

青海省金属矿产成矿规律 及成矿预测

潘 彤 罗才让 伊有昌 钱 明 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测报告为基础,融会了全省几十年来对金属矿产勘查和科研的各类成果。以多岛弧演化观点探讨了青海省的成矿地质构造背景;对省内典型的有色、贵金属、黑色金属矿产的成矿特征及成矿作用进行了系统的总结;探讨了矿产与含矿建造的关系,以及时空分布规律、动力学演化对金属矿产的控矿作用;在此基础上,应用成矿系统理论对全省各成矿带的金属矿产进行成矿预测。

本书是青海省金属矿产成矿规律及成矿预测研究的最新成果,对于从事地质生产、科研、教学的单位和个人具有理论参考价值,并对野外生产具有一定指导作用。

图书在版编目 (CIP) 数据

青海省金属矿产成矿规律及成矿预测 / 潘彤等著 .

北京:地质出版社, 2006. 6

ISBN 7-116-04816-2

I. 青... II. 潘... III. ①金属矿床-成矿规律-研究-青海省②金属矿床-成矿预测-研究-青海省
IV. P618. 201

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 046995 号

责任编辑:陈 磊

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324565 (编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京长宁印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm^{1/16}

印 张:14.75 插 页:2 页

字 数:360 千字

印 数:1—800 册

版 次:2006 年 6 月北京第一版·第一次印刷

定 价:36.00 元

ISBN 7-116-04816-2/P·2673

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

序

青海省地域辽阔，矿产资源丰富，成矿地质背景优越，找矿前景十分看好。青海省经济发展的四大支柱——石油和天然气、盐湖矿产、有色金属矿产及水电资源，其中有三项为矿产资源，足见矿产资源在青海经济发展中所处的重要地位。

本书是以青海省有色地质矿产勘查局 2003 年编制完成的青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测报告为基础，融会了几十年来对全省金属矿产勘查和科研成果，并在此基础上进一步综合、归纳、分析，使其在理论上有所发展。

本书从板块构造理论及多岛弧演化观点出发，探讨了青海省成矿地质构造背景，以分析典型矿床成矿地质背景和矿床特征、控矿条件为研究途径，以区域成矿规律、成矿预测为核心，探讨了青海省金属矿产成矿规律，进行了成矿预测。总结了省内黑色金属、有色金属、贵金属矿产的时间和空间分布规律，论述了不同构造环境下矿产分布规律和成矿作用特征，探讨了动力学演化对矿床形成的控制作用，以成矿系统理论为指导，对青海省金属矿产划分出六大成矿系统，并依据各成矿系统的主要特征，结合成矿物质来源进行了找矿方向探讨。

本书内容丰富，图文并茂，是一本区域成矿研究方面的好书。本书的公开出版，对从事地质工作、科研、教学的单位和个人均有参考价值，对区域成矿研究将起到推动作用。

原青海省地质矿产开发局总工程师

章年生

2005.12.17.

前 言

2002 年 7 月，按照青海省国土资源厅的总体部署，青海局承担了“青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测项目”的子项目。

成矿远景区划和预测是一项创造性的劳动，也属于知识密集型的工作。为全面、系统、客观、真实地展现我局乃至全省的地勘工作成果，分析研究青海省境内有色、贵金属及相关矿产成矿规律，划分成矿远景区（带），预测找矿远景区（带），优选找矿靶区，部署地质勘查工作，也为了较好地完成“三轮区划”项目，当时由我担任项目负责，并从各队（院）抽调一批业务素质较高，工作责任心较强的专业技术人员，同时，聘请了具有多年实践经验和较高理论研究造诣的专家教授，组成了“三轮区划”项目组。

经过“三轮区划”项目同志们近两年时间的辛勤工作，共查阅资料 500 多份，建立矿产地及异常卡片 2000 多份，收集整理和编制完成了《青海省地质矿产研究程度图》（1:100 万），《青海省板块构造图》（1:100 万），《青海省地质矿产图》（1:100 万），《青海省成矿规律图》（1:100 万），《青海省成矿预测图》（1:100 万），《青海省找矿靶区图》（1:100 万），《青海省地质矿产勘查工作部署图》（1:100 万）等综合图。编写完成了《青海省第三轮成矿远景区划研究及找矿靶区预测报告》（简称《三轮区划报告》）及相关附表。

我局“三轮区划”项目涉及的主要内容是开展青海省境内有色、稀有、贵金属矿产成矿地质背景及成矿规律研究，在已有区划成果基础上，结合近年来的新成果、新资料，进一步划分Ⅳ、Ⅴ级成矿区带；开展全省境内的成矿预测与找矿靶区优选，通过资料的二次开发研究，提取新的找矿信息，提出可供进一步勘查的找矿靶区 40 处。

参加《三轮区划报告》编写的人员有伊有昌、罗才让、马财、曾宪刚、罗开欢、李月隆、宋湘玲、王春英。《三轮区划报告》通过全面分析研究青海省区域成矿地质背景，总结区域成矿规律，系统地介绍了各成矿、找矿远景区（带）的成矿地质条件和找矿靶区的工作条件，并对今后一段时间内全省的地质勘查工作提出了具体的部署建议。这一系列综合研究成果，是项目组及有关工作人员集体智

慧的结晶。

在科学的历史长河中，每个科技工作者都应有一种强烈的创新意识，使自己除完成日常工作任务外，应当按时代的要求深入探索自己的工作领域。多年的地质矿产业务管理工作，使我们意识到在这个知识经济时代里，若要使地质找矿工作卓有成效，应有一套与区域地质背景相结合、与成矿事实相吻合的找矿思路，并使所在团队按照此思路去考虑地质勘查问题、并调整工作思路。因此，在《三轮区划报告》工作结束后，考虑借此把该报告进一步深化，一方面，向广大地学工作者介绍青海省的地质概况，及有色、贵金属、黑色金属矿产的分布规律；另一方面，使之上升到理论高度，对我省金属矿产地质找矿方向进行初步探讨，指导野外生产实践。

本书共分四篇，约 30 万字。其中第一章由钱明、潘彤执笔；第二章由伊有昌、罗才让、潘彤执笔。第三章由潘彤执笔，第四章由罗才让执笔。潘彤对所有各章节进行统稿，并完成了书中的前言、结语工作。吉林大学地球科学学院丁清峰博士对英文摘要进行了翻译，书中的图件全部由李月隆工程师负责编制。本书的出版是在全省老一辈地勘工作的基础上，在“三轮区划”项目组不懈努力下，取得的又一项成果。本书是青海省有色地质勘查局成立几十年来对自己成果和前人地质工作的回顾，是对青海省黑色、有色、贵金属矿产资源研究成果的最新概括。

本书是在局管地质项目支撑下完成的，是在局领导班子的关心、支持下完成的，在此表示衷心的感谢！

衷心感谢地质矿产处的同志们在工作上的配合、协助，我为有这样的同事感到荣幸，为生活在这样学习型集体，团结、奋进的集体感到骄傲和自豪！

由于本书涉及范围较广，研究时间紧，无论是在多岛弧构造分析，还是成矿系统的划分上都存在很多不成熟和不完善之处。加之编者水平所限，文图错误在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

2006 年 2 月于西宁

目 录

序	
前 言	
第一章 区域成矿地质背景	(1)
第一节 区域地层	(1)
一、古元古界 (Pt ₁)	(1)
二、中元古界 (Pt ₂)	(1)
三、新元古界 (Pt ₃)	(2)
四、下古生界 (Pz ₁)	(2)
五、上古生界 (Pz ₂)	(5)
六、中生界 (Mz)	(9)
七、新生界 (Kz)	(11)
第二节 岩浆作用	(12)
一、侵入岩	(12)
二、火山岩	(16)
第三节 青海省区域构造格局	(19)
一、青海省区域构造格局划分	(19)
二、青海省区域构造动力学演化	(27)
第四节 金属区域矿产概况	(31)
一、区域金属矿产资源概况	(31)
二、矿床成因类型的划分	(34)
第二章 青海省金属矿床成矿类型及矿床模式	(35)
第一节 金属矿床类型的划分及青海省金属矿床类型	(35)
第二节 不同建造中的金属矿床	(35)
一、古元古界变质火山沉积建造中的金属矿床	(35)
二、中元古界浅变质岩中的金属矿床	(46)
三、新元古界炭硅泥建造中的动力改造型金矿床	(49)
四、下古生界火山沉积岩中的金属矿床	(51)
五、上古生界火山沉积岩中的金属矿床	(69)
六、中生界火山沉积建造中的金属矿床	(80)
七、侏罗系沉积建造中的金属矿床	(93)

八、与基性超基性侵入岩有关的金属矿床	(95)
九、与中酸性侵入岩有关的金属矿床	(103)
第三章 金属区域成矿规律	(110)
第一节 金属矿产的时空分布规律	(110)
一、金属矿产的时间分布特征	(110)
二、金属矿产的空间分布特征	(110)
第二节 区域构造环境对金属矿产的控制	(112)
一、地幔热柱-热点成矿体系	(114)
二、冷幔柱构造成矿体系	(115)
第三节 动力学演化对金属矿产的控制作用	(118)
一、前特提斯阶段的成矿作用	(119)
二、特提斯形成演化阶段的成矿作用	(119)
三、青藏高原的形成与隆升阶段的成矿作用	(129)
第四节 各重要成矿带金属矿床成矿模式	(130)
一、北祁连地区成矿模式	(130)
二、西秦岭地区成矿模式	(133)
三、拉脊山成矿带成矿模式	(135)
四、东昆仑成矿带成矿模式	(136)
五、鄂拉山地区成矿模式	(143)
六、三江北延地区成矿模式	(145)
第四章 成矿系统及找矿方向	(150)
第一节 成矿系统理论	(150)
一、成矿理论发展的回顾	(150)
二、成矿系统理论的建立	(151)
三、成矿系统概念及对成矿预测意义	(153)
第二节 主要成矿系统及其成矿系列	(155)
一、基性—超基性岩成矿系统及其成矿系列	(155)
二、中—酸性岩成矿系统及其成矿系列	(156)
三、火山岩-次火山岩成矿系统及其成矿系列	(157)
四、碱性岩-碱性超基性岩-碳酸岩成矿系统	(158)
五、沉积成矿系统及其成矿系列	(158)
六、火山喷流（气）沉积成矿系统及其成矿系列	(160)
七、沉积喷流成矿系统及其成矿系列	(161)
八、叠加改造成矿系统及其成矿系列	(163)
第三节 青海省金属矿产成矿地质环境	(165)

一、泛华夏大陆早古生代秦祁昆构造系 (I)	(165)
二、泛华夏大陆晚古生代—三叠纪羌塘-三江构造系 (II)	(173)
第四节 成矿系统划分与成矿预测	(176)
一、基性-超基性岩成矿系统的成矿预测	(177)
二、中酸性岩成矿系统的成矿预测	(181)
三、火山岩-次火山岩成矿系统的成矿预测	(187)
四、碱性岩-碱性超基性岩-碳酸岩成矿系统及其成矿预测	(191)
五、沉积成矿系统及其成矿预测	(191)
六、火山喷流 (气) 沉积成矿系统的成矿预测	(193)
七、沉积喷流成矿系统的成矿预测	(200)
八、叠加改造成矿系统及其成矿预测	(203)
结 语	(215)
英文摘要	(217)
参考文献	(224)

第一章 区域成矿地质背景

青海省位于青藏高原东北部，属古亚洲超构造域和特提斯超构造域的结合部位。自元古宙以来，引发的洋壳俯冲或仰冲、弧—弧碰撞、弧—微大陆碰撞、弧—大陆碰撞等不同类型造山作用，大陆裂解（扩张）与拼合（挤压）作用频繁，产生了极其复杂的构造沉积环境，接受着不同性质的物质来源，形成了各种不同的沉积建造。火山活动、岩浆侵入活动、断裂活动频繁而强烈，形成了一系列多期次不同类型和不同岩性岩相组合的火山岩岩浆建造。

第一节 区域地层

青海省内出露有元古宙以来各个时期的地层，其中以中生代分布最为广泛。省内地层以东昆仑南部断裂（昆南）为界，分南北两大地层区，北部区以祁连山和东昆仑山为主体，包含阿尔金山南坡和柴达木盆地，以广泛分布元古宇、古生界为特色，记录了晚古生代以前的地史演化特征。南部区以可可西里山、阿尼玛卿山、唐古拉山为主体，包含东部的西倾山和兴海—共和盆地，以广泛分布中—新生界为特点，主要记录了中生代以后的地史演化过程。

由于不同的时空演化特征所产生的构造沉积环境的差异，形成的岩石建造和地层分布特征也有很大差异。

一、古元古界（ Pt_1 ）

青海省内古元古界主要分布在北部的阿尔金山、托莱山、大坂山、拉脊山、化隆地区、欧龙布鲁克、柴达木盆地北缘、布赫特山、东昆仑山等基底和岛弧隆起区；南部的阿尼玛卿山东段玛沁县东南部、唐古拉山东段玉树县南的小苏莽地区有少量分布。

