见粒径达 0.85mm 的巨粒金。自然金呈不规则的片状或星点状以裂隙金或晶隙金形式赋于脉石矿物或黄铁矿裂隙中，极细小的微粒金亦有被粘土类矿物吸附的现象，仅少量被石英或黄铁矿包裹呈包裹金的形式存在。据化学物相分析研究表明，可氰化浸出的金占 92.24%，难浸金占 7.76%，见表 3-2。矿区内地表氧化矿石中，金有次生富集增大的现象，经人工重砂试验，几乎所有样品均能见到球型金粒，

表 3-1 雄龙西金矿矿体特征一览表

矿体编号	矿体形态	产状（°）			长度（m）	均厚（m）	平均品位（$\times10^{-6}$）	含矿围岩特征（顶底板）	矿石主要金属矿物组合
		走向	倾向	倾角					
1	透镜状	315-330	50-60	25-30	111	2.17	4.85	凝灰质砂岩、板岩	Py-Ng
2	长条带状	近 SN	E	75-85	560	1.25	9.13	凝灰质砂岩	Py-Ng-Ars
3	透镜状	315-330	50	40-55	165	1.06	8.90	凝灰质砂岩、板岩	Py-Ng
4	长条带状	近 SN	E	70-80	550	0.89	3.56	凝灰质砂岩	Py-Ng
5	透镜状	近 SN	E	70-65	70	1.52	4.77	凝灰质砂岩	Sti-Py-Ng
5-1	透镜状	近 SN	E	70-65	90	1.05	10.21	凝灰质砂岩	Sb-Py-Ng
6-1	透镜状	NNE20	NWW	50	55	0.90	4.88	凝灰质砂岩	Py-Ng
6	透镜状	NNE20	SW	50-60	55	2.17	2.23	凝灰质砂岩	Py-Ng
7	长条带状	近 SN	SW	70	280	1.69	1.49	凝灰质砂岩	Py-Ng
8	长条带状	NNW	SE	45	190	2.30	1.29	凝灰质砂岩	Py-Ng
9	透镜状	NNW	SW		80	1.87	2.11	凝灰质砂岩	Py-Ng
10	长条带状	近 SN	E	80	120	0.85	5.69	凝灰质砂岩	Py-Ng
11	长条状	近 SN	E	50	100	0.90	3.24	凝灰质砂岩	Py-Ng
12	长条状	近 SN	E	80	100	1.10	1.89	凝灰质砂岩	Py-Ng
13-1	长条带状	近 SN	E	65	200	1.82	2.97	凝灰质砂岩	Sti-Py-Ng
13-2	长条带状	近 SN	E	65-85	330	1.69	8.89	凝灰质砂岩	Sti-Py-Ng
14	长条状	近 SN	E	70-80	160	1.65	7.27	凝灰质砂岩	Py-Ng

个别样品所见金粒数还相当多，1kg 样品多达数百粒者也有之。经电镜分析，本区金的成色在 937.8—983.0×10^{-3}之间，平均 959.6×10^{-3}成色较高。

表 3-2 化学物相分析结果表

物　相	游离金	连体金	氧化物含金	碳酸盐含金	硫化物含金	硅酸盐含金	有机质含金	总金量
可氰化浸出性	易　浸					难　浸		
含金量(×10^{-6})	0.38	7.68	0.22	1.06	0.88	0.16	0.70	11.08
百分含量（%）	3.43	69.31	1.99	9.57	7.94	1.44	6.32	100
合　计	10.22×10^{-6} 占 92.24%					0.86×10^{-6} 占 7.76%		100%

3.3.4 氧化带发育特征

氧化带主要发育在地表和近地表，从氧化的强度可进一步划分出两带，即氧化带和半氧化带。

氧化带

根据容矿岩石类型，将氧化矿矿石类型分为褐铁矿化黄铁绢云岩型金矿石、含褐铁矿砂砾岩型金矿石、绢云母板岩和构造碎裂岩型金矿石，其中褐铁矿化黄铁绢云岩型金矿石为主要类型。

氧化矿石结构以磷片变晶结构、残余火山结构、碎裂结构和糜棱结构为主，少量的残余半自形结构、残余辉绿结构、非晶质结构、细晶变晶结构和残余柱粒结构。

矿石构造有块状构造、网脉构造、浸染状构造、砂砾状构造、板状构造、脉状构造、角砾状构造、半定向构造和致密块状构造。

半氧化带

根据容矿岩石类型，将半氧化矿矿石类型分为绢云母板岩（或千枚岩）型金矿石、细粒石英砂岩（或粉砂岩）型金矿石、强硅化蚀变岩型金矿石。

半氧化矿石结构有粉砂质磷片变晶结构、变余中粗砂质细粒砂状结构和柱粒结构。矿石构造有碎裂构造、板状（或千枚状）构造、块状构造和脉状构造。

3.3.5 矿化期次与矿化阶段

通过对矿石矿物的大量光薄片观察，确定了雄龙西金矿矿物的生成顺序如下：石英+长石→石英+黄铁矿+自然金+毒砂+辉锑矿→石英+方解石+绿泥石+绢云母→褐铁矿+黄钾铁矾+白铁矿。

矿化阶段可以大致划分为三个阶段：

第一阶段：为成矿前阶段，主要矿物包括原岩的石英和长石等。

第二阶段：成矿阶段，随构造作用的不断加强，原岩发生构造变形及破碎，为成矿流体的进入和有用物质沉淀提供了导矿和容矿的空间，发生成矿作用和围岩蚀变，形成毒砂、黄铁矿、辉锑矿、自然金和热液交代石英、绢云母、绿泥石。该阶段为矿床主成矿阶段。

第三阶段：次生氧化淋滤作用阶段，使金进一步富集，并形成褐铁矿、白铁矿、黄钾铁矾等地表氧化矿物。

3.3.6 围岩蚀变特征

围岩蚀变主要表现为中—低温热液蚀变，常见的蚀变类型有硅化、黄铁矿化（地表为褐铁矿化）、碳酸盐化、绿泥石化、砷矿化、辉锑矿化及绢云母化等，与金矿化相关的动力蚀变也是区内围岩蚀变一大特色，由构造引发的角砾化、碎裂岩化等，对金元素的富集成矿亦起到十分重要的作用。

常见的蚀变有硅化、黄铁矿化、褐铁矿化、碳酸盐化、绿泥石化、绢云母化、辉锑矿化。其中与金矿化关系最密切的是黄铁矿化和硅化。

3.3.7 矿床成因讨论

矿区处于甘孜—理塘成矿带的中段，该带上金矿点较多，特别是 Au、As、Hg、Sb 的分散流及次生晕分布较为普遍，地层、构造、岩浆活动等地质条件对金成矿甚为有利。

矿区处于雅江冒地槽与义敦优地槽的结合部位，构造活动强烈，三叠世晚期在优地槽区域内广泛地产生了基性至中基性的海底火山喷发，在其沉积物中含金丰度值较高，为金的成矿提供了成矿物资来源。在印支—燕山期的构造运动中形成了矿区内的三条区域性的大断裂及其旁侧的与之平行的次级断裂构造。在构造活动和岩浆活动的过程中导致了地下热卤水的运移，并对岩石中的金产生溶解，在其长期作用下，由于温度和压力的作用，使富含金的热水溶液，沿深大断裂向上运移，并进入次级断裂破碎带中，达到接近地表以下的一定深度，由于温度、压力的降低和地表水的渗入改变了热水溶液的 PH 值，使得金元素在次级断裂中产生沉淀而形成矿体。根据矿石结构、构造和矿物生成世代，这种成矿作用是多期次的，不是简单的一次作用的结果。

矿区内曲嘎寺组中富含火山物质，而且金的背景值高，是成矿物质的主要来源，本文认为曲嘎寺组是形成雄龙西金矿的最主要矿源层。区域性的深大断裂为导矿构造旁侧次级断裂为储矿构造，成矿期的构造活动、岩浆活动及地下热水溶

液的运移和对金的溶解、迁移是矿床形成的必不可少的地质条件。根据化探工作成果，金的丰度值原生晕高于次生晕，次生晕高于分散流，主断裂中金的丰度值低于次级断裂等特点，与矿床的这种成因探讨也是相一致的。由此推论，矿床的成因类型应属地下（卤）水溶滤形成的微细浸染型金矿，应属于卡林型金矿的范畴。

3.4 阿加隆洼金矿床

矿区位于理塘县禾尼乡，在理塘县城北西 32km 处，距 318 国道线约 12km(图 3-3)。地理坐标：东经 100° 03′ 40″；北纬 30° 13′ 32″，海拔高度 4550—4890m。

矿区地层

区域地层分区属义敦—中甸分区木里小区，矿区出露地层有三叠系上统曲嘎寺组（T3q）、图姆沟组下段（T_3t）和中、下统，古近系（E）及第四系地层（Q），分述如下：

三叠系中、下统（T_{1-2}），主要分布在矿区北段，岩性为凝灰质基性火山岩、玄武岩、灰岩、板岩及砂质千枚岩，为海相火山碎屑岩—火山熔岩—正常沉积岩建造。

曲嘎寺组分为上、下段：

下段（T_3q^1）：分布在亚火—卓西断裂以东，近南北向展布。岩性为片理化石英砂岩夹板岩、硅质岩及少量基性火山岩、灰岩。火山岩以基性熔岩为主，多属火山溢流型，少量为爆发式火山角砾。岩石多片理化，沿该层分布有大量 Au 分散流异常（如 As41、As42、As65），是区内重要含矿层位。

上段（T_3q^2）：分布于坐景寺—昂给断裂以及察冈隆洼—古鲁断裂两侧，构成背斜两翼。岩性为石英砂岩、基性火山岩、结晶灰岩和板岩。

图姆沟组分为上、中、下三段：

下段（T_3t^1）：分布在察冈隆洼—古鲁断裂两侧，岩性为板岩、硅质板岩、石英岩夹含砾砂岩；

中段（T_3t^2）：岩性为岩屑长石石英砂岩、灰岩、流纹岩和板岩；

上段（T_3t^3）：岩性为板岩夹少量岩屑石英砂岩。

古近系（E）

受亚火—卓西断裂和察冈隆洼—古鲁断裂控制，并沿其两侧呈南北向断续出露。为氧化—半氧化环境所形成的一套红色夹杂色的砾岩、砂砾岩、砂岩、泥岩、泥灰岩及白云岩等。属内陆山间盆地或断陷盆地沉积，顶部均遭受剥蚀，残留厚度 250～400m。

第四系（Q_4）

第四系分布零星，主要分布于河谷及山麓、山麓边缘、山坡和冰川粒雪区。成因类型有冲积、洪积、冰川、沉积、残积、坡积等。主要为砂砾及粘土层，厚0～10m。

矿区构造

矿区位于金厂沟向斜西翼，其主要构造线为南北向，由南北向的亚火—卓西断裂及其北北东向的次级断裂组成，南北向断裂延伸长，影响深度大，与察冈隆洼—古鲁断裂一起对东西两侧三叠系沉积岩相和岩浆活动有明显控制作用，并控制外围金异常的空间展布。

北北东向断裂：阿加隆洼金矿产于亚火—卓西断裂上盘北北东向次级断裂破碎带中，断裂具压扭性特征，破碎带宽度50～150米，走向20～45度，倾角40～65度，地表呈舒缓波状，破碎带沿断层向南侧伏，是主要容矿场所和运矿通道，属矿区主要控矿构造之一。此组断层在矿区北部麻火一带发育，错断南北向构造。

矿区岩浆岩

区内岩浆岩分布较广，岩浆活动方式以喷溢为主，侵入次之，岩性为基性岩，属印支期。

基性火山岩：区内基性火山岩见于三叠系上统曲嘎寺组下段（T_3q^1），上段（T_3q^2）亦有部分出露。岩石类型主要有枕状玄武岩、玄武岩、橄榄玄武岩、凝灰熔岩、凝灰岩、火山角砾岩等。岩石以低钾的拉斑玄武岩为主，属洋壳组合。

基性侵入岩：矿区及外围大量分布辉绿岩脉（群）及少量闪长岩脉，大部分侵位于金厂沟破向斜槽部曲嘎寺组地层中，呈脉状产出，一般宽3～50m，长400～1100m，总体呈近南北向排列，与地层走向趋于一致。该侵入岩脉与成矿密切相关，破碎带中的辉绿岩蚀变强烈具褐化和绿泥石化、硅化，靠近断层的蚀变岩非常破碎，矿化强烈，呈褐红～浅黄色，部分为容矿岩石，是区内重要找矿标志之一。

变质作用

矿区属于川西变质地区（一级构造变质单元）甘孜印支变质带（二级构造变质单元）禾尼乡—通宵变质岩带（三级构造变质单元）。区域内变质岩分布及其广泛，除第四系、第三系外，其余各地层单元和侵入岩都经历了不同程度变质作用改造。以区域动力变质岩分布最为广泛，区域变质岩、区域热变质岩次之，碎裂变质岩仅在断裂带及其两侧较发育。原岩建造为砂泥质岩类、基性火山岩及碳酸岩建造，主要岩石类型有绢云板岩、绿泥绢云板岩、钙质绢云板岩、粉砂质板岩、硅质绢云板岩、绢云母石英板岩、钙质板岩、凝灰质板岩、硅质板岩、变质砂岩、变质流纹岩、变质玄武岩、变基—中基性火山岩、片理化变基性火山岩、

结晶灰岩等，岩石变质程度低，基本保留了原岩面貌特征，属低温—（低）绿片岩相。蚀变种类较多，有硅化、黄铁矿化、毒砂矿化、绢云母化、碳酸盐化等。

3.4.1 矿体地质特征

矿区位于亚火—卓西断裂上盘，出露地层为曲嘎寺组下段（T_3q^1）。矿化带赋存于（T_3q^1）北东向的韧性剪切带中，宽 50—150m，近南北延伸，走向 20°。

阿加隆洼金矿体产在金厂沟向斜西翼曲嘎寺组下段变石英砂岩、变粉砂岩、泥灰岩、白云岩、蚀变岩（原岩可能为辉绿岩）、板岩、千枚岩及其构造角砾岩中，受南北向亚火—卓西断裂之北东向次级断层破碎带控制。

矿化带北部含金 0.17×10^{-6}，中部含金 0.52×10^{-6}，南部 0.16×10^{-6}，南北两点间距 2200m，通过地表工程揭露，共有 13 个工程见矿，圈出两个主矿体，分别编号为 1-1 号矿体和 1-2 号矿体，而 1-2 号矿体以锐角（35°）相交于 1-1 号矿体。

3.4.2 矿体形态特征（形态、产状、规模）

阿加隆洼金矿床矿体地质特征详见表 3-16。

1-1 号矿体，呈似层状产出，由 10 个见矿工程控制，控制矿体长度 510m，走向上两端各外推 160m，矿体总长为 830m，厚度 6.07—17.67m，平均水平厚 10.64m。金品位 2.07—5.47×10^{-6}，平均品位 4.77×10^{-6}。矿体产状与控矿的韧性剪切破碎带产状一致，走向 20°，倾向 E—SEE，倾角 67°—71°，容矿岩石为破碎的蚀变闪长岩、黑色板岩夹硅质岩，两者界线清晰。蚀变闪长岩靠底板一侧，黑色板岩夹硅质岩金矿石靠顶板一侧，二者含金性亦有不同，蚀变闪长岩含金变化大，金品位 1.44—18.5×10^{-6}，平均 7.54×10^{-6}，黑色板岩夹硅质岩金矿石中金分布较均匀，品位在 1.00—8.8×10^{-6}。矿体顶板围岩为片理化石英砂岩，底板为蚀变凝灰岩。矿体和顶板接触带发育有泥化、炭化及硅化等蚀变。

1-2 号矿体：呈脉状（或似层状）产出，有三个工程见矿，控制矿体长度 165m，向北外推 80m，南端与 1—1 号矿体复合，矿体长 245m，厚度 3.95m（其厚度在原始编录图上测算），金品位 2.96—3.91×10^{-6}，平均 3.56×10^{-6}，矿体走向 350°，倾向南西，倾角 69°。容矿岩石为碎裂蚀变闪长岩，矿石呈碎裂状、粉状。矿体（层）内矿化的强弱与岩石的松散度、次级断裂的发育程度关系密切。在矿体南段（04-20 线），角砾岩化越强、蚀变越强、节理、裂隙越发育的岩石矿化越好，相反则矿化较弱，所以南段矿体分支复合现象明显，矿体中出现了透镜状的夹石（以变砂岩为主）。在矿体北段（40-80 线），矿化强弱主要受破碎带内一系列近南北向（走向约 350 度）雁行排列的次级断裂所控制，且次级断裂越

密集矿石品位越高，矿体连续性越好。越往北次级断裂越稀疏，间距过远，中间可为无矿段，直至矿化变弱。

表 3-16 阿加隆洼金矿床矿体特征一览表

矿体编号	控制长度（m）	厚 度（m）		金品位（$\times10^{-6}$）		矿体形状	控矿工程数
		范围	平均	范围	平均		
1-1	510	6.07—17.67	10.64	2.07—5.47	4.77	似层状（或脉状）	6 槽 4 浅井
1-2	165		3.95	2.96—4.17	3.56	脉状	1 槽 2 浅井

矿体下盘围岩以变砂岩为主，另有少量不连续的蚀变岩，板岩和千枚岩，围岩与矿体被断层滑动面分开泥化强，碳化明显。上盘围岩为变砂岩夹少量板岩或千枚岩，围岩与矿体呈小锐角相交，其中近矿围岩内（特别是裂隙内）立方体形黄铁矿发育，晶形完整粗大，远离矿体硫化物不发育。

3.4.3 主要矿石类型、矿物成分、结构构造

氧化矿石主要分布在近地表，在破碎带中矿石的氧化具一定分带性：由破碎带顶板至底板氧化带深度由 8—20 米，再深为半氧化矿。

矿石类型主要以浸染型矿石为主：金属矿物粒度（长轴）在 0.05-0.15mm，黄铁矿呈粒状，毒砂呈柱状，呈浸染状分布于变砂岩、泥灰岩、白云岩、绢云石英片岩内。地表矿石类型还有自然金—褐铁矿—石英；自然金—黄铁矿—毒砂—石英矿石。

含矿岩性主要为变砂岩，泥灰岩、白云岩，红褐色蚀变岩，绢云石英片岩及其角砾岩，金属矿物主要有自然金、粒状黄铁矿、针（条）状毒砂，脉石矿物主要有石英、方解石、绢云母，其次有绿泥石，地表自然金主要赋存于石英连生体中。有害组分主要为分布于破碎带底板附近黑色板岩中所含的有机碳，其次还含有少量的砷、锑等杂质。

原生矿石结构有磷片变晶结构、残余半自形粒状结构和残余火山结构，其余还见变砂状结构、粉砂状结构、泥质结构、微晶结构、隐晶结构等。构造主要为致密块状构造、浸染状构造、角砾状构造和细脉状构造等。

3.4.4 氧化带发育特征

氧化带主要发育在地表和近地表，从氧化的强度可进一步划分出两带，即氧化带和半氧化带。

氧化带

根据容矿岩石类型，将氧化矿矿石类型分为褐铁矿化黄铁绢云岩型金矿石、含褐铁矿砂砾岩型金矿石、绢云母板岩和构造碎裂岩型金矿石，其中褐铁矿化黄铁绢云岩型金矿石为主要类型。

表 3-18 氧化带矿石的矿物成份及相对含量

矿物名称	相对含量（%）				
	褐铁矿化黄铁绢云岩	含褐铁矿砂砾岩		绢云母板岩	构造碎裂岩
非金属矿物	绢云母：75—90 后期石英：2—12 白云石：2—18 绿泥石：0—5 磷灰石：0.1—0.3	碎屑	热液石英：2—35 硅质岩：15—20 粘土岩：10—25 白云岩：0—10	绢云母：93 后期石英：3—4 白云石：2 碳质：1	热液石英：77—97 绢云母：0.8—15 白云石：0—8 白钛石：0—1
		填隙物	绢云母：5—11 粘土：7—9		
金属矿物	胶状褐铁矿：3—17 白钛石：1—3 黄铁矿残晶：0.5—1（粒度：0.05—0.1mm）	碎屑褐铁矿：15—20（粒度：0.2—1.5mm） 胶状褐铁矿：2 黄铁矿：0.6—1（粒度：0.01—0.1mm） 毒砂：0.3—0.4（粒度：0.03—0.2mm）		胶状褐铁矿：0.1—0.3	胶状褐铁矿：0.5—10 黄铁矿：0.2（粒度：0.05—0.1mm）

表 3-19 半氧化带矿石的矿物成份及相对含量

矿物名称	相对含量(%)		
	绢云母板岩（或千枚岩）	细粒石英砂岩（或米砂岩）	强硅化蚀变岩
非金属矿物	绢云母：60—65 石英粉砂：0—25 石英脉：8—30 碳质：0—0.5	碎屑： 石英 60—72 锆石、电气石 0.3—0.5 杂基： 绢云母 10—26，石英 3—4 胶结物：硅质 3，白云石 0—2	热液石英：90 绢云母：7—8
金属矿物	主要分布于石英脉中 黄铁矿：6—7.5 （粒度：0.05—0.1mm） 毒砂（常穿插于黄铁矿中）：1—2 （粒度：0.05—0.5mm） 黄铜矿：0.5—0.7 （粒度： 0.1mm）	主要分布于胶结物中： 黄铁矿（粒度：0.05—1mm）：1—3 毒砂（粒度：0.02—0.2mm）：0—1 黄铜矿（粒度：0.03mm）：0.1—0.3 磁铁矿（粒度：0.05—0.15mm）：0.1—0.2 赤铁矿（粒度：0.02—0.05mm）：0.1—0.2	黄铁矿：0.2—0.4（粒度：0.03—0.2mm） 毒砂：0.25—0.5（粒度：0.01—0.05mm） 磁铁矿、赤铁矿：0.1—0.2

氧化矿石结构以磷片变晶结构、残余火山结构、碎裂结构和糜棱结构为主，少量的残余半自形结构、残余辉绿结构、非晶质结构、细晶变晶结构和残余柱粒结构。

矿石构造有块状构造、网脉构造、浸染状构造、砂砾状构造、板状构造、脉状构造、角砾状构造、半定向构造和致密块状构造。

氧化带矿石矿物成份见表3-18。

半氧化带

根据容矿岩石类型，将半氧化矿矿石类型分为绢云母板岩（或千枚岩）型金矿石、细粒石英砂岩（或粉砂岩）型金矿石、强硅化蚀变岩型金矿石。

半氧化矿石结构有粉砂质磷片变晶结构、变余中粗砂质细粒砂状结构和柱粒结构。矿石构造有碎裂构造、板状（或千枚状）构造、块状构造和脉状构造。

半氧化带矿石的矿物成分及相对含量如表3-19。

3.4.5 矿化期次与矿化阶段

通过对矿石矿物的大量光薄片观察，确定了阿加隆洼金矿矿物的生成顺序如下：石英+有机质（或碳质）+伊利水云母—石英+黄铁矿+毒砂+自然金+黄铜矿+磁铁矿—石英+白云石+绿泥石+绢云母+磷灰石—赤铁矿+白钛石。

矿化阶段可以大致划分为三个阶段：

第一阶段：为成矿前阶段，主要矿物包括原岩的石英和长石等。

第二阶段：成矿阶段，随构造作用的不断加强，原岩发生构造变形及破碎，为成矿流体的进入和有用物质沉淀提供了导矿和容矿的空间，发生成矿作用和围岩蚀变，形成毒砂、黄铁矿、辉锑矿、自然金和热液交代石英、绢云母、绿泥石、磷灰石、白云石。该阶段为矿床主成矿阶段。

第三阶段：次生氧化淋滤作用阶段，使金进一步富集，并形成赤铁矿、褐铁矿、白钛石等地表氧化矿物。

3.4.6 围岩蚀变

蚀变类型主要包括：黄铁矿化、毒砂化、硅化、绢云母化、碳酸盐化，其中以前三者与金矿化关系最为密切，而绢云母化和碳酸盐化则是该矿床成矿后期的无矿阶段的产物了。

3.4.7 矿床成因讨论

类比甘孜—理塘断裂带上同类金矿床（嘎拉金矿、雄龙西金矿等）成因，阿加隆洼金矿床主要受亚火—卓西断裂之北东向次级断裂所控制，矿源主要来自裂陷槽的火山—沉积建造，含矿介质（溶液）的迁移是在构造运动、区域变质、岩浆活动作用下，通过淋滤萃取岩石中的成矿元素，在构造动力驱动下，随着环境、物理化学条件的改变，含矿溶液的性质也发生了变化，在压力梯度大、岩石渗透

性高的北北东向次级断裂破碎带内，含矿溶液沉淀富集，形成阿加隆洼浅成中低温热液型金矿床。根据硅化特征以及黄铁矿、毒砂的晶形、大小、分布不同，判断成矿具有多期性。

控制阿加隆洼金矿形成的主要控矿因素包括：

构造因素：金矿床产于亚火—卓西断裂带上盘次级断裂破碎带中，断裂具压扭性，是重要容矿场所和运移通道。

岩浆岩因素：阿加隆洼金矿区分布有大量中基性岩脉，部份中基性岩体与矿体界限呈渐变过度，且黄铁矿、毒砂矿化强的可成为高品位矿石，即岩体本身就是容矿岩石。

地层、岩性因素：阿加隆洼金矿产在曲嘎寺组下段（T_3q^1）地层中，具有丰富的矿源，又有良好的渗透性和适宜的容矿空间。

3.5 嘎拉金矿

3.5.1 矿体地质特征

嘎拉矿区主要出露一套由透镜状、条带状超基性岩、层状辉长岩、辉绿岩墙、玄武岩、硅质岩、深水浊积岩及结晶灰岩等组成的蛇绿混杂岩.按构造—岩石共生组合特点，由 NE 向 SW 可划分出五个构造岩片或构造夹块(如图 3-4)。各岩片和夹块相互叠置混杂，原生层理不同程度地为新生面理置换.在宏观上具无序特点。按其岩石共生组合特点和成因，可以划分如下建造类型。

具半深—深海浊流沉积特点的砂质、粉砂质复理石建造：主要出构造岩片中，由长石、石英杂砂岩、粉砂岩、泥岩及钙质泥岩组成，均已变质。

蛇绿混杂岩建造：由于强烈的构造变动，蛇绿岩套层序已被完全破坏，各组成单元均被切割成一些大小不等的构造夹块。矿区所见主要有：基性火山岩，主要构成 M1 构造岩片，据微量稀土元素地球化学特征的研究判别，其特点与洋脊玄武岩 E 型相似；层状辉长岩、辉绿岩，

呈串珠状夹于 M1 构造岩片之中；变质超基性岩，均呈透镜状间夹于 M1 构造岩片中。

碳酸盐岩建造：为经构造变形和重结晶改造的结晶灰岩及泥灰岩。呈逆冲构造岩片形式出露于矿区南西侧。

嘎拉金矿容矿岩石为经构造—变形作用强烈改造的玄武质千糜岩，沿主要剪切带断续分布的碳质石英绢云千糜岩中亦见金矿化。

主要控矿构造为与甘孜—理塘断裂带平行展布的具多期活动的脆—韧性剪切变质带。金矿化主要发生在主剪切带所夹持的透镜形变基性火山岩东西西侧的

剪切变质带中，金矿体受蚀变千糜岩带的控制，赋存于强烈蚀变退色的玄武质千糜岩中，矿体产状与糜棱岩劈理一致。

金矿化在空间上与围岩蚀变关系密切，蚀变主要有铁白云石化、绢云母化、硅化、铬水云母化、绿泥石化及方解石化，并具分带性。

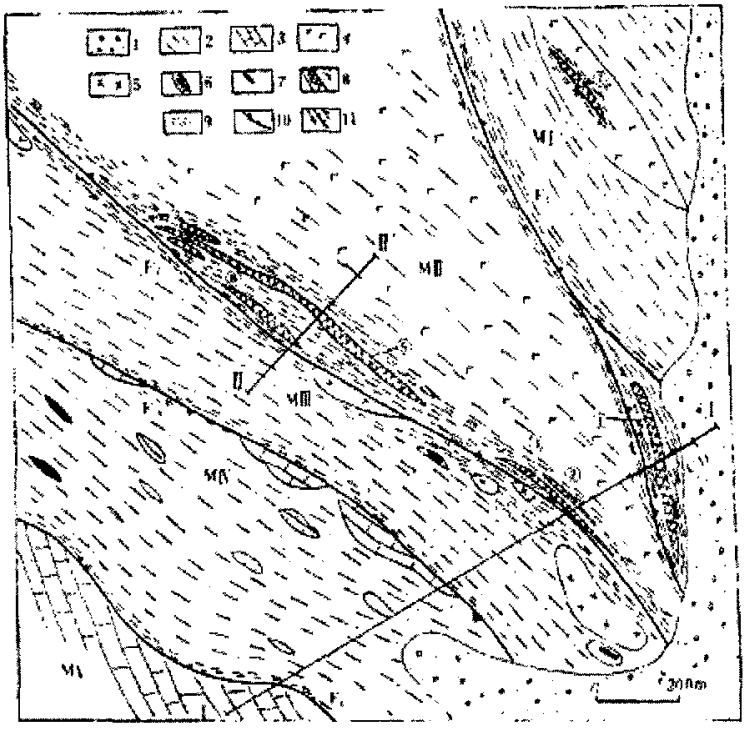


图 3-4 甘孜嘎拉金矿地质构造图

1-浮土，2-砂岩、粉砂质板岩、千枚岩，3、结晶灰岩，4-变基性火山岩，5-层状辉长岩、辉绿岩，6-硅质岩，7-超基性岩，8-矿体，9-糜棱岩及强劈理化带，10-逆冲煎切带，11-逆冲-平移剪切带。I-I'剖面位置图；M_1-M_V 岩片代号；F_1-F_4 剪切带代号

3.5.2 矿体形态特征（形态、产状、规模）

嘎拉金矿出露于海拔 3900-4500m 高程，经四川省地矿局 108 队普查勘探已圈出工业矿体 8 个(以①矿体规模较大)，已控制储量达到中型金矿体规模。各金矿体多呈长条形透镜状沿剪切带呈 NW 向断续展布。矿体产状与千糜岩劈理一致，总体向北东陡倾，近地表因受到重力作用影响，多已发生倒转，倾向南西，矿体大小随千糜岩带规模同步消长。规模最大的①号矿体，呈长豆荚状，长度为 360m，宽为 100-150m，厚度为 1-30m，已控制斜深 150m，矿体地表为氧化矿，至 2-10m 以下变为原生矿，矿体平均含金 3. 4g/t，局部地段达 60g/t 以上。以矿体中轴线为中心向两侧渐贫。⑤号矿体以氧化带规模最大，出露于海拔 4500m 左右的地段。矿体长 200m，平均厚 11. 05m，平均含金量 3. 3g/t，局部地段高达 20g/t

以上。

3.5.3 主要矿石类型、矿物成分、结构构造

嘎拉金矿矿石类型按其主要载金矿物共生组合划分为二大类：

I 类： 金一黄铁矿一毒砂矿石，按其赋存围岩又可进一步划分为两个亚类：

I -a 类矿石为嘎拉金矿的主体，矿石矿物为黄铁矿、毒砂等，呈不均匀浸染状分布。脉石矿物主要为白云石、绢云母、方解石等。

I -b 类矿石主要矿石矿物为毒砂、黄铁矿，脉石矿物有石英、碳质、绢云母、方解石等。

II 类矿石主要金属矿物为辉锑矿，脉石矿物为石英及少量方解石，矿石呈致密块状、脉状产出。

金的赋存状态主要自然金(显微金)。嘎拉金矿的自然金粒度极小，在 0.058-0.5mm 之间，呈圆滑状、不规则乳滴状，有的与石英、黝铜矿簇或毒砂等呈连生体，有的以“包裹体”形式产于黄铁矿中，主要分布于氧化带。据电子探针测试，金含量一般都在 99%以上，含少量银(0.16-0.59%)、铜(0.12%-0.55%)、铁(0. 075%-0. 38%)等元素。其次是超显微金。超显微金是嘎拉金的主要赋存形式，以分散状赋存于黄铁矿、毒砂、辉锑矿中。

3.5.4 矿化期次与矿化阶段

矿源层形成时期：晚二叠世一中三叠世甘孜一理塘洋盆迅速扩张，形成了一套代表海底火山喷发一沉积的蛇绿岩套共生组合体，来自深源的 Au 元素，呈分散状态主要赋存于基性火山岩及火山喷发期后的深水浊积岩中，从而形成原始矿源层。分析认为，金的初始富集有两种方式，一是金元素直接随岩浆喷发进.入岩石中，另一是晚期火山气液从深部向上运移过程中淬取了火山岩中金元素，后进入海盆随沉积物一起沉淀。

金的初始富集期：晚三叠世末，随着甘孜一理塘洋盆的关闭和陆弧间碰撞作用，形成了甘孜一理塘断裂带的雏形，由于逆冲剪切作用所导致的动热变质和水的参与，使分散于矿源层中的金及其它成矿元素活化迁移，随热水溶液渗透扩散到正在变形的剪切带中，沿千糜岩带形成了构造蚀变岩和金的初始富集。

金的局部叠加富集期：自燕山期以来，陆内会聚作用使甘孜一理塘断裂带发生了韧一脆性平移走滑，并伴随产生构造热液成矿作用，主要表现为金--辉锑矿一石英脉叠加，造成了局部金矿化进一步富集。

金的氧化次生富集期：喜马拉雅期后，随着区域抬升运动，矿体暴露于氧化带中，地表的氧化作用又使金进一步富集。

3.5.5 围岩蚀变特征

与金矿化有关的构造一热液期蚀变作用，主要类型为铁白云石化、绢云母化、硫化物化、铬云母化、方解石化、绿泥石化及硅化等。

碳酸盐化

是与金矿化关系最明显、最常见的蚀变作用之一。区域面型碳酸盐化形成于成岩作用期，主要表现为方解石和白云石化，是基性火山岩青盘岩化的组合之一。与金矿化有关的碳酸盐化主要表现为铁白云石化，是同构造期产物。铁白云石呈两种形态：一是呈显微粒状、他形晶，粒径约 0.02mm，均分布于含矿蚀变千糜岩中；二是呈次生脉状，自形—半自形粒状，被辉锑矿脉穿切。据电子探针分析结果(表 3-20)，可知铁白云除含铁外，还富集了与金相关的 As(> 500×10-6，最高达 1700×10-6)，Sb(>700 ×10-6，最高达 4000×10-6)，Cr，Co，Ni，Ti 等，提供了原岩为基性岩的信息，表明了含金剪切带的构造一蚀变带中，近矿体以含 Fe， Mg. As 等碳酸盐化为主，远矿体的碳酸盐化表现为以方解石化、白云石化为主。

绢云母化

是基性火山岩围岩中常见的一种蚀变。嘎拉含金剪切带可分为两种情况：一是区域的热变质作用过程中的产物，主要交代长石、辉石，与绿泥石、碳酸盐共生，呈面型分布，与金矿化的关系不明显；另一种发育于剪切强变形带中沿剪切带呈线性分布，与铁白云石、毒砂、黄铁矿共生，沿劈理(岛)定向排列，或具应变滑劈理构造，少数呈脉状产出，沿构造裂隙分布，与金矿化关系密切。据电子探针分析结果(见表 1)，可知这种绢云母成分特点为含 As， Sb， Cr， TiOz ，MgO， FeO 含量偏高，TiOz 达 10 % ， FeO 为 2.64 % ， MgO 为 2.48%，反映原岩成分为基性岩，但在不同样品中，变化较大。

表 3-20 铁白云石绢云母电子探针测试结果

编号	矿物名称	SiO_2	TiO_2	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Cr_2O_3	CoO	NiO	Al_2O_3	Sb	As	CO_2	Σ
1	铁白云石	0.21		9.38	16.65	27.79			0.13	0.02		0.07		0.13	45.74	100.12
2	铁白云石	0.20	0.04	9.96	16.01	27.96			0.14	0.03	0.02	0.12	0.49	0.06	45.52	100.55
3	铁白云石	0.18	0.05	12.08	14.91	27.41			0.08			0.08		0.05	45.20	100.05
4	铁白云石	0.22	0.27	6.96	15.68	30.80			0.31			0.19	0.07	0.07	45.57	100.14
5	绢云母	43.72	9.43	2.64	2.48	0.06		9.93	0.13	0.04	0.09	27.44	0.33	0.11		96.41
6	绢云母	42.10	7.04	0.32	0.44	0.05		8.29	0.18		0.05	35.48	0.34	0.17		94.47

铬云母化

含金剪切带所见到的铬云母呈翠绿色、鳞片状集合体，主要呈线性分布于主剪切带下部紧邻金矿体地段，形成鲜艳夺目很具特色的铬云母化带。电子探针分

析结果(表 3-21)表明，其化学成分特点为 Cr_2O_3>1%，一般为 2.78%-3.85%，$Al_2O_3$30%左右，K_2O 6%-7%，MgO 1.5%-2%，$SiO_2$45%-50%，其它还含有少量的 CaO，FeO，Na_2O，BaO，TiO，MnO 等，成分比较复杂。含金剪切带铬云母的形成，可能与构造—热液活动、基性火山岩中 Cr 的迁移有关。

表 3-21 铬云母化学成分

编号	矿物名称	SiO_2	CaO	Al_2O_3	FeO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_2	BaO	TiO_2	Mn	Cr_2O_3
1	铬云母	45.66	0.04	29.92	0.49	1.45	0.04	5.94	0.03	0.11	0.05	0.04	2.78
2	铬云母	50.39	0.03	29.68	0.50	1.94	0.13	6.74	0.00	0.00	0.06	0.00	3.85

硫化物化

嘎拉含金剪切带主要发育黄铁矿化、毒砂化及辉锑矿化，它们在蚀变玄武质千糜岩中呈浸染状或细脉状分布，是主要的载金矿物。黄铁矿种类比较多，有五角十二面体，立方体及他形晶，不同形态的黄铁矿化代表了不同的成矿阶段。电子探针结果表明为含砷黄铁矿。毒砂分布不均匀，常呈结晶完好的长柱状、长矛状，横切面呈菱形或四边形，据粒径的不同又划分为粗粒毒砂和细粒一微粒状毒砂，它们代表了不同成矿阶段。粗粒毒砂形成较早，受后期构造改造，常被拉断错移，使其很难有完整的晶形而呈竹节状，或发育压力影构造，细粒一微粒状毒砂晶形完好，常聚集成细条带状分布，并穿切早期粗粒状毒砂。辉锑矿形成较晚，主要与石英共生，呈它形粒状，脉状产出。经电子探针分析，黄铁矿、毒砂、辉锑矿含金量不均匀，变化较大，黄铁矿含 Au 量为 0-300g/t，毒砂为 0-2700g/t，辉锑矿最高达 4200g/t 以上。

蚀变带主要沿剪切强变形带呈线性不均匀分布，而且愈近矿化地段，蚀变作用愈强，表现为对早期区域面型变质带的改造，形成线性叠加构造—蚀变带，并具有分带性。根据构造—热液期蚀变作用强度、蚀变矿物组合特征，对蚀变矿物组合类型、蚀变分带划分如下：

铬云母化蚀变带

矿物组合为铬云母、碳酸盐、绢云母等，主要分布于主断裂带上盘底部，紧邻金矿体产出。并呈现出带越宽的部位，矿化带亦宽且富，是玄武质千糜岩的主要蚀变之一。本带含金较贫，一般小于 1g/t。在铬云母化蚀变带中，有碳质石英绢云千糜岩呈透镜体沿 NW 向断续分布，岩石呈灰黑色，染手，含有较多脉褶石英条带，透镜体内残留有铬云母钠长方解石千糜岩的小透镜型残块，这种“碳质”岩石显然是断裂带构造—蚀变成因之岩石。“碳质”岩石中见有星点状自形毒砂、黄铁矿分布，局部地段金含量达 2g/t。

绢云母铁白云石硫化物化带

分布于铬云母化蚀变带之上，蚀变矿物组合为绢云母、铁白云石、黄铁矿、

毒砂、辉锑矿及石英。该带分布于主剪切带中心部位强劈理带，即为黄铁矿毒砂铁白云石绢云千糜岩带，亦是金矿体的分布范围，Au 品位最高达 60 g/t，蚀变矿物在岩石中呈弥漫状或浸染状分布。

绢云母铁白云石绿泥石化带

为变基性火山岩及构造—热液期蚀变作用改造较弱地段，故保留了较多的早期岩石的特征或残余。与绢云母铁白云石硫化物化带相比，此蚀变带以富含绿泥石、绿帘石及变形稍弱为特征，主要发育于千糜岩化或糜棱岩化带，分布于金矿体上部，该部矿化较弱，Au 含量小于 1g/t。

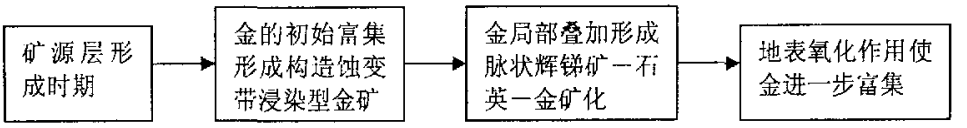
硅化—辉锑矿化、方解石化蚀变带

硅化、方解石化形成于成矿晚期，为脉系蚀变，硅化主要发育在黄铁毒砂铁白云石绢云千糜岩带中，形成的石英集合体呈大脉、团块或网脉状产出，并伴有辉锑矿的形成，在有石英-辉锑矿脉穿切叠加地段，金进一步富集，品位较富，辉锑矿本身也具金矿化；局部含金品位在 20g/t 以上。方解石化主要发育于紧邻含矿层的变基性火山岩中，呈脉状产出，局部富集地段可形成 10m 余宽的方解石化带。

综上所述，嘎拉含金剪切带自下而上大体为铬云母碳酸盐化蚀变带—毒砂黄铁矿铁白云石绢云母化带—硅化辉锑矿化蚀变带—绿泥石碳酸盐化蚀变带。它们沿剪切带呈 NW-SE 向线性展布，叠加于区域面型低绿片岩相变质带之上。其中黄铁矿—毒砂—绢云母—铁白云石—石英—辉锑矿组合与金矿化最密切，主要的金矿体均产于该构造—蚀变带中，是构造—热液期蚀变作用对早期变基性火山岩改造较完全地带，即主矿体赋存部位。含金主剪切带蚀变带的发育程度是不对称的，一般表现为沿断裂上盘厚大，下盘较薄。

3.5.6 矿床成因讨论

根据矿床地质特征、矿石矿物组合及二类主要金矿石中含金矿物毒砂、黄铁矿、辉锑矿及石英包裹体特征、成分及石英包体氢氧同位素组成的研究，并结合嘎拉地区地质构造演化历史，嘎拉金矿成矿地质条件，矿床地质特征及成矿物理、化学条件综合研究认为，嘎拉金矿为脆-韧性剪切带蚀变岩-硫化物型金矿床，其形成富集主要经历了如下过程：



第 4 章 甘孜—理塘金矿成矿带成矿模式研究

4.1 矿床地球化学

4.1.1 含矿岩石矿石的常量元素地球化学

嘎拉金矿和阿加隆哇金矿矿石的化学组成分别列于表 4-1 和表 4-2。

表 4-1 嘎拉金矿构造—蚀变岩岩石化学成分（%）（据付小芳，1996）

	序号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	P_2O_5	CO_2	S	CO_2/CaO	K_2O/(K_2O+Na_2O)	H_2O^+
A	1	44.08	1.63	15.65	5.24	7.52	9.96	6.75	3.00	0.39	0.16	0.02	0.37	0.023	0.055	0.12	4.82
B	2	41.18	2.11	13.55	2.32	9.51	7.42	7.16	2.13	1.41	0.13	0.16	8.44	0.056	1.18	0.40	4.26
	3	46.58	2.41	15.46	2.83	6.19	3.76	7.77	4.68	1.39	0.097	0.61	4.61	1.42	0.59	0.23	8.13
C	4	35.00	2.52	16.76	4.42	4.98	4.56	7.97	0.057	6.83	0.082	0.31	9.41	2.65	1.18	0.993	3.61
	5	36.36	7.69	14.54	4.93	6.21	4.74	8.54	0.56	3.42	0.13	1.56	13.06	2.02	1.53	0.86	
	6	36.33	2.71	17.04	3.00	9.86	3.56	6.82	0.11	5.92	0.006	0.16	8.92	0.72	1.36	0.98	4.58
D	7	47.64	1.84	17.76	5.52	7.13	4.00	5.42	5.37	0.93	0.14	0.01	0.34	0.036	0.06	0.15	3.45

表 4-2 阿加隆哇原生金矿石化学组成

分析项目	含量（%）								
	氧化矿		半氧化矿				原生矿		
	北采场 N_1	南采场 S_1	南采场 S_1-2	南采场 S_2-3	南采场 S_2-9	南采场 S_2-10	南采场 S_3	南采场 S_2-2	北采场 N_2-2
SiO_2	72.95	54.78	83.14	89.49	77.00	83.87	45.99	40.74	38.06
Al_2O_3	9.42	14.49	7.29	3.51	9.79	6.51	11.83	12.34	12.43
TiO_2	1.33	2.93	0.31	0.24	0.46	0.33	1.04	1.35	2.24
Fe_2O_3	7.73	13.73	1.38	1.41	3.02	1.89	5.55	5.85	4.90
FeO	0.44	0.23	2.32	0.77	0.61	0.98	3.83	4.48	6.51
CaO	1.22	0.63	1.31	0.15	0.31	0.15	6.94	7.33	8.14
MgO	0.45	0.51	0.34	0.28	0.65	0.28	3.80	4.20	4.89
K_2O	1.80	5.09	2.10	1.29	2.88	1.90	3.62	3.24	2.76
Na_2O	0.002	0.12	0.003	0.09	0.05	0.07	0.068	0.23	0.03
MnO	0.13	0.31	0.10	0.04	0.09	0.05	0.34	0.32	0.17
P_2O_5	0.44	1.69	0.41	0.19	0.29	0.37	1.98	2.26	0.93
SO_3	0.175	0.15	0.425	0.62	0.35	0.40	6.10	7.25	0.09
CO_2	1.03	0.53	0.42	0.46	0.49	0.58	8.99	11.43	12.28
有机炭	0.13	0.19	0.38	0.41	0.29	0.35	2.80	3.14	1.80
LOSS	2.56	3.47	1.32	0.82	2.40	1.43	14.34	16.26	16.49
合量	99.807	98.85	101.25	98.28	97.55	97.83	117.21	98.60	97.55

从表中可见，两个矿床原生矿石的常量元素组成特征是十分相似的。SiO_2 含量基本在 36-45%之间，金含量高的矿石的具有很高的 SiO_2 含量是矿床的一个

最显著特征，即是说高品位的金矿石几乎全部都是强烈或者全部硅化蚀变的构造角砾岩或者构造碎裂岩或碎斑岩。但是，并不是全部硅化蚀变的构造岩都是金矿石。而硅化不完全的含 CaO 和 Al_2O_3 的钙硅质矿石和硅铝质矿石中的金含量就稍许低一些，从这一个角度上看也反映出金的富集与硅化作用的紧密联系。阿加隆洼金矿石随次生氧化作用的加强，SiO_2 含量呈现逐渐增加的趋势，说明矿石次生氧化作用不断有其他硅酸盐矿物的形成，如水云母、碳酸盐类。而 Ca、Mg、K、Na 、P、Al 等元素含量则逐渐降低，被淋滤带走。全 Fe、Ti、Mn 等元素则基本没有太大变化。

4.1.2 微量元素地球化学

阿加隆洼金矿的微量元素及稀土元素组成含量分别见表 4-3、表 4-4。

表 4-3 阿加隆哇金矿三种矿石微量元素含量

分析项目	含量（$\times 10^{-6}$）								
	氧化矿		半氧化矿				原生矿		
	北采场 N_1	南采场 S_1	南采场 S_1-2	南采场 S_2-3	南采场 S_2-9	南采场 S_2-10	南采场 S_3	南采场 S_2-2	北采场 N_2-2
Au	4.44	15.04	3.63	1.32	1.35	3.06	15.20	5.88	7.14
Cu	150	370	40	10	11	20	60	11	14
Pb	13	14	17	51	43	0	10	51	41
Zn	110	160	40	30	75	92	130	180	170
Ag	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Hg	658	18.60	13.00	2.13	1.10	1.10	6.75	0.83	0.73
Bi	0.17	0.28	0.43	0.42	0.52	0.68	0.35	0.83	0.36
Sb	38.7	94.3	12.1	11.66	13.71	14.90	38.10	29.05	37.10
As	2900	11700	4100	2246	2554	3202	22100	32484	8725

表 4-4 阿加隆哇金矿矿石稀土元素组成

送样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	δEu	δCe
P5 平台—1	11.6	20.4	1.78	8.74	2.04	0.30	1.22	0.20	1.06	0.21	0.80	0.12	0.64	0.11	6.35	55.57	0.54	0.96
P5 平台—2	43.5	72.5	7.06	29.9	6.47	1.07	4.71	0.78	4.50	0.80	2.41	0.30	2.17	0.29	18.6	195.06	0.57	0.89
P5 平台—4	31.1	51.5	4.95	21.4	4.82	0.88	3.58	0.60	3.74	0.76	2.19	0.27	2.00	0.27	16.5	144.56	0.63	0.89
顶板岩石	26.4	45.9	4.54	21.4	3.89	0.61	2.82	0.48	2.78	0.44	1.62	0.21	1.59	0.23	14.1	127.01	0.54	0.92
底板岩石	28.0	51.1	6.80	30.5	6.43	1.97	5.72	0.91	4.80	0.76	2.06	0.21	1.57	0.21	17.4	158.44	0.98	0.85

金矿石中普遍有较高的 As、Sb 等元素的含量，显示出它们的相关关系，这

与光薄片观察和野外地质观察所见是一致的，即在金矿化作用过程中，伴随强烈的硫化物化，形成大量的黄铁矿、辉锑矿，它们的相关性是明显的。也可以认为这些硫化物是金矿化阶段产物。但是，这并不能说明金元素的富集与 As、Sb 元素的关系是正相关的。

此外，阿加隆哇金矿矿石稀土元素组成看，其总稀土含量（ΣREE）与嘎拉金矿的总稀土含量基本相当，ΣREE 在 55.57-195.06 之间，同样表现出了轻稀土较重稀土弱的富集，在球粒陨石标准化曲线上呈缓右倾式分布(图 4-1)，并具有明显的铈负异常和弱的铕负异常，显示了典型的热液蚀变交代成矿作用的特征，而显著区别与热水沉积作用矿床的显著铕正异常和稀土总量极低的特征。

嘎拉含金剪切带构造一蚀变岩(毒砂黄铁矿铁白云石绢云千糜岩、碳质石英绢云千糜岩)与矿区玄武岩及外围甘孜电站玄武岩之稀土元素含量如表 4-5（付小芳，1996)。

嘎拉构造蚀变岩的ΣREE 为 64.44×10^{-6}-178.52×10^{-6}，ΣLREE/ΣHREE = 1.18-3.22，δEu = 0.53-0.89 为轻稀土富集，铺弱亏损；矿区玄武岩与外围玄武岩的ΣREE 为 86.45×10^{-6}-188.01×10^{-6}，ΣLREE/ΣHREE = 1.37-2.89，δEu = 0.88-1.02，为轻稀土弱富集，铕弱亏损。稀土元素配分曲线具相似性，均为略右倾型，与大洋拉斑玄武岩一致，表明构造一蚀变岩对原岩具有继承性，原岩为基性火山岩，而且随着构造蚀变作用增强，轻稀土富集明显，铕亏损增加。

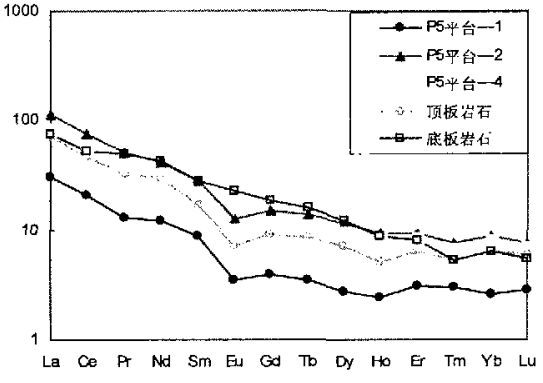


图 4-1　阿加隆洼金矿矿石稀土球粒陨石标准化分布曲线

表 4-5　甘孜嘎拉含金剪切带构造蚀变岩稀土元素丰度（10^{-6}）

（据付小芳，1996）

地点	岩石名称	序号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
嘎拉①矿体	毒砂黄铁矿铁白云石绢云千糜岩	1	12.44	28.76	5.15	23.93	6.11	1.91	6.92
		2	16.52	33.67	4.90	23.39	4.46	1.27	4.72
		3	8.82	17.22	2.67	12.25	3.19	1.05	4.01
		4	5.97	12.37	2.43	10.17	3.03	0.96	4.01
	碳质石英绢云千糜岩	5							
	玄武岩	6	27.00	59.33	9.11	42.49	8.62	2.77	7.52
外围	玄武岩	7	9.20	18.00	2.60	15.6	3.50	1.10	4.20
地点	岩石名称	序号	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
嘎拉①矿体	毒砂黄铁矿铁白云石绢云千糜岩	1	1.20	5.85	1.48	3.31	0.48	2.91	0.44
		2	0.78	3.42	0.92	1.90	0.27	1.59	0.24
		3	0.76	2.85	0.87	1.66	0.23	1.32	0.20
		4	0.71	3.23	0.88	1.98	0.28	1.70	0.26
	碳质石英绢云千糜岩	5							
	玄武岩	6	1.07	4.74	1.14	1.86	0.25	1.33	0.19
外围	玄武岩	7	0.96	3.20	1.02	2.00	0.44	2.10	0.53
地点	岩石名称	序号	Y	ΣREE	ΣLREE	ΣHREE	ΣLREE/ΣHREE	LR	MR
嘎拉①矿体	毒砂黄铁矿铁白云石绢云千糜岩	1	29.06	129.98	78.31	51.67	1.52	70.28	23.48
		2	16.20	114.26	84.22	30.04	2.80	78.48	15.57
		3	13.59	70.68	45.19	25.49	1.77	40.95	12.72
		4	16.47	64.44	34.93	29.51	1.18	30.94	12.83
	碳质石英绢云千糜岩	5		178.52	136.18	42.34	3.22	130.06	16.88
	玄武岩	6	19.60	188.01	150.28	37.72	2.98	138.90	25.80
外围	玄武岩	7	22.00	86.45			1.37		
地点	岩石名称	序号	HR	δEu	DCE	La/Yb	La/Sm	Cd/Yb	Sm/Nd
嘎拉①矿体	毒砂黄铁矿铁白云石绢云千糜岩	1	7.13	0.89	0.86	2.88	1.28	1.92	0.79
		2	4.00	0.84	0.89	6.99	2.33	2.39	0.59
		3	3.42	0.89	0.85	4.50	1.74	2.45	0.80
		4	4.21	0.84	0.78	2.37	1.24	1.91	0.92
	碳质石英绢云千糜岩	5	5.45	0.53	0.82	9.79	4.05	1.69	0.51
	玄武岩	6	3.63	1.02	0.89	14.17	2.04	4.57	0.62
外围	玄武岩	7		0.88		4.38		2.63	0.22

4.2 金矿矿物学

4.2.1 金矿矿石矿物组合

阿加隆哇金矿原生矿矿石类型简单，为黄铁矿化白云石绢云母蚀变岩型金矿石。其矿物成分和含量见表 4-6。

表 4-6 原生矿矿物成份及相对含量

矿物名称	非金属矿物	金属矿物
相对含量(%)	绢云母：20—50 残余斜长石：5—15 白云石：6—28 后期石英脉、白云石脉：1—4	黄铁矿（粒度：0.05—1.2mm）：1—5 毒砂(常穿插于黄铁矿中)：0.6—6 （粒度：0.05—0.5mm） 黄铜矿（粒度：0.01—0.05mm）：0—0.3 钛铁矿(白钛石)（粒度：0.3—1.5mm)：0—1.6 磁铁矿（粒度：0.02—0.05mm）：0—2.4

4.2.2 金的赋存状态

为了查明阿加隆哇金矿石中金在各种矿物的分布规律，特别对金的化学物相进行了详细的分析（表 4-7）。

表 4-7 金化学物相分析结果

金的分相	金分布率（%）								备注
	氧化矿		半氧化矿			原生矿			
	S_1	N_1	S_1-2	S_2-10	S_3-1	S_1	S_2-2	N_2-2	
游离金	90.80	90.60	71.10	78.09	26.60	9.40	12.05	5.12	送测样品粒度为-200目≥90%
碳酸盐中金	2.65	4.69	7.90	0.07	4.50	2.90	7.30	3.68	
褐铁矿中金	<0.01	<0.01	<0.01	8.02					
硫化物中金	6.54	4.69	21.00	12.65	68.10	87.70	79.66	90.81	
硅酸盐中金	0.01	0.02	0.00	1.17	0.80	0.00	0.99	0.39	
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

由表 4-7 可知，氧化矿与半氧化矿之矿体上部矿石以游离金为主，预示为可浸矿石；原生矿与半氧化矿之矿体下部矿石以硫化物包裹金为主，属难浸矿石。

4.3 成矿模式讨论

4.3.1 矿床特征总结

成矿带内金矿石，按自然状态分类，都可分为氧化矿石和原生矿石两类，但不同矿床两中矿石的多少则视矿床氧化程度的强弱而有别。有时还可以划分出半氧化矿石。

成矿带独立金矿床内混合矿不发育。

矿床均不同程度地与构造地质作用有关，所以，矿床内普遍发育构造角砾岩、碎裂岩、碎斑岩。

按结构构造和主要矿物组合分类，则可分为构造角砾岩型金矿石和石英脉型金矿石两类。其工业类型包括了微细浸染型金矿石、硫化物型金矿石两类。

矿床的原生矿石中，矿物组合主要是黄铁矿-毒砂-辉锑矿-石英-白云石-绢云母-自然金组合。

金矿石具碎裂结构、变余砂状结构、变余假像结构、自形晶-半自形晶粒结构、交代结构、金属矿物的环带结构等，角砾状构造，块状构造，显微半定向—定向构造、浸染状构造、条带状-脉状网脉状构造。

矿床围岩蚀变主要包括：硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂化、绿泥石化、碳酸盐化，主成矿期蚀变则是硫化物化和强烈硅化相伴而生，矿床晚期无矿阶段的蚀变则表现为碳酸盐化、绢云母化及硅化，并多形成粗大的方解石脉或梳状石英脉；表生期则是褐铁矿化、赤铁矿化。

4.3.2 主要控矿因素

从甘孜-理塘成矿带典型金矿成矿地质特征、围岩蚀变特征分析，金矿床的主要控矿因素，应当包括：

构造因素：金矿床都产于断裂带或次级断裂破碎带中，断裂具张性或压扭性，是重要容矿场所和运移通道。

岩浆岩因素：阿加隆洼金矿区分布有大量中基性岩脉，部份中基性岩体与矿体界限呈渐变过渡，且黄铁矿、毒砂矿化强的可成为高品位矿石，即岩体本身就是容矿岩石。

地层、岩性因素：阿加隆洼金矿、雄龙西金矿和嘎拉金矿均有部分矿体产在沉积地层中，而成矿带内沉积地层（特别是基底老地层）又多具有高的金背景值，是最初的矿源，这些沉积岩同时由拥有良好的渗透性和适宜的容矿空间。

4.3.3 矿床成因讨论

嘎拉金矿成矿地质条件、矿床地质特征及成矿物理、化学条件综合研究认为，矿床地质特征、矿石矿物组合及二类主要金矿石中含金矿物毒砂、黄铁矿、辉锑矿及石英包裹体特征、成分及石英包体氢氧同位素组成的研究，并结合嘎拉地区地质构造演化历史，嘎拉金矿为脆-韧性剪切带蚀变岩-硫化物型金矿床。

雄龙西金矿的最主要矿源层。区域性的深大断裂为导矿构造旁侧次级断裂为储矿构造，成矿期的构造活动、岩浆活动及地下热水溶液的运移和对金的溶解、迁移是矿床形成的必不可少的地质条件。根据化探工作成果，金的丰度值原生晕高于次生晕，次生晕高于分散流，主断裂中金的丰度值低于次级断裂等特点，与矿床的这种成因探讨也是相一致的。由此推论，矿床的成因类型应属地下（卤）

水溶滤形成的微细浸染型金矿，应属于卡林型金矿的范畴。

类比甘孜—理塘断裂带上同类金矿床（嘎拉金矿、雄龙西金矿等）成因，阿加隆洼金矿床主要受亚火—卓西断裂之北东向次级断裂所控制，矿源主要来自裂陷槽的火山—沉积建造，含矿介质（溶液）的迁移是在构造运动、区域变质、岩浆活动作用下，通过淋滤萃取岩石中的成矿元素，在构造动力驱动下，随着环境、物理化学条件的改变，含矿溶液的性质也发生了变化，在压力梯度大、岩石渗透性高的北北东向次级断裂破碎带内，含矿溶液沉淀富集，形成阿加隆洼浅成中低温热液型金矿床。

4.3.4 矿床成矿模式

甘孜-理塘断裂金矿成矿带的形成演化经历了以下过程：

（1）矿源层的形成和矿质初始预富集阶段

晚二叠世-中三叠世甘孜-理塘洋盆迅速扩张，发育海底火山喷发-沉积岩系，来自深源金元素呈分散状态主要赋存于基性火山岩和火山期后的深水浊积岩中，形成了原始的矿源层。印支晚期岛弧火山活动又为区内补充提供了矿源，蛇绿岩群瓦能组的玄武岩和玄武质凝灰岩类金含量 5.56×10-9-5.90×10-9，相对较高。粉砂岩和碳质板岩含金量为 3.24×10-9 -4.48×10-9。

(2)构造活动与金矿床形成阶段

燕山晚期-喜马拉雅期以来的陆内会聚，沿甘孜-理塘带发生之反向逆冲推覆，以及大规模左行平移走滑剪切作用，由此所导致的构造热变质作用在水的参与下，使分散于矿源层中的金被流体萃取，沿韧、脆性平移剪切蚀变带发生金矿化，最晚期含毒砂、黄铁矿、辉锑矿的石英脉沿张性及张扭性破裂面分布，造成金的局部再富集。

(3)表生氧化富集阶段

自喜马拉雅晚期,特别是第四纪以来，随着区域抬升运动，金矿体-金矿化带再破碎并暴露在氧化带中，使矿体遭受表生氧化作用并更进一步富集，形成易采、易选的氧化富集工业矿体。

自印支期以来，甘孜-理塘断裂带经历了洋壳俯冲、陆弧碰撞及陆内会聚等构造事件。新生代喜马拉雅期构造事件总体表现为强烈的东西向和南北向双向交替水平挤压，致使蛇绿混杂岩带发生大规模逆冲、推覆、垂直隆升和以左行平移为主的走滑剪切作用。沿甘孜-理塘断裂带分布的古近纪、新近纪和第四纪巨厚磨拉石建造，则为喜马拉雅期以来局部断陷盆地和拉张环境下的产物。

沿甘孜-理塘断裂带分布的金矿床主要在新生代喜马拉雅期形成(付小芳等，2003)，与大规模的逆冲推覆和平移走滑以及表生氧化作用有关。北西向逆冲推

覆+平移走滑复合剪切带是控矿构造。 在南北向和北西向次级断裂转弯和交汇处，遥感解译显示了十分清晰的环形构造。它们在空间上的分布与地球化学异常和金矿床（矿点）的分布相一致，是金矿床形成的有利部位。

沿甘孜-理塘断裂带广泛发育的水热活动，除反映了断裂带现今仍在活动外，还具备了为金矿再次富集提供强大热源、成矿物源和构造通道的条件。它们与藏南的羊八井和滇西腾冲同处在藏滇地热带上具有相同的水热活动特征。

近来已先后在羊八井和腾冲等地的热泉中发现了与地热活动有关的成矿作用，如自然硫、辰砂、金、银等矿床点。在德格马达柯金矿区南东的温泉泉华中分析 Au 含量为 0.47×10^{-6}，在这类热水活动区，现代热液成矿作用仍在进行。

总之，甘孜-理塘断裂带（至少在北段），新生代喜马拉雅期以来构造体制发生了明显的转变，是壳幔中金元素活化、迁移、高度富集的有利场所。具有形成金矿富集区的成矿条件，因此进一步认识新生代喜马拉雅期构造活动的规律和空间分布特征，对该区的找矿具有重要意义。

第5章 甘孜—理塘成矿带金矿开发模式研究

5.1 甘孜—理塘自然与经济地理条件与矿床开发条件分析

研究区位于四川省甘孜州甘孜、新龙、理塘县境内，南北长近200km，东西宽5～20km，总面积3500km^2。地理坐标为东经100° 02′ 15″ ～100° 15′ 00″，北纬29° 54′ 20″ ～31° 25′ 30″。

川藏公路由成都经川藏北线可达工作区以北的甘孜县，经川藏南线可达南部理塘县，距离约800km。由北而南沿雅砻江有公路由甘孜县经新龙可达理塘。主要矿区均有林区简易公路相通，交通较方便。

工作区地貌特征分属高山深切割区、丘状高原区及山原区，海拔标高在3000～4500m之间，气候属高原大陆性气候，仅有冬夏之分，春秋季节不明显；每年12月至次年3月为寒冬季节。最低气温在-20° C以下，4～11月可进行野外地质工作；降雨主要集中在6～8月，年降雨量600～800mm左右，但近年来降雨量有增加的趋势。

本区属藏族居民聚居区，经济以农牧业为主，且以分散方式发展。以往曾有林木业生产及林产品加工工业，随着国家经济政策的变动，目前只有水电站企业，可满足县城生活、生产之需。

采矿业是当地的重要产业，当地政府给予高度重视。但目前矿业除新龙麦科砂金、理塘金厂沟砂金矿有所开发外，其它方面几乎为零，经济仍处于落后状态。

由此可见，成矿带上金矿的开发条件属于较困难，开发成本较高。

5.2 矿床开发基本思路

5.2.1 矿区基础资源条件

（1）交通：雄龙西金矿区有简易公路直通新龙县城，阿加隆洼金矿区南距川藏南线318国道线仅10余km，其间沟谷宽缓，极易修筑公路。

（2）能源：雄龙西金矿区下游5km处有小型水电站，其电力可满足矿山生产需要。阿加隆洼金矿区无电，工业用电需自备发电机组自给。

（3）水资源：所有矿区其水资源丰富、水质清洌，均能满足工业开发所需的生产及生活用水。

（4） 场地建设：阿加隆洼金矿区地形坡缓，并有宽缓平坦的谷地，便于就地建设选矿场地。雄龙西金矿区内坡陡谷窄，选矿场地只能选在距采矿场下游南3km处建设，需增加矿石的运输成本。

（5） 地方经济概况：该区经济以农牧业为主。自森林禁伐，实施天保工程后，附近仅理塘县有金厂沟金矿一家企业，其它无大的工矿企业。主要农作物为

青稞、土豆及其它豆类等高寒地区粮食作物，经济以牧业占主导。生产生活物资需靠内地供给。劳动力资源丰富，所以劳动力成本较低。

5.2.2 矿区开采地质条件

（1）水文地质：雄龙西金矿床与阿加隆洼金矿床均赋存于当地侵蚀基准面以上。矿床内地下水不发育，主要为裂隙水和孔隙水。矿床所在区域为贫水区，亦无地表水贯通的条件。因此，不具矿坑涌水的条件，少量地下渗滤水可随坑道自然排出地表，对采矿影响不大。需注意的是，矿区所在区域虽为贫水区域，但由于山高而陡峻，受水面积广，在雨季仍需注意山洪的发生。

（2）工程地质：雄龙西金矿床顶底板均为质地坚硬，抗压抗剪强度高的变质凝灰质砂岩，稳固性能好，有利于坑下采矿。但对危崖垮塌和掉块等地质灾害需加以警惕。另外，矿区为地震频繁活动区，对未来的有关地震活动亦应加以高度关注

阿加隆洼金矿床顶底板围岩以半坚硬岩石为主，地表露采时，可选择适当边坡角以保持边坡稳定，对采矿影响不大。总体上，各矿床的工程地质条件有利开采，只是局部地段受构造活动特别是新构造运动的影响，应特别加以关注。