各地区出露的古元古界岩石组合及产出特征都很相似，早期以泥砂质沉积为主，晚期火山活动强烈频繁。其岩性均为遭受不同程度混合岩化的黑云母斜长片麻岩、云母石英片岩、角闪斜长片麻岩和斜长角闪岩为主的石英质、长英质、角闪质片麻岩和片岩组成，夹有石英岩、变粒岩、大理岩等，局部发现呈透镜状产出的榴辉岩、麻粒岩包体。是一套含有变质侵入岩的活动型泥砂质和火山质的变质岩石组合。

二、中元古界（ Pt_2 ）

中元古界主要分布在青海省北部地区，是出露较广的地层单元，主要分布在阿尔金山中段，中祁连西段托莱南山、疏勒山及东段海晏县、西宁市和海东地区，柴达木盆地北缘（简称“柴北缘”）、东昆仑山等地区。根据岩性组合及同位素年龄分为下部（相当于长城系）和上部（相当于蓟县系）地层，各处分布的中元古界岩石特征和组合相似，即下部

以泥砂质碎屑岩为主，上部以硅镁质碳酸盐岩为主。

中元古界岩石遭受的区域变质作用各地段程度不同，中祁连地区为中—高绿片岩相，柴北缘为高绿片岩相—低角闪岩相，东昆仑为低—中角闪岩相。

三、新元古界 (Pt₃)

新元古界主要分布在青海省北部地区，出露范围小且零星，分布在中祁连西段托莱南山、哈尔盖河上游北侧，柴北缘尕尔东山、阿牟尼克山和布赫特山，东昆仑山宗加西南、冬给措纳湖西北等地。各处出露的地层特征和岩石组合基本相似，主体岩性是灰色板岩和粉砂岩，其中板岩以粘土质板岩为主，其间夹有粉砂质、炭质、硅质板岩等。

在柴达木盆地北缘巴嘎柴达木湖至怀头他拉之间的全吉山和欧龙布鲁克山一带分布有震旦系，是大陆裂谷早期较稳定环境的沉积建造。

四、下古生界 (Pz₁)

(一) 寒武系 (C)

寒武系主要分布在青海省北部地区，呈北西西向带状展布。由北向南主要分布在北祁连、拉脊山、柴北缘和东昆仑南坡等四个带，中祁连也有少量分布。其中柴北缘中段是稳定型沉积，其余均为活动型沉积，各区带岩石组合差异较大。

1. 北祁连

出露中、上寒武统，中寒武统分布范围广于上寒武统，属海相活动型（洋壳型）沉积。上寒武统仅在黑河南岸的川刺沟一带分布，上部以板岩、千枚岩、变砂岩为主，下部为白云石英片岩，白云石英斜长片岩夹大理岩、硅质岩。中寒武统分布在黑河—八宝河一带，其上部岩性为中基性—酸性火山岩，偶夹结晶灰岩透镜体；中部岩性为绿泥石英片岩、绢云绿泥片岩夹硅质岩、石英岩、中基性—酸性火山岩；下部岩性为片状凝灰岩、杂砂岩、千枚岩夹硅质岩、结晶灰岩。

2. 中祁连

属陆缘海相活动型沉积，上部岩性为板岩、千枚状板岩，夹变砂岩、结晶灰岩、安山玢岩、英安斑岩；下部岩性为灰色复成分砾岩和石英岩。

3. 柴北缘

在赛什腾山西侧，其岩性为变砂岩、硅质板岩、千枚岩互层，夹硅质岩、变砾岩、绿泥阳起片岩、斜长绿帘片岩。分布在全吉山—欧龙布鲁克山一带，是省内寒武系唯一一套大陆裂谷早期较稳定的海相环境下沉积的碳酸盐岩、碎屑岩建造。在阿尔茨托山及鄂拉山地区，上部岩性为大理岩夹黑云石英片岩、泥灰质千枚岩；中部岩性为玄武岩、安山岩和流纹岩；下部为凝灰质长石砂岩及绢云母石英片岩，与下伏古元古界片麻岩不整合接触。

4. 拉脊山

主要出露中、上寒武统，且上寒武统分布范围广于中寒武统，属于裂谷环境下的活动型海相沉积。上寒武统上部岩性为板岩、千枚岩夹安山质—玄武质火山岩；中部岩性为玄武质火山熔岩、火山碎屑岩夹中性火山岩、硅质岩、千枚岩、粉砂岩；下部以安山质—英安质火山岩为主，夹玄武岩、硅质岩、板岩、结晶灰岩，底部有稳定的火山角砾岩或砾岩。中寒武统上部岩性为英安质凝灰岩、硅质板岩或硅质岩；下部为玄武岩、玄武安山岩。

5. 东昆仑南坡

东昆仑南坡是省内寒武系分布最广的地区之一，其沉积建造属于海相活动型（洋壳型）。寒武系上部碳酸盐岩组为白云质大理岩、大理岩（结晶灰岩）；中部火山岩组下部以玄武岩、玄武安山岩为主，上部为中酸性凝灰熔岩、流纹岩夹变砂岩、灰岩；下部碎屑岩组为灰色变砾岩、灰黑色粉砂质千枚状板岩、云母石英千枚岩。

（二）寒武—奥陶系（ ϵ —O）

省内寒武—奥陶系是根据岩石组合特征与寒武系或奥陶系非常相似，但又缺少生物化石等时代依据而确定的跨系地层单位，主要分布在中祁连大通河北岸、阿尔金山（阿卡腾能山和丁字口北山）、柴北缘（阿木尼克山和牦牛山）、祁漫塔格（石拐子沟和乌兰乌珠尔）等地。

1. 中祁连

在西起大通河与疏勒河分水岭、南东止于默勒附近，长约190km的范围内出露。为海相活动型沉积建造，上部岩性为凝灰质变砂岩、层凝灰岩，夹中酸性凝灰熔岩；下部岩性为片理化中基性火山岩，绢云母石英片岩，夹结晶灰岩或大理岩。

2. 阿尔金山

阿尔金山的寒武—奥陶系是海相活动型沉积建造，主要分布在阿卡腾能山和丁字口北山。

（1）阿卡腾能山北坡出露有凝灰质千枚岩、变砂岩夹结晶灰岩、白云质灰岩、片状砾岩、中性或中酸性火山岩，底部有蚀变安山岩和中基性火山岩；南坡出露有变砂岩、千枚岩夹结晶灰岩、片状砾岩，中部为稳定的中性火山熔岩、凝灰岩和集块岩。

（2）丁字口北山出露岩性为绢云绿泥片岩、绿泥绢云千枚岩夹片理化变砂岩、黑云石英片岩、片状砾岩。

3. 柴北缘

寒武—奥陶系是海相活动型沉积建造，分布在阿木尼克山西北缘和牦牛沟北缘。岩性为绢云绿泥千枚岩、千枚岩和变砂岩夹少量蚀变火山岩，与全吉山的震旦系、寒武系和尕斯库勒山的中元古界呈断层接触。

4. 祁漫塔格

分布在石拐子沟及乌兰乌珠尔一带的寒武—奥陶系是海相活动型沉积建造，岩性为二云石英片岩、阳起石英片岩、绿泥白云石英片岩、夹千枚岩、变砂岩。

（三）奥陶系（O）

奥陶系主要分布在北祁连、中祁连、南祁连、拉脊山、柴北缘（赛什腾山—锡铁山、全吉山—欧龙布鲁克山）、祁漫塔格、东昆仑南坡等地。

1. 北祁连

北祁连是青海省内奥陶系出露最全的地区，奥陶系遍布于西段的走廊南山、托莱山和东段的冷龙岭、大坂山。上、中、下三统齐全，属海相活动型（洋壳型）沉积，岩性以火山岩为主。上奥陶统上部岩性为基性—中性火山熔岩及火山碎屑岩；下部岩性为岩屑砂岩、粉砂岩、板岩或千枚岩、结晶灰岩互层夹变砾岩。中奥陶统上部岩性为灰—灰绿色千枚岩与凝灰质砂岩、岩屑砂岩互层夹变砾岩、硅质岩；下部岩性为变砂岩、板岩、结晶灰

岩、底部砾岩。下奥陶统上部岩性为安山玄武岩、安山岩夹凝灰岩、火山角砾岩、硅质岩、变砂岩、结晶灰岩；中部岩性为变砂岩、千枚岩或板岩夹硅质岩、凝灰岩、变砂岩、结晶灰岩，是赤铁矿等的产出层位；下部岩性为安山岩、安山玄武岩夹细碧岩、凝灰岩、火山角砾岩及千枚岩、变砂岩、结晶灰岩等。

2. 中祁连

奥陶系分布在党河南山、大通山一带，属陆缘海相活动型沉积建造。中—上奥陶统为灰绿色长石岩屑砂岩与板岩互层，夹含砾砂岩、砾岩，底部砾岩层增多。下奥陶统上部岩性为安山岩夹英安质凝灰熔岩、凝灰岩、火山角砾岩、砂岩、板岩；下部岩性为基性熔岩及火山碎屑岩。

3. 南祁连

主要分布在鱼卡河—哈日特地区，岩石组合为绢云母石英片岩夹斜长角闪片岩、变砂岩、千枚岩、变砾岩、大理岩，东段哈日特山一带岩石组合为变砂岩、千枚岩夹硅质岩。

4. 拉脊山

中—上奥陶统，属裂谷带（小洋盆）海相活动型沉积。上部为灰色石英长石砂岩夹砂质板岩与安山岩夹火山砾岩互层；下部灰绿色凝灰质砂岩、岩屑长石石英砂岩夹板岩、层凝灰岩、结晶灰岩或泥质灰岩及安山玄武岩透镜体。

5. 赛什腾山—锡铁山

为海相活动型沉积，其上部岩性为玄武安山岩、流纹岩夹安山岩、凝灰岩、绿泥片岩、绢云母石英片岩，下部岩性为绿泥片岩与结晶灰岩互层、夹变砂岩、安山质凝灰岩。

6. 全吉山—欧龙布鲁克山

该地区是继震旦纪—寒武纪之后的最后一个稳定型沉积单元，为大陆裂谷带边缘海相过渡型—稳定型沉积。主要由厚层灰岩、深灰色碎屑灰岩及红色含砾石英砂岩、石英砂岩组成。

7. 祁漫塔格

为弧后盆地海相活动型沉积。岩性分为上部碳酸盐岩组，中部火山岩组，下部碎屑岩组。上部碳酸盐岩组由白云岩，结晶灰岩夹硅质岩、粉砂岩、基性火山岩组成；中部火山岩组由玄武岩、粗玄岩及少量玄武安山岩、英安质熔凝灰岩和流纹岩，夹硅质岩、变砂岩、板岩和灰岩透镜体组成；下部碎屑岩组由长石砂岩、粉砂岩、板岩，夹白云岩、灰岩、硅质岩、凝灰岩、火山角砾岩组成。

8. 东昆仑南坡

分布在东昆仑南坡格尔木河以西地区的奥陶系在纳赤台地区发育较好，为洋壳沉积带海相活动型（洋壳型）沉积。中—上奥陶统上部为玄武岩，玄武安山岩；下部为灰色千枚岩、千枚状板岩与片理化砂岩互层，夹生物碎屑岩灰岩、结晶灰岩、片状砾岩。下奥陶统上部为蚀变玄武岩夹凝灰岩、结晶灰岩；下部为千枚状板岩与千枚状变砂岩互层，夹砂质灰岩、结晶灰岩。

（四）奥陶—志留系（O—S）

在青海省南部玉树县巴塘滩之南的扎曲、巴曲上游分布的奥陶—志留系是藏东生达—青泥洞早古生代最北部的出露点。其上部为灰色粉砂质板岩、板岩与青灰色长石石英细粉砂岩夹粘土质或粉砂质板岩及黑色硅质岩层；下部为青灰色长石石英细—粉砂岩、粘土质

或粉砂质板岩及黑色硅质岩层，与下伏古元古界呈断层接触。

(五) 志留系 (S)

青海省志留系以碎屑岩特别发育和火山岩极少出现为特征，主要分布在北祁连、柴北缘、东昆仑南坡等地，其岩性组合各具特点。

1. 北祁连

仅出露下志留统，岩性为灰—灰绿色岩屑砂岩、岩屑长石石英砂岩、凝灰质砂岩，夹粉砂质板岩、千枚状板岩，局部有安山岩或安山玄武岩呈透镜状产出。

2. 中祁连和南祁连

岩性为灰—灰绿色岩屑砂岩和石英长石砂岩夹千枚状板岩和粉砂质板岩，局部夹砾岩、硅质岩、安山岩及英安质—流纹质熔岩和凝灰岩，并且偶有赤铁矿透镜体产出。

3. 拉脊山

岩性为砾岩夹砂岩、板岩，周边被断层围限，顶底不全。

4. 柴北缘

仅分布在小赛什腾山—锡铁山一带，上部由杂色片理化长石石英砂岩及长石砂岩组成；中部由安山岩或玄武安山岩、火山角砾岩或集块岩夹安山质凝灰岩组成；下部由灰褐、灰绿色片状砾岩与石英砂岩、粉砂岩互层，夹绢云母千枚岩、结晶灰岩透镜体和安山岩团块组成。