5.2.3 开采技术条件与思路

初步研究结果表明：阿加隆洼矿石类型地表及浅部以氧化矿为主，少量半氧化矿，其中氧化矿根据室内氰化提金试验，浸出率可达90%以上，且工艺流程简单，可选性较好。对原生矿和混合矿的选矿则以全泥氰化提金工艺选矿较恰当；雄龙西金矿氧化矿石用重—浮联合选矿流程选矿，金回收率仅达71.11%，而经现场多次池浸试验，浸出率达80%—88%之间，同样具有周期短、工艺简单、耗药量低的特点。

阿加隆洼金矿床仅浅部工程控制已达中型规模，资源前景优势巨大，已控制的资源量（332）460.02Kg，推断的资源量（333）497.45Kg，预测资源量（3341）11934.97Kg，若进一步投入重型山地工程，扩大资源量的潜力还很大。若实施边探边采，三年内可建成日处理矿石量上万吨的矿山，矿山服务年限可达五年以上。

阿加隆洼金矿床矿体厚度较大，产状陡，地表及浅部可用露天开采，减少早期资金投入，尽快获取效益。同时以采促探，查明深部矿体形态、矿石质量后用巷道开拓，实施地下开采，保护矿山自然环境。选矿方法从节约、高效出发，采用氰化法提金。其中地表氧化矿石可直接用堆浸法处理亦可达到良好的选矿指标和较好经济效益。

雄龙西金矿床矿体厚度小，倾角陡，地表氧化矿量有限，只能采用地下开采方式采矿，采用平硐（或主平硐）—溜井开拓，阶段采用下行式开采，阶段内矿块采用后退式回采方案为宜。

第 6 章 金矿氧化矿开发模式与开发技术

以阿加隆洼金矿做为研究对象，详细分析评价该矿床的矿石质量、开采条件、自然经济技术条件，力求建立合理的和矿山环境友好的川西甘孜-理塘金矿成矿带的金矿开发模式。

矿石属微细浸染型金矿，按其氧化程度分为氧化矿，半氧化矿和原生矿三类。其中氧化矿极其破碎，氧化程度高。

试验所获指标说明：氧化矿中金宜于氰化法提取；原生矿中金用浮选法富集成金精矿后或出售或预处理后氰化法提取；半氧化矿之矿体上部矿石破碎后用氰化法回收金。

6.1 矿床开采

地表氧化矿因为破碎而且较为疏散，故采用直接露天开采。而对于部分半氧化矿由于埋藏较浅，所以在开采完氧化矿后，也可采取直接露采的方式。

而对于原生矿因埋藏均在 300 米下，则只能选择坑采。

6.2 金矿选冶技术

由于三种不同类型矿石的含金性、金的赋存状态、物性等均存在较大差异，所以本次研究就三种类型金矿石分别开展了金矿选冶技术的可行性研究。

首先在样品采集上，分别采集了氧化矿、半氧化矿和原生矿三种样品。氧化矿与原生矿样品选作两批，半氧化矿选着三批样品。样品采集和编号的详细情况如表 6-1。

6.2.1 分析样品采集和破碎、缩分流程

从破碎及缩分阶段开始，分别对氧化矿、半氧化矿及原生矿的采用了不同的工艺流程（图 6-1、图 6-2）。

按配矿要求，分别配制成氧化矿组合样、半氧化矿组合样、混合矿样品和原生矿组合样：①氧化矿组合样，见表 6-2；②半氧化矿组合样，见表 6-3；③混合矿样品，见表 6-4；④原生矿组合样，见表 6-5。

表 6-1 样品采集情况明细表

矿石类型	采样批次	采样位置	样品编号	重量（kg）
氧化矿	第 1 批	南采场	S_1	1270
		北采场	N_1	1101
	第 2 批	南采场六平台	S_2-11	109
			S_2-12	112
			S_2-13	55
			S_2-14	108
			S_2-15	57
半氧化矿	第 1 批	南采场四、五、六平台	S_1-2	1393
	第 2 批	南采场六平台	S_2-1	265
		南采场五平台	S_2-3	395
		南采场四平台	S_2-9	76
			S_2-10	180
	第 3 批	南采场六平台	S_3-1	570
		南采场五平台	S_3-2	270
原生矿	第 1 批	南采场	S_3	1184
	第 2 批	南采场五平台	S_2-2	220
		北采场 0 平台 58 线	N_2-1	144
		北采场 0 平台 72 线	N_2-2	75
合计				7584

表 6-2 氧化矿各样点配矿比例、金品位和分布率

样品编号	配矿比例（%）	金品位（$\times 10^{-6}$）	金分布率（%）
S_1	50.00	15.04	77.21
N_1	50.00	4.44	22.79
氧化矿组合样	100.00	9.74	100.00

表 6-3 半氧化矿各样点配矿比例、金品位和分布率

样品编号	配矿比例（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	金分布率（%）
S_1-2	25.00	3.63	26.59
S_2-1	8.33	0.70	1.70
S_2-3	12.50	1.32	4.83
S_2-9	12.50	1.35	4.95
S_2-10	12.50	3.06	11.21
S_3-1	16.67	5.19	25.35
S_3-2	12.50	6.93	25.37
半氧化矿组合样	100.00	3.41	100.00

表 6-4 混合样各样点配矿比例、金品位和分布率

样品编号	配矿比例（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	金分布率（%）
S_1	16.67	15.04	44.24
N_1	16.67	4.44	13.06
S_1-2	66.66	3.63	42.70
混合矿样品	100.00	5.67	100.00

表 6-5 原生矿各样点配矿比例、金品位和分布率

样品编号	配矿比例（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	金分布率（%）
S_2-2	25.42	7.14	29．27
N_2-2	74.58	5.88	70．73
原生矿组合样	100.00	6.20	100.00

物性测定

对几组样品分别进行了物性特征分析（见表 6-6）。

表 6-6 原矿物性测定结果

矿石类型	比重（g/cm^3）	摩氏硬度	含水率（%）	摩擦角(钢板)
氧化矿组合样	1.8	4.3	7.8	23°
半氧化矿组合样	2.0	4.8	7.0	23°
混合矿样品	1.7	4.7	7.3	23°
原生矿	2.6	5.1	3.4	22°

原矿筛分分析

氧化矿原粒筛析结果显示（见 6-7）：(1)两件样品含泥均很重，如北采场样品含泥率达 22%以上；(2)金主要富集于细粒中，如南采场样品-0.074mm 中金分布率接近 50%；(3)北采场样品中，各粒级金含量随粒度变细而升高；(4)南采场样品粒度粗于北采场。

表 6-7 氧化矿原粒筛析结果

粒级（mm）	北采场氧化矿（N_1）			南采场氧化矿（S_1）		
	产率（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	分布率（%）	产率（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	分布率（%）
+23	2.81	0.51	0.36	20.00	10.90	14.32
-23—+10	10.74	0.45	1.25	16.29	9.28	9.87
-10—+5	8.95	1.26	2.94	7.71	8.09	3.76
-5—+3.38	10.23	1.26	3.36	8.57	4.80	2.68
-3.38—+0.823	16.12	1.49	6.24	17.43	7.68	8.78
-0.823—+0.42	6.91	2.18	3.93	4.57	9.18	2.74
-0.42—+0.15	7.16	6.30	11.73	6.29	13.31	5.46
-0.15—+0.13	4.86	5.61	7.10	1.14	11.94	0.89
-0.13—+0.09	3.84	6.75	6.74	1.71	16.50	1.84
-0.09—+0.074	7.94	6.69	13.82	0.57	20.31	0.76
-0.074	20.44	8.00	42.53	15.72	48.10	49.00
合计	100.00	4.18	100.00	100.00	15.32	100.00

半氧化矿组合样-10mm 筛析结果显示（表 6-8）：金未富集于某一粒级中，但各粒级金含量有随粒度变细而升高的趋势。

表 6-8 半氧化矿组合样-10mm 筛析结果

粒级（mm）	产率（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	分布率（%）
-10—+6	21.10	2.95	14.26
-6—+2	34.74	3.23	25.70
-2—+0.823	9.85	3.68	8.30
-0.823—+0.25	17.47	3.61	14.45
-0.25—+0.15	4.74	5.20	5.65
-0.15—+0.13	1.96	9.25	4.15
-0.13—+0.09	2.45	11.69	6.56
-0.09—+0.074	0.86	12.92	2.55
-0.074	6.83	11.75	18.38
合计	100.00	4.37	100.00

原生矿组合样-1mm 筛析结果显示（表 6-9），金没有特别富集于某一粒级中。

表 6-9 原生矿组合样-1mm 筛析结果

粒级（mm）	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	分布率 (%)
-2—+0.823	24.06	5.48	21.64
-0.823—+0.25	33.99	5.35	29.84
-0.25—+0.15	12.09	5.01	9.95
-0.15—+0.13	4.50	4.60	3.40
-0.13—+0.09	6.10	5.40	5.41
-0.09—+0.074	4.48	7.97	5.86
-0.074	14.78	9.85	23.90
合计	100.00	6.09	100.00

通过对阿加隆洼金矿石的上述分析，结合矿石的赋存状态研究发现：

（1）氧化矿中金以超微细浸染状产出，且游离金分布率达 90%以上，宜于氰化法提取。

（2）原生矿中金以硫化物包裹金为主，扫描电镜分析发现毒砂中金的粒度小于 1 微米，属难浸易浮矿石。

（3）半氧化矿矿体上部矿石中金以超微细浸染状产出，且游离金分布率达 70%以上，可采用氰化法提取；下部矿石从性质和化学物相分析结果来看与原生矿接近。属难浸易浮矿石。

（4）在氧化矿、半氧化矿（矿体上部）样品中，对氰化浸金有影响的元素除砷、有机炭含量较高外，其它元素含量均较低。

（5）氧化矿中泥质含量较重且含金量高（金分布率接近 50%）。

6.2.2 氧化矿氰化试验

根据目前国内金的生产实践，金的浸出剂几乎都使用氰化物，虽然它的毒性很大。非氰浸出剂（如硫脲、多硫化铵）的价格昂贵，除硫脲处于工业试验阶段外，其它的均在实验室试验阶段。所以，最好选用氰化钠作为氧化矿氰化试验的浸出剂。

6.2.2.1 氧化矿氰化探索试验

为考查南、北采场样品的可浸性能，特分别进行各采样点不同粒度的滚瓶试验。试验结果如表 6-10。

由表 6-10 可以直观看出：(1)两类矿石可浸性能相近，且浸出率均高于 85%，因此，两类矿石可混合处理；(2)氰化贵液不易澄清，固液分离困难，由此说明，矿石含泥重。

表 6-10 南北采场样品氰化探索试验结果

类型	入浸粒度	产品名称	重量（g）或体积(ml)	金品位（×10^{-6}）	金浸出率（%）	备注	试验条件
南采场氧化矿 S_1	原粒	贵液	1800	6.98	94.47	氰化时间 16 小时峰值时间 2 小时	矿浆浓度：35.7% 氰化钠浓度：0.5‰ 氢氧化钠用量：2Kg/t
		浸渣	1000	0.74	5.53		
		原矿	1000	13.30	100.00		
	-1mm	贵液	1800	7.26	98.26		
		浸渣	1000	0.23	1.74		
		原矿	1000	13.30	100.00		
	-0.074mm	贵液	1800	7.07	95.68		
		浸渣	1000	0.57	4.32		
		原矿	1000	13.30	100.00		
北采场氧化矿 N_1	原粒	贵液	1800	2.63	97.21	氰化时间 16 小时峰值时间 2 小时	
		浸渣	1000	0.14	2.79		
		原矿	1000	4.87	100.00		
	-1mm	贵液	1800	2.58	95.36		
		浸渣	1000	0.23	4.64		
		原矿	1000	4.87	100.00		
	-0.074mm	贵液	1800	2.34	96.49		
		浸渣	1000	0.66	13.51		
		原矿	1000	4.87	100.00		

6.2.2.2 氧化矿组合样柱浸条件试验

（1）试验因数及水平

入浸粒度：原粒、-23mm、-10mm；装柱（φ190mm）高度：1.90m、1.50m、1.0m；喷淋液氰化钠浓度：0.3‰、0.7‰、1.2‰；氢氧化钠用量：2Kg/t、3Kg/t、5Kg/t。

（2）试验结果，见表 6-11、6-12。

表 6-11 氧化矿组合样柱浸条件试验结果

入浸粒度	试验条件	产品名称	重量（g）或体积（ml）	金品位（$\times10^{-6}$）	金浸出率（%）	备注
原粒	装柱高度：1.9m NaCN 浓度：0.7‰ NaOH 用量：5Kg/t	贵液	74900	6.02(峰值 24.32)	96.37	氰化时间 120 小时峰值时间 6 小时
		浸渣	50000	0.34	3.63	
		原矿	50000	9.36	100.00	
	装柱高度：1.5m NaCN 浓度：0.3‰ NaOH 用量：3Kg/t	贵液	64600	4.87(峰值 18.12)	95.94	氰化时间 120 小时峰值时间 6 小时
		浸渣	35000	0.38	4.06	
		原矿	35000	9.36	100.00	
	装柱高度：1.0m NaCN 浓度：1.2‰ NaOH 用量：2Kg/t	贵液	34700	6.48(峰值 16.98)	96.15	氰化时间 76 小时峰值时间 6 小时
		浸渣	25000	0.36	3.85	
		原矿	25000	9.36	100.00	
-23mm	装柱高度：1.9m NaCN 浓度：0.3‰ NaOH 用量：2Kg/t	贵液	70900	5.98(峰值 14.77)	95.41	氰化时间 150 小时峰值时间 6 小时
		浸渣	47500	0.43	4.59	
		原矿	47500	9.36	100.00	
	装柱高度：1.5m NaCN 浓度：1.2‰ NaOH 用量：5Kg/t	贵液	47000	6.73(峰值 24.84)	96.58	氰化时间 76 小时峰值时间 6 小时
		浸渣	35000	0.32	3.42	
		原矿	35000	9.36	100.00	
	装柱高度：1.0m NaCN 浓度：0.7‰ NaOH 用量：3Kg/t	贵液	38500	5.87(峰值 9.06)	96.58	氰化时间 53 小时峰值时间 6 小时
		浸渣	25000	0.32	3.42	
		原矿	25000	9.36	100.00	
-10mm	装柱高度：1.9m NaCN 浓度：1.2‰ NaOH 用量：3Kg/t	贵液	47400	8.50(峰值 28.66)	95.73	氰化时间 144 小时峰值时间 23 小时
		浸渣	45000	0.40	4.27	
		原矿	45000	9.36	100.00	
	装柱高度：1.5m NaCN 浓度：0.7‰ NaOH 用量：2Kg/t	贵液	59000	6.95(峰值 19.96)	97.33	氰化时间 94 小时峰值时间 6 小时
		浸渣	45000	0.25	2.67	
		原矿	45000	9.36	100.00	
	装柱高度：1.0m NaCN 浓度：0.3‰ NaOH 用量：5Kg/t	贵液	48300	4.66(峰值 22.00)	96.26	氰化时间 51 小时峰值时间 6 小时
		浸渣	25000	0.35	3.74	
		原矿	25000	9.36	100.00	

表 6-12 正交试验数据统计结果

水平	入柱粒度	装柱高度	NaCN 浓度	NaOH 用量
I	288.46	287.51	288.46	289.21
II	288.57	289.85	290.28	288.25
III	289.32	288.99	287.61	288.89
R	0.86	2.34	2.67	0.96

由表 6-11、表 6-12 可知：⑴试样在表中所列条件下，浸出率均高于 95%，浸出时间短，出现高峰值的时间低于 24 小时；⑵对其浸出率影响显著的因素有装柱高度和氰化钠浓度；⑶对同一粒度样品，浸出时间与装柱高度成正比，这可能与矿样的渗透性有关，即装柱越高，渗透性差，氰化液通过矿层的时间越长。综上所述，该矿石为含泥重的易浸矿石。

6.2.2.3 氧化矿组合样柱浸扩大试验

因该矿石为含泥重的易浸矿石，所以矿石的渗透性与堆高是决定浸出指标的主要因素。为此，模拟现场试验（即柱浸扩大试验）以考查装矿高度对渗透性及浸出率的影响是非常必要的，同时验证条件试验所获指标。

（1）柱浸试验流程

柱浸试验流程示意图见图 6-3。

将原粒矿样（重 634Kg）装入 Φ400×4000mm P.V.C 柱内，用 NaOH 溶液进行洗矿。待洗水 pH 值达 9 后，用 0.07%的 NaCN 溶液以 6 升/时·米 2 的喷淋强度

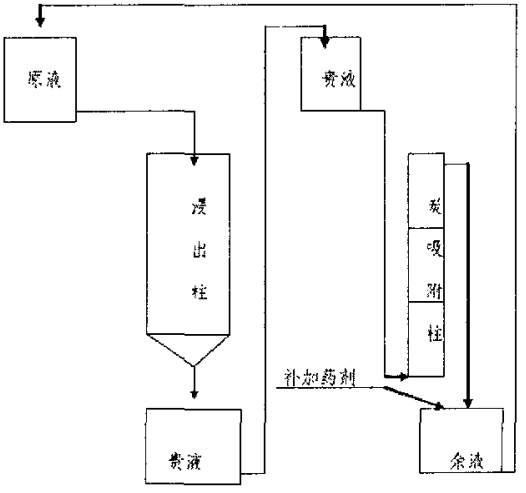


图 6-3 柱浸扩试工艺流程图

喷淋，浸出贵液经活性炭吸附后的贫液用 AgNO3 滴定其 NaCN 浓度，必要时补加 NaCN 以保持浸液 NaCN 浓度。浸出完毕后，分层取渣样测其金含量。

（2）试验结果

①各层位浸渣的金分析结果

为考查柱中各层样品的浸出情况，特取各层浸渣样分别作金含量分析，结果见表 6-13。

由表 6-13 可以看出，柱上部的浸出效果优于中部和底部，中部的浸出效果最差。

表 6-13 各层位浸渣金分析结果

序号	取样高度（m）（从柱底部计）	浸渣金品位($\times10^{-6}$)
1	0—0.2	0.33
2	0.2—0.4	0.35
3	0.4—0.6	0.41
4	0.6—1.1	0.40
5	1.1—1.56	0.29
6	1.56—2.09	0.29
7	2.09—2.64	0.21
8	2.64—3.21	0.11
组合渣样		0.28

②金浸出率与时间的关系见表 6-14。

表 6-14 浸出试验结果

浸出时间（天）	贵液			浸出率（%）		备注
	取样时间（小时）	体积（升）	金品位($\times10^{-6}$)	个别	累计	
1	24	23.50	0.03	0.013	0.013	(1)碱洗时间 7 天 (2)碱耗 3.85kg/t (3)氰耗 0.73kg/t (4)塌陷 0.75m
2	24	10.00	0.03	0.005	0.018	
3	24	21.50	0.15	0.058	0.076	
4	24	17.90	10.01	3.254	3.33	
5	24	13.00	38.6	9.112	12.442	
6	24	15.40	70.45	19.701	32.143	
7	24	16.10	68.90	20.144	52.287	
8	24	5.65	57.00	5.848	58.135	
9	24	16.40	46.18	13.753	71.888	
10	24	15.90	27.86	8.044	79.932	
11	24	14.50	10.86	2.860	82.792	
12	24	8.40	6.40	0.976	83.768	
13.67	40	10.00	6.28	1.140	84.908	
15.67	48	41.00	5.30	3.946	88.854	
20.67	120	54.60	2.45	2.429	91.283	
22.67	48	56.50	1.23	1.262	92.545	
洗矿 12 天	288	392.50	0.60	4.277	96.822	
浸渣	重量 634kg		0.276	3.178		
原矿	重量 634kg		8.69		100.00	

③扩大试验指标见表 6-15。

扩大试验结果表明：氧化矿氰化浸出率达 96.82%，与柱浸条件试验指标相近；浸出时间长，这与氧化矿含泥重而渗透性差有关，建议在现场堆浸中堆高应小于 4 米；溶液的循环使用对浸出指标基本无影响。

小结：

南北采场氧化矿样品浸出性能相近，可混合处理；

氧化矿在适宜氰化条件下的浸出率高于 95%，其中矿石粒度对浸出率基本无影响，所以，在现场堆浸中，可采用原粒入堆；

针对氧化矿含泥重而渗透性差的特点，在生产中应注意入堆方式并控制堆高。

表 6-15 扩大试验指标

产品名称		体积（l）或重量（kg）	金品位($\times 10^{-6}$)	金分布率（%）
载金炭	第一级	0.50	8710	79.08
	第二级	0.50	1510	13.71
	第三级	0.50	420	3.83
余液		732.85	<0.01	0.20
浸渣		634	0.276	3.18
原矿		634	8.69	100.00
技术指标	浸出率（%）	96.82		
	吸附率（%）	99.86		

6.2.3 半氧化矿选（冶）试验

试样分三批做了氰化和浮选探索和入柱粒度试验。

6.2.3.1 第一批样品氰化试验

（1）氰化探索试验

为考查第一批样品的可浸性能，特分别进行不同粒度的滚瓶试验。试验结果见表 6-16。由表 6-16 可以看出，-1mm 浸出率达 61%左右，样品中可浸金的 90%左右。

（2）柱浸粒度试验

本研究分别作了-50mm、-20mm、-10mm 柱浸试验，结果见表 6-17。

综上所述，第一批样品的最佳入浸粒度为-10mm，此粒级下的浸出率为 63.91%。

6.2.3.2 第二批样品选（冶）试验

（1）全泥氰化探索试验，结果见表 6-17。

由表 6-18 可知，S2-10 样品的全泥氰化浸出率达 88%，说明它是易浸矿石。

表 6-16 氰化探索试验结果

入浸粒度	产品名称	重量（g）或体积（ml）	金品位（$\times10^{-6}$）	浸出率（%）	备注
-1mm	贵液	1000	1.105	60.88	NaCN 浓度：0.1% pH 值：11 浸出时间：24 小时
	浸渣	500	1.420	39.12	
	原矿	500	3.630	100.00	
-200 目 100%	贵液	1000	1.075	59.23	
	浸渣	500	1.480	40.77	
	原矿	500	3.630	100.00	

表 6-17 -50mm、-20mm 和-10mm 柱浸试验结果

入浸粒度	试验条件	产品名称	重量（g 或体积（ml）	金品位（$\times10^{-6}$）	金浸出率（%）	备注
-10mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量:0.7kg/t	贵液	4000	6.38(峰值 11.4)	63.91	氰化时间 96 小时 峰值时间 24 小时
		浸渣	11000	1.310	36.09	
		原矿	11000	3.630	100.00	
-50mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量：0.6kg/t	贵液	4000	4.32(峰值 5.33)	35.62	氰化时间 96 小时 峰值时间 24 小时
		浸渣	11000	2.84	64.38	
		原矿	11000	4.41	100.00	
-20mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量：0.6kg/t	贵液	4000	7.01(峰值 10.8)	53.78	氰化时间 96 小时 峰值时间 22 小时
		浸渣	11000	2.19	40.84	
		原矿	11000	4.74	100.00	

表 6-18 全泥氰化试验结果

试验样品	产品名称	重量（g）或体积（ml）	金品位（$\times10^{-6}$）	浸出率（%）	备注
S_2-3：S_2-9=1：1	贵液	1000	0.93	69.40	入浸粒度：-200 目 80% NaCN 浓度：0.1% pH 值：9-10 氰化时间：8 小时
	浸渣	1000	0.41	30.60	
	原矿	1000	1.34	100.00	
S_2-10	贵液	1000	2.70	88.24	
	浸渣	1000	0.36	11.76	
	原矿	1000	3.06	100.00	

（2）炭浆法探索试验

炭浆法探索试验是在矿浆浓度 33%下进行的，在氰化浸出的同时加入活性炭，经炭浸吸附 24 小时，然后进行炭浆过筛和过滤而得到载金炭、浸渣及余液等产品，试验流程见图6-4，试验结果见表6-19。

由表 6-19 可知，组合样（S2-3、S2-9）炭浸法浸出率与全泥氰化相当；而试样(S2-10)炭浸法浸出率比全泥氰化低 12%，估计是活性炭磨损后损失在浸渣造成的。

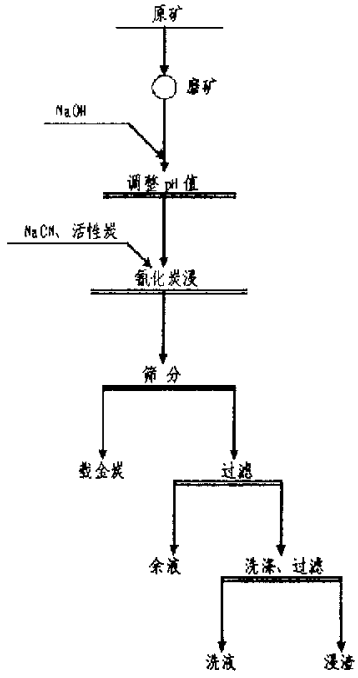


图 6-4 炭浸法工艺流程图

表 6-19 炭浆法探索试验结果

试验样品	产品名称	重量（g）或体积（ml）	金品位（$\times10^{-6}$）	浸出率（%）	备注
S_2-3：S_2-9=1：1	载金炭	5.00	172.12	66.95	入浸粒度：-200 目 98% NaCN 浓度：0.1% pH 值：11-12 氰化时间：24 小时 活性炭：5g
	余液	1000	0.03		
	浸渣	1000	0.44	33.05	
	原矿	1000	1.33	100.00	
S_2-10	载金炭	4.6789	461.65	76.15	
	余液	1000	0.17		
	浸渣	1000	0.73	23.85	
	原矿	1000	3.06	100.00	

（3）柱浸粒度试验

按开发实验要求，只对 S2-10 样品进行了柱浸粒度试验，结果见表 6-20。

表 6-20 S2-10 样品柱浸粒度试验结果

入浸粒度	试验条件	产品名称	重量（g）或体积（ml）	金品位（$\times10^{-6}$）	金浸出率（%）	备注
-50mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量：0.6kg/t	贵液	13750	0.56（峰值 1.25）	22.87	氰化时间 72 小时 峰值时间 24 小时
		浸渣	11000	2.36	77.13	
		原矿	11000	3.06	100.00	
-30mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量：0.68kg/t	贵液	8800	1.28（峰值 2.53）	44.09	氰化时间 72 小时 峰值时间 24 小时
		浸渣	9000	1.59	55.91	
		原矿	9000	2.84	100.00	
-20mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量：0.7kg/t	贵液	7620	2.73（峰值 5.16）	52.28	氰化时间 96 小时 峰值时间 24 小时
		浸渣	13000	1.46	47.72	
		原矿	13000	3.06	100.00	
-5mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量：0.77kg/t	贵液	9540	2.14（峰值 3.57）	52.33	氰化时间 144 小时 峰值时间 48 小时
		浸渣	13000	1.43	47.67	
		原矿	13000	3.00	100.00	
-2mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量：0.8kg/t	贵液	7440	3.18（峰值 5.90）	59.48	氰化时间 192 小时 峰值时间 48 小时
		浸渣	13000	1.24	40.52	
		原矿	13000	3.06	100.00	
-1mm	NaCN 浓度：1.0‰ NaOH 用量：0.84kg/t	贵液	12000	1.66（峰值 4.79）	65.09	氰化时间 216 小时 峰值时间 72 小时
		浸渣	10000	1.07	34.91	
		原矿	10000	3.06	100.00	

出表 6-20 可以看出，(1)随入浸粒度的变细，浸出率增加；(2)样品中可浸金浸出时间短；(3)随入浸粒度的变细，氰化时间增长，其原因是渗透性差造成的。

（4）浮选探索性试验

试验流程见图 6-5，试验结果见表 6-21。

由表 6-21 可知，半氧化矿的浮选效果较差，这主要与硫化物包裹金量少有关。

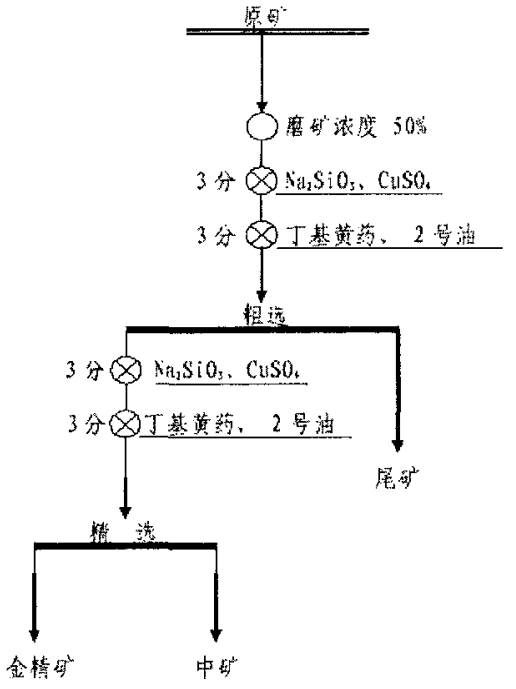


图 6-5 浮选试验流程图

表 6-21 浮选探索性试验结果

试验样品	产品名称	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	回收率 (%)	试验条件
S_2-3；S_2-9=1：1	金精矿	2.48	40.20	64.74	磨矿细度：-200 目 99% 粗选药剂制度： Na_2SiO_3用量：200g/t $CuSO_4$用量：100g/t 丁基黄药用量：100g/t 2 号油用量：60g/t 精选药剂用量为粗选的 1/2
	中矿	9.02	1.60	9.37	
	尾矿	88.50	0.45	25.89	
	原矿	100.00	1.54	100.00	
S_2-10	金精矿	3.42	33.00	34.94	
	中矿	9.06	4.80	13.47	
	尾矿	87.52	1.90	51.59	
	原矿	100.00	3.23	100.00	

6.2.3.3 第三批样品选（冶）试验

（1）炭浆法试验

试验流程见图 6-4，试验结果见表 6-22。

表 6-22 炭浆法试验结果

试验样品	产品名称	重量（克）或体积（毫升）	金品位（$\times10^{-6}$）	浸出率（%）	试验条件
S_3—1	载金炭	15.72	71.5	42.42	磨矿细度：-200 目 86% NaCN 浓度：0.1% PH 值：11—13 浸出时间：24 小时
	余液	1000	<0.01	<0.01	
	浸渣	496.18	3.08	57.58	
	原矿	496.18	5.34	100.00	
S_3—2	载金炭	15.63	59.40	25.65	
	余液	1000	<0.01	<0.01	
	浸渣	497.29	5.45	74.35	
	原矿	497.29	7.32	100.00	

由表 6-22 可以看出，两件样品氰化浸出率均较低，说明它们均是难浸矿石。

（2）浮选试验

①浮选探索试验

试验流程见图 6-6，试验结果见表 6-23。

由表 6-23 可知，两件样品浮选精矿的回收率接近或超过 80%。

②S3—2 样品浮选开路流程试验

试验流程见图 5，试验结果见表 6-24。

由表 6-24 可以看出，通过一次精选，就可将金精矿品位提高至 36×10-6，且开路流程回收率达 74.8%。若进行闭路试验，回收率有望突破 85%。

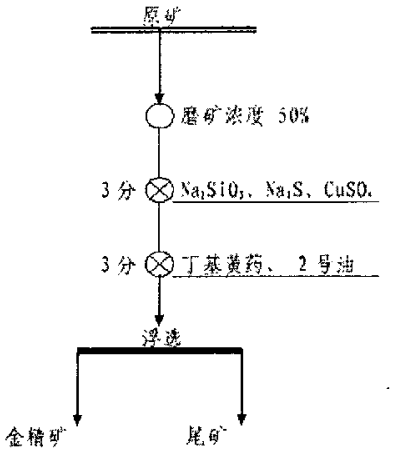


图 6-6 浮选探索试验流程图

表 6-23 浮选试验结果

试验样品	产品名称	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	回收率 (%)	试验条件
S_3—1	金精矿	18.11	22.92	79.98	磨矿细度：-200 目 68%
	尾矿	81.89	1.27	20.02	Na_2SiO_3用量：200g/t
	原矿	100.00	5.19	100.00	Na_2S 用量：300 g/t
S_3—2	金精矿	38.75	16.79	88.80	$CuSO_4$用量：100g/t
	尾矿	61.25	1.34	11.20	丁基黄药用量：100g/t
	原矿	100.00	7.33	100.00	2 号油用量：100g/t

表 6-24 半氧化矿（S3—2）样品浮选流程试验结果

产品名称	产率(%)	金品位（$\times10^{-6}$）	回收率(%)	试验条件
金精矿	15.18	36.10	74.80	粗选药剂条件同表 36 精选药剂条件为粗选的 1/2
中矿	23.57	4.35	14.00	
尾矿	61.25	1.34	11.20	
原矿	100.00	7.33	100.00	

小结：

第三批半氧化矿属难浸金矿，宜用浮选法回收金；

从矿石性质和选（冶）性能看，第三批半氧化矿接近于原生矿。

6.2.3.4 组合样氰化试验

进行了半氧化矿组合样的全泥氰化、炭浆法和柱浸粒度试验。

（1）全泥氰化、炭浆法试验，结果见表 6-25。

表 6-25　全泥氰化、炭浆法试验结果

试验方法	产品名称	重量（克）或体积（毫升）	金品位（×10⁻⁶）	浸出率（%）	试验条件
全泥氰化试验	贵液	980	0.76	40.86	磨矿细度：-200 目 44% NaCN 浓度：0.1% 浸出时间：24 小时
	浸渣	533	2.02	59.14	
	原矿	533	3.42	100.00	
	贵液	1000	0.78	45.61	磨矿细度：-200 目 60% NaCN 浓度：0.1% 浸出时间：24 小时
	浸渣	500	1.86	54.39	
	原矿	500	3.42	100.00	
炭浆法	载金炭	15.50	37	40.46	磨矿细度：-200 目 80% NaCN 浓度：0.1% 浸出时间：24 小时
	余液	985	0.01	0.70	
	浸渣	414.5	2.01	58.84	
	原矿	414.5	3.42	100.00	
	载金炭	15.10	53	55.66	磨矿细度：-200 目 90% NaCN 浓度：0.1% 浸出时间：24 小时
	余液	975	<0.01	<0.01	
	浸渣	420.4	1.52	44.34	
	原矿	420.4	3.42	100.00	