5. 东昆仑南坡

岩石组合为灰—灰绿色岩屑砂岩与绢云母千枚岩互层，夹岩屑长石砂岩、杂砂岩、片状岩屑砾岩、粉砂质板岩。

五、上古生界 (P_{Z2})

(一) 泥盆系 (D)

1. 上泥盆统陆相沉积岩区

上泥盆统陆相沉积岩主要分布在北祁连山北部的走廊南山、冷龙岭，其次是中祁连山西段的托莱南山、疏勒南山，南祁连山的党河南山、拉脊山等地。岩性以紫红色碎屑岩为主。

2. 上泥盆统陆相火山岩区

上泥盆统陆相火山岩主要分布在柴北缘和祁漫塔格地区。

(1) 柴北缘：主要出露在阿木尼克山、牦牛山一带，其上部火山岩组为紫红色中酸性火山角砾岩、凝灰岩、集块岩、安山岩、英安岩、流纹岩；下部碎屑岩组岩性为暗紫色或杂色砾岩、长石岩屑砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩，具韵律互层或旋回沉积。

(2) 祁漫塔格：主要在北部和南部出露上泥盆统，其上部为浅灰绿色流纹质凝灰熔岩、英安质晶屑凝灰岩、夹粉砂质泥质板岩；下部为粉砂岩、粉砂质板岩、底部为粗砂岩、砾岩。

3. 泥盆系海相沉积区

海相泥盆系主要分布在西倾山和桑知阿考—洮钦等地。

(1) 西倾山海相沉积岩区：上泥盆统岩性为深灰色灰岩和泥质灰岩，夹粉砂岩、板岩，底部为砂岩、砾岩。中泥盆统上部为灰黑色板岩夹泥灰岩、粉砂岩；中部为灰岩、泥

质灰岩夹细砂岩、板岩；下部为深灰色灰岩、泥灰岩与石英砂岩、板岩、角砾岩，夹磷块岩和赤菱铁矿层。下泥盆统上部为灰色白云岩夹板岩、粉砂岩；下部为灰—灰绿色板岩夹泥灰岩。

(2) 桑知阿考—涵钦海相火山沉积岩区：中—上泥盆统上部为灰色粉晶球状灰岩，泥亮晶灰岩夹生物碎屑灰岩、白云岩，出露厚 328 m；下部为灰色砾岩、砂砾岩夹安山质及英安质凝灰熔岩和火山角砾岩，与下伏奥陶—志留系呈不整合接触。

(二) 石炭系 (C)

青海省内石炭系大多属于稳定型沉积，主要分布在祁连山、柴达木盆地北缘、东昆仑山、西倾山、唐古拉山北部等地区；活动型沉积仅限于祁连山南缘的宗务隆山、东昆仑山南缘的布尔汗达山和阿尼玛卿山等地。

1. 石炭系稳定型沉积区

(1) 祁连山：主要分布在走廊南山—冷龙岭、托莱山、托莱南山、疏勒南山、党河南山、土尔根大坂等地。上石炭统为灰黑色石英砂岩、粉砂岩、炭质页岩互层，夹硅质岩、长石砂岩、灰岩，底部为石英粗砂岩或石英砾岩。下石炭统上部为灰—深灰色灰岩夹少量页岩、砂岩、石膏层；下部为灰—灰白色石英砂岩、粉砂岩、页岩、炭质页岩的韵律旋回沉积。

(2) 柴北缘：柴达木盆地北缘稳定型沉积的石炭系分布在小赛什腾山、欧龙布鲁克山、阿木尼克山、牦牛山及都兰地区。上石炭统为灰色长石砂岩或石英砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、页岩和灰岩互层。下石炭统上部为杂色砂岩、粉砂岩夹生物碎屑灰岩，偶夹有煤层和锰铁质结核层。向上变为生物碎屑灰岩、泥质灰岩互层夹砂岩、页岩；下部为紫红色砾岩、石英长石砂岩。

(3) 祁漫塔格：出露岩性为生物碎屑灰岩、白云岩、含砾石英砂岩、细砂岩夹粉砂岩组合。与下伏上泥盆统、上奥陶统、古元古界呈不整合接触。

(4) 西倾山：上石炭统上部为灰—灰白色灰岩，底层为不稳定的砂质灰岩、钙质砂岩和砂砾岩，与下部假整合接触；下部为灰—灰白色灰岩。下石炭统上部为深灰色灰岩及鲕状灰岩；下部为灰色含燧石条带或团块状灰岩和白云岩，底部为钙质砂岩与泥灰岩，与上泥盆统灰岩、泥灰岩整合接触。

(5) 唐古拉山北坡：上石炭统加麦弄群 (C_{2jm}) 上部为深灰色粉砂岩及粉砂质板岩，夹岩屑石英砂岩、炭质板岩；中部为灰—灰白色结晶灰岩、生物碎屑灰岩夹泥灰岩、粘板岩；下部为黑灰色粉砂质板岩夹石英砂岩、结晶灰岩、炭质页岩和煤层，局部夹中—酸性火山岩透镜体。下石炭统杂多群 (C_{1zd}) 为碎屑岩、碳酸盐岩夹火山岩系，属滨岸浅海相夹海陆交互相沉积。

2. 石炭系活动型沉积区

活动型沉积建造分布在宗务隆山—青海南山、布尔汗布达山东段、阿尼玛卿山等地。

(1) 宗务隆山—青海南山：岩性为灰—灰绿色板岩或千枚岩、粉砂岩和岩屑砂岩与结晶灰岩、白云质灰岩或白云岩互层夹基性熔岩和硅质岩。

(2) 布尔汗布达山东段：上石炭统上部为灰色或杂色岩屑砂岩或石英砂岩与生物碎屑灰岩互层、夹英安岩、流纹岩等火山熔岩透镜体；下部为深灰色灰岩、生物碎屑灰岩、夹少量石英砂岩、粉砂岩、板岩及不稳定英安岩透镜体，底部为不稳定的砾岩、灰—灰白

色石英砂岩夹砂砾岩、粉砂质板岩、生物碎屑岩。下石炭统上部为灰岩、生物碎屑灰岩、板岩、砂岩互层，夹玄武安山岩、安山岩（极少量英安岩）为主的火山熔岩透镜体；下部为灰—灰白色砾岩、石英砂岩、粉砂岩、板岩或千枚状板岩、石灰岩组成的韵律旋回。

(3) 阿尼玛卿山：分布在西起玛卿岗日，沿阿尼玛卿主脊呈带状出露，并向东延入甘肃省内。断裂控制其出露边界，岩性为灰—灰白色结晶灰岩、生物碎屑灰岩，夹角砾状灰岩、石英砂岩。

(三) 石炭系—下二叠统 (C—P₁)

省内石炭系—下二叠统分布在西金乌兰湖、玉树地区和小唐古拉山赤布张措—热曲等地。

1. 西金乌兰湖

西金乌兰湖一带的石炭系—下二叠统西金乌兰群 (C—P₁xj) 在苟鲁山克措北侧—西金乌兰湖、乌兰乌拉山、乌兰乌拉湖之西的岗盖日—青藏边界地区有出露。为海相活动型沉积建造，岩性为灰绿色、灰—灰黑色岩屑石英砂岩、长石石英砂岩、粉砂质板岩互层，夹灰绿色、灰—深灰色、杂色硅质岩、灰绿色片理化火山岩、枕状玄武岩，偶夹硅质灰岩、白云岩。

2. 玉树地区

在玉树地区，石炭系—下二叠统西金乌兰群 (C—P₁xj) 沿通天河东侧—扎河之南—治多县多彩—玉树县北侧—青川省界一线呈带状展布。为海相活动型沉积建造，其上部为灰色石英砂岩夹粉砂质千枚岩或板岩；下部为灰绿色千枚岩和砂质板岩与片理化石英砂岩和岩屑长石砂岩互层，夹砾岩、硅质岩、硅质结晶灰岩和中—酸性火山熔岩。玉树之北的同门达地区岩性有所变异，为白云石英片岩、绿泥片岩和斜长角闪岩夹玄武岩、安山岩和火山角砾岩，以及片理化砂岩、砾岩和大理岩透镜体，其中有较多的似层状辉绿岩和辉长辉绿岩岩墙。

3. 赤布张措—热曲

赤布张措—热曲出露的石炭系—下二叠统为弧前盆地海相活动型沉积建造，从岩性特征分为东西两段，其中西段为变砂岩、千枚状板岩和微晶灰岩互层，夹火山岩、砾岩；东段为绢云石英片岩、绿泥角闪片岩夹片理化砂岩、砾岩和火山岩。

(四) 二叠系 (P)

省内二叠系以疏勒南山主脊—大通山—大坂山北麓一线为界，分成了北部的陆相沉积区和南部的海相沉积区，而海相二叠系又可分为稳定型沉积区和活动型沉积区。

1. 二叠系陆相沉积区

陆相二叠系与海陆交互相石炭系相伴生，主要分布在疏勒南山、大通山、大坂山以北的地区。上二叠统为紫红色石英长石砂岩和长石砂岩（时含砾岩）夹粉砂岩、砂质页岩和泥岩，偶见有流纹质凝灰岩透镜体；下二叠统为灰—灰绿、紫红等杂色长石石英砂岩、石英砂岩与粉砂岩、砂质页岩互层，夹粘土岩、炭质页岩、不纯灰岩或泥灰岩，底部为砾岩或砂砾岩。

2. 二叠系稳定型海相沉积区

省内海相稳定型沉积的二叠系主要分布在南祁连，另外柴北缘、东昆仑山南北坡、西

倾山也有少量分布。上二叠统为杂色长石砂岩、石英砂岩、岩屑砂岩、粉砂岩互层，夹页岩、泥岩、灰岩、不纯灰岩，底部为不稳定砾岩或砂砾岩，与下二叠统假整合或有沉积间断。下二叠统上部为生物灰岩、鲕状灰岩、泥灰岩夹粉砂岩、页岩、白云岩，区域分布上相变为碳酸盐岩与碎屑岩互层，甚至为碎屑岩夹碳酸盐岩；下部为杂色长石砂岩、石英砂岩和粉砂岩夹砾岩，底部为石英砾岩，与下伏志留系或奥陶系呈不整合接触。

3. 二叠系活动型（含过渡型）海相沉积区

省内海相活动型（含过渡型）沉积的二叠系主要分布在东昆仑南部的博卡雷克塔格—阿尼玛卿山及其以北的陆缘活动区、布喀达坂峰以西地区、唐古拉山北坡的沱沱河—当曲—扎曲一带。

（1）博卡雷克塔格—阿尼玛卿山北侧分上二叠统和下二叠统：上二叠统分上部碳酸盐岩组和下部碎屑岩夹灰岩组。上部碳酸盐岩组仅在玛沁县西南部有出露，为灰白色灰岩夹少量砂岩和粉砂岩；下部碎屑岩夹灰岩组在苦海之西醉马滩地区有出露，其岩性自上而下依次为灰—灰绿色粉砂质板岩夹长石杂砂岩、凝灰岩和灰岩，灰白色和肉红色生物灰岩，灰绿色长石石英杂砂岩、粉砂质板岩，紫红色砾岩夹含砾杂砂岩。另外，在花石峡之东出露有岩屑砂岩、粉砂岩、炭质板岩、砂质灰岩互层，相当于苦海之西的顶部层位。

下二叠统布青山群（ $P_1 bq$ ）分上部碳酸盐岩组和下部碎屑岩夹碳酸盐岩、火山岩组。上部碳酸盐岩组分布范围小，且出露零散，其岩石组合都是以碳酸盐岩为主，除宗务隆山见有含白云质灰岩和白云岩夹层之外，其余皆为生物灰岩、灰岩（有时为角砾状灰岩或鲕状灰岩）夹少量砂砾岩、砂岩、板岩或千枚岩层；下部碎屑岩夹碳酸盐岩、火山岩组分布广泛，其主体岩石组合是灰—灰绿色片理化岩屑长石砂岩和岩屑砂岩（时有杂砂岩）与粉砂岩和千枚岩或千枚状板岩组成韵律互层，夹结晶灰岩或生物灰岩、硅质岩、砾岩、火山岩，其中火山岩出露最厚的地区是马尔争—阿尼玛卿山，岩性以基性火山岩为主，其次为东昆仑东段的苦海—赛什唐地区，岩性为中基性—酸性火山岩；最下部层位只在阿尼玛卿山西段的布青山北麓及马尔争北坡出露，岩性为生物碎屑灰岩和结晶灰岩，夹粉砂岩、岩屑长石砂岩、含砾凝灰岩及多层玄武岩，底部为复成分砾岩和石英砂岩，夹灰岩透镜体。