（2）柱浸粒度试验，结果见表 6-26。

表 6-26　柱浸粒度试验结果

入浸粒度	试验条件	产品名称	重量（克）或体积（毫升）	金品位（×10⁻⁶）	浸出率（%）	试验条件
-45mm	NaCN 浓度：0.7‰ NaOH 用量：0.7kg/t	贵液	32000	0.63（峰值 0.96）	24.37	氰化时间 168 小时 峰值时间 24 小时
		浸渣	23800	2.58	75.63	
		原矿	23800	3.42	100.00	
-23mm	NaCN 浓度：0.7‰ NaOH 用量：0.7kg/t	贵液	13550	1.22（峰值 3.64）	37.77	氰化时间 192 小时 峰值时间 24 小时
		浸渣	12800	2.13	62.23	
		原矿	12800	3.42	100.00	
-10mm	NaCN 浓度：0.7‰ NaOH 用量：0.8kg/t	贵液	10590	1.82（峰值 3.76）	46.93	氰化时间 432 小时 峰值时间 96 小时
		浸渣	12000	1.81	53.07	
		原矿	12000	3.42	100.00	
-5mm	NaCN 浓度：0.7‰ NaOH 用量：0.8kg/t	贵液	9550	1.85（峰值 3.59）	42.93	氰化时间 264 小时 峰值时间 72 小时
		浸渣	12000	1.95	57.07	
		原矿	12000	3.42	100.00	
-2mm	NaCN 浓度：0.7‰ NaOH 用量：0.8kg/t	贵液	10250	1.36（峰值 2.35）	33.87	氰化时间 240 小时 峰值时间 24 小时
		浸渣	12000	2.26	66.13	
		原矿	12000	3.42	100.00	

半氧化矿组合样试验结果表明，三批次样品不能混合处理。

小结：

半氧化矿按其选(冶)性能的差异及考虑到当地技术经济条件，建议采用两种方法分别处理：矿体上部的低品位半氧化矿石破碎(粒度小于 10 毫米)后用堆浸法提金；矿体下部的高品位半氧化矿(接近原生矿)适于用浮选法回收金。

6.2.4 混合矿柱浸试验

为了提高氧化矿的渗透性，充分有效地回收氧化矿与半氧化矿中的金，同时验证半氧化矿柱浸试验结果，特进行混合矿柱浸试验。

（1）柱浸粒度试验，结果见表 6-27。

表 6-27 混合矿柱浸试验结果

入柱粒度	产品名称	重量（kg）或体积（l）	金品位（$\times10^{-6}$）	浸出率（%）	备注
-23mm	贵液	83.12	2.00（高峰：10.89）	71.23	(1)柱高 2 米 (2)氰化时间 32 小时 (3)峰值时间 1 小时 (4)CN^-浓度 0.1% (5)碱耗 2.1kg/t
	浸渣	46	1.46	28.77	
	原矿	46	5.074	100.00	
-23mm	贵液	82.20	1.83（高峰：8.04）	64.38	(1)柱高 2 米 (2)氰化时间 32 小时 (3)峰值时间 1 小时 (4)CN^-浓度 0.07% (5)碱耗 2.1kg/t
	浸渣	46	1.81	35.62	
	原矿	46	5.08	100.00	
-23mm	贵液	79.54	1.92（高峰：7.81）	71.09	(1)柱高 2 米 (2)氰化时间 32 小时 (3)峰值时间 1 小时 (4)CN^-浓度 0.04% (5)碱耗 2.1kg/t
	浸渣	46	1.35	28.91	
	原矿	46	4.67	100.00	
-10mm	贵液	80.37	2.80（高峰：9.25）	78.60	(1)柱高 2 米 (2)氰化时间 32 小时 (3)峰值时间 4 小时 (4)CN^-浓度 0.07% (5)碱耗 2.1kg/t
	浸渣	54.7	1.12	21.40	
	原矿	54.7	5.234	100.00	
-5mm	贵液	84.28	2.27（高峰：9.97）	80.22	(1)柱高 2 米 (2)氰化时间 32 小时 (3)峰值时间 4 小时 (4)CN^-浓度 0.07% (5)碱耗 2.1kg/t
	浸渣	53	0.89	19.78	
	原矿	53	4.50	100.00	

混合矿柱浸试验结果表明：(1)与氧化矿相比，渗透性显著提高，致使峰值出现时间及浸出时间大大缩短，达到了预期的目的；(2)随着入浸粒度的变细，浸出率增加，当小于 10mm 时，浸出率提高不显著，因此，-10mm 为混合矿的适宜入浸粒度。

（2）柱浸扩大试验

①试验条件

浸柱：Φ400×4000mm P.V.C 柱；

粒度：氧化矿原粒，半氧化矿（S1-2）-10mm；

样重： 690kg；

装柱高度：4000mm。

②试验流程，见图 6-3。

③试验结果

金浸出率与时间的关系见表 6-28。

扩大试验指标见表 6-29。

混合矿柱浸扩大试验结果表明，浸出时间与氧化矿相比大大缩短，达到了预期的目的。

表 6-28 浸出试验结果

浸出时间（天）	贵液			浸出率（%）		备注
	取样时间(小时)	体积（l）	金品位($\times10^{-6}$)	个别	累计	
1	24	34	1.264	1.12	1.12	
2	24	81	29.364	62.11	63.23	
3	24	97	6.460	16.36	79.59	(1)碱洗时间 2 天
4	24	56	1.627	2.38	81.97	(2)碱耗 2.03kg/t
5.75	42	43	1.36	1.53	83.50	(3)氰耗 0.44kg/t
6.75	24	42	1.54	1.69	85.19	(4)塌陷 0.1m
浸渣	重量：690kg		0.82	14.81		
原矿	重量：690kg		5.55		100.00	

表 6-29 扩大试验指标

产品名称		体积（l）或重量（kg）	金品位($\times10^{-6}$)	金分布率（%）
载金炭	第一级	0.50	5281.98	69.00
	第二级	0.50	958.41	12.52
	第三级	0.50	274.05	3.58
余液		353	<0.01	0.09
浸渣		690	0.82	14.81
原矿		690	5.55	100.00
技术指标	浸出率（%）	85.19		
	吸附率（%）	99.89		

第 7 章 原生金矿开发模式与开发技术

7.1 矿床开采

深部矿体形态、矿石质量后用巷道开拓，实施地下开采，保护矿山自然环境。

对于雄龙西金矿床矿体厚度小，倾角陡，地表氧化矿量有限，只能采用地下开采方式采矿，采用平硐（或主平硐）—溜井开拓，阶段采用下行式开采，阶段内矿块采用后退式回采方案为宜。

7.2 金矿选冶技术

根据原生矿中金主要为硫化物包裹金的特点，本次试验采用生产实践中常用的工艺流程（即：原矿浮选—金精矿预处理后湿法提金）来处理原生矿石。

试样分两批。首先对两批样品各样点分别作浮选探索试验；然后按局矿业公司要求配制成原生矿组合样并进行实验室流程试验及金精矿提金探索试验。

7.2.1 各点样品浮选探索试验

试验流程见图 7-1，结果见表 7-1。

表 7-1 各点样品浮选探索试验结果

试验样品	产品名称	产率(%)	金品位（$\times 10^{-6}$）	回收率(%)	试验条件
S_1	金精矿	16.28	73.90	77.06	磨矿细度：-200 目 99% 粗选药剂制度： Na_2SiO_3用量：200g/t $CuSO_4$用量：100g/t 丁基黄药用量：100g/t 2 号油用量：60g/t 精选药剂用量为粗选的 1/2
	中矿	24.71	6.46	10.22	
	尾矿	59.01	3.36	12.72	
	原矿	100.00	15.61	100.00	
S_2-2	金精矿	8.02	65.05	81.77	
	中矿	8.07	2.62	3.31	
	尾矿	83.91	1.13	14.92	
	原矿	100.00	6.38	100.00	
N_2-2	金精矿	5.28	145.00	86.36	
	中矿	10.33	2.23	2.60	
	尾矿	84.39	1.16	11.04	
	原矿	100.00	8.87	100.00	

由表 7-1 可知，对于原生矿三件样品(S1、S2-2、N2-2)，采用“一粗一精”浮选流程，就可获得满意的指标。

7.2.1.1 组合样重选探索试验

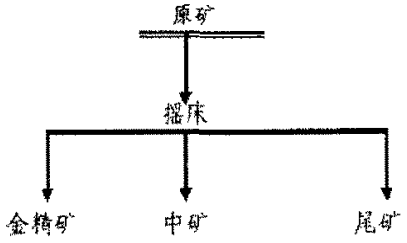


图 7-1 重选探索试验流程图

试验流程见图 7-1，结果见表 7-2。

表 7-2 重选探索试验结果

产品名称	产率（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	回收率（%）
金精矿	1.26	54.38	11.18
中矿	17.50	7.38	21.07
尾矿	81.24	5.11	67.75
原矿	100.00	6.13	100.00

7.2.1.2 组合样浮选试验

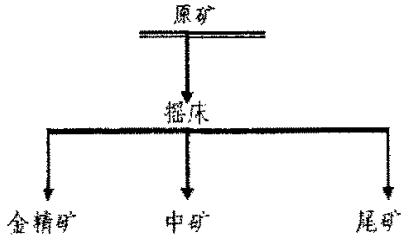


图 7-1 重选探索试验流程图

(1)浮选条件试验

①磨矿细度试验

试验流程见图 7-2，试验结果见表 7-3。

由表 7-3 知，从尾矿金品位和回收率两方面综合看，磨矿细度在-200 目 54%时，浮选效果为最佳。因此确定：-200 目占 54%的磨矿细度为以后的试验条件。

②丁黄药用量试验

试验流程见图 7-2，试验结果见表 7-4。由表 7-4 可见，当捕收剂（丁黄药）的用量为 100g/t 时，试验指标为最好。所以，捕收剂的最佳用量为 100g/t。

③2 号油用量试验

试验流程见图 7-2，试验结果见表 7-5。

表 7-3 磨矿细度试验结果

磨矿细度 -200 目(%)	产品名称	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	回收率 (%)	备注
48	金精矿	12.53	35.10	76.49	(1)矿浆浓度：33% (2)丁基黄药用量：100g/t (3)2 号油用量：60g/t (4)Na_2SiO_3用量：200g/t (5)$CuSO_4$用量：100g/t
	尾 矿	87.49	1.55	23.57	
	原 矿	100.00	5.75	100.00	
54	金精矿	22.00	25.80	93.69	
	尾 矿	78.00	0.49	6.31	
	原 矿	100.00	6.06	100.00	
68	金精矿	18.49	30.80	91.37	
	尾 矿	81.51	0.66	8.63	
	原 矿	100.00	6.23	100.00	
89	金精矿	16.26	31.10	89.48	
	尾 矿	83.74	0.71	10.52	
	原 矿	100.00	5.65	100.00	

表 7-4 丁黄药用量试验结果

丁黄药用量 (g/t)	产品名称	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	回收率 (%)	备注
30	金精矿	7.62	50.25	67.18	(1)磨矿细度：-200 目 54% (2)2 号油用量：60g/t (3)矿浆浓度：33% (4)Na_2SiO_3用量：200g/t (5)$CuSO_4$用量：100g/t
	尾 矿	92.38	2.02	32.82	
	原 矿	100.00	5.70	100.00	
50	金精矿	9.48	51.12	75.84	
	尾 矿	90.52	1.70	24.16	
	原 矿	100.00	6.39	100.00	
100	金精矿	22.00	25.80	93.69	
	尾 矿	78.00	0.49	6.31	
	原 矿	100.00	6.06	100.00	
125	金精矿	15.16	34.40	89.76	
	尾 矿	84.84	0.70	10.24	
	原 矿	100.00	5.81	100.00	

从表 7-5 分析，金的回收率随 2 号油用量的增加而提高。我们认为，选取 2 号油用量为 60g/t 较有利。

表 7-5　2 号油用量试验结果

2 号油用量 (g/t)	产品名称	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	回收率 (%)	备注
20	金精矿	11.86	44.53	87.58	(1)磨矿细度：-200 目 54% (2)丁黄药用量：100g/t (3)矿浆浓度：33% (4)Na_2SiO_3用量：200g/t (5)$CuSO_4$用量：100g/t
	尾 矿	88.14	0.85	12.42	
	原 矿	100.00	6.03	100.00	
60	金精矿	22.00	25.80	93.69	
	尾 矿	78.00	0.49	6.31	
	原 矿	100.00	6.06	100.00	
100	金精矿	18.91	28.80	90.32	
	尾 矿	81.09	0.72	9.68	
	原 矿	100.00	6.03	100.00	
140	金精矿	18.67	29.90	92.58	
	尾 矿	81.33	0.55	7.24	
	原 矿	100.00	6.03	100.00	

④硫酸铜用量试验

试验流程见图 7-2，试验结果见表 7-6。由表 7-6 可知，硫酸铜用量在 15—100g/t 之间，它对金的回收率影响不显著；硫酸铜用量在 0—15g/t 之间，金的回收率随其用量增加而增大。所以，选择硫酸铜用量 15g/t 为以后试验条件。

表 7-6　硫酸铜用量试验结果

硫酸铜用量 (g/t)	产品名称	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	回收率 (%)	备注
0	金精矿	24.84	19.50	75.87	(1)磨矿细度：-200 目 54% (2)丁黄药用量：100g/t (3)矿浆浓度：33% (4)Na_2SiO_3用量：200g/t (5)2 号油用量：60g/t
	尾 矿	75.16	2.05	24.13	
	原 矿	100.00	6.38	100.00	
15	金精矿	26.65	21.19	91.53	
	尾 矿	73.35	0.71	8.47	
	原 矿	100.00	6.17	100.00	
30	金精矿	18.87	28.86	90.31	
	尾 矿	81.13	0.72	9.69	
	原 矿	100.00	6.03	100.00	
70	金精矿	13.76	39.50	90.14	
	尾 矿	86.24	0.69	9.86	
	原 矿	100.00	6.03	100.00	
100	金精矿	15.05	36.30	90.30	
	尾 矿	84.95	0.69	9.70	
	原 矿	100.00	6.05	100.00	

⑤水玻璃用量试验

试验流程见图 7-2，结果见表 7-7。由表 7-7 可知，金的回收率随水玻璃用量增加而提高幅度不大，选 200 g/t 的水玻璃用量为以后试验条件。

⑥矿浆浓度试验

试验流程见图 7-2，结果见表 7-8。由表 7-8 可知，当矿浆浓度在 20—45%之间，从金的回收率看均适宜。现场为节约浮选机容积可取 45%，而实验室为试验方便确定矿浆浓度 33%为后继试验条件。

表 7-7 水玻璃用量试验结果

水玻璃用量 (g/t)	产品名称	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	回收率 (%)	备注
25	金精矿	25.27	23.75	91.98	(1)磨矿细度：-200 目 54% (2)2 号油用量：60g/t (3)矿浆浓度：33% (4)$CuSO_4$用量：15g/t (5)丁黄药用量：100g/t
	尾 矿	74.73	0.70	8.02	
	原 矿	100.00	6.53	100.00	
50	金精矿	27.80	20.20	92.22	
	尾 矿	72.20	0.65	7.78	
	原 矿	100.00	6.029	100.00	
150	金精矿	28.78	18.88	92.94	
	尾 矿	71.22	0.58	7.06	
	原 矿	100.00	5.85	100.00	
200	金精矿	26.88	20.63	93.35	
	尾 矿	73.12	0.54	6.65	
	原 矿	100.00	5.94	100.00	

表 7-8 矿浆浓度试验结果

矿浆浓度 (%)	产品名称	产率 (%)	金品位 ($\times10^{-6}$)	回收率 (%)	备注
20	金精矿	16.41	32.0	87.37	(1)磨矿细度：-200 目 54% (2)2 号油用量：60g/t (3)Na_2SiO_3用量：200g/t (4)$CuSO_4$用量：15g/t (5)丁黄药用量：100g/t
	尾 矿	83.59	0.91	12.63	
	原 矿	100.00	6.01	100.00	
33	金精矿	18.87	28.86	90.31	
	尾 矿	81.13	0.72	9.69	
	原 矿	100.00	6.03	100.00	
45	金精矿	19.09	27.38	89.85	
	尾 矿	80.91	0.73	10.15	
	原 矿	100.00	5.82	100.00	

综上所述，得到的最佳浮选条件是：

磨矿细度：-200 目 54%

Na_2SiO_3用量：200g/t

$CuSO_4$用量：15g/t

丁黄药用量：100g/t

2 号油用量：60g/t

矿浆浓度：33%

在这些条件下，经试验得到的验证结果列于表 7-9 中。

表 7-9 最佳浮选条件试验结果

产品名称	重量（g）	产率（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	回收率（%）
金精矿	787. 8	26. 91	23. 37	94. 71
尾 矿	2139. 6	73. 09	0. 48	5. 29
原 矿	2927. 4	100. 00	6. 64	100. 00

(2)粗精矿再磨粒度试验

表 7-10 粗精矿再磨粒度试验结果

再磨粒度 -200 目	产品名称	产率（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	回收率（%）	备注
50%	金精矿	7.766	62.60	76.076	粗选条件： 磨矿细度：-200 目 54% Na_2SiO_3用量：200g/t $CuSO_4$用量：15g/t 丁黄药用量：100g/t 2 号油用量：60g/t 矿浆浓度：33%
	中 3	3.627	15.1	8.575	
	中 2	1.379	11.60	2.504	
	中 1	10.116	4.15	6.572	
	尾矿	77.112	0.50	6.274	
	原矿	100.00	6.391	100.00	
75%	金精矿	7.371	69.0	74.476	粗选条件： 磨矿细度：-200 目 54% Na_2SiO_3用量：200g/t $CuSO_4$用量：15g/t 丁黄药用量：100g/t 2 号油用量：60g/t 矿浆浓度：33% 精选Ⅰ条件： Na_2SiO_3用量：50g/t $CuSO_4$用量：10g/t 丁黄药用量：10g/t 2 号油用量：10g/t
	中 3	2.010	18.90	5.565	
	中 2	5.440	8.10	6.458	
	中 1	14.757	2.95	6.370	
	尾矿	70.422	0.69	7.131	
	原矿	100.00	6.829	100.000	
>95%	金精矿	4.70	86.78	60.97	
	中 3	3.63	18.90	10.26	
	中 2	6.77	15.11	15.29	
	中 1	10.11	4.16	6.29	
	尾矿	74.79	0.65	7.44	
	原矿	100.00	6.69	100.000	

经镜下观察得知，粗精矿中硫化物与脉石矿物未充分解离，因此，欲获高品位金精矿，须对其进行再磨。试验流程见图 7-2，结果见表 7-10。

由表 7-11 可知，随再磨粒度的变细，金精矿品位提高。因此，选-200 目＞95%为再磨矿粒度。

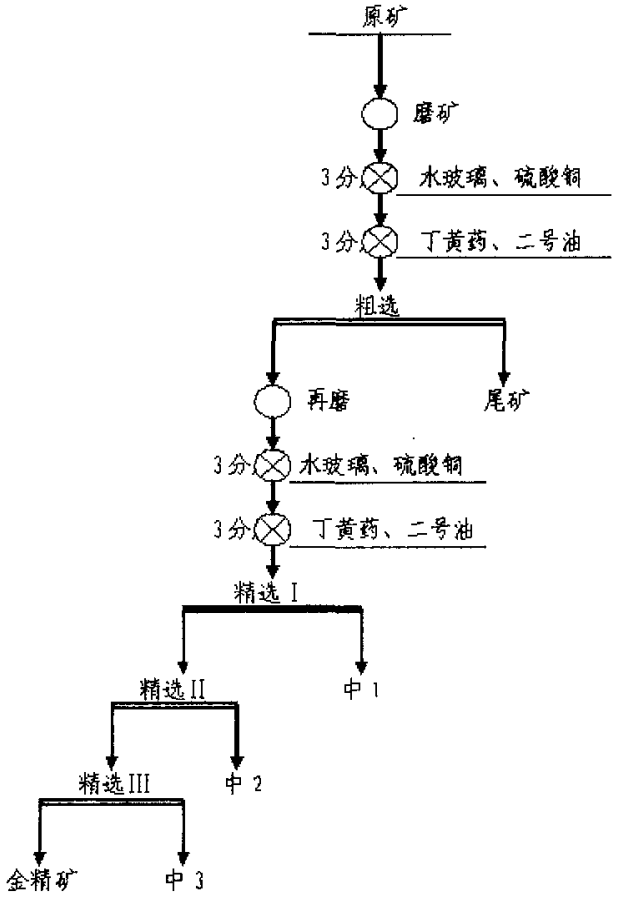


图 7-2 粗精矿再磨试验流程

(3)开路流程试验

①试验流程，见图 7-3。

②试验结果，见表 7-12。

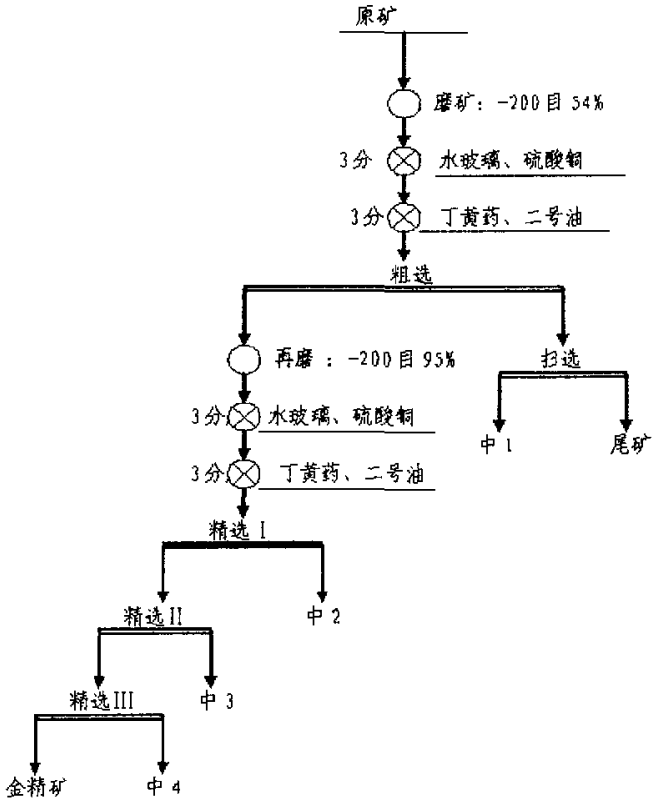


图 7-3　开路试验流程

开路流程试验结果表明，粗精矿通过再磨和三次精选，就可将金精矿品位提高至 86.78×10-6，且回收率达 60.97%。

表 7-11　开路流程试验结果

产品名称	产率（%）	金品位（$\times10^{-6}$）	回收率（%）	备注
金精矿	4.70	86.78	60.97	粗选条件： 磨矿细度：-200 目 54%；Na_2SiO_3用量：200g/t $CuSO_4$用量：15g/t；丁黄药用量：100g/t 2 号油用量：60g/t；矿浆浓度：33% 精选 I 条件： Na_2SiO_3用量：50g/t；$CuSO_4$用量：10g/t 丁黄药用量：10g/t；2 号油用量：10g/t
中 4	3.63	18.90	10.26	
中 3	6.77	15.11	15.29	
中 2	10.11	4.16	6.29	
中 1	1.38	11.60	2.39	
尾矿	73.41	0.44	5.05	
原矿	100.00	6.69	100.00	

(4)闭路流程试验

①闭路试验流程，见图 7-4。

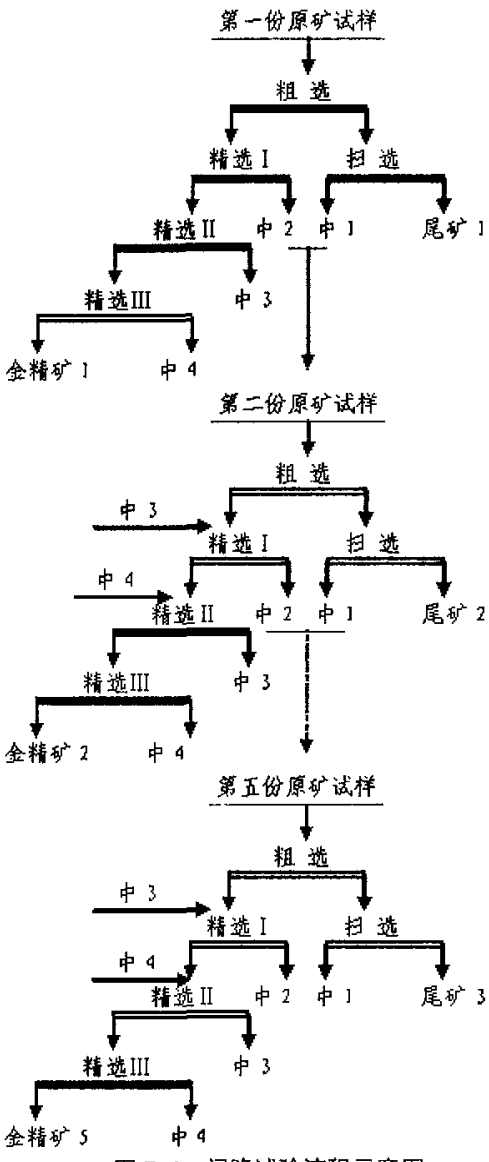


图 7-4 闭路试验流程示意图

②试验结果，见表 7-12。

③试验数质量流程，见图 7-5。

由表 5-48 可以看出，从第三循环起，物料达到平衡。因此，根据第 3—5 个循环的原始数据，计算出流程中的各个技术参数，结果见图 7-5。

表 7-12 闭路试验结果

试验序号	金精矿		尾矿		第五个循环中矿		
	重量（g）	金品位（$\times10^{-6}$）	重量（g）	金品位（$\times10^{-6}$）	产品名称	重量（g）	金品位（$\times10^{-6}$）
1	34.24	80.5	836.55	0.73			
2	87.03	78.87	796.41	0.67	中 1	13.80	4.16
3	69.50	81.12	900.50	0.65	中 2	101.1	11.60
4	66.71	79.70	906.29	0.70	中 3	67.72	15.11
5	68.42	82.54	907.58	0.56	中 4	36.33	18.90

④金精矿多项分析，结果见表 7-13。

表 7-13 金精矿多项分析结果

分析项目	Au	As	S	c
含量（%）	81.12×10^{-6}	25.84	29.65	1.01

⑤药剂制度，见表 7-14。

表 7-14 药剂制度

名称	Na_2SO_3	$CuSO_4$	丁黄药	二号油
用量（g/t）	200	20	110	70

7.2.2 金精矿提金探索试验

考虑到中国国情，加压氧化和细菌氧化预处理工艺在中国工业化尚有一段距离，而焙烧预处理工艺在中国有较成熟的经验，只是环境污染问题没有很好解决。固化焙烧新工艺是在传统焙烧工艺上的改进——将砷、硫固定于焙砂中，能大大

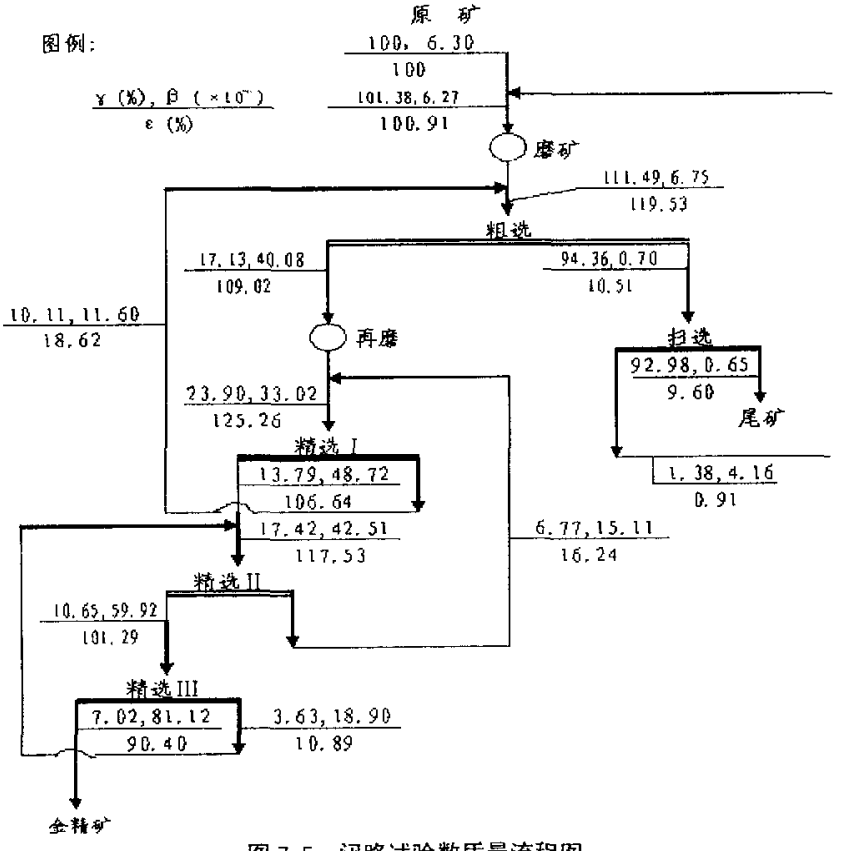


图 7-5 闭路试验数质量流程图

地减少环境污染，该工艺在中国难浸金矿资源的开发利用具有广阔的应用前景。

由于客观因素，本次试验仅进行了氧化焙烧—焙砂氰化、固砷固硫焙烧—焙砂氰化与固砷脱硫焙烧—焙砂氰化三个方案的提金探索试验。

(1)烧试验条件及结果，见表 7-15。

(2)氰化提金试验，结果见表 7-16。

金精矿提金探索试验结果表明，上述三种方案用于金精矿提金是可行的，其浸出率均大于 92%。

(3)金精矿细菌氧化氰化浸金探索试验

由于本矿系高砷高硫的金精矿，所以本次研究同四川大学联合对该矿进行了细菌氧化氰化浸金探索试验。采用氧化亚铁硫杆菌对金精矿预氧化 8 天，分析矿中亚铁氧化率达 93%。然后采用氰化浸出，金浸出率达 89.21%（见表 7-17）。

表 7-15 焙烧试验条件及结果

氧化方案	试验条件	产品名称	重量（g）	含量（%）			试验指标
				Au（×10^{-6}）	As	S	
氧化焙烧	分两短： 一段，400℃，2h 二段，650℃，2h	金精矿	100.00	56.25	22.96	29.65	脱硫：95.71% 脱砷：97.12% 烧失率：29.78%
		焙砂	70.28	80.11	0.94	1.81	
固砷固硫	固化剂：石灰 50g 焙烧温度：650℃ 焙烧时间：4h	金精矿	100.00	56.25	22.96	29.65	固砷：97.52% 固硫：73.38%
		焙砂	162.73	34.78	13.76	13.37	
固砷脱硫	固化剂：石灰 15g 焙烧温度：650℃ 焙烧时间：4h	金精矿	100.00	56.25	22.96	29.65	固砷：55.80% 脱硫：94.32% 烧失率：15.36%
		焙砂	93.10	66.46	13.76	1.81	

注：闭路试验金精矿量少，将所有较高金品位的金精矿组合成提金探索试验样。

表 7-16 焙砂氰化试验结果

氧化方案	产品名称	重量（g）或体积（mg）	金品位（×10^{-6}）	浸出率（%）	备注
氧化焙烧	贵液	200	39.39	98.34	磨矿细度：-200 目 95% NaCN 浓度：0.1% pH 值：10 浸出时间：24 小时
	浸渣	100	1.34	1.66	
	原矿	100	80.11	100.00	
固砷脱硫	贵液	200	31.05	93.44	
	浸渣	100	4.36	6.56	
	原矿	100	66.46	100.00	
固砷固硫	贵液	200	16.14	92.81	
	浸渣	100	2.50	7.19	
	原矿	100	34.78	100.00	

表 7-17 精金矿细菌氧化氰化试验结果

氧化方案	产品名称	重量（克）或体积（毫升）	金品位（×10^{-6}）	浸出率（%）	备注
细菌	贵液	200	35.73	89.21	磨矿细度：-200 目 95% NaCN 浓度：0.1% pH 值：10 浸出时间：24 小时
	浸渣	100	8.64	10.79	
	原矿	100	80.11	100.00	

从试验结果来看，细菌氧化氰化浸出对该矿来说是最环保的，技术指标是较好的。

结论

1 甘孜—理塘金矿成矿带成矿模式

甘孜-理塘断裂金矿成矿带的形成演化经历了以下过程：

（1）矿源层的形成和矿质初始预富集阶段

晚二叠世-中三叠世甘孜-理塘洋盆迅速扩张，发育海底火山喷发-沉积岩系，来自深源金元素呈分散状态主要赋存于基性火山岩和火山期后的深水浊积岩中，形成了原始的矿源层。印支晚期岛弧火山活动又为区内补充提供了矿源，蛇绿岩群瓦能组的玄武岩和玄武质凝灰岩类金含量 5.56×10^{-9}-5.90×10^{-9}，相对较高。粉砂岩和碳质板岩含金量为 3.24×10^{-9} -4.48×10^{-9}。

(2)构造活动与金矿床形成阶段

燕山晚期-喜马拉雅期以来的陆内会聚，沿甘孜-理塘带发生之反向逆冲推覆，以及大规模左行平移走滑剪切作用，由此所导致的构造热变质作用在水的参与下，使分散于矿源层中的金被流体萃取，沿韧、脆性平移剪切蚀变带发生金矿化，最晚期含毒砂、黄铁矿、辉锑矿的石英脉沿张性及张扭性破裂面分布，造成金的局部再富集。

(3)表生氧化富集阶段

自喜马拉雅晚期!特别是第四纪以来，随着区域抬升运动，金矿体-金矿化带再破碎并暴露在氧化带中，使矿体遭受表生氧化作用并更进一步富集，形成易采、易选的氧化富集工业矿体。

自印支期以来，甘孜-理塘断裂带经历了洋壳俯冲、陆弧碰撞及陆内会聚等构造事件。新生代喜马拉雅期构造事件总体表现为强烈的东西向和南北向双向交替水平挤压，致使蛇绿混杂岩带发生大规模逆冲、推覆、垂直隆升和以左行平移为主的走滑剪切作用。沿甘孜-理塘断裂带分布的古近纪、新近纪和第四纪巨厚磨拉石建造，则为喜马拉雅期以来局部断陷盆地和拉张环境下的产物。

沿甘孜-理塘断裂带分布的金矿床主要在新生代喜马拉雅期形成，与大规模的逆冲推覆和平移走滑以及表生氧化作用有关。北西向逆冲推覆+平移走滑复合剪切带是控矿构造。 在南北向和北西向次级断裂转弯和交汇处，遥感解译显示了十分清晰的环形构造。它们在空间上的分布与地球化学异常和金矿床（矿点）的分布相一致，是金矿床形成的有利部位。