（2）布喀达坂峰以西地区：该区仅出露有下二叠统叶桑岗群（ $P_1 yr$ ），太阳湖附近出露岩性为长石岩屑杂砂岩和岩屑砂岩、粉砂岩和粉砂质页岩或板岩互层，底部出露有微晶灰岩；库水浣附近出露岩性为凝灰质砂岩和岩屑砂岩与千枚岩或千枚状板岩互层，夹灰岩和火山岩透镜体。

（3）唐古拉山北坡：二叠系呈带状展布在西起沱沱河上游，东至青海、西藏交界处。

上二叠统乌丽群（ $P_2 wl$ ）上部为灰色微晶灰岩（局部含白云质）夹岩屑长石砂岩（或为互层）；下部为岩屑砂岩夹煤层，底部为砾岩或砂砾岩。在扎青之北约 20 km 处，出露有火山沉积岩，其岩性由安山岩和安山玄武岩的熔岩，与火山角砾岩和火山角砾凝灰岩互层产出，具多旋回喷发沉积特点。

下二叠统开心岭群（ $P_1 kx$ ）分上部碳酸盐岩组和下部碎屑岩、火山岩组。上部碳酸盐岩组为灰—灰白色微晶灰岩、生物碎屑灰岩、夹角砾状灰岩、岩屑长石砂岩；下部碎屑岩、火山岩组为灰—灰绿色长石岩屑砂岩夹粉砂岩、板岩互层，夹砾岩、泥晶生物灰岩或不纯灰岩、基性—酸性火山岩，底部为砾岩，与下伏下石炭统呈不整合接触。

六、中生界 (Mz)

(一) 三叠系 (T)

省内三叠系广泛分布,尤其在青海南部地区大面积出露,且有陆相、海相,活动型、稳定型,正常沉积型、火山喷发沉积型等多种相型,形成多元并存的分布格局。

1. 陆相沉积型

陆相三叠系主要分布在东昆仑—秦岭缝合带以北地区,分正常沉积型和火山喷发沉积型。

(1) 陆相正常沉积型:分布在疏勒南山北坡—大通山北麓和湟水谷地以北的祁连山地区。上三叠统为黄绿色岩屑砂岩、粉砂岩、砂质页岩、泥质页岩或粘土岩互层,夹砾岩或砂砾岩、炭质页岩、泥灰岩及煤层或煤线,与下伏中—下三叠统整合接触;中—下三叠统为杂色岩屑长石石英砂岩、粉砂岩夹砂质页岩,底部为不稳定砾岩。

(2) 陆相火山沉积型:仅为上三叠统鄂拉山组 (T_3e),主要分布在东昆仑南北坡、鄂拉山、同仁地区,其中鄂拉山地区最发育。岩性以安山岩、英安岩和流纹岩等熔岩角砾岩和凝灰岩为主,底部、中部和上部均出现的稳定的砾岩、砂岩、板岩和泥灰岩等正常沉积岩夹层,一般都具有爆发→喷溢→溢流→喷溢→侵入或潜火山的演化特点。

2. 海相沉积型

海相三叠系主要分布在南祁连、东昆仑山南坡及青海南部地区,分为稳定型沉积和活动型沉积。

(1) 海相稳定型沉积:主要分布在南祁连、西倾山、唐古拉山北坡等地。

南祁连:上三叠统上部为灰—深灰色长石砂岩与粉砂岩互层,夹泥质和炭质页岩、煤层或煤线、石英砂岩;下部为灰—灰绿色长石砂岩夹石英砂岩、粉砂岩、页岩,局部夹灰岩透镜体。中三叠统上部为灰—灰绿色钙质粉砂岩、粉砂质页岩及夹长石砂岩、生物碎屑灰岩;下部为灰—深灰色生物碎屑灰岩、鲕状灰岩、条带状灰岩的不等厚互层。下三叠统上部为含泥砂质条带状灰岩和生物碎屑灰岩,相变为灰岩与砂岩的互层;下部为灰—灰绿色长石砂岩、石英砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩的韵律互层夹生物碎屑灰岩,与下伏二叠系整合或假整合接触。

西倾山:中三叠统 (T_2) 上部为灰岩 (含生物碎屑灰岩和砾状灰岩) 与砂质板岩、长石石英砂岩互层;下部为灰岩、白云质灰岩夹白云岩透镜体。下三叠统 (T_1) 上部为灰岩、砾状灰岩夹石英砂岩、板岩;下部为石英砂岩与板岩互层夹灰岩,与下伏二叠系整合接触。

唐古拉山北坡:仅有中—上三叠统结扎群 (T_{3jz}) 出露在乌兰乌拉湖—乌丽—曲柔尔卡—巴塘一线以南和雀莫错—格巴涌曲一线以北宽达 140km 的区域内。为一套海进—海退层序,总体以氧化、高能的滨—浅海相沉积为主。主要由紫红色碎屑岩、碳酸盐岩和含煤碎屑岩组成,夹有少量火山岩,偶见石膏。

(2) 海相活动型沉积:主体分布在东昆仑南坡、西秦岭、可可西里—巴颜喀拉山、西金乌兰—玉树等地区。

东昆仑南坡:仅为中—下三叠统洪水川组 ($T_{1-2}h$),底部以紫红色等杂色粗碎屑砾岩、含砾不等粒石英长石砂岩、杂砂质长石砂岩为主,局部夹英安质凝灰岩;上部以黄绿

色细砂岩、粉砂岩、杂砂质长石砂岩为主。

西秦岭：为下三叠统隆务河群（ T_{1lw} ）一套较典型的复理石碎屑岩沉积建造，岩石组合为灰黑色—灰绿色砂岩、夹板岩薄层灰岩，局部地段夹不稳定砾岩，总体上，下部以粗碎屑岩为主，灰岩夹层较少，底部块层砾岩。

可可西里—巴颜喀拉山：三叠系分布面广，且上、中、下三统齐全。

上三叠统巴颜喀拉山群（ T_{3by} ）分为上下两个岩组，上岩组（ T_{3by}^2 ）为灰—灰绿色长石石英砂岩和长石岩屑砂岩、夹粉砂岩和粉砂质板岩、杂砂岩和灰岩透镜体；下岩组（ T_{3by}^1 ）为灰—灰黑色粉砂岩、板岩和泥质或炭质板岩、粉砂岩、岩屑长石砂岩、石英岩屑砂岩或长石石英砂岩的间互层或韵律互层。

中三叠统甘德组（ T_{2g} ）为灰绿色岩屑长石砂岩或长石岩屑砂岩、岩屑长石石英砂岩夹少量砾岩、粉砂岩、粉砂质板岩、粘板岩，偶夹白云岩、灰岩和砂质灰岩透镜体。

下三叠统昌马河群（ T_{1ch} ）上部为灰色长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩及板岩的韵律互层，夹递变细砾岩、砂砾岩、灰岩、灰质砾岩及角砾状灰岩透镜体；下部为灰—灰绿色长石石英砂岩、长石砂岩或长石岩屑砂岩夹砂砾岩、粉砂岩、粉砂质板岩、绢云母板岩及灰质砾岩和角砾状灰岩透镜体，底部为复成分砾岩，与下伏下二叠统不整合接触。

西金乌兰—玉树地区：三叠系上、中、下三统齐全，且以晚三叠世海相火山岩发育为特点。

上三叠统分为下部巴塘群（ T_{3bt} ）和上部苟鲁克措组（ T_{3g} ），下部巴塘群（ T_{3bt} ）分为上下两个岩组，上岩组（ T_{3bt}^2 ）由火山岩段与正常沉积岩段交互组成，火山岩段由玄武岩、安山岩、中基性—中酸性凝灰熔岩和角砾熔岩组成，与结晶灰岩呈相变关系，正常沉积岩段为长石砂岩、粉砂岩、粘土质板岩、结晶灰岩的韵律互层夹硅质岩；下岩组（ T_{3bt}^1 ）为灰色长石砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩、板岩韵律互层夹灰岩、中基性火山岩。上部苟鲁克措组（ T_{3g} ）顶部是出露不全的长石岩屑砂岩，中部是由长石岩屑砂岩与炭质板岩和粘土质板岩组成的韵律互层，底部由长石石英砂岩、长石岩屑砂岩和含砾石英粗砂岩组成，与下伏下部巴塘群下岩组（ T_{3bt}^1 ）假整合或沉积间断。

中三叠统结隆组（ T_{2j} ）仅在东段出露，岩性为灰—深灰色粉砂质粘土板岩和粘土板岩与泥晶或粉晶灰岩互层，向上渐变为粘土板岩夹长石岩屑砂岩和生物碎屑灰岩。

下三叠统汉台山群（ T_{1ht} ）上部为灰—灰白色微晶灰岩夹角砾状灰岩和灰质砾岩，下部为灰—灰绿色岩屑长石砂岩和石英岩屑砂岩与粉砂岩和粉砂质板岩互层，底部为石英砂岩和底砾岩，与下伏石炭系—下二叠统西金乌兰群（ $C-P_1xj$ ）不整合接触。

（二）侏罗系（J）

省内侏罗系有陆相和海相之分，陆相沉积又可分为正常沉积型和火山喷发沉积型。

1. 陆相侏罗系

（1）正常沉积型：分布在东昆仑南坡和阿尼玛卿山北麓及其以北地区，其中出露较多的是阿尔金山的阿哈提山、柴北缘和疏勒河—大通河谷地边缘地带。上侏罗统（ J_3 ）为杂色砂岩、粉砂岩、砂质泥岩的韵律互层，底部为砾岩或砂砾岩；中—下侏罗统（ J_{1-2} ）为灰色岩屑砂岩、岩屑长石砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩、粘土质页岩或泥岩、炭质页岩的韵律互层夹砾岩、煤层、菱铁矿结核层，局部出现油页岩或灰岩夹层，底部为杂色砾岩

和砂砾岩，与下伏三叠统或其他老地层不整合接触。

(2) 陆相火山岩型：下侏罗统世年宝组 (J_{1n}) 陆相火山岩分布在巴颜喀拉山东段的索乎日麻和桑日麻附近，岩性为中性熔岩和中—酸性火山角砾岩、凝灰岩夹泥质砂岩、砂质页岩、泥岩和煤层等正常沉积岩层，底部为火山角砾岩或正常沉积砾岩，与下伏三叠系不整合接触。

2. 海相侏罗系

海相沉积的侏罗系主要分布在小唐古拉山，仅出露中—上侏罗统。上侏罗统吉日群 (J_{3jr}) 上部为杂色或紫红色岩屑砂岩、岩屑长石砂岩、粉砂岩，偶夹泥晶灰岩；下部为深灰色生物碎屑灰岩与钙质粉砂岩互层。中侏罗统雁石坪群 (J_{2yn}) 上部为灰色泥晶生物碎屑灰岩与灰绿色钙质粉砂岩和岩屑石英砂岩互层，顶部为杂色砂岩与砂质粘土岩或泥岩互层；下部为紫红色岩屑石英砂岩、粉砂岩、砂质泥岩互层夹灰色钙质砂岩，底部为砾岩，与下伏上三叠统或其他老地层不整合接触。

(三) 白垩系 (K)

白垩纪开始，省内全域海退，隆升为陆，除同仁县多禾茂有陆相火山岩出露外，其余均为零散的河湖相沉积。

1. 陆相火山岩

在同仁县多禾茂地区出露，顶部为紫红色粉砂岩及石英岩屑砂岩与橄榄安山玄武岩互层，上部为橄榄辉石安山玄武岩，中部为紫红色粉砂岩和粘土岩或泥岩夹三层橄榄辉石玄武岩，下部为橄榄辉石玄武岩，底部为紫红色砾岩、砂砾岩、夹橄榄辉石玄武岩，与下伏中三叠统不整合接触。

2. 陆相正常沉积岩

在昆仑山以北地区白垩系分布广而零散，大多在盆地和谷地边缘部位。岩性为棕红色砾岩夹长石砂岩、粉砂岩、砂质泥岩和泥岩组成。

在昆仑山以南地区白垩系风火山群 (Kf)，为一套杂色粗碎屑岩夹灰色、泥岩，局部地区夹含铜砂岩、页岩、石膏层及次火山岩。

七、新生界 (Kz)

(一) 第三系 (R)

省内第三系分为陆相正常沉积岩和陆相火山岩。

1. 陆相火山岩

第三系陆相火山岩仅分布在可可西里山、唐古拉山、杂多县北部、囊谦县东南等地，呈熔岩被覆盖在老地层之上，岩性为粗面安山岩和安山粗面岩，并具有基性向酸性演化的特点，组成岩石为橄榄粗玄武岩、石英粗安岩、石英粗面岩和碱性流纹岩等，底部常有不稳定的角砾熔岩或角砾岩层，酸性火山岩发育地段常有火山机构，并以隐爆角砾岩、球状岩石、浮岩、火山玻璃和斑岩体（次火山岩体）为组合特点。