沿甘孜-理塘断裂带广泛发育的水热活动，除反映了断裂带现今仍在活动外，还具备了为金矿再次富集提供强大热源、成矿物源和构造通道的条件。它们与藏南的羊八井和滇西腾冲同处在藏滇地热带上具有相同的水热活动特征。

近来已先后在羊八井和腾冲等地的热泉中发现了与地热活动有关的成矿作用，如自然硫、辰砂、金、银等矿床点。在德格马达柯金矿区南东的温泉泉华中分析 Au 含量为 0.47×10^{-6}，在这类热水活动区，现代热液成矿作用仍在进行。

总之，甘孜-理塘断裂带（至少在北段），新生代喜马拉雅期以来构造体制发生了明显的转变，是壳幔中金元素活化、迁移、高度富集的有利场所。具有形成金矿富集区的成矿条件，因此进一步认识新生代喜马拉雅期构造活动的规律和空间分布特征，对该区的找矿具有重要意义。

2 甘孜—理塘成矿带金矿开发模式

地表氧化矿因为破碎而且较为疏散，故采用直接露天开采。而对于部分半氧化矿由于埋藏较浅，所以在开采完氧化矿后，也可采取直接露采的方式。

而对于原生矿因埋藏均在 300 米下，则只能选择坑采。

从本次研究的选冶试验选冶工艺及技术指标说明可知，对于甘孜-理塘成矿带的金矿（如阿加隆洼金矿、雄龙西金矿、嘎拉金矿），均存在难选冶矿石，原生矿属难浸金矿石：

（1）物质组份研究结果表明，阿加隆洼金矿属微细浸染型金矿，按其氧化程度分为氧化矿、半氧化矿和原生矿三类。其中氧化矿和半氧化矿（矿体上部矿石）以游离金为主；半氧化矿（矿体下部矿石）与原生矿以硫化物包裹金为主。

（2）氧化矿柱浸扩大试验指标为：原矿：8.69×10^{-6}；渣：0.276×10^{-6}；浸率：96.80%；炭吸附率：99.86%；载金炭金回收率：96.63%。

（3）半氧化矿按其选（冶）性能的差异及考虑到当地技术经济条件，可采用两种方法分别处理：矿体上部的低品位半氧化矿石破碎(粒度小于 10 毫米)后用堆浸法提金；矿体下部的高品位半氧化矿(接近原生矿)适于用浮选法回收金。

（4）混合矿柱浸扩大试验结果显示，与氧化矿相比，其渗透性显著提高，致使峰值出现时间及浸出时间大大缩短。

（5）采用“浮选—金精矿预处理—氰化提金”工艺处理原生矿是可行的，其金的总回收率达 83.90—88.90%。

致　谢

在博士学位论文即将完成之际，我向曾经给我帮助和支持的人们表示衷心的感谢。首先要感谢我的导师孙传敏教授。他治学严谨，学识渊博，思维独特，视野雄阔，为我营造了一种良好的学习氛围，置身其间，耳濡目染，潜移默化，使我不仅接受了全新的思想观念，领会了基本的思考方式，掌握了通用的研究方法，而且还明白了为人处世的道理。在博士期间，得到了导师孙传敏教授的精心指导，他在学习和科研方面给我提供了良好的环境，让我获得更多实践锻炼的机会。他严以律己、宽以待人的崇高风范，朴实无华、平易近人的人格魅力永远激励我成长，将使我终身受益。我将我的敬意和感激之情化为一道虔诚的祝福：愿导师一生平安！

我衷心感谢师母钟素华老师三年来慈母般的关怀和照顾。

衷心感谢在论文编写过程和实验过程中给予的热心帮助以及对我人生的指导和鼓励。

最后，感谢我的家人朋友，他们给了我无私的爱，而我至今仍无以为报。祝福他们永远幸福、安康！

参考文献

[1]Arehart, G.B., Foland, K.A., Naeser, C.W., and Kesler, S.E., , 40 Ar/39 Ar, K/Ar, and fission track geochronology of sedimentary rock-hosted disseminated gold deposits at Post-Betze, Carlin trend, northeastern Nevada: Economic Geology, 1993a, (88): 622-646

[2]Arehart, G.B., Chryssoulis, S.L., Kesler, S.E., Gold and arsenic in iron sulfides from sediment hosted disseminated gold deposits: Implications for depositional processes: Economic Geology, 1993b, 88(1): 171-185

[3]Arehart G. B., Eldrige C. S., Chryssoulis S. L., et al. Ion Microprobe determination of sulfur isotope variations in iron sulfides from the Post/Betze sediment-hosted gold deposit, Nevada, USA. Geochemica et Cosmochemica Acta, 1993c, (57): 1505-1519

[4]Arehart G. B.. Characteristics and origin of sedimentary rock-hosted gold deposits: a review: Ore Geology Reviews, 1996, (11): 383-403

[5]Bagby, W.C., 1989, Patterns of gold mineralization in Nevada and Utah: U.S. Geological Survey Bulletin 1857-B: B11-B21

[6]Bache, J.J., , World Gold Deposits, A Geological Classification: Elsevier, New York, 1987: 178

[7]Bagby, W.C., and Berger, B.R. Geological characteristics of sedimentary rock-hosted, disseminated precious-metal deposits in the western United States: Reviews in Economic Geology, 1985, 2: 169-202

[8]Bagby, W.C., and Cline, J.S., Constraints on the pressure of formation of the Getchell gold deposit, Humboldt County Nevada, as interpreted from secondary fluid-inclusion data, in Raines, G.L., Lisle, R.W., Schafer, R.W., and Wilkinson, W.H., eds., Geology and Ore Deposits of the Great Basin, Symposium Proceedings: Reno, Nevada, Geological Society of Nevada, 1991, 2: 793-804

[9]Berger, B.R., and Bagby, W.C., The geology and origin of Carlin type deposits, in Foster, R.P., ed., Gold exploration and metallogeny: London, Black and Sons, 1991: 210-248.

[10]Bethke C. M, Marshaks. Brine migrations across North America-The plate tectonics of groundwater. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 1990, 18: 287-316

[11]Bjorlykke K. Fluid flow in sedimentary basin. Sediment Geology, 1993, 86: 137-158

[12]Banner. Regional ground water mixing and the origin of saline fluids,

Midcontinent, United States. Science, 1993, 259: 1877-1882

[13]Bakken B. M., Hochella M. R. Jr, Marxhall A. F., et al. High resolution microscopy of gold in unoxidized ore from the Carlin mine, Nevada. Economic Geology, 1989, (84): 171-179

[14]Christensen O. D. Carlin trend geologic overview. In: Gold deposits of the Carlin trend, Nevada (Christensen O.D ed.): Society of Economic Geologists Guidebook Series, 1993, (18): 3-26

[15]Christensen O. D. Carlin trend geologic overview. In: Geology and Ore Ddeposits of the American Cordillera, Trip B-Structural Geology of the Carlin Trend/Geological Society of Nevada Field Trip Guide Compendium(Green S.M., Struhsacker E., eds.), 1995, Reno/Sparks, NV, 1996: 147-156

[16]Drew-Armitage S. P., Romberger S. B, Whitney C. G. Clay alteration and gold deposition in the Genesis and Bluestar Deposits, Eureka County, Nevada. Economic Geology, 1996, (91): 1383-1393

[17]England W. A, Mackenzie A. S, Mann D. M, et al. The movement and entrapment of petroleum fluid in the subsurface. J. of the geological society, London, 1987, 144: 327-347

[18]Fleet M. E., Mumin, hamid. Gold-bearing As-rich pyrite and marcasite and arsenopyrite from Carlin Trend gold deposit and laboratory studies. American Mineralogist, 1997, (82): 182-187

[19]Ferdock, G.C., Castor, S.B., Leonardson, R.W., and Collins, T. Mineralogy and paragenesis of ore stage mineralization in the Betze gold deposit, Goldstrike Mine, Eureka County, Nevada. In:: Carlin-type Gold Deposits Field Conference, Economic Geology Guidebook Series (Vikre, Peter, Thompson, T.B., Bettles, K., Christensen, Odin, and Parratt, R., eds.), 1997, 28: 75 - 86

[20]Garven G. A hydrogeologic model for the formation of the giant oil sands deposits of western Canada sedimentary basin. Am. J. of Science, 1989, 289: 105-166

[21]Hus K.J, Pan G, Sengor A.M.C, et al. 1995. Tectonic Evolution of Tibet and the Himalayas[J]. Int Geol Review, 37: 473-508

[22]Hoefs J. Stable isotope geochemistry (Second ed.), New York, Springer-Verlag, 1980

[23]Hofstra, A. H. Isotopic composition of sulfur in Carlin-type gold deposits: implications for genetic models. In: Carlin-Type Gold Deposits Field Conference,

Economic Geology Guidebook Series (Vikre, Peters, Thompson T.B., Bettles K., Chrietensen, Odin and Parratt R., eds.), 1997, (28): 119-131

[24]Hofstra, A.H., Daly, W.E., Birak, D.J., and Doe, T.C. Geologic framework and genesis of Carlin-type gold deposits in the Jerritt Canyon District, Nevada, USA. In: Brazil gold ' 91; the economics, geology, geochemistry, and genesis of gold deposits (Ladeiro, E.A., ed.): Rotterdam, Netherlands, A.A. Balkema, Proceedings, 1991: 77 - 87

[25]Hofstra A. H., Rye R. O. δD and $\delta 180$ data from Carlin-type gold deposits-Implications for genetic models. In: Contributions to the Gold Metallogeny of Northern Nevada(Tosdal R. M. ed.): US Geological Survey Open-File Report 98-338, 1998: 202-210

[26]Hofstra A.H., Leventhal J.S., Northrop H. R., et al. Genesis of sediment-hosted disseminated-gold deposits by fluid mixing and sulfidization: chemical reaction modeling of ore-depositional processes documented in the Jerritt Canyon district, Nevada. Geology, 1999, (19): 36-40

[27]Henry, C.D., and Boden, D.R., Eocene magmatism of the Tuscarora volcanic field, Elko County, Nevada, and implications for Carlin-type mineralization. In: Carlin-type Gold Deposits Field Conference: Economic Geology Guidebook Serie (Vikre, Peter, Thompson, T.B., Bettles, K., Christensen, Odin, and Parratt, R., eds.) s, 1997, 28: 193-202

[28]Ilchick R.P., Barton M. D. An amagmatic origin of the Carlin-type gold deposits. Economic Geology, 1997, 92(3): 269-288

[29]Kuehn C.A., Rose A.W.. Carlin gold deposits, Nevada: Origin in a deep zone of mixing between normally pressured and over pressured fluids. Economic Geology, 1995, (90): 17-36

[30]Leonardson R.W., Rahn J. E. Geology of Betze-Post gold deposit, Eureka County, Nevada. In: Geology and Ore Deposits of American Cordillera (Coyner A.R. and Fahey eds.): Geological Society of Nevada, Symposium Proceeding, Reno/Sparks, Nevada, April, 1995. 1996: 61-94

[31]Li Zhiping, Peters S. G.. Comparative geology and geochemistry of Sedimentary-rock-hosted (Carlin-type) gold deposits in the People's Republic of China and in Nevada, USA. U.S Geological Survey Open-File Report 98-466, 1998: 1-11

[32]Magara K. Compaction and fluid migration. Developments in Petroleum

Sciences 9. Amsterdam: Elsevier, 1978: 1-45

[33]Ohmoto H.. Systematics of sulfur and carbon isotope in hydrothermal ore deposits. Econ. Geol., 1972, 67: 551-579

[34]Ohmoto H., Rye R.O. Isotope of sulfur and carbon, In: Geochemistry of hydrothermal ore deposits (Barnes H. L.ed., Second ed.), New York: John Wiley and Sons, 1979: 509-567

[35]Otoleva P. J. ed. Basin compartments and seals. AAPG Memoir 61, 1994: 1-477

[36]Parnell ed. Geofluids: Origin, migration and evolution of fluids in sedimentary basins. Geol. Socie. Spec. Publ. 1994, 78: 1-372

[37] Peters S. G., Ferdock G. C., Woitsekhowskaya M. B., et al..美国内华达Goldstrike矿区卡林型贝茨金矿同变形的富集分带. 地质找矿论丛, 2000, 15(1, 2): 1-16, 115-132

[38]Peters S. G., Leonardson R. W., Ferdock G. C., et al.. Breccia type in the Betze orebody, Goldstrike Mine, Eureka County, Nevada. In: Carlin-type gold deposits field conference(Vikre, Peters S.G., Thompson T.B., Bettles K., Christenser, Odin and Parratt R. eds.): Society Economic Geology Guidebook Series, 1997, (28): 87-100

[39]Peters S.G.. definition of the Carlin trend using orientation of fold axes and applications to ore control and zoning in the central Betze orebody, Betze-Post Mine. In: Geology and ore deposits of the American Cordillera, Trip B-Structural Geology of the Carlin Trend/Geological Society of Nevada Field Trip Guide Compendium(Green S.M., Struhsacker E., eds.), 1995, Reno/Sparks, NV, 1996: 203-239

[40]Roberts R.J. Alignment of mining districts in north-central Nevada. U.S Geological Survey Professional Paper 400-B. 1960: 17-19

[41]Russell R.D., Farquhar R.M. Lead isotopes in geology. New York: Interscience Publishers, Inc. 1960: 1-243

[42]Roberts R. J. Metallogenic procinces and mineral belts in Nevada. Nevada Bureau of Mines, Report 13, pt. A, 1966: 47-72

[43]Radtke A. S. Geology of Carlin gold deposit, Nevada. US Geological Survey Proffessional Paper 1267, 1985, 124

[44]Sengor A.M.C, 1987. Tectonics of the Tethysides: Orogenic collision development in a collisional setting [J]. Ann Rev Earth Planet Sci, 15: 213-224

[45]Shepherd T.J., Rankin A.H., Alderton D.H.M. A Practical Guide to Fluid

Inclusion Studies, Blackie & Son Limited . 1985

[46]Seward T M. 1973. The complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 37(3): 379~399

[47]Seward T M. 1976. The stability of chloride complexes of silver in hydrothermal solutions up to 3500C[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 40(10): 1329~1341

[48]Sverjensky. Oil field brines as ore-forming solutions. Econ. Geol., 1984, 79: 23-37

[49]Teal, Lewis, Jackson and Mac. Geologic overview of the recent deep discoveries. In: Carlin-type Gold Deposits Field Conference: Society Economic Geology Guidebook Series (Vikre, Peters, Thompson T.B., Bettles K., Chrietensen, Odin and Parratt R., eds.), 1997, (28): 3-38

[50]Tosdal R.M., ed. Contributions to the Gold Metallogeny of Northern Nevada. US Geological Survey Open-File Report 98-338, 1998, 290

[51]Woitsekhowskaya M., Peters S. G.. Geochemical modeling of alteration and gold deposition in the Betxe deposit. In: Contributions to the Gold Metallogeny of Northern Nevada (Tosdal R. M. ed.) : US Geological Survey Open-File Report 98-338, 1998: 211-220

[52]陈智梁, 1994. 特提斯地质一百年[J]. 特提斯地质, 18: 1-22

[53]陈练武, 1998. 金沙江岛弧系甘孜-理塘反极带火山岩组合特征. 西安矿业学院学报, 18(1): 64-67

[54]曹树恒, 1994.石渠一甘孜一雅江重力正异常带的特征及其地质意义. 四川地质学报, 14(1): 8-16

[55]方国庆, 张晓宝, 李育慈, 1994 西秦岭海西一印支期裂活动及其与特提斯的关系[J]. 沉积学报, 12(3): 76-81

[56]付小方, 侯立玮, 1993. 甘孜嘎拉脆-韧性剪切带的构造变形特征及对金矿的控制. 四川地质学报, 13(2): 126-133

[57]付小方, 应汉龙,2003. 甘孜-理塘断裂带北段新生代构造特征及金矿成矿作用[J]. 中国地质, (6)4: 413-418

[58]季宏兵, 王世杰, 李朝阳, 等, 1997. 松潘一甘孜造山带中巴西金一矽卡岩矿床成矿热液系统演化的(REE, Sr, Q)证据. 矿物学报, 17(4): 412-421

[59]郭福祥, 1999. 中国西南青藏高原东部-印支地槽的褶皱过程. 现代地质, 13(3): 268-274

[60]黄汲清, 陈炳蔚, 1987. 中国及邻区特提斯的演化. 北京: 地质出版社, 40-85

[61]侯增谦, 1992. 中国西南古特提斯演化与地慢对流. 中国科协首届青年学术年会论文集(理科分册), 北京: 科学出版社. 526 一 532

[62]侯增谦, 卢记仁, 李红阳, 等, 1996. 中国西南特提斯构造演化—慢柱构造控制. 地球学报, 17(4): 439-453

[63]侯立玮, 戴丙春, 俞如龙, 等, 1994. 四川西部义敦岛弧碰撞造山带与主要成

矿系列[M]. 北京： 地质出版社. 6-21

[64]侯宗林， 1992. 中国热泉型金矿成矿地质背景与找矿前景. 地质与勘探， 28(3)： 1-6

[65]姜春发， 等， 1992. 昆仑开合构造[M]. 北京： 地质专报(五)， 12， 地质出版社， 20-30

[66]江元生， 1996. 甘孜—理塘结合带甘孜地区混杂岩类型及成因分析. 四川地质学报， 16(3)： 199-203

[67]刘增乾， 徐宪， 潘桂棠， 等. 青藏高原大地构造形成与演化[M]. 北京： 地质出版社，1990： 20 34

[68]罗建宁， 1992. 三江特提斯沉积地质与成矿. 北京： 地质出版社

[69]罗建宁， 1995. 特提斯形成与演化的基本特征[J]. 特提斯地质， 19： 1-8

[70]刘增乾， 等， . 1993. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律[M]. 北京： ： 地质出版社

[71]刘本培， 1993. 滇西昌宁—孟连带和澜沧江带古特提斯多岛洋构造演化. 地球科学.， 18(5)： 530-539.

[72]李文昌，莫宣学，2001. 西南“三江”地区新生代构造及其成矿作用. 云南地质，20(4)： 333-346

[73]赖兴运， 程素华， 陈军元， 2003. 中、低压变质作用与大陆造山—兼论四川丹巴的变质带. 地学前缘， 10(4)： 327-339

[74]莫宣学， 邓普福， 董方浏， 等， 2001. 西南三江造山带火山岩—构造组合及其意义. 高校地质学报，7(2)：121-138

[75]莫宣学，赵志丹，邓晋福，2003. 印度-亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应. 地学前缘， 10(3)： 135-148

[76]莫宣学，1993. 三江特提斯火山作用与成矿. 北京： 地质出版社

[77]潘桂棠， 王培生， 徐耀荣， 等， 1990. 青藏高原新生代构造演化. 北京： 地质出版社

[78]潘桂棠， 1994. 全球洋-陆转换中的特提斯变化[J]. 特提斯地质， 18： 23-40

[79]潘桂棠，陈智梁，李兴振， 1997. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京： 地质出版社， 40-59

[80]Pan Guitang. 1996. Cenozoic Deformation and Stress Patterns in Eastern Tibet and Western Sichuan[J]. Geowissenschaften， 14：7-8

[81]曲晓明， 侯增谦， 唐绍华， 2003. 义敦岛弧带弧后区板内岩浆作用的时代及意义. 岩石矿物学杂志， 22(2)： 131-137

[82]饶荣标， 1987. 青藏高原的三叠系[M]. 北京： 地质出版社，40-60

[83]苏本勋， 陈岳龙， 兰中伍， 等， 2005. 松潘-甘孜地块前寒武-三叠系沉积地球

化学研究. 沉积学报， 23(3)： 437-446

[84]沈渭洲， 陆怀鹏， 徐士进， 等， 1998. 丹巴地区变质沉积岩 Sm-Nd 同位素研究. 地质科学， 33(3)：367—370

[85]Sengor A.M.C，1992. 块构造学与造山运动一特提斯例析[M]. 丁晓，周祖翼，等译， 复旦人学出版社，40-60

[86]谭凯旋，1991. 松潘-甘孜地区新生代构造演化与聚煤作用. 四川地质学报，11(1)： 21-28

[87]魏永峰， 罗森林， 2003. 甘孜一理塘结合带中部花岗岩的地质特征. 四川地质学报， 23(1)： 5-9

[88]魏永峰，罗森林， 2004. 甘孜一理塘结合带中段非史密斯地层的划分及组分特征. 沉积与特提斯地质， 24(4)： 21-30

[89]魏永峰， 罗森林， 2003. 甘孜一理塘结合带中段蛇绿岩的地质特征. 四川地质学报. 23(3)： 134-140

[90]魏永峰，罗森林，周幼白，等， 2004. 甘孜一理塘结合带中段蛇绿岩中石榴硅镁石角闪片岩首次发现及地质意义. 四川地质学报， 24(1)： 1-3

[91]王小春， 2000. 川西炉霍二叠纪-三叠纪古裂谷的识别及其地质演化. 地质学报，8：247—253

[92]王小春， 何刚， 1994. 论甘孜一道孚地区二叠系含金建造的元素地球化学特征. 黄金地质科技， (2)： 43-47

[93]王立全， 侯增谦， 莫宣学， 等， 2002. 金沙江造山带碰撞后地壳伸展背景-火山成因块状硫化物矿床的重要成矿环境. 地质学报， 76(4)： 541-556

[94]王椿镛， 韩渭宾， 吴建平， 等， 2003. 松潘-甘孜造山带地壳速度结构. 地震学报， 25(3)： 229-241

[95]许志琴，侯立玮，王宗秀，等，1992. 中国松潘-甘孜造山带的造山过程[M]. 北京： 地质出版社. 17-62

[96]徐强， 潘桂棠， 江新胜， 2003. 松潘书孜带：是弧前增生还是弧后消减?. 矿物岩石， 23(2)： 27-31

[97]尹显科，1995.甘孜一理塘断裂带北段主要金矿类型及地质特征. 四川地质学报，15(3)：195-203

[98]杨军， 姚学良， 1998. 甘孜-理塘断裂带上巨大的推覆构造. 四川地质学报，18(2)： 81-88

[99]姚学良， 兰艳， 2001. 甘孜一理塘蛇绿混杂岩带存在 N 型洋脊玄武岩. 四川地质学报， 21(3)： 138-140

[100]颜仰基， 吴应林， 1996. 巴颜喀拉一川西边缘前陆盆地演化[J]. 岩相古地理，

16(3): 16-25

[101]殷鸿福, 1992. 秦岭及邻区三叠系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 50-65

[102]闫全人, 王宗起, 刘树文, 等, 2005. 西南三江特提斯洋扩张与晚古生代东冈瓦纳裂解: 来自甘孜蛇绿岩辉长岩的SHRIMP年代学证据. 科学通报, 50(2): 158-166

[103]朱弟成, 潘桂棠, 莫宣学, 等, 2003. 特提斯喜马拉雅二叠纪—白垩纪中—基性火山岩研究进展. 地质科技情报, 22(2): 6-12

[104]朱弟成, 潘桂棠, 莫宣学, 2004. 印度大陆和欧亚大陆的碰撞时代. 地球科学进展, 19(4): 565-571

[105]钟宏, 徐士进, 倪培, 1997. 松潘—甘孜造山带中丹巴地区变质岩的流体包裹体研究. 矿物学报, 17(2): 135-141

[106]钟宏, 徐士进, 王汝成, 等, 1998. 松潘—甘孜造山带中丹巴地区变质岩演化及其地质意义. 矿物学报, 18(4): 452-463

[107]钟宏, 徐士进, 王汝成, 等, 1998. 松潘—甘孜造山带中丹巴地区动热变质岩的地球化学特征研究. 地质地球化学, (1): 53-56

[108]邹光富, 侯立玮, 尹显科, 1994. 甘孜—理塘蛇绿混杂岩特征及其构造意义[J]. 四川地质学报, 14(1): 17-24

[109]邹光富, 1995. 甘孜—理塘板块缝合带研究的新进展. 四川地质学报, 15(4): 257-263

[110]邹光富, 1995. 甘孜—理塘断裂带中韧性剪切带特征及其对金矿的控制作用. 四川地质学报, 15(1): 10-15

[111]赵友年, 姚武员, 1989. 雀儿山岩体与高贡岩体之错位及地震地质意义. 四川地质学报, 9(3): 37-42

[112]周荣军, 马声浩, 蔡长星, 1996. 甘孜—玉树断裂带的晚第四纪活动特征. 中国地震. 12(3): 250-260

[113]赵志丹, 莫宣学, 罗照华, 2003. 印度-亚洲俯冲带结构-岩浆作用证据. 地学前缘, 10(3): 150-157

[114]卢焕章, 李秉伦, 沈昆, 等. 包裹体地球化学. 北京: 地质出版社, 1990: 107

[115]刘斌, 沈昆. 流体包裹体热力学. 北京: 地质出版社, 1999: 87

[116]刘英俊, 马东升. 金的地球化学. 北京: 科学出版社. 1991: 293～300

[117]梁祥济. 水—岩相互作用和成矿物质来源. 北京: 学苑出版社. 1995: 141～148

[118]刘东升, 谭运金, 王建业, 等. 中国卡林型(微细浸染型)金矿. 南京: 南京大学出版社. 1994: 1-414

[119]沈阳地质矿产研究所. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集[6]黔西南地区. 北京: 地质出版社. 1989: 1-203

[120]韦永福, 吕英杰, 等. 中国金矿床. 北京: 地震出版社. 1994: 1-329

[121]韦永福，孙培基. 中国金矿地质现状及展望. 2000，3 [内部资料]

[122]张贻侠， 寸珪， 刘连登， 等. 中国金矿床-进展与思考. 北京： 地质出版社. 1996： 1-205

[123]国家辉， 黄德保， 施立达， 潘有泰， 等. 桂西北超微粒型金矿及其成矿和找矿模式. 北京： 地震出版社. 1992： 1-166

[124]何立贤， 曾若兰， 林立青， 等. 贵州金矿地质. 北京： 地质出版社. 1993： 1-156

[125]王砚耕， 索书田， 张明发， 等. 黔西南构造与卡林型金矿. 北京： 地质出版社. 1994： 116

[128]王砚耕， 陈履安， 李兴中， 王立亭. 贵州西南部红土型金矿. 贵阳： 贵州科技出版社. 2000： 1-110

[126] 徐增量，徐海江（编译）. 美国金矿. 北京： 原子能出版社. 1989：38-45

[127]刘建明，叶杰，刘家军，顾雪祥. 论中国微细浸染型金矿床与沉积盆地演化的关系-以右江盆地为例. 矿床地质， 2001， 20(4)： 367-377

[128]刘建明，刘家军，顾雪祥. 沉积盆地中的流体活动及其成矿作用. 岩石矿物学杂志， 1997， 16： 341-352

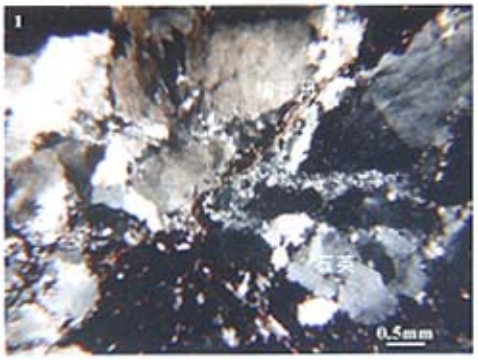
[129]刘建明. 沉积盆地动力学与盆地流体成矿. 矿物岩石地球化学通讯， 2000，19(2)： 76-84

[130]李平， 郭向华， 张亚林，等. 中国岩金矿山露天开采的现状. 黄金， 1997 (7)：28-31

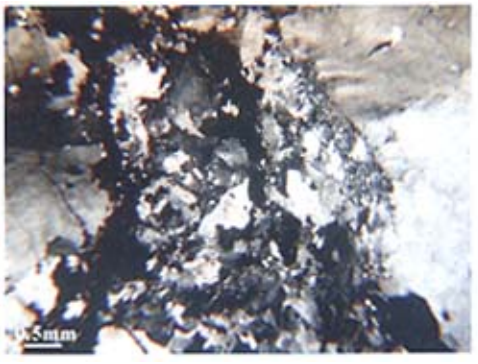
[131]张亚林， 李平， 郭向华， 等. 国外岩金矿山露天开采刍议. 黄金， 1997 (4)：18-21

[132]杨大足. 贵金属冶金及产品深加工. 长沙： 中南大学出版社， 2005

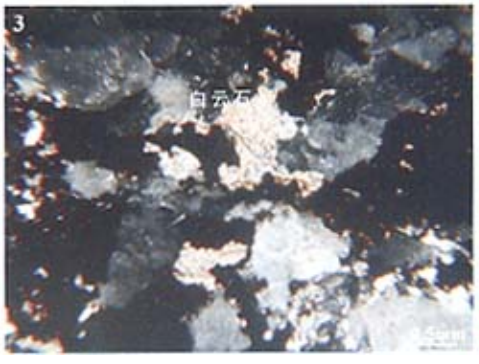
图版I



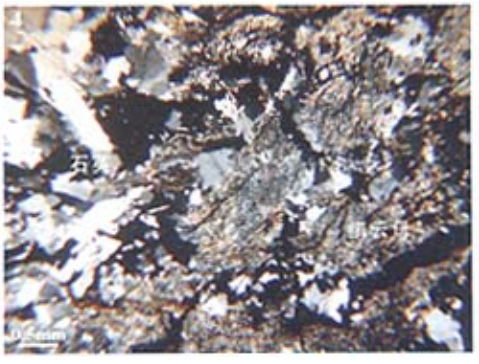
含绢云母石英岩中绢云母呈细脉充填在石英粒间裂隙中(+):(AOS1-1)