2. 陆相正常沉积型

陆相正常沉积的第三系零散分布在柴达木盆地、疏勒河、大通河、湟水谷地、贵德—化隆盆地、北麓河、楚玛尔河、沱沱河等地。上第三系 (N) 顶部为灰黄色砾岩和砂岩互

层夹泥岩，其下棕红—橘红色底砾岩及砂岩、粉砂岩、砂质泥岩和泥岩互层，夹砾岩、膏盐层和泥灰岩；下第三系（E）为紫红色砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、泥岩互层夹砾岩、膏岩层和少量泥灰岩，底部为紫红色砾岩，与下伏地层不整合接触。

（二）第四系（Q）

第四系遍布省内各地，既有湖相沉积已固结的灰色—灰黄色砾岩、砂砾岩、泥岩、泥灰岩、石膏、芒硝等，和未固结的砂砾石层、粉砂质泥层、砂质粘土层、粉砂层；也有河流相沉积的砾石层、砂砾石层、粘土层；还有冰水堆积的砂砾石层、砾石层。

第二节 岩 浆 作 用

省内火山岩与侵入岩发育，出露有各个时代的岩浆岩，有深成—浅成—喷发（溢）岩相，岩性有超基性—基性—中性—酸性—碱性岩。

一、侵入岩

全省侵入岩广泛分布，尤其在北部区域十分发育，并以中—酸性侵入岩体为主。按照分布特征、侵入地层时代、同位素年龄以及相互穿插关系等，将其划分为：元古宙晚期、加里东期、华力西期、印支期、燕山期、喜马拉雅期等六个岩浆侵入旋回。

（一）基性—超基性岩

省内基性—超基性侵入岩较发育，呈线状、带状分布，有阿尔金山、北祁连山、拉脊山、宗务隆山—青海南山、日月山—化隆、柴北缘、布尔汗布达山、阿尼玛卿山、通天河九个基性—超基性岩带。基性—超基性侵入岩主要分布在洋壳沉积带和大陆裂谷带，并受深达地幔的超岩石圈断裂和岩石圈断裂控制。

1. 阿尔金山基性—超基性岩带

该岩带位于阿尔金山，长 80 km，宽 25 ~30 km，已发现超基性岩体 32 个，基性岩体 4 个。多呈似层状、透镜状（或楔状）、小岩株状、脉状顺层侵位于寒武—奥陶系火山沉积岩中，为加里东期产物，超基性岩为斜辉辉橄岩类和斜辉橄榄岩类，基性岩为辉长岩类，具有低镁、钾，全铁含量略偏低的特点，有石棉矿产出。

2. 北祁连基性—超基性岩带

岩带西起托莱山，东至大坂山，长 400 km，宽 30 ~40 km，有超基性岩体 513 个，隐伏超基性体（磁异常）6 处，基性岩体 136 个，多呈似层状、透镜状、楔状、脉状侵位于寒武系和下奥陶统中，为加里东期产物，超基性岩有纯橄榄岩类、辉橄岩类、角闪橄榄岩类、橄榄岩—辉石岩类、异剥橄长岩与异剥辉长岩，基性岩有辉长岩、斜长岩、橄榄辉长岩。大部分为镁质基性—超基性岩，有铬铁矿、石棉矿、铜、镍、金、铂族元素矿产。

3. 拉脊山基性—超基性岩带

该岩带位于拉脊山，长约 130 km，宽 8 ~15 km，共发现超基性岩体 93 个，基性岩体 4 个。多呈似层状、透镜状、楔状侵位于寒武系、奥陶系火山岩中，岩石类型比较简单，有斜辉辉橄岩—斜辉橄榄岩型、纯橄榄岩—斜辉辉橄岩型、纯橄岩—辉石岩型、黑云母单斜辉石岩型及苦橄玢岩型等，均属于铁质超基性岩。其中单斜辉石岩 K—Ar 同位素年龄

值为 442.5 Ma, 苦橄玢岩 K-Ar 同位素年龄值 309 Ma, 为加里东期陆间裂谷活动产物, 有石棉、铜、镍、铁、铬、钴、金、稀土元素等矿产。

4. 宗务隆山—青海南山基性—超基性岩带

该岩带西起德令哈北的宗务隆山, 东止青海南山, 岩带长约 250 km, 宽约 20 km, 基性—超基性岩呈不规则长条状、透镜状、脉状顺层侵位于石炭—二叠系中基性火山沉积岩中, 属中—晚华力西期宗务隆山大陆裂谷环境下的产物。以基性岩体为主, 少量超基性岩体, 岩性为辉长岩、斜长辉长岩、橄榄辉长岩、闪长岩, 辉长岩为铁质基性岩。

5. 日月山—化隆基性超基性岩带

该岩带西起日月山, 东到化隆县东南部, 岩带长约 200 km, 宽 20 ~40 km, 发现超基岩体 84 个, 基性岩体 9 个, 多呈不规则长条状、透镜状、扁豆状顺层侵位于古元古界。超基性岩体 Sm-Nd 同位素年龄值 1084 Ma, 以角闪岩型为主, 其次有单斜辉石岩—辉长岩型、二辉辉石岩—紫苏辉长岩型、橄榄岩型、辉石岩型, 岩性为辉石岩、角闪岩、辉长岩, 有铜、镍、钴、铂族等矿产。

6. 柴北缘基性—超基性岩带

岩带西起赛什腾山, 东到鄂拉山北部, 岩带长约 600 km, 宽 30 ~80 km, 发现超基性岩体 280 个, 基性岩体 18 个, 多呈不规则长条状、透镜状、串珠状、脉状顺层侵位于古元古界、寒武—奥陶系中, 超基性岩以铁镁质岩类为主, 有纯橄榄岩、蛇纹岩、斑状似金伯利岩、榴辉岩、纯橄榄岩、蛇纹岩等; 基性岩主要为辉长岩、角闪岩。超基性岩贫铝、贫碱、低钙, 为镁质和镁铁岩, 基性岩富铝、适度碱质、低钙, 为铁质基性岩。

赛什腾山—锡铁山一带的基性岩体 Rb-Sr 同位素年龄值 440 Ma, 金伯利岩、金云母橄榄岩及榴辉岩的金云母 K-Ar 同位素年龄值为 490 Ma, 榴辉岩的金云母 K-Ar 同位素年龄值为 542 Ma、516 Ma; 沙柳河一带的超基性岩侵位于寒武系, 其围岩的变质年龄 329、364、420 Ma, 故认为这些地区基性、超基性岩的时代为加里东期。布赫特山—沙柳河基性、超基性岩体侵位于元古宇, 在布赫特山辉长岩体中 Rb-Sr 同位素年龄值 900 ± 38 Ma, 察尔汗河上游辉长岩体 Sm-Nd 同位素年龄值 2603 ± 6 Ma, 乌兰县北中尕巴一带超基性岩 Sm-Nd 同位素年龄值 1952 ± 15 Ma, 属前兴凯期产物。

7. 布尔汗布达山基性—超基性岩带

该岩带分布于东昆仑南坡格尔木河—温泉一带, 长 440 km, 宽 30 ~65 km。超基岩体 60 余个, 集中分布于乌妥沟和清水泉一带, 呈脉状、岩株状、岩墙状产出, 岩体与元古宇、寒武系多呈断层接触, 局部呈侵入接触; 基性岩主要分布于诺木洪河以西的地区, 呈脉状、岩株状侵位于元古宇。超基性岩以铁镁质超基性岩为主, 有辉石橄榄岩、斜辉橄榄岩、含辉石纯橄榄岩; 基性岩以铁质辉长岩为主, 有少量角闪岩。格尔木东南辉长岩体 Sm-Nd 同位素年龄值为 2127 Ma, 清水河一带超基性岩体 Sm-Nd 同位素年龄值 1297 Ma, 属前兴凯期产物。

8. 布青山—阿尼玛卿山基性—超基性岩带

该岩带西起布青山, 东到玛沁一带, 岩带长 350 km, 宽 10 ~50 km。超基性岩较集中分布于岩带的东段和西段, 基性岩零星分布。西段发现基性、超基性体 28 条, 集中成群分布于布青山一带, 呈脉状、透镜状产出; 东段基性—超基性岩体成群集中分布于玛积雪山以东的地区, 有铜、锌、钴矿床产出。该岩带属镁质超基性岩, 岩石类型以辉橄岩为

主，少量二辉橄榄岩，基性岩为含钛铁矿辉长岩，属铁质基性岩。超基性岩与基性岩都侵位于石炭系、二叠系中，布青山辉长岩 K - Ar 同位素年龄值 316.6 ± 18.5 Ma，成岩时代应属华力西期。德尔尼超镁铁岩的 Sm - Nd 年龄值有 12.16 亿年和 7.66 亿年，两年龄值分别代表成岩年代和蛇纹石化蚀变时代，现在所见的超基性岩为底辟作用下沿积石山深大断裂再次上侵入二叠系—三叠系中。

9. 通天河基性—超基性岩带

位于治多—玉树一带，岩带长约 200 km，宽 15 ~30 km。基性、超基性岩侵位于石炭—二叠系中，西段以超基性为主，东段以基性岩为主，据不完全统计基性岩体可达百余条以上，超基性岩体 28 条与基性岩相伴产出，基性岩体以岩墙为主，顺地层走向近千米以上；超基性岩体形态多呈脉状、岩株状、带状平行分布，北西向展布。超基性岩有纯橄榄型、斜辉辉橄岩型、斜辉橄榄岩型、单辉橄榄岩型及角闪橄榄岩型，还有少量苦橄玢岩；基性岩主要为辉长岩、辉绿岩、辉长辉绿岩、辉绿玢岩，及少量辉长玢岩。该岩带基性、超基性岩侵位于石炭—二叠系和三叠系中，其成岩时代为印支期。

10. 基性—超基性岩分布特征

(1) 各岩带基性岩、超基性岩体的就位机制明显受构造控制，展布方向与其所在区域构造线方向一致，多与地层产状一致或小角度斜交。

(2) 基性岩、超基性岩，大部分以脉状、岩墙状产出，多具成群集中分布的特点，大型岩体不多。

(3) 基性岩、超基性岩的成岩时代不一。其侵位地层多为火山沉积岩，三者往往紧密共生，其生成序次大多是火山岩→基性岩→超基性。

(4) 由北向南，基性—超基性岩侵入时代有由老到新的趋势。

(5) 基性岩、超基性岩，具明显的成矿专属性，与其有关的矿产主要有石棉、铁、铬、镍、钛、铜、钴、铂族等。

(二) 中—酸性岩

青海省中—酸性侵入岩广泛出露，尤其在北部地区集中分布，而且在柴达木盆地周边地区特别发育，以其分布广，岩石类型齐全为特点。中—酸性侵入岩，从元古宙—早新生代经历了 6 个岩浆旋回，各岩浆旋回都由各种岩类组成，但以大规模酸性岩类为主。

1. 元古宙晚期中—酸性侵入岩

元古宙晚期中—酸性侵入岩，由于普遍变质具片麻状构造，其面貌和古老岩系相似，和围岩接触关系模糊不清，已查明圈出者不多，分布也比较零散，规模亦小，其产状大都呈岩墙状产出，大小岩体总计 23 个，岩类有闪长岩 (K - Ar 同位素年龄 1474 Ma)、花岗闪长岩 (Sm - Nd 同位素年龄 3208 Ma)、斜长花岗岩、花岗岩 (Rb - Sr 同位素年龄为 684 Ma)、二长花岗岩等。

2. 加里东期中—酸性侵入岩

省内加里东期中—酸性侵入岩十分发育，分布在祁连和东昆仑地区，岩类比较齐全，有闪长岩、英云闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩、斜长花岗岩、花岗岩、正长岩等，据不完全统计，各类岩体 133 个，其中祁连地区出露 99 个，东昆仑地区出露 34 个，以较大规模的花岗闪长岩、二长花岗岩为主，其次是闪长岩和花岗岩。

3. 华力西期中—酸性侵入岩

省内华力西期中—酸性侵入岩特别发育，岩类较多，有二长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、钾长花岗岩、花岗岩、闪长岩、英云闪长岩、正长岩等，主要分布于柴达木周边，尤其是柴达木盆地南缘及乌兰、都兰地区特别集中。据不完全统计，各类大小岩体 141 个，其中祁连山地区仅 3 个，柴达木周边 134 个，阿尼玛卿山地区 4 个。

4. 印支期中—酸性侵入岩

印支期中—酸性侵入岩广布于南祁连及其以南的地区。以东昆仑东端的巴隆、都兰、乌兰地区，以及鄂拉山、青海南山和同仁地区最为发育，其他地区分布比较零散。岩类比较齐全，有闪长岩、英云闪长岩、二长岩、花岗闪长岩、碱长花岗岩、二长花岗岩、钾长花岗岩、花岗岩等，且以二长花岗岩、花岗闪长岩为主。据不完全统计，各类岩体总计 142 个，其中南祁连山地区出露 5 个，东昆仑地区 53 个，鄂拉山、同仁地区 44 个，唐古拉山、巴颜喀拉山地区 40 个，岩基、岩株产出均有，岩体展布方向和区域构造线方向基本一致，明显受大断裂控制。

5. 燕山期中—酸性侵入岩

燕山期中—酸性侵入岩主要分布于唐古拉山及巴颜喀拉山地区，为数不多的燕山期中酸性岩体在东昆仑零星分布，岩体规模一般不大。岩类有钾长花岗岩、花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、英云闪长岩、斜长花岗岩、二长岩、闪长岩、碱长花岗岩等，以二长花岗岩、花岗闪长岩、钾长花岗岩为主。各类岩体总计有 79 个，呈岩基者 11 个，余者均为岩株，形状各异，岩体展布方向和其所在区域构造线基本一致。东昆仑地区侵位最老地层为古元古界，最新地层为上三叠统，唐古拉山、巴颜喀拉山地区侵位最老地层为石炭—二叠系，最新地层为中—上侏罗统。

6. 喜马拉雅期中—酸性侵入岩

喜马拉雅期中—酸性侵入岩零星分布于唐古拉山西段北坡和巴颜喀拉山西端，岩类亦少，仅见花岗岩体 1 个，正长岩体 13 个，二长岩体 1 个，均呈北西向展布。

7. 中—酸性岩浆岩分布特征

(1) 岩浆活动从前兴凯期→加里东期→华力西期→印支期→燕山期→喜马拉雅期，由弱→强→弱的演化趋势。前兴凯期岩浆活动较弱，岩石类型简单，分布地区局限；加里东期、华力西期、印支期，岩浆活动强烈，其中华力西期是省内中酸性岩浆侵入活动的鼎盛时期，表现为岩石类型全、分布广；燕山期岩浆活动明显减弱，喜马拉雅期更为明显，其特点类同于前兴凯期。

(2) 岩浆岩在空间分布上，由北→南岩浆岩的侵入时代具有由老→新的演化趋势。表现为前兴凯期、加里东期侵入岩主要分布于祁连山地区；华力西期、印支期主要分布于东昆仑山地区；燕山期、喜马拉雅期侵入岩主要分布于巴颜喀拉山和唐古拉山地区。

(3) 东昆仑是省内中—酸性侵入岩最为发育的地区。是典型的多旋回岩浆活动地区，是在早古生代岛弧隆起带上发展起来的较为复杂的巨型岩浆弧带。以华力西期中酸性岩分布最广，前兴凯期、加里东期、印支期、燕山期中酸性侵入岩都有分布。

(4) 各岩浆旋回除喜马拉雅期外，岩性的演化由中性→酸性→碱性的演化系列，它们的侵入序次是：钾长花岗岩→花岗岩类→花岗闪长岩→闪长岩类。

(三) 碱性岩

碱性岩是喜马拉雅期岩浆侵入活动的产物，共见 6 个岩体零散分布，呈岩株产于北西、北北西向断裂交汇部位。主要岩性为灰色霓辉石霞石金云母斑岩、含黑云霞石石榴岩，多属中基性钾质碱性岩。

二、火山岩

青海省域内火山活动频繁，从元古宙到早新生代都有火山喷发，以早古生代最为强烈，而且全为海相，晚古生代到中生代早期（三叠纪），既有海相又有陆相；中生代中期到早新生代（第三纪），皆为陆相喷发；晚新生代（第四纪）以来火山活动处于间歇期。各时期火山活动的规模、强度和所处构造位置以及火山岩特征，均有明显的差别。

(一) 早古生代火山岩

早古生代火山岩十分发育，广泛分布于北祁连和东昆仑山南坡、柴北缘和拉脊山等地，南祁连和祁漫塔格地区也有分布。火山活动以海相裂隙式喷发为主，间有中心式喷发。火山岩石类型比较复杂。

1. 北祁连

火山岩形成于早古生代洋壳沉积环境，火山活动始于中寒武世，结束于早志留世，具两大火山喷发旋回，代表了这时期构造岩浆旋回比较完整的序列。

中寒武世—早奥陶世火山喷发旋回以细碧—角斑岩类和拉斑玄武岩—高铝玄武岩为主。裂隙式喷发间有中心式喷发，火山活动中心在峨堡—玉石沟一带；中寒武世、早奥陶世有三个以中基性熔岩为主的火山沉积韵律，分布于走廊南山、托莱山北坡和冷龙岭一带。晚奥陶世火山喷发旋回以细碧—角斑岩类和安山岩、安山玄武岩为主，主要分布于托莱山、大阪山，以门源红沟地区最为发育。主要岩石类型为火山熔岩类，有拉斑玄武岩、高铝玄武岩、英安岩、流纹岩、细碧岩、超镁铁质岩等，火山碎屑岩有火山砾岩、集块岩、凝灰岩以及潜火山岩。

2. 南祁连

火山岩分布于大通河上游以南的木里一带，形成于晚奥陶世弧后盆地沉积环境，从火山碎屑岩→熔岩构成一个火山喷发旋回，岩性为中基性。

早志留世火山岩分布比较零星，主要见于哈拉湖附近，以中酸性火山岩为主，由安山岩、流纹岩、凝灰岩组成；布哈河一带偶见流纹质凝灰岩、安山岩，一般呈层状、似层状赋存于类复理式层系中。主要岩石类型为玄武岩、安山岩、英安岩、细碧岩等。

3. 拉脊山

火山岩分布于日月山口—民和县官亭一带，形成于陆缘裂谷沉积环境，火山活动始于中寒武世，结束于晚奥陶世。熔岩以基性熔岩为主，中性、酸性次之，火山碎屑岩发育。为裂隙式喷发。

中寒武世火山岩主要为玄武岩和硅质岩；晚寒武世火山岩最为发育，以拉脊山中段为最好，由基性火山岩和沉积岩构成火山沉积旋回。早奥陶世火山岩发育在晚期，分布广泛，喷发旋回清楚；中奥陶世火山岩也发育于中晚期，主要由基性火山岩组成；晚奥陶世火山岩比较发育，以安山岩为主。主要岩石类型有火山熔岩和火山碎屑岩两类，熔岩以玄

武岩类为主，其次有安山岩、英安岩、流纹岩、细碧角斑岩、角砾集块熔岩；火山碎屑岩类有火山角砾集块岩、火山角砾岩、晶屑凝灰岩、玄武晶屑凝灰岩。

4. 柴北缘

火山岩主要分布于赛什腾山、阿尔茨托山地区，形成于裂谷沉积环境，火山活动始于寒武纪，结束于志留纪。

赛什腾山地区主要由一套晚奥陶世浅变质绿片岩相千枚岩，变拉斑玄武岩组成，厚度较大，可划分为三个喷发旋回，以中酸—基性火山岩为主，其中第二旋回是火山活动最为强烈时期，以安山岩为主，由下向上从中性到基性变化趋势比较明显。火山岩属钙碱性岩类。

阿尔茨托山的寒武纪火山岩由火山碎屑岩及中性、中基性火山岩组成。主要岩性为凝灰岩、安山凝灰岩、安山岩。火山岩属钙碱性岩类。

5. 祁漫塔格

火山岩形成于早古生代弧后裂陷盆地中，以晚奥陶世火山活动最为强烈，可划分两个喷发旋回。主要岩性有玄武岩、流纹岩、流纹质熔岩、凝灰岩、火山角砾岩，火山岩属钙碱性岩类。

6. 东昆仑南坡

火山岩主要分布在博卡雷克塔格—布尔汗布达山，形成于洋壳沉积环境，火山活动始于寒武纪，结束于志留纪，以寒武纪火山岩分布最广。

寒武纪火山岩在布尔汗布达山南坡极为发育，并具枕状构造，火山活动以裂隙式喷发为主，岩性为凝灰岩、安山凝灰岩、安山岩及玄武岩。奥陶纪、志留纪火山岩，分布于格尔木市以南的野牛沟一带。中晚奥陶世火山岩以基性火山熔岩—玄武岩为主夹中性熔岩，早期喷溢相，晚期喷发—沉积相，可划分多个火山喷发旋回，主要岩石组合为玄武岩、安山玄武岩、安山岩、凝灰岩等，属海底裂隙式喷发；志留纪仅见有两次火山活动，以酸性碎屑熔岩为主，次为基性—中基性熔岩，主要岩石组合为酸性凝灰熔岩、流纹岩、蚀变玄武岩、安山岩等，火山岩属钙碱质岩类。

(二) 晚古生代火山岩

晚古生代火山岩主要分布在柴达木盆地北部边缘、东昆仑山，以及南部的唐古拉山地区，火山活动皆始于晚泥盆世，止于早二叠世。

1. 柴北缘

有上泥盆统陆相和海陆交互相火山岩，陆相火山岩分布在牦牛山，以中性—基性熔岩为主，夹少量火山碎屑岩；海陆交互相火山岩分布在阿木尼克山，以中酸—酸性凝灰熔岩与火山碎屑岩为主，夹少量中性—基性熔岩。主要岩石类型为碱性玄武岩、拉斑玄武岩、安山岩、流纹岩、火山角砾岩、熔岩凝灰岩、集块岩等。

2. 祁漫塔格

有上泥盆统海陆交互相和陆相火山岩，陆相火山岩分布在肯德可克—格尔木一带，西段为中基—中酸性火山熔岩和火山碎屑岩，东段为中酸性熔岩夹基性熔岩及火山碎屑岩；海陆交互相火山岩分布在祁漫塔格山，以中酸性凝灰岩为主，夹酸性和基性熔岩。

3. 宗务隆山—青海湖

有上石炭统中基性火山岩，形成于大陆裂谷构造沉积环境。主要岩石类型为拉斑玄武岩、细碧岩、变玄武安山岩、基性角砾凝灰岩等。

4. 阿尼玛卿山

石炭系火山岩零星分布于积石山一带，以基性熔岩为主，有少量中基性熔岩及火山碎屑岩，大部已变为斜长角闪片岩。下二叠统火山岩广布于本区，以中基性熔岩为主，产于下二叠统布青山群的中下部，整个火山岩构成由中性—基性熔岩喷溢为主的旋回，主要岩石类型为拉斑玄武岩、细碧岩、玄武安山岩、安山岩、玻屑熔结凝灰岩、中基性火山角砾熔岩。

5. 唐古拉山东北部

以早二叠世火山岩最为发育，有少量泥盆纪和石炭纪火山岩。早二叠世火山岩分布于沱沱河—囊谦一带，早二叠世早期火山喷发活动以中酸—中基性火山熔岩为主，晚期为中酸性火山喷发（溢）活动，构成四个火山喷发旋回，这些火山熔岩、火山碎屑岩是下二叠统开心岭群的重要组成部分。本区碱性玄武岩组合和钙碱性玄武岩—安山岩—流纹岩组合并存。

（三）中生代火山岩

中生代火山岩在巴颜喀拉山、东昆仑东缘比较发育，主要有四期间歇性喷发，早—中三叠世海相喷发，晚三叠世海相和陆相喷发，早—中侏罗世和早白垩世陆相喷发，以晚三叠世火山活动最为强烈。

1. 早—中三叠世火山岩

主要分布于东昆仑山东段南坡，属陆缘海相。火山岩主要为钙碱系列的玄武岩—安山岩—英安岩—流纹岩组合，有较多的火山碎屑岩。

2. 晚三叠世火山岩

陆相火山岩分布在东昆仑山和兴海—同仁一带，东昆仑山西段祁漫塔格和那陵郭勒河以南地区，以酸性岩为主，中段格尔木河、鄂拉山地区，以中性岩为主，局部出现碱性岩；同仁地区以基性岩为主。显示由西向东，由酸性火山岩→中性火山岩→基性火山岩的演化特征。主要岩石类型有玄武岩、安山岩、英安岩、流纹岩、碱性玄武岩等。

海相火山岩分布于巴颜喀拉山—可可西里南缘一线，北西向展布。主要岩性为玄武岩系列的中基性熔岩及细碧角斑岩；东段分布于治多—玉树一线，火山岩以碱性玄武岩系列的中—基性熔岩为主。

3. 侏罗纪火山岩

分布于巴颜喀拉山东段，主要由中—酸性喷发岩组成，主要岩石组合有蚀变玄武岩、玄武岩、安山质火山角砾岩。

4. 白垩纪火山岩

分布于青海东部泽库县多福屯一带，为陆相火山岩，火山喷发由六个喷发韵律组成，下部正常沉积岩夹少量熔岩，上部熔岩。具由基性→中基性的演化趋势。主要岩石有橄榄辉石玄武岩、辉石玄武岩、橄榄安山玄武岩、安山玄武岩。均属于碱性的岩石类型。

（四）新生代火山岩

新生代火山岩集中分布于青海省的西南部，可可西里山与唐古拉山西段，唐古拉山东部。中新世熔岩被、熔岩穹盖覆于海相三叠系、侏罗系和下第三系之上，构成平缓产出的熔岩台地。主要岩石为粗面岩、流纹岩及少量火山角砾岩。

第三节 青海省区域构造格局

一、青海省区域构造格局划分

青海省区域构造格局划分前人曾先后运用槽台观点、地质力学观点、波浪镶嵌理论、地洼学说等理论进行探讨，其中较为流行并占主导的为槽台观点。近年来，先后有许多学者涉及本区大地构造单元作过划分和研究（常承法等，1982；刘增乾等，1990；潘裕生等，1998；任纪舜等，1999；肖序常等，2000；夏林圻等，2001；Hsu K J et al.，1995）。