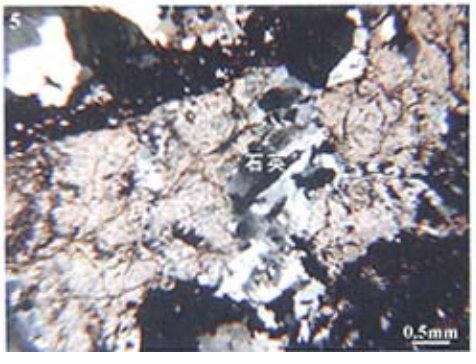
含绢云母石英岩中晚期细粒石英沿裂隙充填(+):AOS1-1



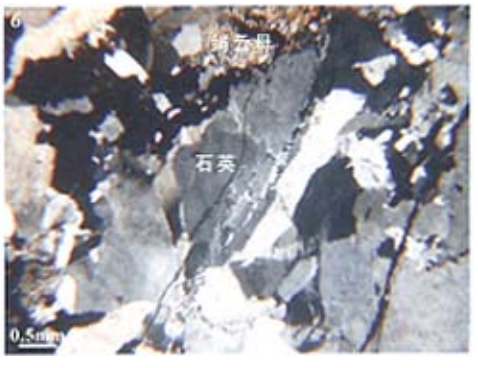
含绢云母石英岩中晚期碳酸盐化形成的白云石充填在石英粒间(+):AOS1-1



碎裂绢云母石英岩(+):AOS1-2

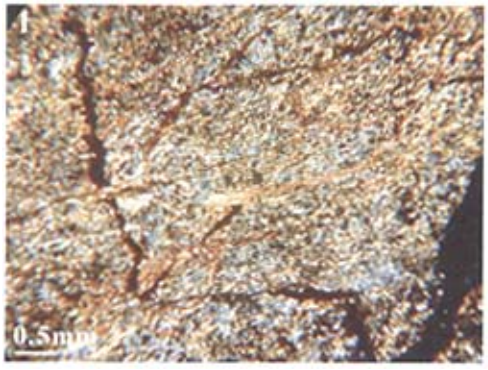


碎裂绢云母石英岩晚期碳酸盐化形成的白云石(+):AOS1-2

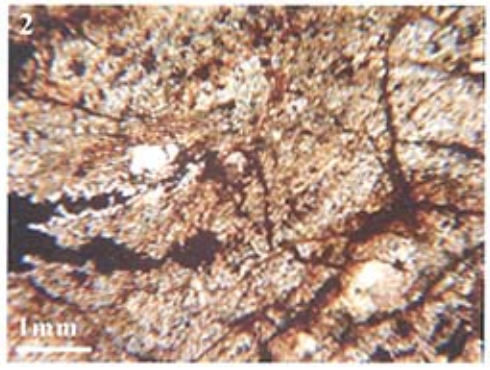


碎裂绢云母石英岩晚期硅化形成的石英充填在石英猎隙中层(+):AOS1-2

图版II



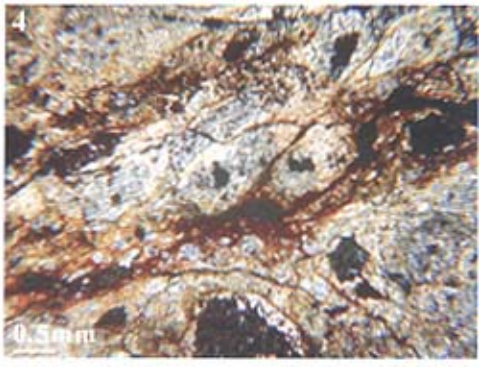
绢云母角岩中绢云母
鳞片变晶结构(+):AOS1-3



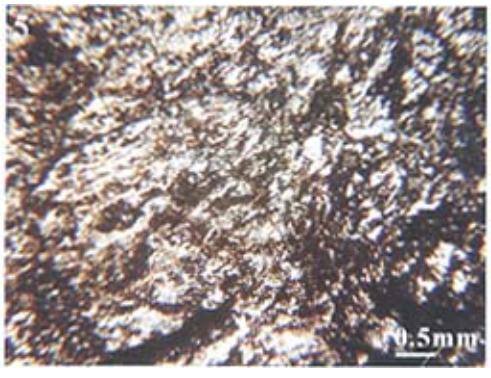
绢云母角岩中绢云母鳞片变晶结构亲
和长石斑晶假像的石英(+):AOS1-3



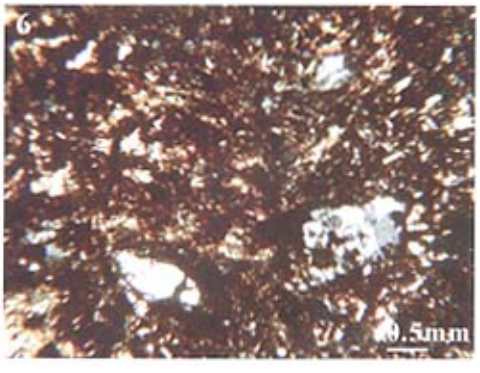
绢云母角岩中
鳞片变晶结构(+):AOS1-3



绢石云母角岩中鳞片变晶结构
绢云母和变晶石英(+):AOS1-3

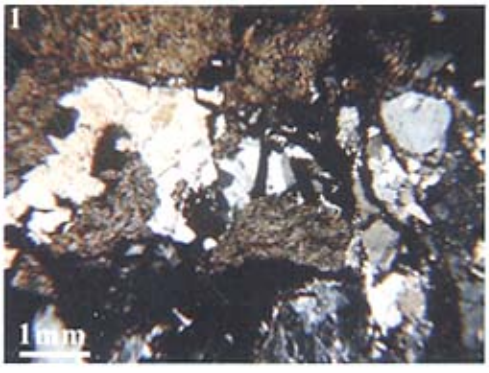


绢石云母角岩中鳞片变晶结构
绢云母(+):AOS1-4

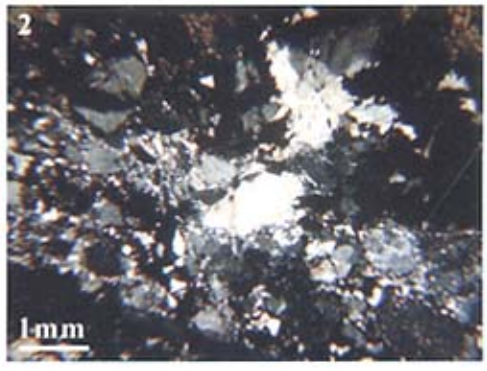


绢石云母角岩中鳞片变晶结构
绢云母和变晶石英(+):AOS1-4

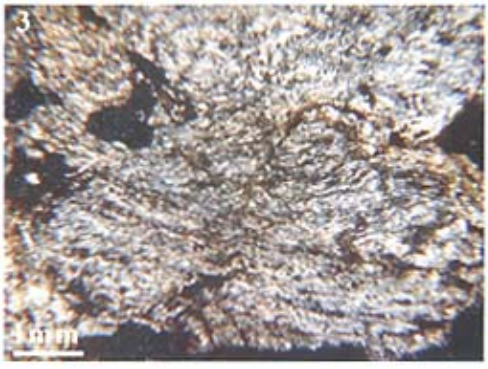
图版III



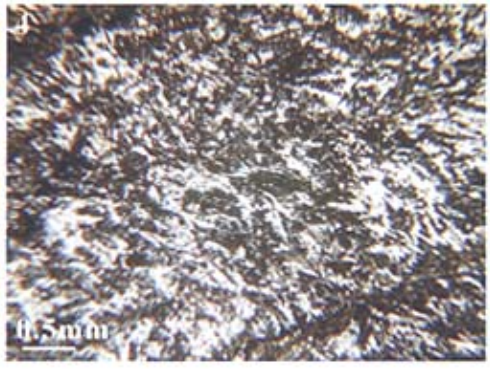
石英云母角岩中碎裂结构(+):AOS1-5



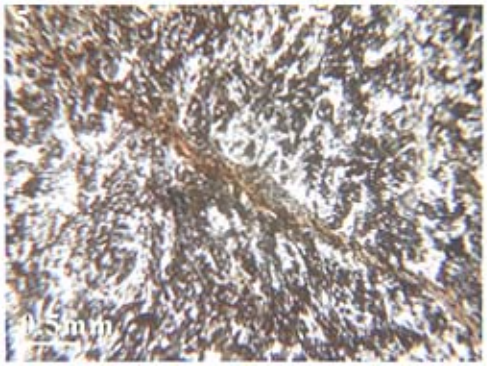
石英云母角岩中晚期细粒石英
呈脉状穿切早期形成的粗粒石英(+):AOS1-5



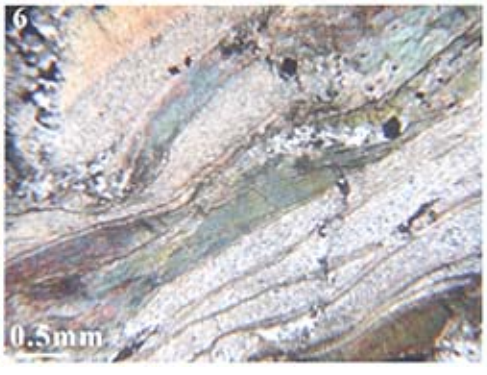
石英角岩中碎裂结构(+):AOS1-5



绢云母鳞片变晶结构(+):AOS1-6

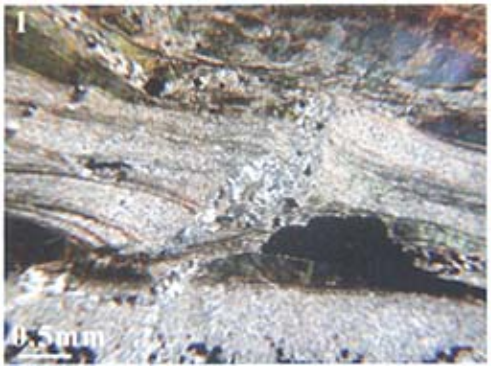


晚期蚀变绢云母呈脉状穿切
早期绢云母和石英(+):AOS1-6

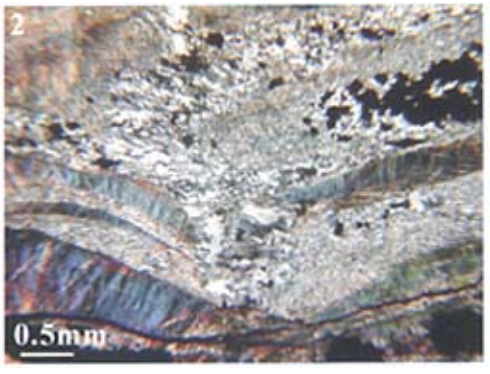


绢云母和碳质条带变形揉曲(+):AOS2-1

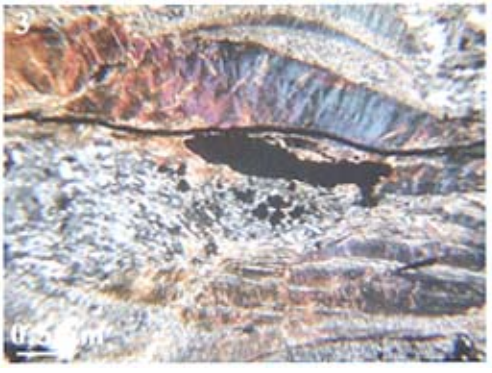
图版IV



石英绢云母板岩中绢云母和碳质条带变形揉曲,晚期石英脉充填穿切绢云母和碳质条带(+):AOS2-1



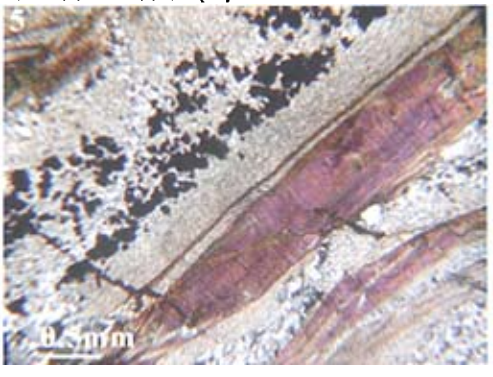
石英绢云母板岩中绢云母和碳质条带变形揉曲,晚期石英脉充填穿切绢云母和碳质条带(+):AOS2-1



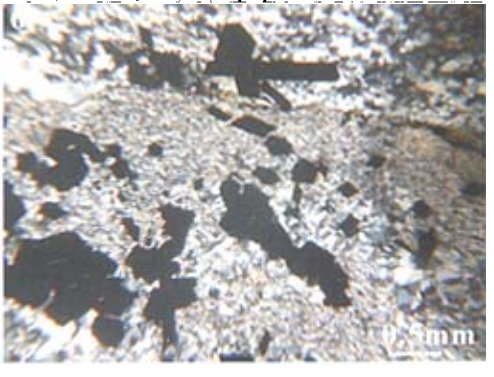
石英绢云母板岩中绢云母和石英同时变形揉曲(+):AOS2-1



石英绢云母板岩中绢云母和石英同时变形揉曲(+):AOS2-1

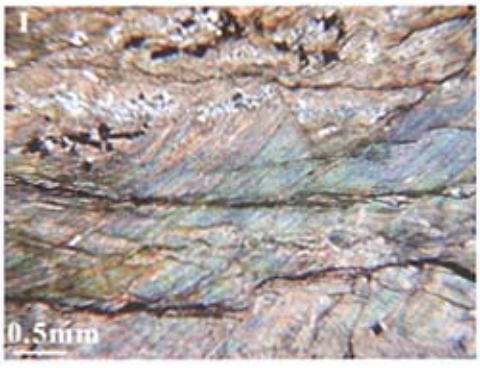


石英绢云母板岩中绢云母变形揉曲,碳酸盐化形成的白云石沿其边缘分布(+):AOS2-1

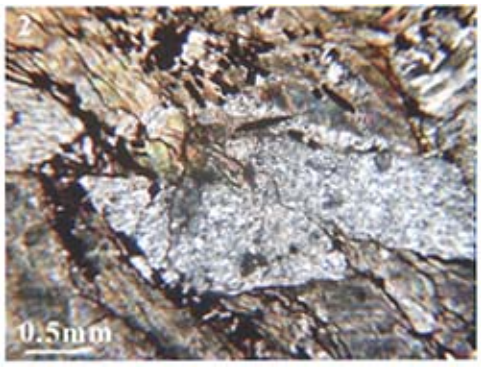


石英绢云母板岩中绢云母、石英、黄铁矿、毒砂的确共生关系(+):AOS2-1

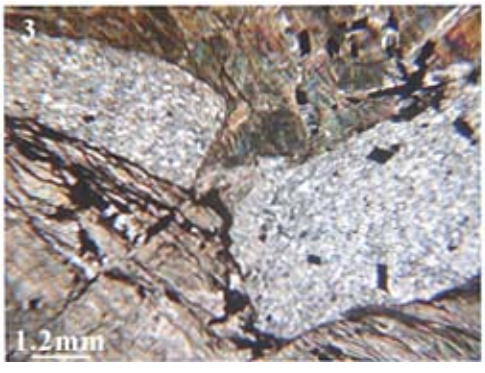
图版V



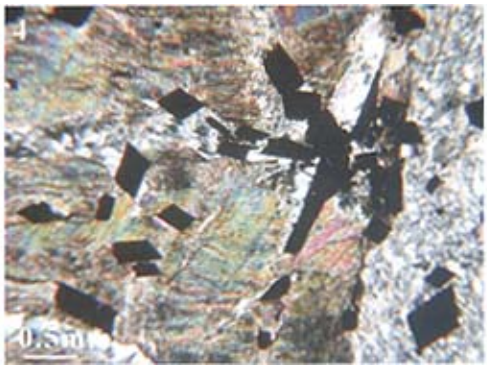
绢云母鳞片变晶结构，碎裂石英绢云母板岩（+）：AOS2-2



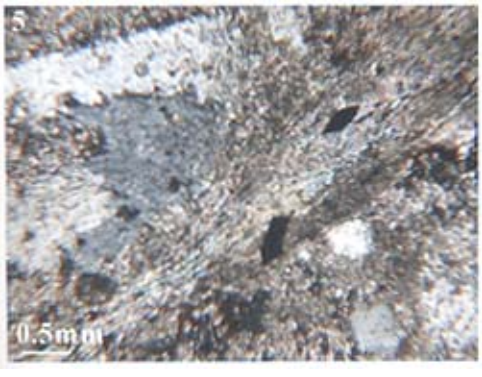
绢云母鳞片变晶结构和硅质岩角砾，碎裂石英绢云母板岩（+）：AOS2-2



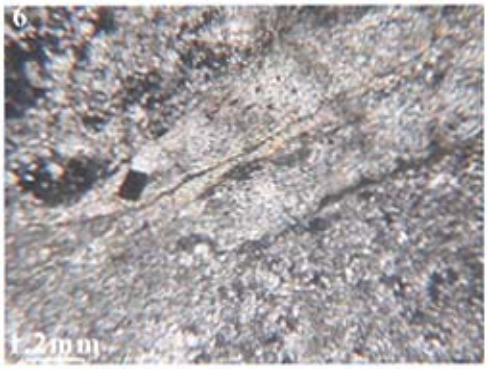
绢云母鳞片变晶结构和硅质岩角砾，碎裂石英绢云母板岩（+）：AOS2-2



绢云母、石英、毒砂的关系，碎裂石英云母板岩（+）：AOS2-2

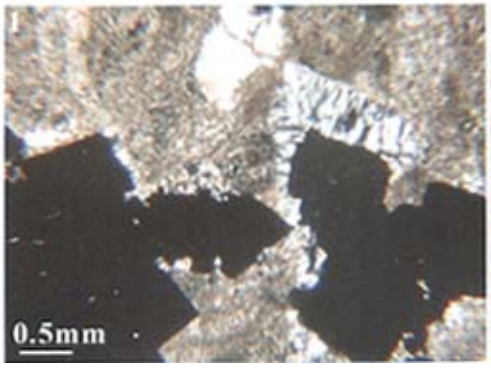


硅化、绢云母化，碎裂硅化绢云母化白云岩（+）：AOS3-1

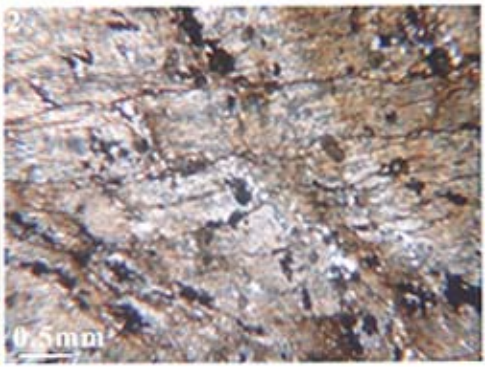


绢云母磷片变晶结构，碎裂硅化绢云母化白云岩（+）：AOS3-1

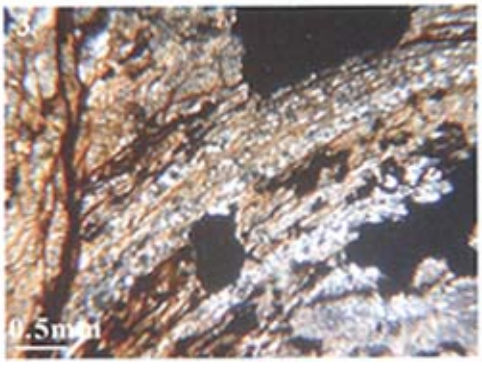
图版VI



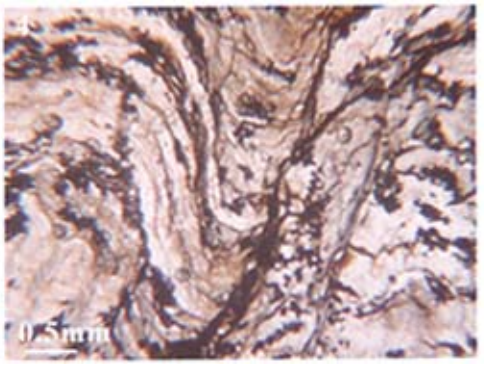
碎裂硅化绢云母化白云岩中黄铁矿自形晶集合体，纤柱状石英垂直其边缘生长（+）：AOS3-1