在“青海省三轮区划研究”中，根据板块构造理论及高延林《青藏高原岩石圈板块构造》研究的基础上，结合区域地质的最新研究成果，通过大量的分析研究，在青海省域内划分出了不同规模、等级的板块构造单元。结合青海省金属矿产的成矿事实，根据现有的认识程度和生产实践的需要，将我省板块构造单元划分到三级板块构造单元。该成果和认识仅是初步的、深度有待加强。同时，在原有板块构造的理论框架中，全球构造格架和洲际板块边界是清晰的，但在区域地质调查、中比例尺地质填图、编图中，板块边界和构造单元划分是板块构造精细结构研究的关键问题。它既是板内构造研究的理论问题，也是区域地质研究亟待解决的实际问题。

随着对东特提斯（以青藏高原地区为主体）地质构造演化的认识深化，特提斯演化、造山作用的解释由两陆（劳亚大陆和冈瓦纳大陆）一洋（特提斯洋）模式转变为三陆（劳亚大陆、冈瓦纳大陆、泛华夏大陆）两洋（特提斯洋和古亚洲洋）的特提斯多弧—盆系统的洋陆转换演化模式，即多岛弧碰撞造山模式（潘桂棠等，1997）。

全球岩石圈构造演化分为大陆岩石圈和大洋岩石圈两种构造演化体制。这两种构造演化体制既有平行发展、相互影响、互有联系的一面，又有通过大陆岩石圈拉伸裂离和大洋岩石圈俯冲消减实现两种机制互相转换的一面。我们认为，从地球表面出现海（洋）陆分异或岩石圈进入板块构造演化阶段之后，全球岩石圈构造演化开始进入这两种构造体制演化和相互转换的发展阶段，多岛弧盆系的形成演化就是大洋岩石圈构造体制向大陆岩石圈构造体制转换的标志。这两种构造体制在演化过程中都形成一些动力学上互相联系的构造单元，但大洋岩石圈构造体制演化中形成的一些构造单元大多已消失，仅有部分印记残存在弧盆系和碰撞结合带中，而大陆岩石圈构造体制演化形成的一些构造单元保存较好。这些保存较好的和从印记中反映出来的构造单元信息，正是我们划分大地构造单元的基础（潘桂棠等，2002）。

鉴于青藏高原是以东特提斯大洋岩石圈消亡、洋—陆转换，弧—弧、弧—陆碰撞的复杂造山系统，因此，板块构造学说早期的一些理论概念并不能完全用以说明青藏高原的大地构造发展问题。板块构造学说的威尔逊旋回着重论述了大洋的形成和消亡过程；而大洋消亡之后的大陆造山过程及其山脉老化、解体至再次裂开为洋，还有一个远较威尔逊旋回更为复杂，演化历程还不很清楚的发展过程或地史阶段。如洋盆闭合后碰撞造山阶段出现的大规模逆冲推覆的堆叠式造山、走滑造山，碰撞型岩浆活动、滞后型弧火山—岩浆活

动，导致山脉垮塌的伸展剥离以及裂谷作用等。对于这些过程显然不能完全用原有板块构造的动力学和运动学规律来说明。巨旋回的地史演化在很大程度上受控于大洋和大陆岩石圈的不同时空结构和特性。即根据大陆和大洋岩石圈的不同时空结构和特性及其在构造活动、岩浆作用、沉积作用、变质作用、成矿作用及其运动学过程与动力学机制等方面的不同表现和各自的演化规律。

因此，本书采取时空结构系统性、层次性、相关性的大地构造单元划分原则，结合潘桂棠等（2002）最新研究成果，由大洋和大陆岩石圈两种构造体制演化及通过大洋岩石圈俯冲消减和大陆岩石圈拉伸裂离两种机制实现二者互相转换中形成的构造单元体一并划出，首先把板块结合带和夹持于其间的陆块或岩浆弧作为一级构造单元，划分出本区构造单元的基本骨架；然后依次划出次级构造单元；之后再根据原、古、中特提斯洋闭合造山后形成的构造不整合界面的空间分布范围，划分出相应的原、古、中特提斯三大构造域。在大洋构造体制中划分出板块结合带、洋内岛弧带等不同级别的构造单元；在大陆构造体制中划出陆块、地块、被动边缘褶冲带、断隆带、陆缘弧、近陆岛弧、弧后盆地、前陆和后陆拗陷带或盆地、走滑拉分盆地、拉伸盆地或裂谷盆地、推覆带等。

青藏高原的大地构造格局以南昆仑俯冲碰撞结合带和班公湖-丁青-碧土-昌宁-孟连结合带为界，自北东向南西划分为三大构造区，而青海省仅涉及两大构造区（图1-1）。其二级构造单元为：

I 泛华夏大陆早古生代秦祁昆构造区

I₁ 华北陆块

I₂ 北祁连早古生代结合带

I₃ 中祁连—大通山早古生代岛弧隆起带

I₄ 南祁连微陆块—党河南山岩浆弧带

I₅ 宗务隆山晚古生代—早中生代（C—P—T）裂陷槽

I₆ 拉脊山陆间裂谷带

I₇ 日月山—化隆断隆带

I₈ 欧龙布鲁克微陆块

I₉ 柴北缘奥陶纪消减带

I₁₀ 柴达木陆块（晚古生代弧后残留盆地）

I₁₁ 都兰—鄂拉山基底隆起带晚古生代—三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔

I₁₂ 祁漫塔格弧后盆地

I₁₃ 东昆仑北坡岩浆岛弧带

I₁₄ 东昆仑前锋弧南缘古生代消减杂岩带

II 泛华夏大陆晚古生代藏北（羌塘）三江弧—盆系

II₁ 共和三叠纪残余盆地

II₂ 西倾山晚古生代台地

II₃ 阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂带

II₄ 巴颜喀拉晚古生代—中三叠世弧后盆地（T₂—T₃为弧后前陆盆地）

II₅ 西金乌兰—义敦中生代弧后盆地

II₆ 德格—年吉错弧间盆地

II₇ 开心岭—杂多岛弧—弧间盆地

II₈ 小唐古拉山弧前盆地

I 泛华夏大陆早古生代秦祁昆构造区

早古生代昆仑山以北奥陶纪多岛弧盆系统的形成受原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约，与东南亚多岛弧盆系受控于印度洋和太平洋双向俯冲相类似。早古生代泛华夏大陆西部边缘存在近东西向的昆仑前锋弧，在其北侧，塔里木、柴达木、祁漫塔格、阿尔金、祁连山、拉脊山等地经历了早古生代多岛弧、弧后海底扩张与弧后盆地萎缩、俯冲消亡和弧—弧碰撞、弧—陆碰撞的演化历史。碰撞之后该区的大部分于泥盆纪已转化为陆地，成为泛华夏大陆群华北陆块西南缘的一部分；在石炭—二叠纪碰撞后的地壳伸展背景下又形成了裂陷或裂谷盆地。

I₁ 华北陆块

I₂ 北祁连早古生代结合带

北祁连多岛弧及其弧后洋盆消减带，由多条蛇绿混杂岩带与其间的海山或岛弧带组合而成。自北向南划分出四条蛇绿岩和火山弧带。北祁连蛇绿混杂岩带由超镁铁质岩、辉长岩、斜长花岗岩、灰岩、黑色页岩、放射虫硅质岩岩块、基性枕状熔岩和复理石砂板岩及蓝闪片岩等构成。裂谷作用始于震旦纪末至早中寒武世，洋盆形成于晚寒武世至早奥陶世，洋盆俯冲消减、闭合于奥陶纪，海盆结束于志留纪，它们当时可能是连为一体的统一的洋盆和弧盆系统，洋盆具有双向俯冲的特点。晚志留世至泥盆纪（主体为泥盆纪）的磨拉石堆积，标志着盆山转换的开始，表现为弧—弧、弧—陆碰撞作用的终结，石炭纪—三叠纪叠加了浅海相、滨海沼泽相的碳酸盐岩—碎屑岩沉积。

I₃ 中祁连—大通山早古生代岛弧隆起带

岛弧隆起带由托莱山岛弧、大同山岛弧、西宁—民和岛弧等组成，呈串珠状延伸，岛弧隆起带的基底由元古宇湟中群与花石山群等组成，前者为片麻岩、变质角闪岩，后者为绿片岩相的一套变质岩，它们共同构成弧体基底。早古生代主要为一套海相碎屑岩和碳酸盐岩夹有岛弧型的火山岩沉积，这一时期主要表现为花岗闪长岩和斜长花岗岩的大量侵入，其同位素年龄值为 537 ~404 Ma；晚古生代为海陆交互相的碎屑岩和碳酸盐岩，其上与三叠系呈整合接触，三叠纪以后的年轻地层主要为陆相碎屑岩沉积。

I₄ 南祁连微陆块—党河南山岩浆弧带

早古生代中晚期，北祁连洋壳向塔柴板块底部俯冲而产生的弧后盆地沉积环境，沉积以早古生代的杂砂质碎屑岩夹安山质火山岩和少量硅质岩、碳酸岩为主，早古生代晚期以来一直处于较稳定的地块发展阶段，岩浆岩基本平行于弧后盆地的南北边界断裂。与党河南山的走向一致，岩体多呈岩基产出，线状排列，为斑状花岗闪长岩、花岗岩，同位素年龄值为 427 ~405 Ma。此外，下古生界沉积岩和火山沉积岩系发育强烈褶皱。

I₅ 宗务隆山晚古生代—早中生代（C—P—T）裂陷槽

位于南祁连弧后盆地南缘，西起鱼卡西山煤矿北侧，经怀头他拉北、德令哈北，延至青海湖南缘，总体呈北西西向“S”形展布。

区内石炭系贯穿东西，呈连续的狭长条带分布，主要岩性为灰绿色板岩或千枚岩、砂岩及灰岩、白云质灰岩、页岩互层，夹基性熔岩和硅质岩；在石炭系两侧分布有二叠系和三叠系海相沉积岩，岩浆侵入岩主要分布在裂谷带两端。

该区是在晚古生代古特提斯洋扩张活动期间，控制早古生代弧后盆地的断裂复活并发展成为大陆裂谷，沉积了海相碎屑岩、碳酸盐岩，并有中基性火山喷发、基性—超基性岩浆侵入。晚古生代晚期，随着古特提斯洋的消亡，裂谷闭合褶皱成山，并有华力西期中酸性岩浆侵入；新特提斯洋扩张活动又波及本区，局部发生海侵，随着特提斯洋的消亡沉积形成了较为稳定的滨—浅海相碎屑岩沉积建造。

I₆ 拉脊山陆间裂谷带

拉脊山陆间裂谷带位于西宁盆地与化隆隆起之间，呈东西向“S”形的展布。

拉脊山在早古生代早期的祁连洋扩张活动中，大洋板块向塔柴板块俯冲在弧后盆地东段经历陆间裂谷—小洋盆—造山带的演化，在其发展演化的鼎盛时期，裂谷深达地幔，致使幔源的岩浆活动发育，形成了百余处基性—超基性岩体的侵入和大量海相基性—中基性火山岩的广泛分布。早古生代后期，随着拼合、碰撞，拉脊山裂谷也随着闭合，并发生强烈挤压，古元古界火山沉积岩强烈褶皱，并有加里东期中酸性侵入活动。多期次陆内造山运动叠加。

在奥陶—志留纪时，在拉脊山的南面的南祁连有一个活动的火山弧；在其北面，晚寒武—奥陶纪蛇绿岩和火山—沉积盆地发育，因此，它应是弧间裂谷带的产物。

I₇ 日月山—化隆断隆带

该区位于拉脊山小洋盆南侧，南以倒淌河—临夏断裂为界，西起青海湖北侧的哈尔盖地区，经日月山、化隆，向南东延入甘肃境内。

在古元古代时，地壳的固结程度很低，为古元古界片麻岩、角闪岩、大理岩、片岩及石英岩为主的变质岩系，常受地球内部物质的上涌作用，而在基底频繁发生火山活动和基性—超基性岩浆侵入活动。兴凯期运动以后，使该区一直处于造山夷平状态，因而缺失以后的沉积盖层。其中从早古生代中晚期，由于祁连洋壳向塔柴板块俯冲作用的加剧，使该地区褶皱变形加剧，还伴有大量加里东期中酸性岩浆侵入活动。之后的每一次陆内造山作用对该区均有不同程度的影响。

I₈ 欧龙布鲁克微陆块

该单元夹持于宗务隆山南缘断裂与鱼卡—乌兰断裂之间，西起伊克柴达木湖，东经全吉山、欧龙布鲁克、布赫特山至茶卡一带，呈北西西向展布。

欧龙布鲁克地区在古元古代是多岛洋环境下的结晶基底，沉积新元古界的碎屑岩、硅镁质碳酸盐岩沉积建造，伴随发生了较大规模的海相中基性火山活动和基性—超基性岩浆侵入；新元古—早古生代祁连洋扩张，隆起带的局部地段发生海侵，沉积了新元古—早古生代的沉积建造，随着祁连洋的消亡，隆起带全区隆升成陆。在晚古生代断陷盆地，有泥盆系陆相碎屑岩沉积。