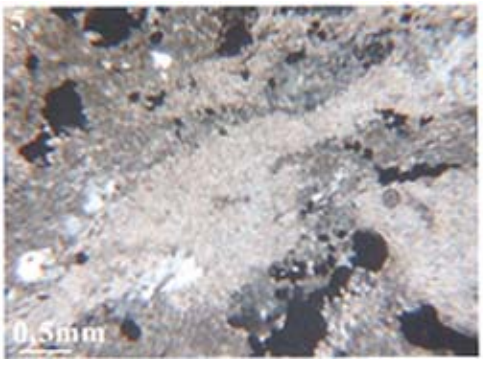
石英绢云母板岩中绢云母定向分布（+）：AOS3-3



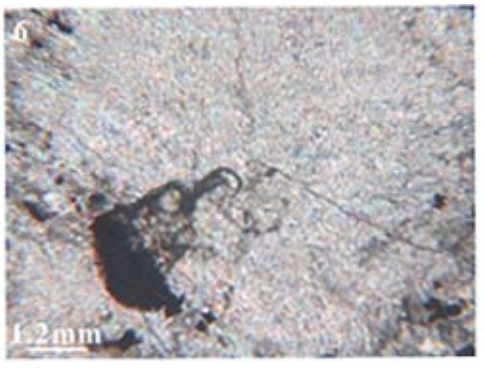
石英绢云母板岩中绢云母和石英均呈定向分布（+）：AOS3-3



石英绢云母板岩中绢云母变形揉曲（-）：AOS3-3

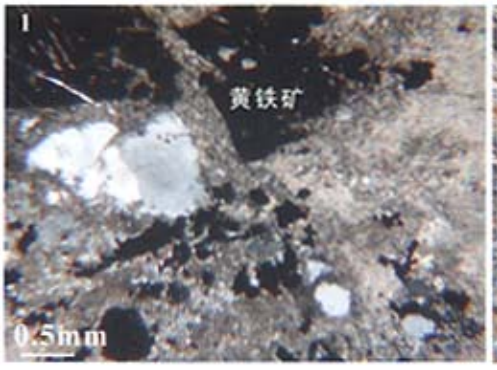


绢云母角岩中白云石残余和硅化石英（+）：AOS3-4

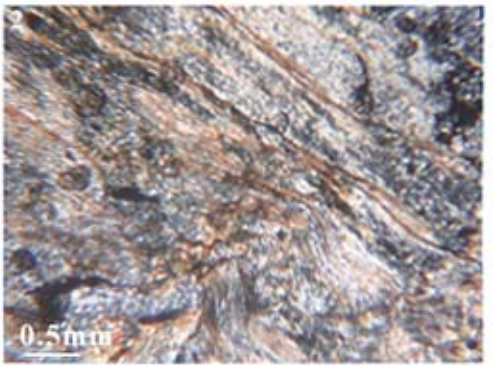


绢云母角岩中鳞片变晶结构绢云母（+）：AOS3-4

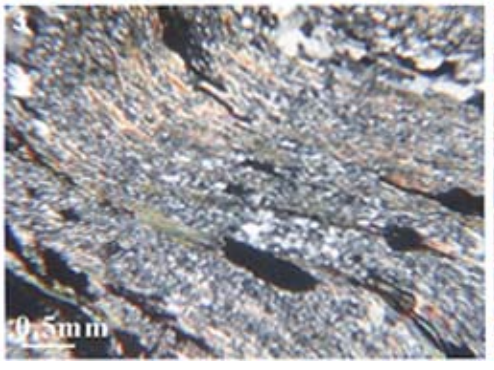
图版VII



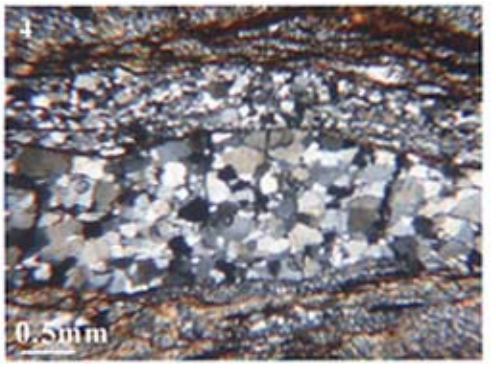
绢云母角岩中白云石残余
和石英、黄铁矿（+）：AOS3-4



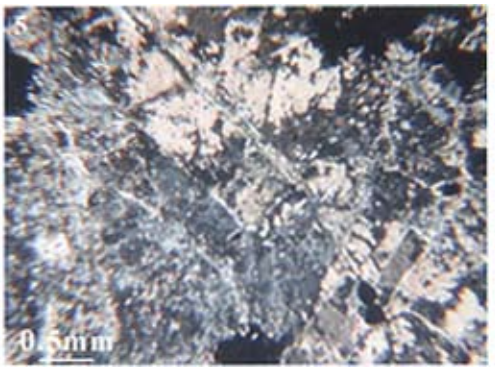
石英绢云母板岩中
绢云母鳞片变晶结构(+):AOD1-1



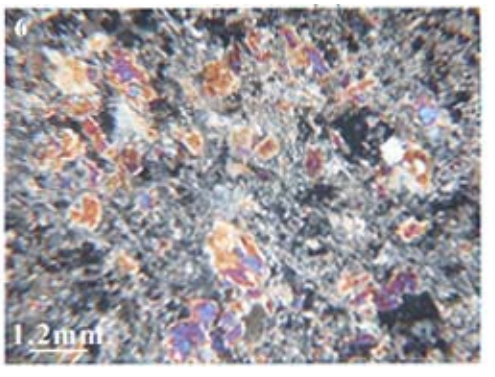
石英绢云母板岩中因构造作用
绢云母和石英定向分布和揉曲(+):AOD1-1



石英绢云母板岩中因构造作用
绢云母和石英定向分布(+):AOD1-1

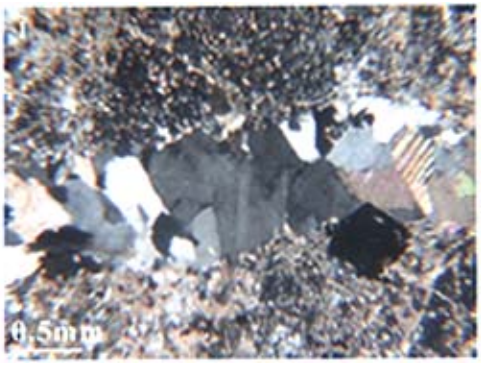


碳酸盐化黄铁绢英岩中石英和白云石
都不同程度保留了原岩斜长石的假像
(+):SZ-2-1

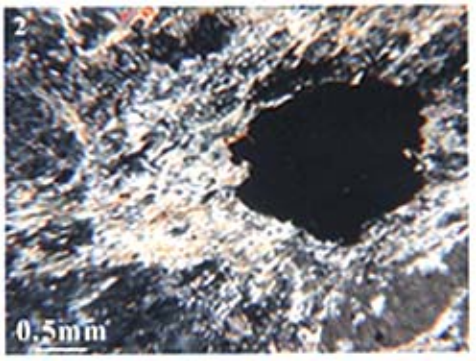


碳酸盐化黄铁绢英岩中绢云母
鳞片变晶结构(+):SZ-2-1

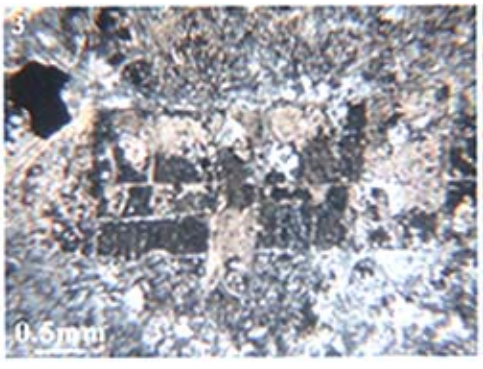
图版VIII



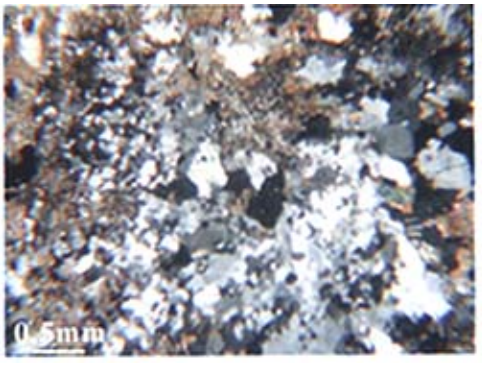
碳酸盐化黄铁绢英岩中石英脉(+):SZ-2-1



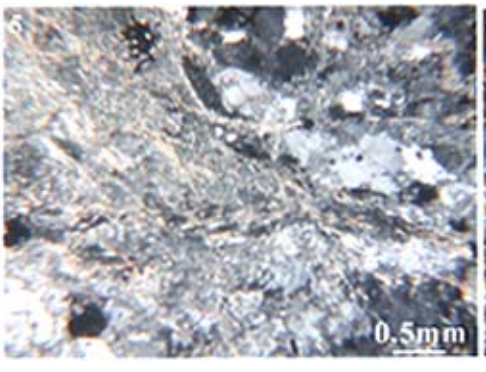
碳酸盐化黄铁绢英岩中鳞片变晶结构绢云母和黄铁矿(+):SZ-2-1



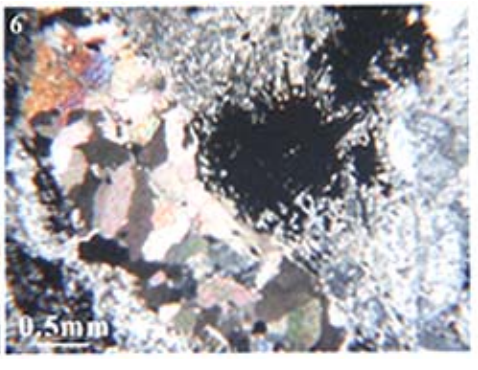
碳酸盐化黄铁绢英岩中白云石保留了原岩斜长石斑晶的假像(+):SZ-2-1



碳酸盐化黄铁绢英岩中两期硅化的石英(+):SZ-2-1

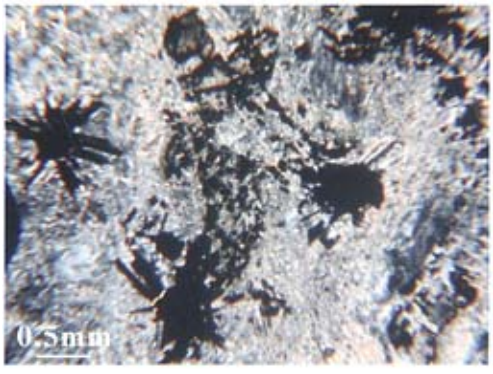


黄铁绢英岩中绢云母和石英(+):SZ-2

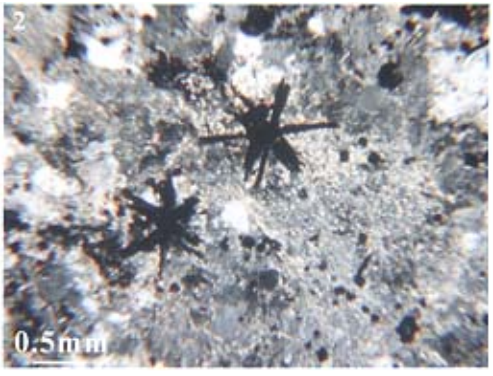


黄铁绢英岩中晚期石英脉(+):SZ-2

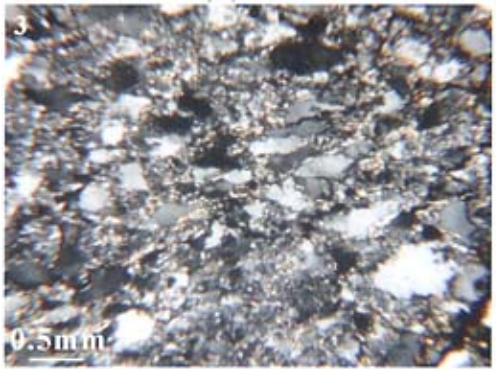
图版 IX



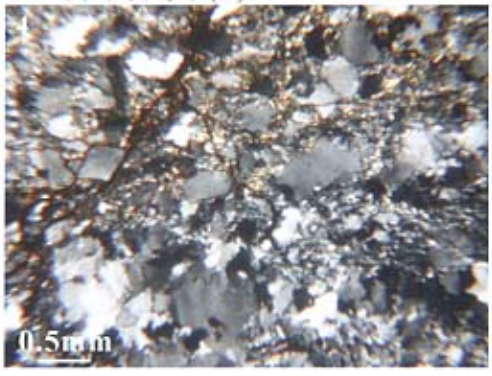
黄铁绢英岩中石英、绢云母及针状毒砂(+):SZ-2



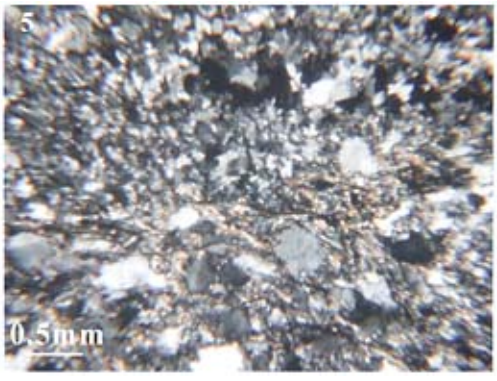
黄铁绢英岩中石英、绢云母及针状毒砂(+):SZ-2



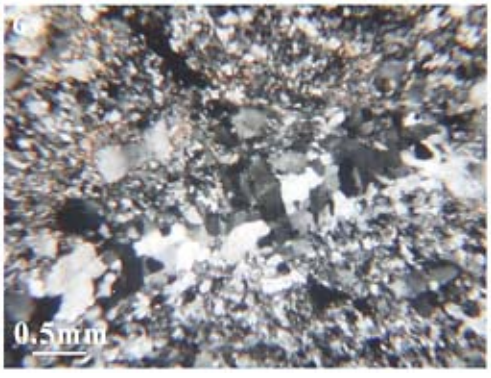
绢英岩中的绢云母和石英因构造作用而呈明显的定向分布（+）：SZ-3



绢英岩中的石英因构造作用而碎裂并见两个粒级（+）：SZ-3

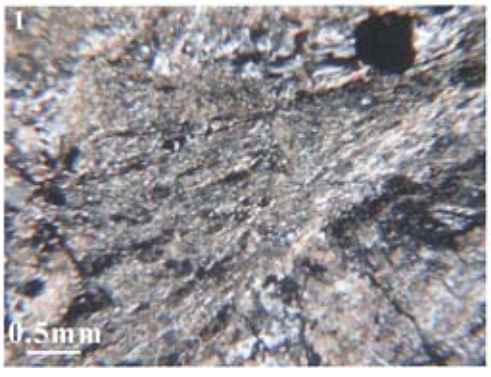


绢英岩中两个粒级石英的过渡带附近绢云母化较强（+）：SZ-3

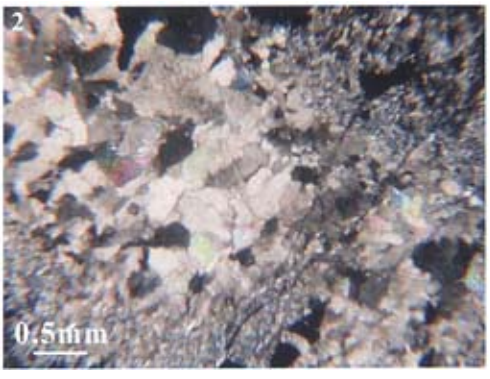


绢英岩中晚期石英脉穿切两个粒级的石英（+）：SZ-3

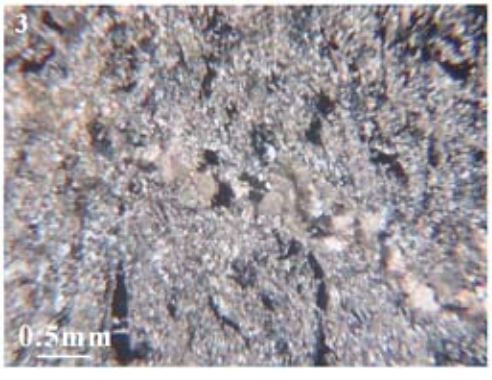
图版 X



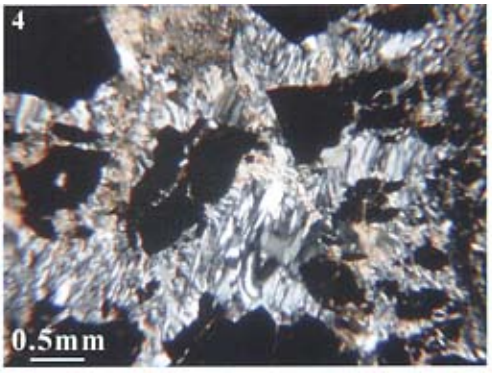
含矿碳酸盐化绢英岩中
绢云母鳞片变晶结构（+）：N2-1



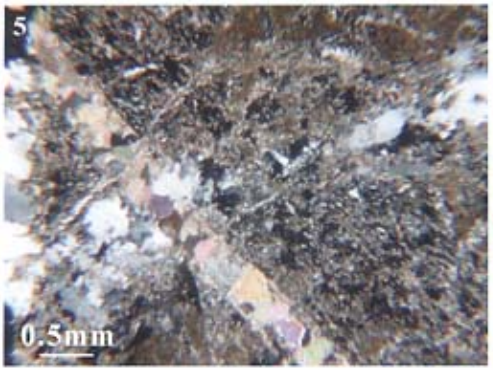
含矿碳酸盐化绢英岩中
它形-半自形方解石（+）：N2-1



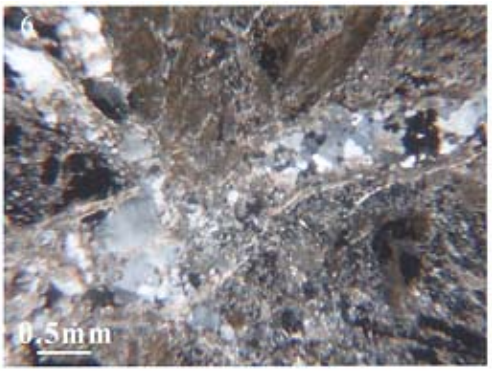
含矿碳酸盐化绢英岩中晚期碳酸盐化
形成的方解石脉（+）：N2-1



含矿碳酸盐化绢英岩中围绕金属矿物
边缘生长的纤柱状石英（+）：N2-1

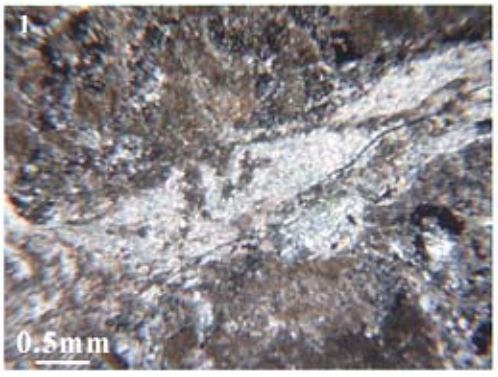


碳酸盐化黄铁绢英岩中碳酸盐化形成的方解石脉
穿切较早形成的石英脉（+）：N2-2

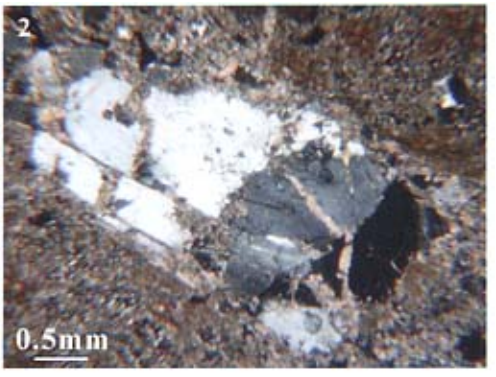


碳酸盐化黄铁绢英岩中两期
形成的石英脉（+）：N2-2

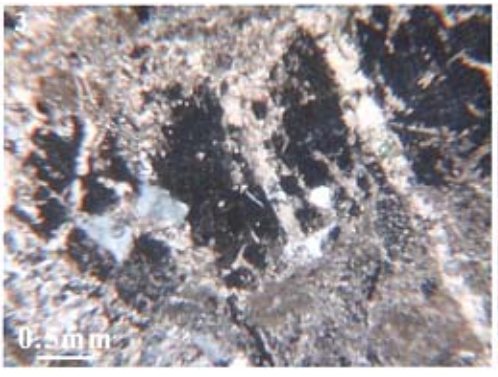
图版XI



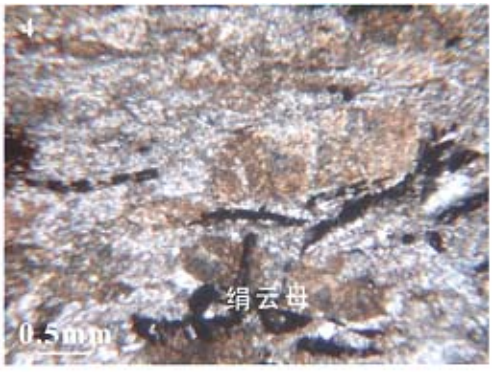
碳酸盐化黄铁绢英岩中绢云母化（+）：N2-2



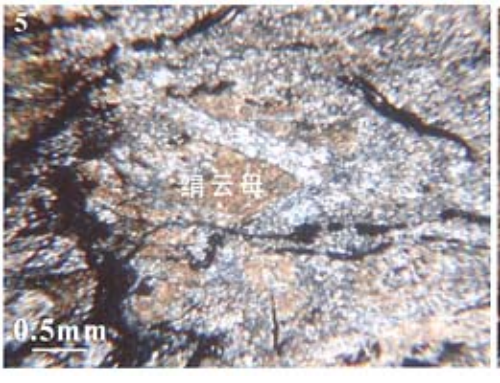
碳酸盐化黄铁绢英岩中碳酸盐化形成的方解石脉穿切较早形成的石英脉（+）：N2-2



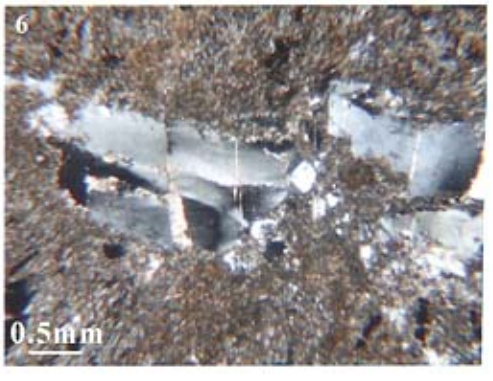
碳酸盐化黄铁绢英岩中碳酸盐化形成的方解石网脉（+）：N2-2



变基性火山岩中蚀变绢云母具有斜长石的假像结构（+）：NG2-2

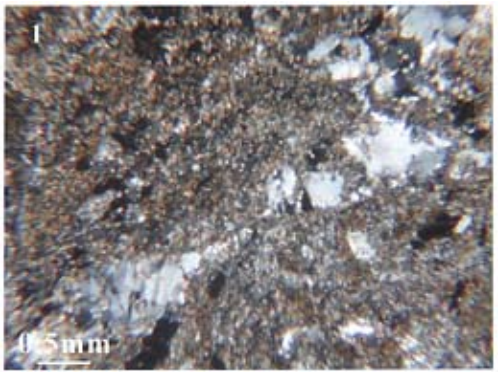


变基性火山岩中蚀变绢云母具有斜长石的假像结构（+）：NG2-2

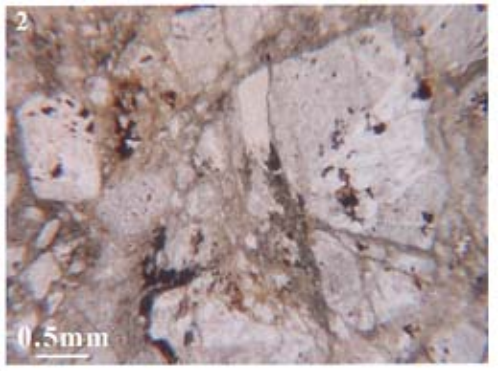


变基性火山岩中蚀变石英因构造作用而碎裂具有波状消光（+）：NG2-2

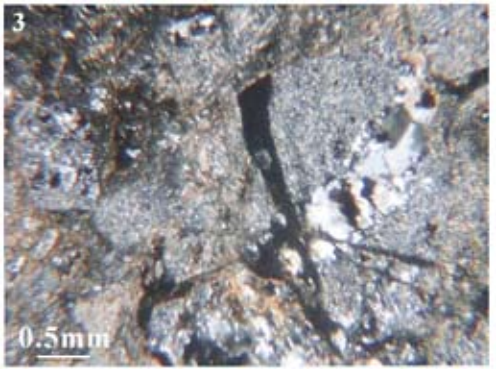
图版XII



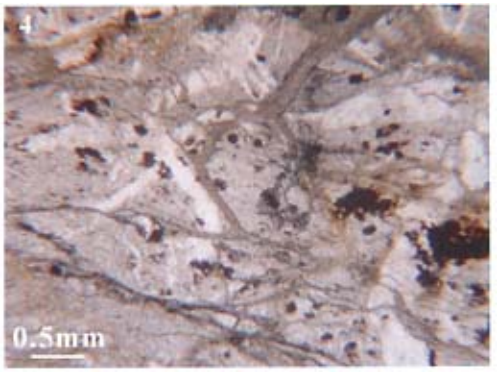
变基性火山岩中蚀变绢云母和石英（+）：NG2-2



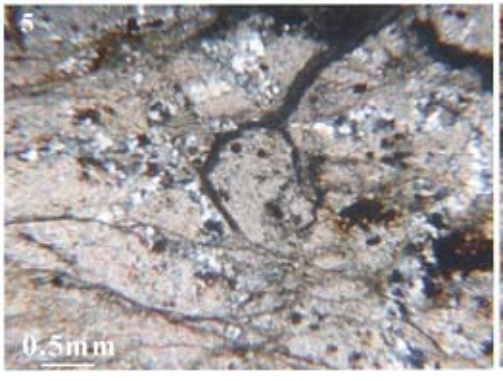
碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩的碎裂结构（-）：AON1-1



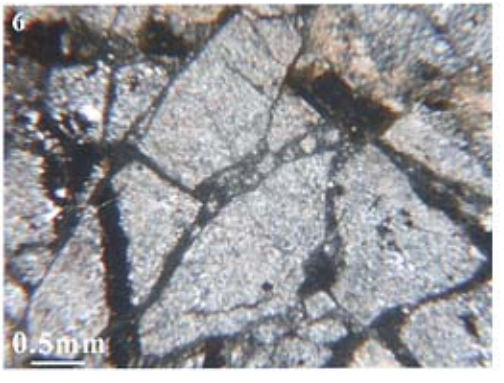
碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩的碎裂结构，与图2同一视域，裂隙被石英充填（+）：AON1-1



碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩的碎裂结构（-）：AON1-1

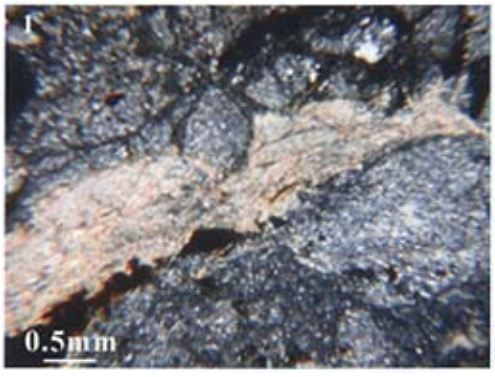


碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩的碎裂结构，与图4同一视域，裂隙被石英充填（+）：AON1-1

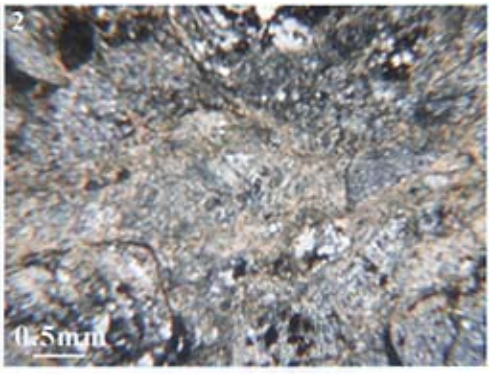


碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩的碎裂结构（-）：AON1-1

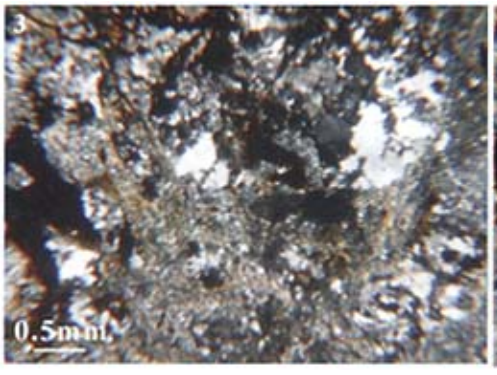
图版XIII



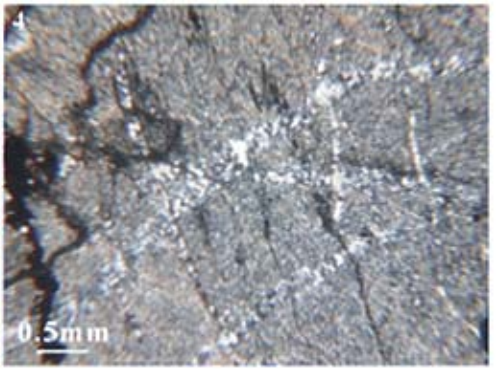
碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩中的蚀变绢云母（+）：AON1-1



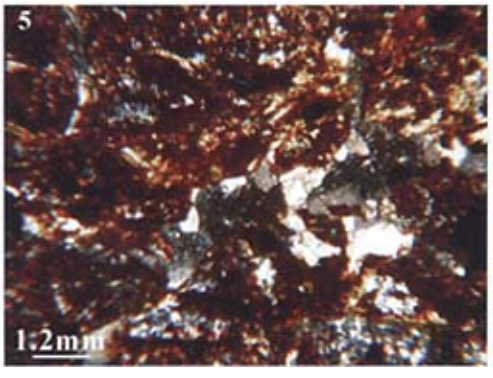
碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩中的蚀变绢云母（+）：AON1-1



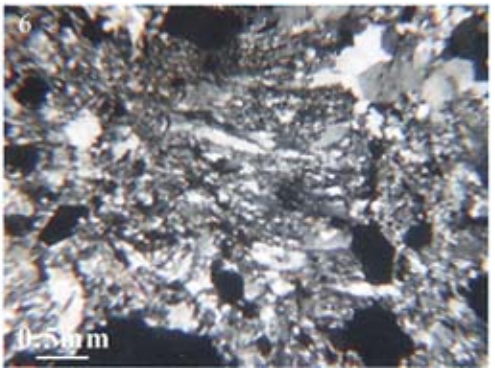
碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩中的蚀变绢云母、石英（+）：AON1-1



碳酸盐化碎裂石英绢云母板岩中的蚀变晚期石英脉（+）：AON1-1

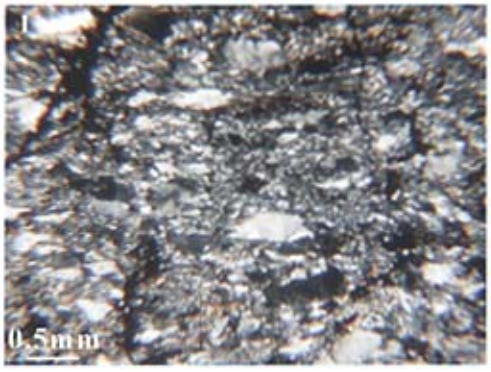


含褐铁矿岩屑砂砾质构造角砾岩的碎裂结构，强烈绢云母化和硅化（+）：AON1-2

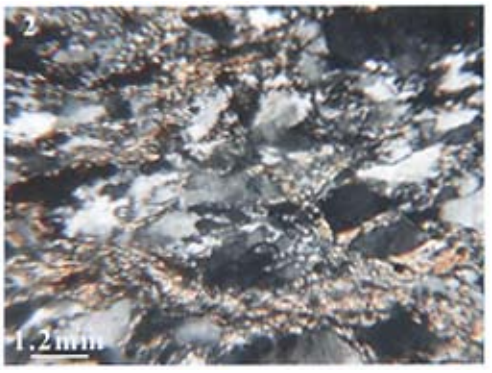


石英质糜棱岩中石英定向分布（+）：AON1-3

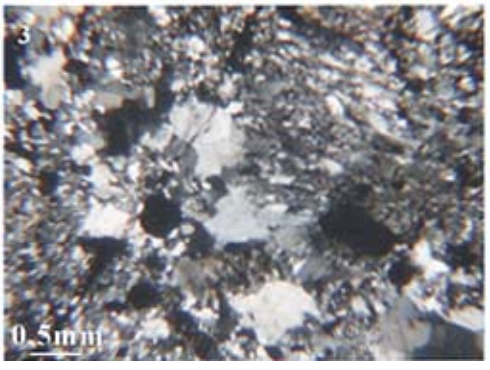
图版XIV



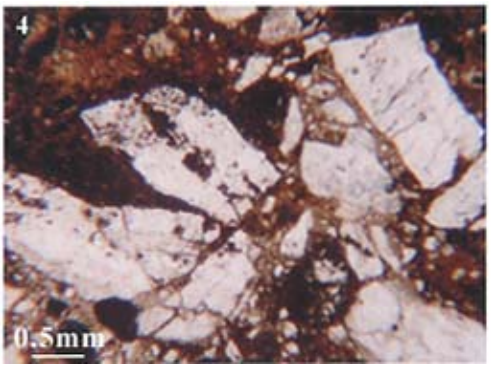
石英质糜棱岩中石英定向分布（+）：AON1-3



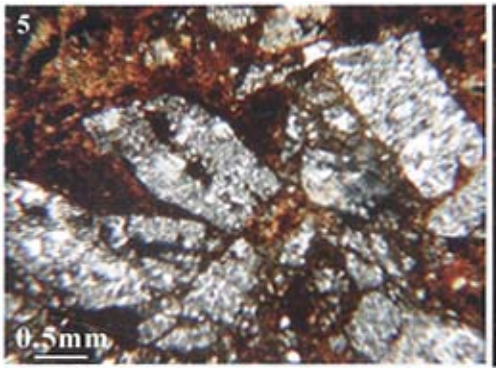
石英质糜棱岩中石英定向分布而绢云母则围绕石英边缘生长（+）：AON1-3



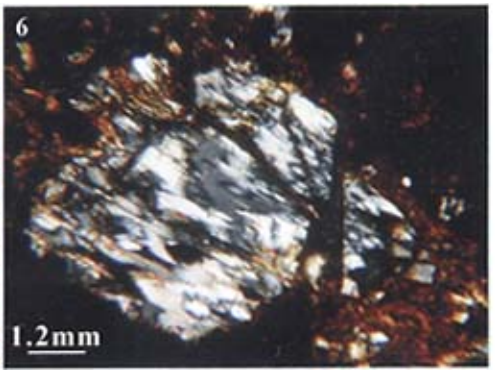
石英质糜棱岩中晚期粗晶石英脉穿切定向分布的石英（+）：AON1-3



含褐铁矿砂砾岩中尖棱角砾状碎屑基底式分布（-）：AON1-4

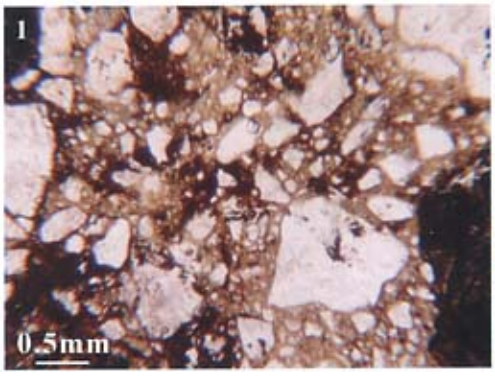


含褐铁矿砂砾岩中棱角状碎屑基底式分布,与图4同一视域（+）：AON1-4

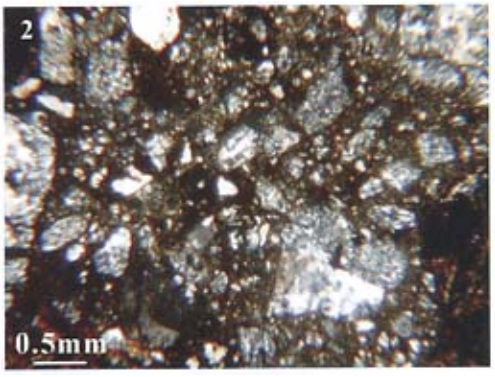


含褐铁矿砂砾岩中棱角状石英碎屑碎裂后石英定向分布具波状消光（+）：AON1-4

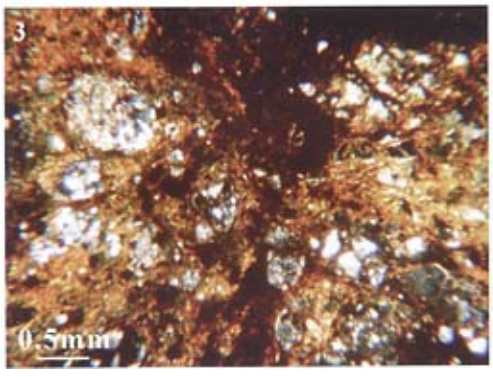
图版XV



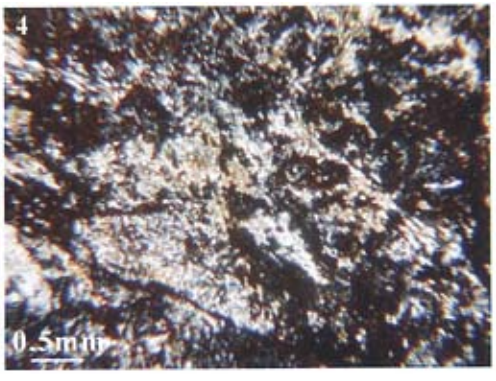
含褐铁矿砂砾岩中尖棱角砾状碎屑大小悬殊并基底式分布（-）：AON1-4



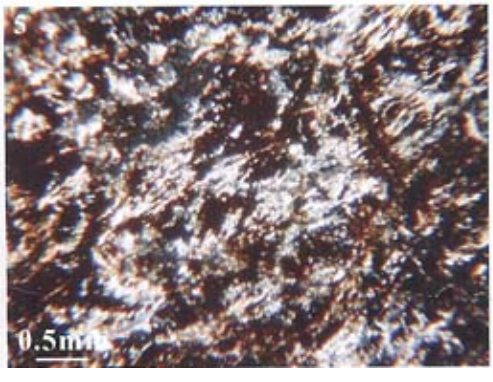
含褐铁矿砂砾岩中尖棱角砾状碎屑大小悬殊，与图1同视域（-）：AON1-4



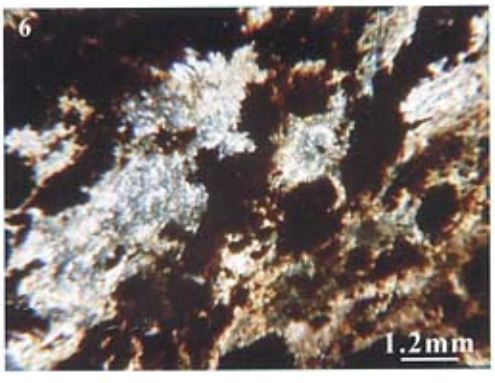
含褐铁矿砂砾岩裂隙中充填的伊利石（+）：AON1-4



含褐铁矿绢云母角岩中鳞片变晶结构绢云母（+）：AON1-5

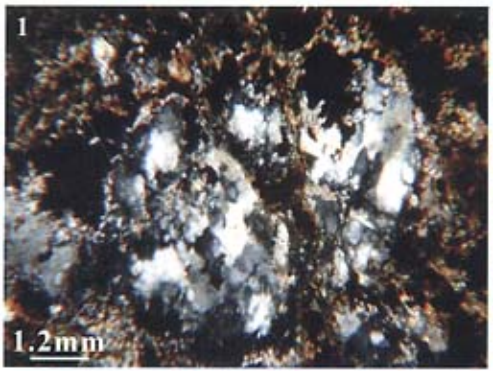


含褐铁矿绢云母角岩中鳞片变晶结构绢云母呈定向分布（+）：AON1-5

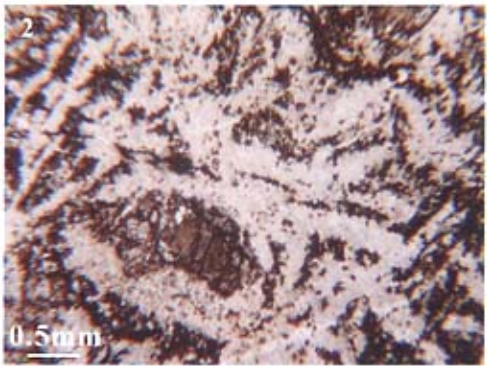


含褐铁矿绢云母角岩中鳞片变晶结构绢云母呈定向分布（+）：AON1-5

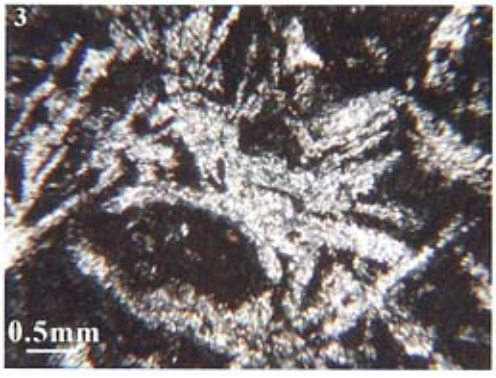
图版XVI



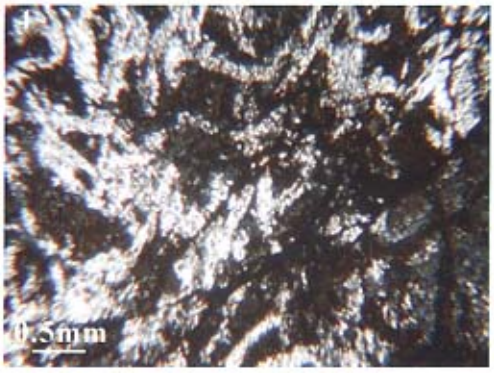
含褐铁矿绢云母角岩中鳞片变晶结构
绢云母围绕石英边缘分布（+）：AON1-5



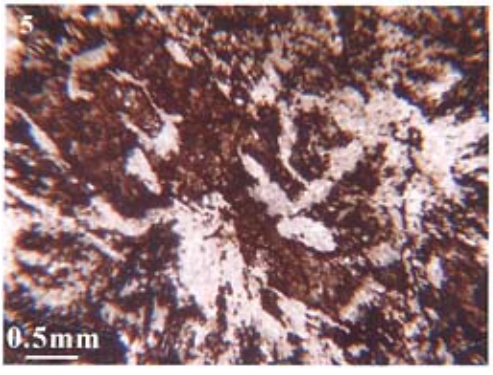
绢云母角岩中鳞片变晶结构绢云母保持
原岩斜长石板状晶形假像，原岩为
中基性岩（-）：AON1-7



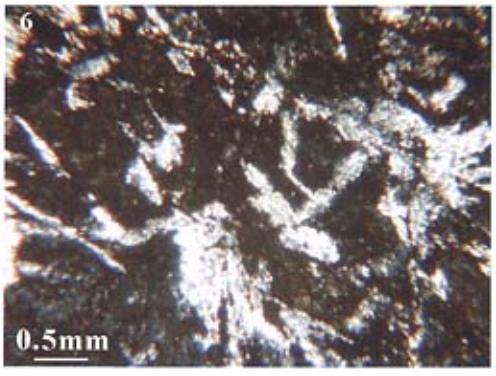
绢云母角岩中绢云母保持斜长石假像，
与图2为同一视域（+）：AON1-7



绢云母角岩中绢云母保持斜长石假像，
（+）：AON1-7

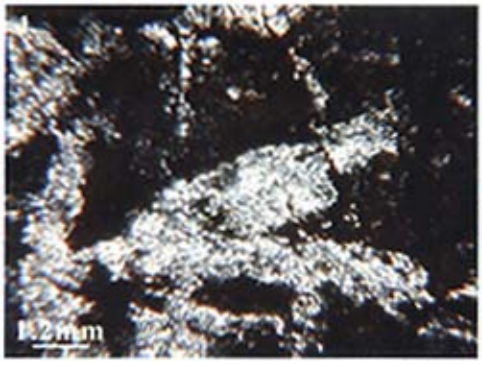


绢云母角岩中绢云母保持
斜长石假像（+）：AON1-7

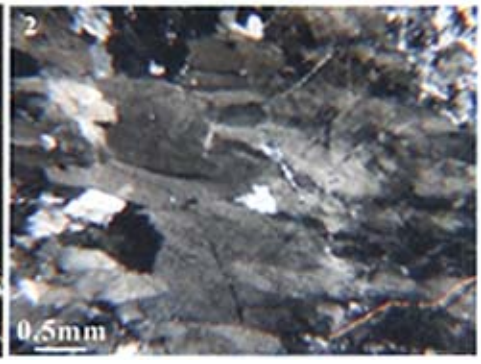


绢云母角岩中绢云母保持斜长石假像，
与图5为同一视域（+）：AON1-7

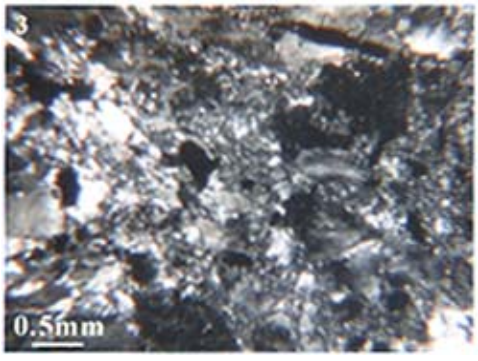
图版XVII



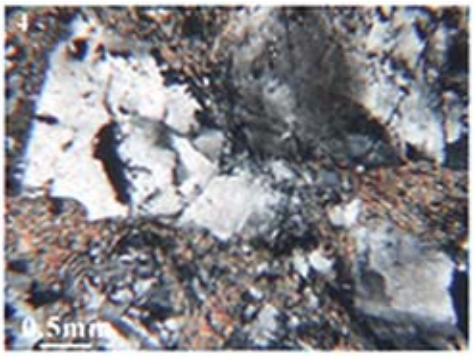
绢云母角岩中绢云母保持斜长石假像.
（+）：AON1-7



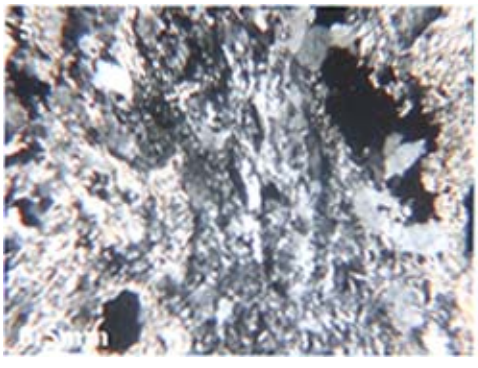
碎裂石英脉中石英粗大晶体
因构造作用碎裂后形成定向排列
并波状消光（+）：AON1-8



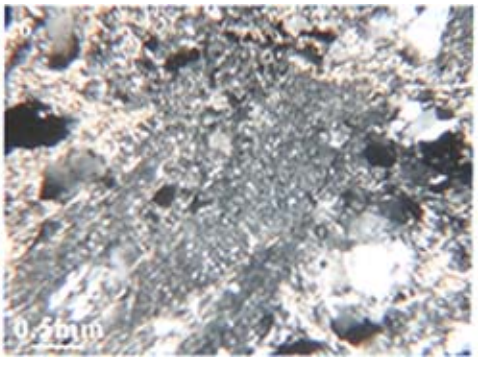
碎裂石英脉中裂隙冲大细粒石英和玉髓
（+）：AON1-8



绢云母石英质糜棱岩中碎砾石英
和蚀变绢云母（+）：AON1-9

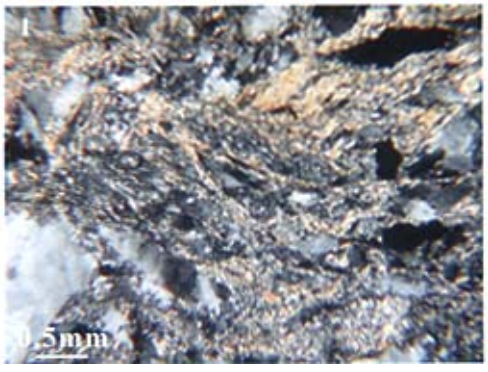


绢云母石英质糜棱岩中细粒碎砾石英
成定向分布（+）：AON1-9

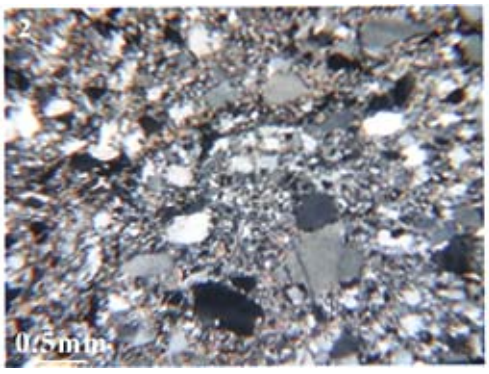


绢云母石英质糜棱岩中微-粉粒石英
和蚀变绢云母（+）：AON1-9

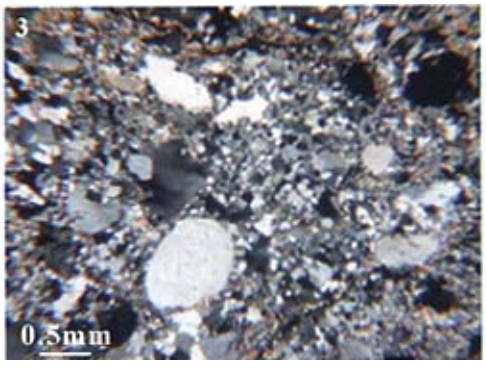
图版XVIII



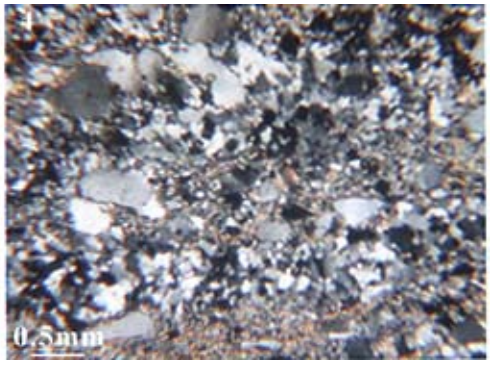
绢云母石英质糜棱岩中的蚀变绢云母（+）；AON1-9



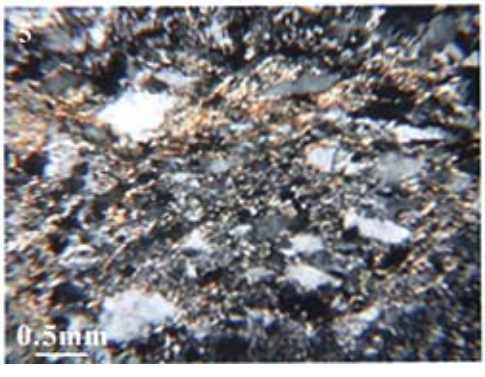
硅化绢云母化变砂岩中石英碎屑因构造作用略具定向分布，蚀变绢云母充填在裂隙中，（+）：G1-2



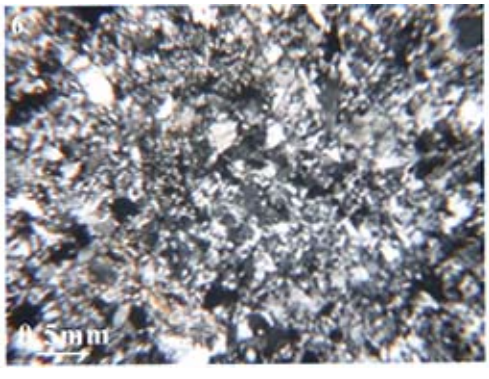
硅化绢云母化变砂岩中石英碎屑因构造作用略具定向分布，蚀变绢云母充填在裂隙中，（+）：G1-2



硅化绢云母化变砂岩中晚期蚀变形成的细粒石英，蚀变绢云母充填在裂隙中，发育石英脉（+）：G1-2

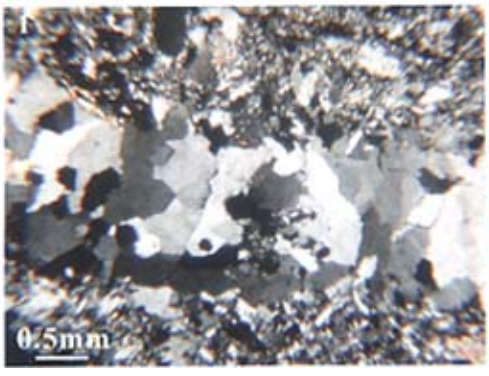


绢英岩中绢云母和石英都定向分布（+）：G1-6

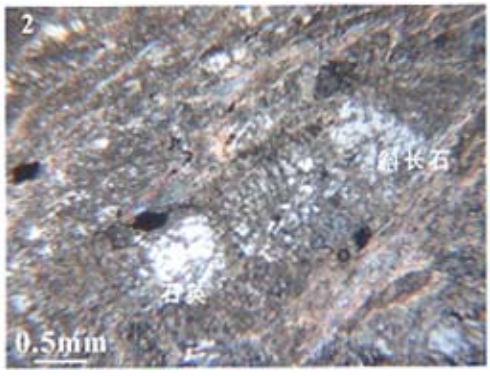


绢英岩中微-细-中粒石英的关系（+）：G1-6

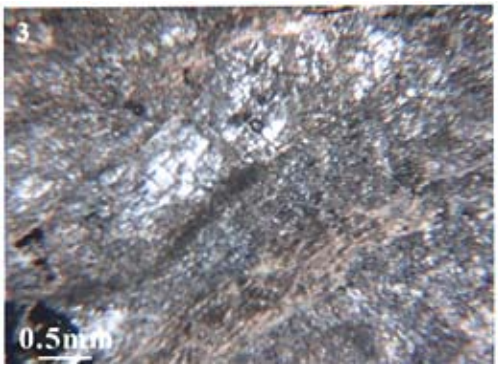
图版XIX



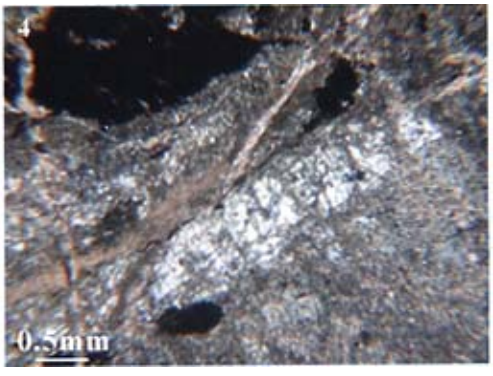
绢英岩中石英脉（+）：G1-6



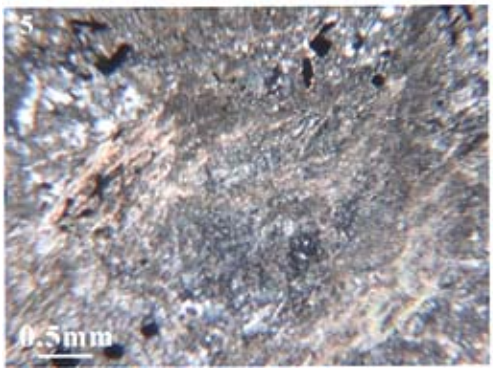
蚀变中基性火山岩中热液蚀变石英具斜长石斑晶假像，局部可见部分斜长石残余（+）：G2-1



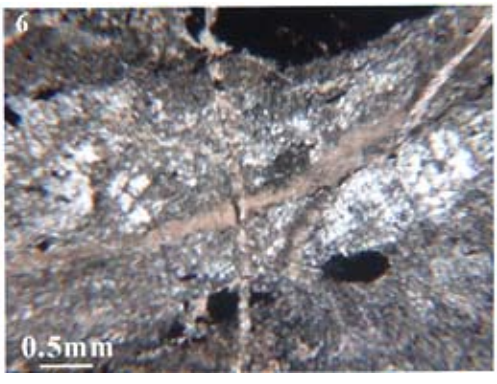
蚀变中基性火山岩中热液蚀变石英具斜长石斑晶假像，局部可见部分斜长石残余（+）：G2-1



蚀变中基性火山岩中热液蚀变石英具斜长石斑晶假像，局部可见部分斜长石残余（+）：G2-1

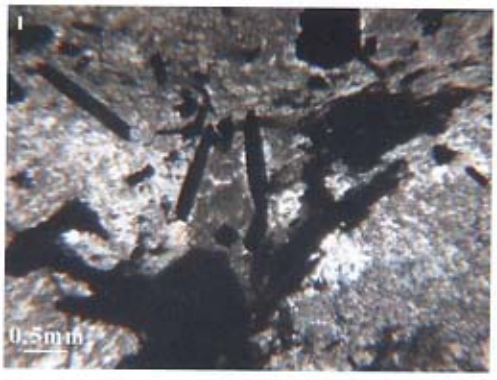


蚀变中基性火山岩中蚀变碳酸盐化白云石和绢云母（+）：G2-1

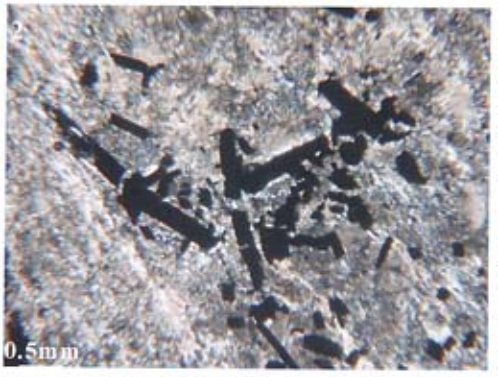


蚀变中基性火山岩中两期蚀变碳酸盐化白云石脉穿切关系（+）：G2-1

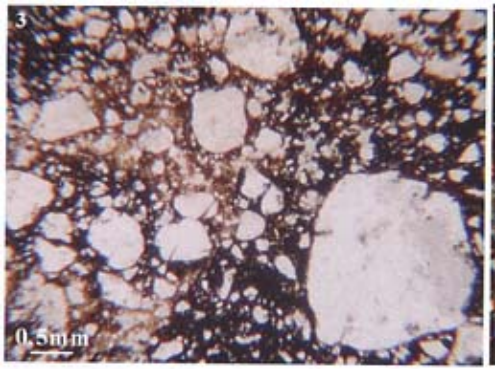
图版XX



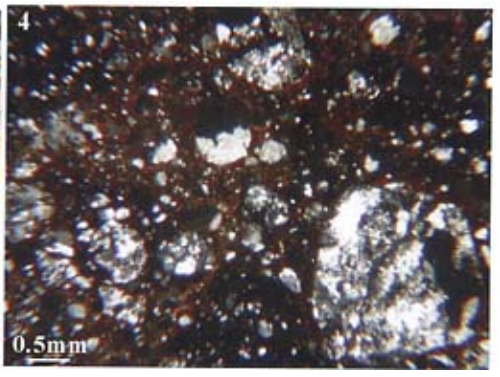
蚀变中基性火山岩中黄铁矿和针状毒砂（+）：G2-1



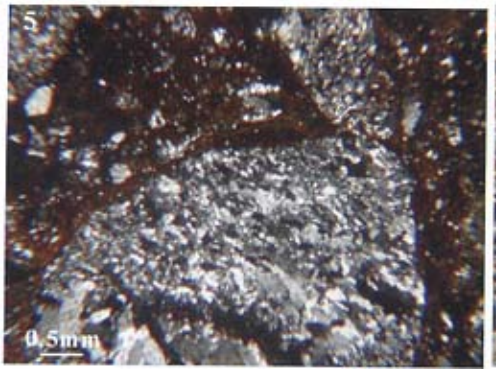
蚀变中基性火山岩中黄铁矿、针状毒砂和微粒白云石（+）：G2-1



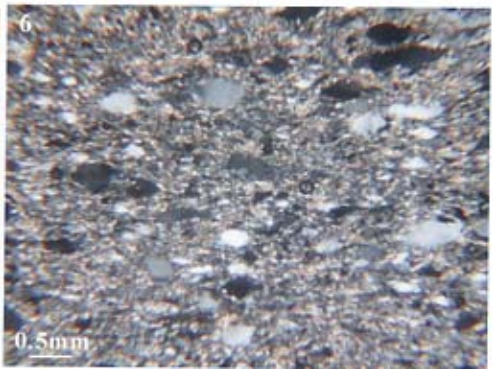
铁质石英岩屑杂砂岩的碎屑结构（-）：G8-1



铁质石英岩屑杂砂岩的碎屑结构（+）：G8-1



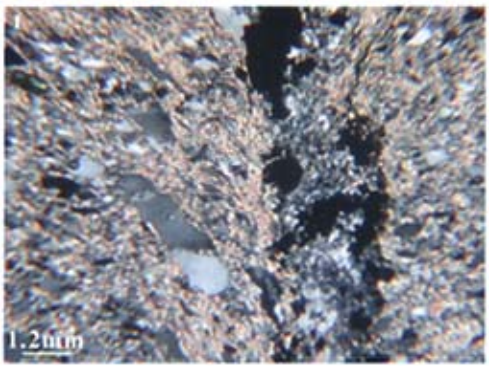
铁质石英岩屑杂砂岩硅质岩屑（-）：G8-1



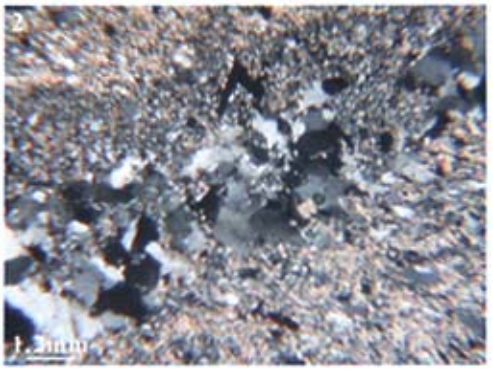
绢云母石英千枚岩中石英具定向分布特征（+）：G9-1

”

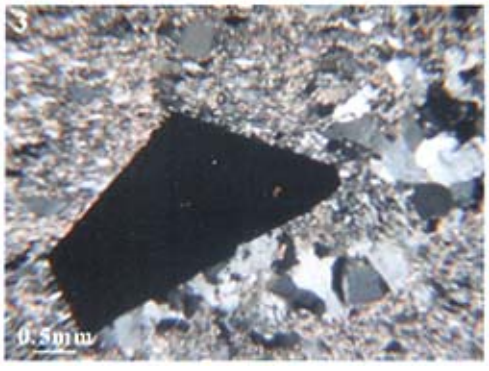
图版XXI



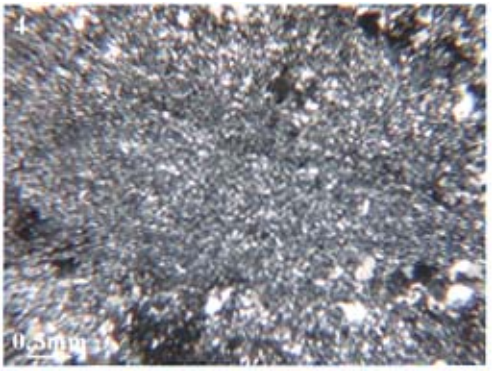
绢云母石英千枚岩中石英具定向分布，绢云母围绕石英边缘生长（+）：G9-1



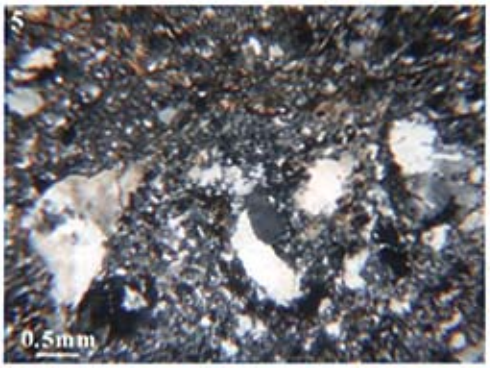
绢云母石英千枚岩中石英具定向分布，强烈绢云母化（+）：G9-1



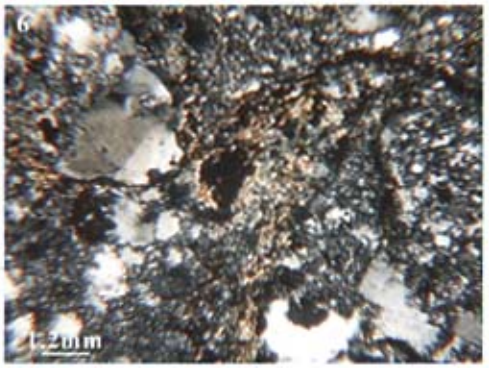
绢云母石英千枚岩中石英及绢云母和黄铁矿（+）：G9-1



微粒-细粒热液石英（+）：G10-1

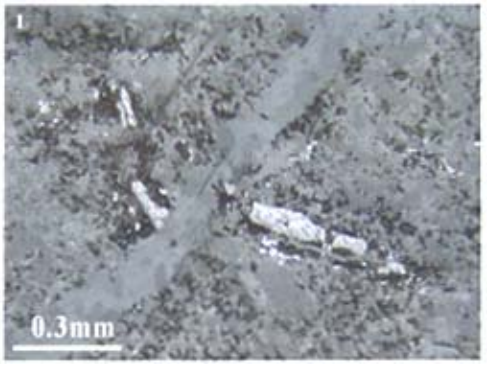


微粒-细粒-中粒热液石英和绢云母（+）：G10-1

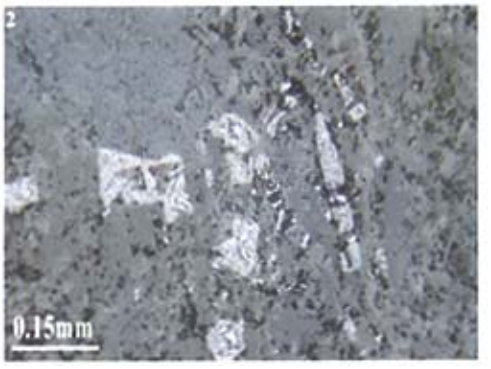


微粒-细粒-中粒热液石英和绢云母（+）：G10-1

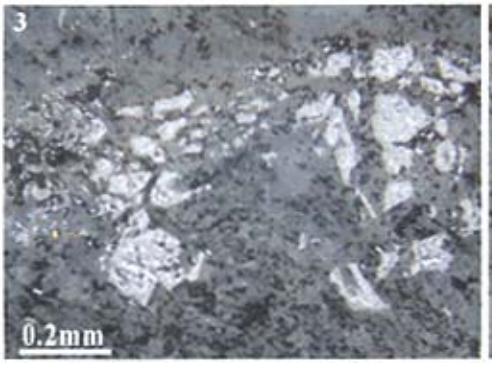
图版XXII



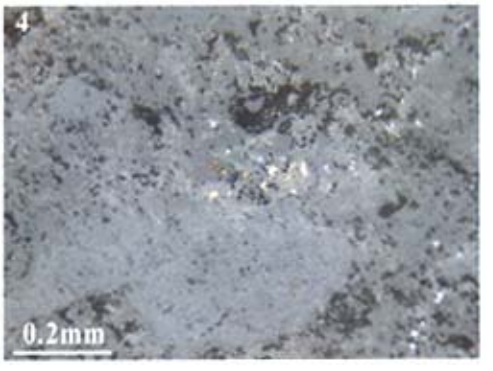
长柱状钛铁矿（光片）：Nb2-2



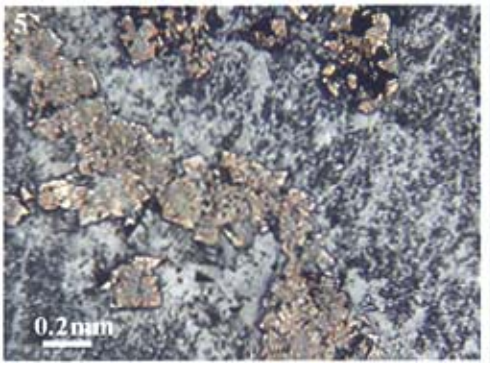
长柱状钛铁矿（光片）：Nb2-2



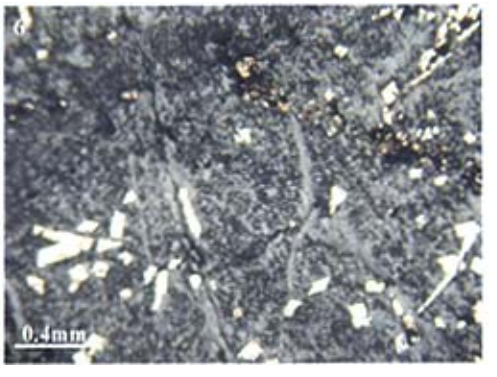
钛铁矿和黄铜矿（光片）：Nb2-2



自然金和黄铜矿（光片）：Nb2-2



黄铁矿（光片）：Nb2-1

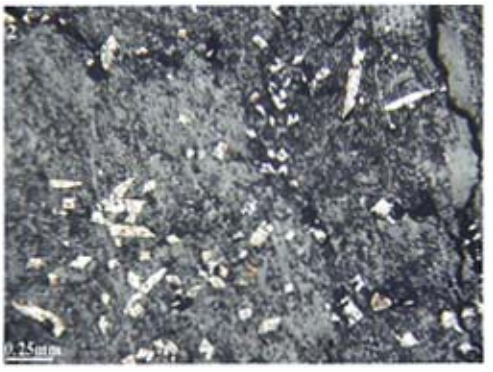


自形-半自形毒砂和黄铁矿（光片）：Nb2-1

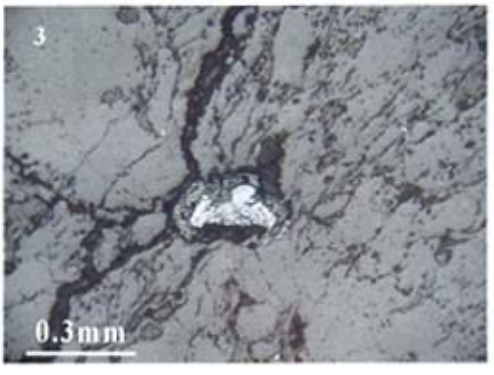
图版XXIII



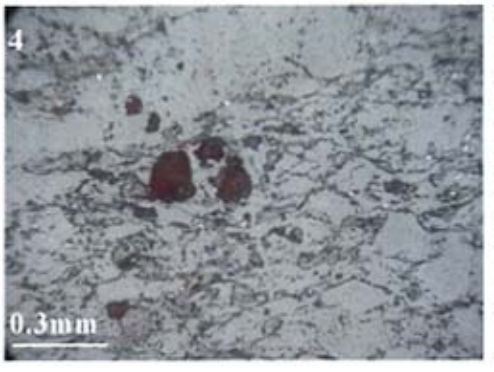
自形-半自形毒砂和黄铁矿（光片）：Nb2-1



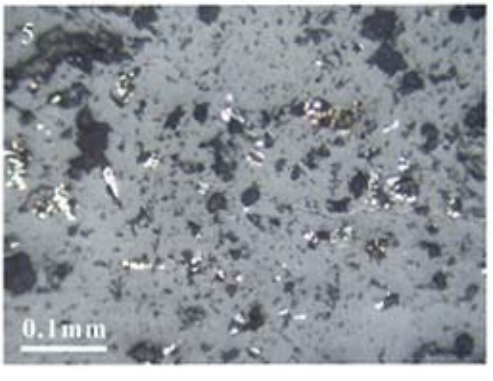
自形-半自形毒砂（光片）：Nb2-1



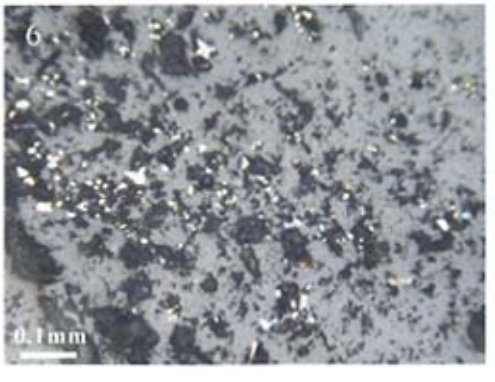
磁铁矿零星分布（光片）：b1-2



赤铁矿星散分布（光片）b1-2

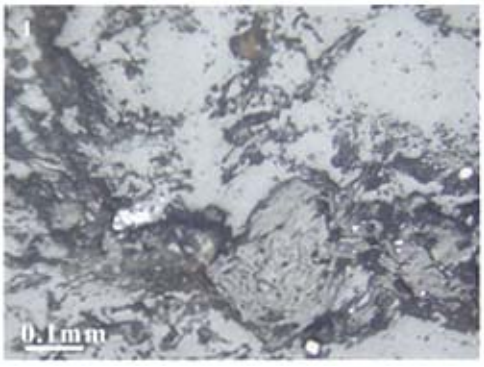


针状和菱形毒砂（光片）：b1-6

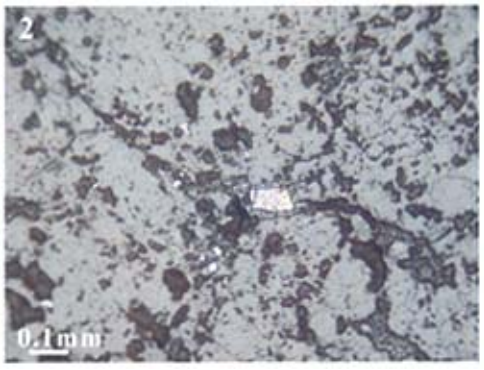


针状和菱形毒砂（光片）：b1-6

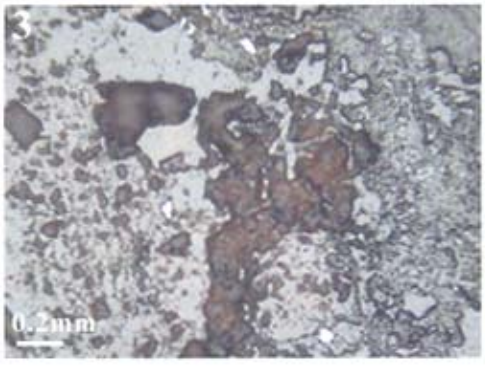
图版XXIV



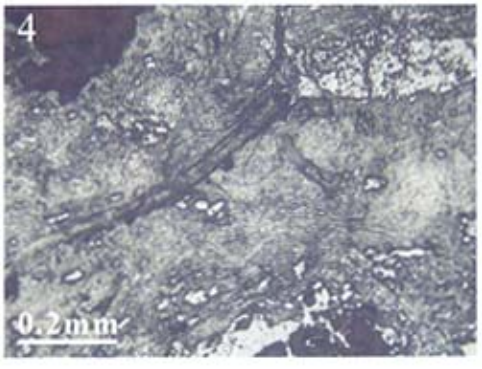
磁铁矿零星分布（光片）：b1-6



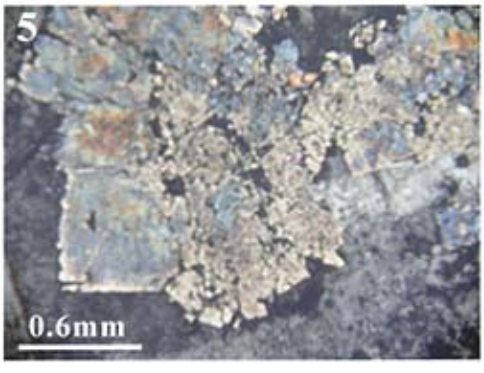
黄铁矿和毒砂零星分布（光片）：AON1-2



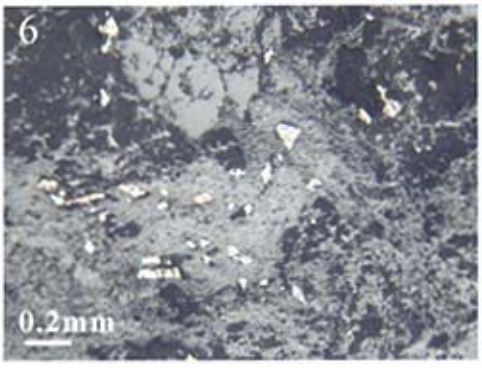
毒砂零星分布（光片）：AON1-2



褐铁矿大量分布（光片）：AON1-2

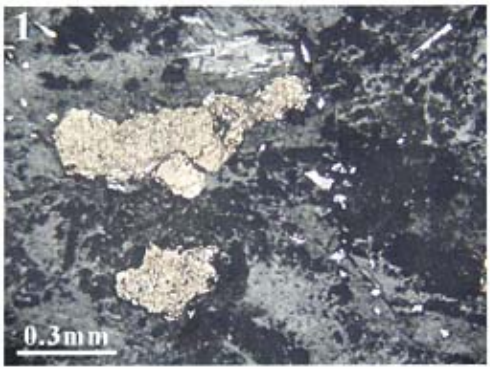


自形晶黄铁矿（光片）：AOS3-1

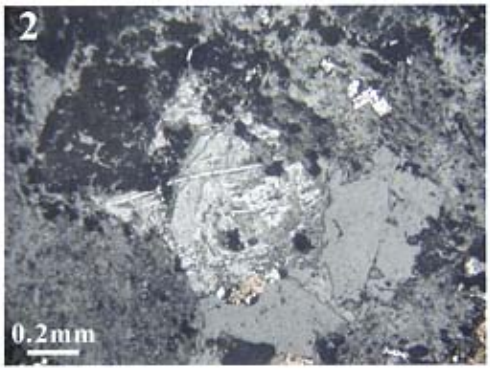


针状毒砂星散分布（光片）：AOS1-3

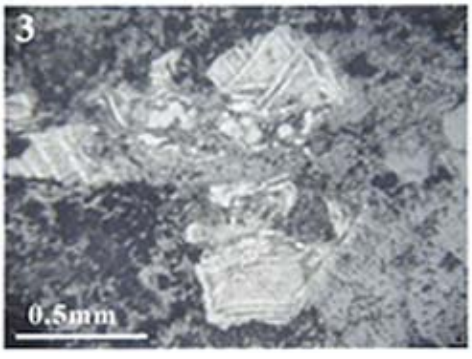
图版XXV



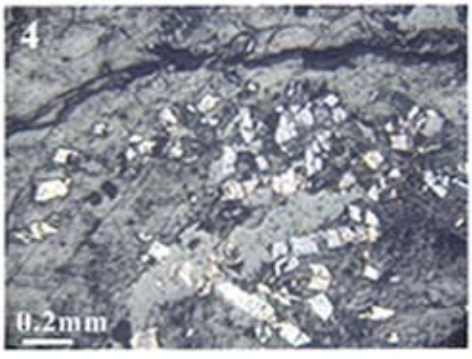
黄铁矿、毒砂、钛铁矿关系（光片）：AOS3-1



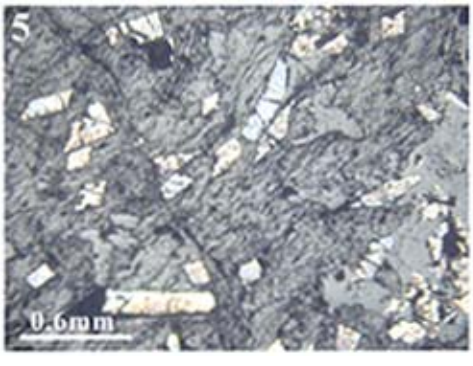
钛铁矿（光片）：AOS3-1



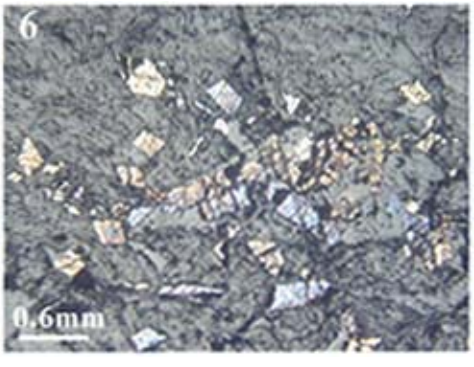
钛铁矿（光片）：AOS3-1



针状和菱形毒砂（光片）：AOS2-2

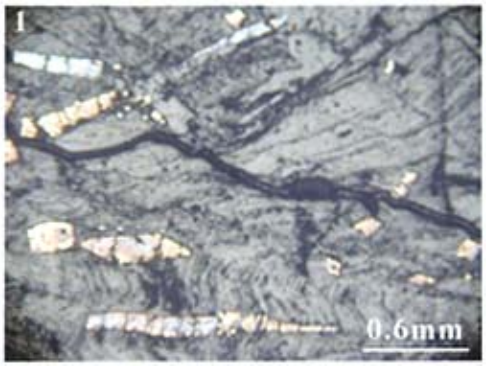


针状和菱形毒砂（光片）：AOS2-2

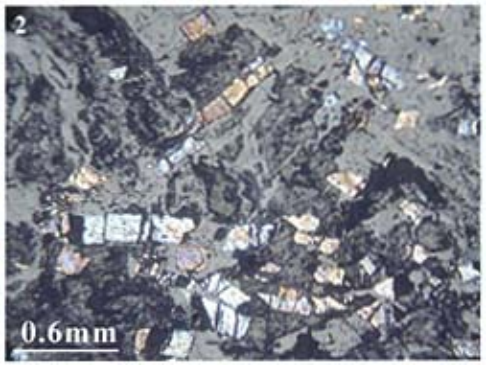


针状和菱形毒砂（光片）：AOS2-2

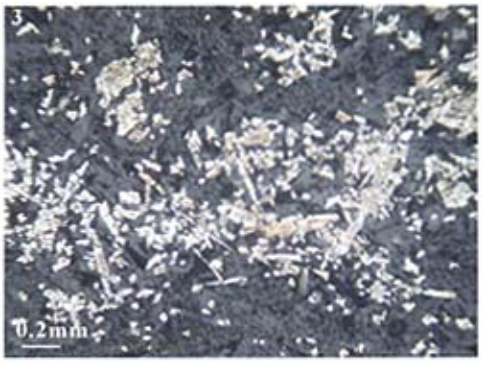
图版XXVI



针状毒砂（光片）：AOS2-2



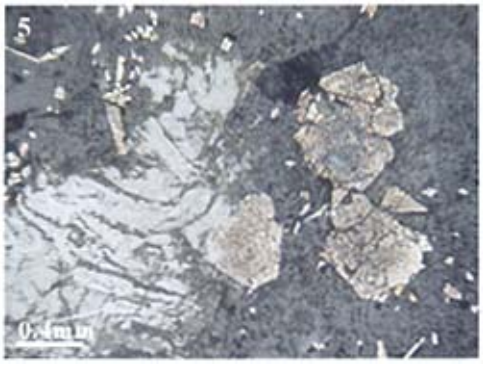
针状、长柱状毒砂（光片）：AOS2-2



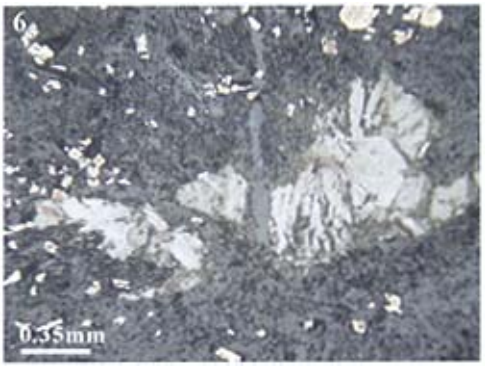
针状、菱形毒砂（光片）：AOS3-2



针状、菱形毒砂（光片）：AOS3-2

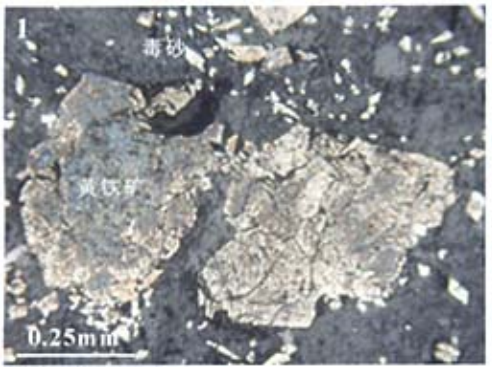


黄铁矿、钛铁矿、毒砂（光片）：AOS3-2



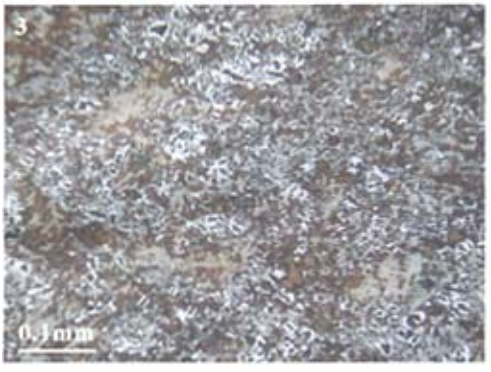
钛铁矿、毒砂（光片）：AOS3-2

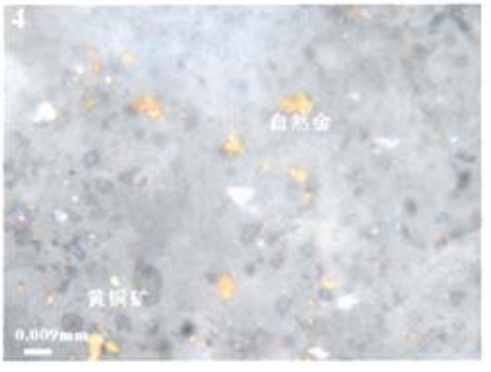
图版XXVII





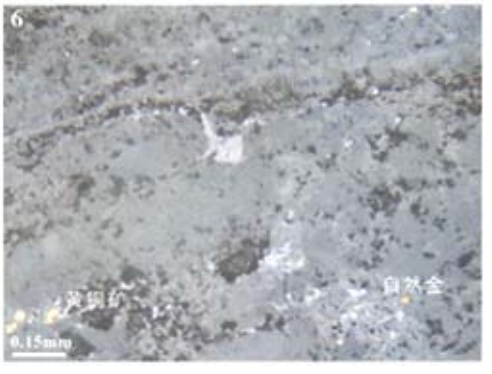
黄铁矿、毒砂的关系（光片）：AOS3-2 钛铁矿、褐铁矿的关系（光片）：AOS1-6





钛铁矿、褐铁矿的关系（光片）：AOS1-6 自然金和黄铜矿（光片）：Nb2-2





自然金和黄铜矿（光片）：Nb2-2　　自然金和黄铜矿（光片）：Nb2-2

四川省甘孜—理塘金矿成矿带成矿模式与开发模式研究

作者：夏廷高
学位授予单位：成都理工大学

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1011933.aspx
授权使用：上海海事大学(wflshyxy)，授权号：cbffbe0b-7aea-4044-9115-9e4b012baa06
下载时间：2010年12月13日