I₉ 柴北缘奥陶纪消减带

夹持于欧龙布鲁克微陆块微陆块和柴达木地块之间的柴北缘大陆边缘裂谷带，西起阿尔金山，经鱼卡、锡铁山，向东延至都兰北一带，被北西向鄂拉山断裂所截，总体呈北西西向展布。

基底由古元古界达肯大坂群的混合岩化黑云母片麻岩、角闪斜长片麻岩；震旦系滨—浅海相碎屑岩夹白云岩、碳酸盐岩；新元古代—早古生代由于受北祁连洋壳俯冲的影响，中晚奥陶纪，扩张裂陷，形成大陆边缘裂谷，伴随蛇绿岩带的形成。该蛇绿岩带主要分布

于赛什腾山、绿梁山及锡铁山一带，主要由纯橄岩、斜辉辉橄岩、单斜辉石岩、橄榄辉长岩、辉长岩及蛇纹岩、变拉斑玄武岩及硅质岩组成，超基性岩主要为镁质超基性岩。在大柴旦南胜利口—镜铁山一带，可见明显的蛇绿混杂岩带，在强片理化的碎屑岩基质中混杂有超基性岩、变基性火山岩、碳酸盐岩及硅质岩的构造岩块。该蛇绿混杂岩时代为早古生代，其上为泥盆系—石炭系不整合所覆盖，泥盆系为红色磨拉石建造，厚数十米至数百米，夹中、基性火山岩，有些地段向南逆冲在第三系红色碎屑岩之上。

I₁₀ 柴达木陆块（晚古生代弧后残留盆地）

柴达木盆地位于青藏高原以北，北以阿尔金山脉和祁连山脉为界，南以昆仑山脉为界，是印支期造山运动之后圈闭在昆仑前锋弧后面的残留弧后盆地，是幸存于古特提斯洋消亡的晚三叠纪弧—陆碰撞过程中的残留盆地（许靖华等，1998）。柴达木周缘山脉中的泥盆纪和石炭纪地层为一套古特提斯活动边缘层序的陆相和浅海相火山沉积，广泛分布于昆仑山脉的晚古生代至三叠纪的花岗岩类岩基与二叠纪—三叠纪时期布尔汗布达—鄂拉山带的火山弧也是活动边缘。泥盆—石炭纪岛弧—弧后盆地期的沉积和火山沉积层，在柴达木的北缘、南缘都有出露，盆地的主体部位有可能是古岛弧隆起，但也有可能存在残留弧后盆地的海相沉积，尤其是盆地西部存在如南海的地质地貌和格局。因此，柴达木盆地在晚古生代是以布尔汗布达—鄂拉山火山—岩浆弧为前锋弧的弧后盆地。

I₁₁ 都兰—鄂拉山基底隆起带晚古生代—三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔

该单元位于都兰—鄂拉山一带，柴达木盆地和东昆仑东端，东至共和—兴海盆地西缘。

都兰—鄂拉山晚古生代—三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔，在平面上构成近东西向折转北—北西向的向东突出的弧形构造带，海陆交互相泥盆系岛弧火山岩、碎屑岩及石炭系—二叠系碳酸盐岩、碎屑岩组合不整合覆盖在早古生代和前寒武纪变质岩之上。早中三叠世为海相火山岩，集中分布于火山弧的北段和东南段，为钙碱性系列的玄武岩—安山岩—流纹岩组合及火山碎屑岩；中三叠统闹仓坚沟组，由砂板岩、灰岩、泥灰岩、角砾状灰岩夹凝灰岩及火山岩组成，厚度巨大，为弧前盆地全盛期的产物。上三叠统与下伏地层呈不整合接触，主要以由陆相为主的中酸性岛弧火山岩、碎屑岩及凝灰岩组成。侏罗系假整合或不整合于上三叠统之上，为陆相碎屑岩含煤地层，已属山间盆地性质。火山—岩浆弧中的中酸性侵入岩以加里东晚期及海西期为主，主要岩石为闪长岩，其次是石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩及二长花岗岩，其时代主要集中在 386 ~ 376 Ma 和 322 ~ 293 Ma 两个时期，主要呈规模巨大的岩基分布，另有少量的印支期花岗岩岩株或小岩基侵入。岩石化学及地球化学特征显示为岛弧型的火山—岩浆弧。

都兰—鄂拉山地区是在早古生代之前形成的结晶基底，早古生代早期祁连洋扩张活动，区内局部地段发生海侵接受早古生代碎屑沉积，并有中基性海相火山活动。早古生代后期祁连洋壳俯冲时形成基底隆起带，加里东造山期伴有中酸性岩浆侵入活动；晚古生代，宗务隆山裂谷带活动也波及本区，有石炭系碎屑岩和碳酸盐岩沉积；华力西期造山运动叠加其上使该区隆升成陆，并有同期中酸性岩浆的侵入。早中生代，南边藏滇板块向北边欧亚古陆的碰撞焊接，导致该地区力偶不均，发生挤压扭滑运动，形成了以北西向为主的鄂拉山构造体系，大量印支期中酸性岩浆侵入；晚三叠世，形成哇洪山—温泉大型转换断裂。同时引起该地区张性断裂系统形成。并在拉张较深的断裂部位发生了晚三叠世陆相火山活动，形成了该地区陆相火山岩；新生代进入陆内演化，山间沟谷地带有第三纪、第

四纪碎屑沉积。

I₁₂ 祁漫塔格弧后盆地

该区位于东昆仑西端北侧的祁漫塔格地区，北侧紧邻柴达木盆地，南邻东昆仑岩浆弧带，向西延入新疆境内，东至格尔木西，呈西宽东窄的楔形、北西西向展布。

该区出露有古—中元古界中深变质岩（片麻岩、混合岩、大理岩、石英岩等）；寒武系片岩、变质砂岩、碳酸盐岩及硅质岩；奥陶系海相碎屑岩、基性—中酸性火山岩及碳酸盐岩；泥盆系海陆交互相碎屑岩夹碳酸盐岩，陆相中—酸性火山岩；石炭系滨—浅海相碎屑岩、生物灰岩夹碳酸盐岩；二叠系浅海相碎屑岩、生物灰岩及含燧石白云质灰岩；三叠系陆相中酸性火山岩；区内加里东期—印支期中—酸性侵入岩发育。局部有基性—超基性岩体出露。

上述特征表明，该区地处塔柴大陆板块南部边缘活动带，早古生代由于受南部昆仑洋壳俯冲的影响，致使东昆仑北坡地区呈岛弧隆起，并在祁漫塔格地区形成了弧后裂隙带，发生海侵，并有较大规模的中基性火山喷发活动，形成了寒武—奥陶系海相碎屑岩、碳酸盐岩和中基性火山岩建造。随着昆仑洋向北俯冲作用的加剧，盆地裂隙加深，局部达下地壳底部，导致少量基性—超基性岩的侵入。早古生代晚期随着昆仑洋的消亡，塔柴板块与华南板块的陆陆碰撞及造山活动，裂隙盆地闭合、隆升成陆，并伴有大量加里东期中酸性岩浆侵入，晚古生代北特提斯洋扩张波及本区，并形成有泥盆系、石炭系、二叠系海陆交互相、浅海相沉积，间有陆相火山喷发，华力西期造山活动使本区整体隆升，中生代早期发生中酸性侵入活动和叠加改造活动，局部还发生了陆内裂隙和较大规模的中酸性陆相火山喷发活动；新生代时在北部低洼地带形成有陆相碎屑沉积。

I₁₃ 东昆仑北坡岩浆岛弧带

近东西向展布的昆仑山火山—岩浆弧带，构成了泛华夏大陆早古生代前锋弧，亦即昆仑—祁连弧—盆系的前锋弧。主要由中新元古代的片麻岩、混合岩或角闪岩等构成基底，震旦系和下古生界构成了大陆边缘之上的沉积盖层。震旦系主要由浅海相的碳酸盐岩和碎屑岩组成，偶夹冰碛层；下古生界由边缘海层序的海相碎屑岩和碳酸盐岩或者为浅海相的沉积岩层和岛弧有关的火山岩组成，其中火山岩为玄武岩、安山岩、凝灰岩和凝灰质砾岩等岩石组合。上古生界为一套浅海相或陆相的沉积，昆仑晚泥盆世红色磨拉石相砾岩不整合盖在下伏地层之上。除三叠纪早中期仍有海相层外，中新世主要为一套陆相的沉积物，属造山期后的山前或山间盆地型沉积。昆仑山脉的前寒武纪基底残片，是泛华夏大陆克拉通分裂出来的岛弧型陆块块体。昆仑前锋弧的深成岩浆活动自新元古代到新生代几乎是连绵不断的，其时代主要集中在 540 ~420 Ma 和 260 ~200 Ma 两个时期，呈近东西向的巨型岩基大面积分布，岩石类型与组合复杂，从中性的闪长岩到酸性的花岗岩均有，岩石化学与地球化学特征表明昆仑前锋弧的花岗岩全部或至少大部分显示 I 型特点及钙碱性系列，推测为与洋壳俯冲密切相关，属于典型的多期或至少两期叠加而成的岛弧型岩浆弧。

I₁₄ 昆仑前锋弧南缘古生代消减杂岩带

夹持于东昆仑中断裂与昆仑南缘断裂之间的构造带，实际上是一个由不同时代的构造岩块或岩片、蛇绿岩与火山—沉积岩系构成的昆仑前锋弧南缘的古生代消减杂岩带。它包括由块状超基性堆晶岩、席状辉绿岩床（墙）及变基性火山岩为主的东昆仑中南缘蛇绿岩带，纳赤台—小南川一带的一套复理石砂板岩、变基性火山岩、辉长岩、大理岩、薄层

泥质灰岩等的火山—沉积岩系，都是消减杂岩带中的组成部分。这个消减杂岩带形成的时代可能从早古生代一直延续到晚古生代末至早中生代初，以早古生代为主，向东经苦海、托索湖及其以北一带，急剧向北折转，围绕柴达木东端形成向东突出的弧形构造带，尤以南东侧瓦洪山断裂表现最为明显。在都兰—茶卡、乌兰—天峻之间均可见到发育较好的蛇绿混杂岩带，它们由超基性岩、堆晶辉长岩和变基性火山岩、硅质岩、灰岩等构造岩块混杂组成，它显然是消减杂岩带向东围绕柴达木陆块东端向北—北西折转后的延伸。

II 泛华夏大陆晚古生代藏北（羌塘）三江弧—盆系

从昆仑前锋弧和康滇陆缘弧裂离出的唐古拉—他念他翁残余弧，构成了泛华夏大陆西南缘的晚古生代前锋弧。现今位置的前锋弧由整体上呈反“S”形分布的羌塘弧、吉塘残余弧、崇山残余弧、澜沧江残余弧等组成。这些弧体的稳定沉积盖层为泥盆系—石炭系的沉积物，其下伏均为增生楔型的绿片岩相变质杂岩（变质“软基底”），后者诸如羌塘戈木日群，昌都西侧的西西群、吉塘群，兰坪西侧的崇山群，思茅西侧的澜沧群，均是前寒武纪到早古生代的岩石，它们均为特提斯洋向北或北东俯冲形成的岛弧火山岩及其增生楔型沉积。现今在青泥洞—海通一带所见奥陶纪的被动边缘复理石沉积，则印证其属早古生代弧后扩张作用形成的沉积物。

碰撞之后该区的大部分地区于晚三叠世转化为陆地，并形成碰撞后地壳伸展背景下的裂隙或裂谷盆地。

II₁ 共和三叠纪残余盆地

共和盆地位于华北陆块（南侧），柴达木陆块（东侧）和扬子陆块（北侧）交接处的中央地带，加里东期拼合成为泛华夏陆块群的组成部分。在盆地西北部，二叠系碎屑岩碳酸盐岩不整合于志留系之上。二叠纪（可能包括石炭纪）—三叠纪裂离形成洋盆，早三叠世时，共和盆地（洋盆）北侧为南祁连山障壁的陆表浅海及青海橡皮山、青海湖南山、华北陆块南缘斜坡，西侧为柴达木南缘布尔汗布达—鄂拉山陆缘火山弧及弧前增生楔，南侧为扬子陆块西北缘台地—台缘斜坡。秦祁昆交接区中央地带的共和盆地为深水盆地，其标志在青海天峻县南山火车站三叠系中可见蛇绿混杂岩带。中晚三叠世时，由于巴颜喀拉洋盆地俯冲消减闭合，而演变为残留洋（残留海）的残余盆地，晚三叠世中晚期残余盆地被充填消亡。中三叠世因南边藏滇板块和北边欧亚古陆的陆陆碰撞，导致强烈的中酸性岩浆侵入和陆内造山，拉张断陷盆地中有强烈晚三叠世陆相火山活动，在多禾茂地区还有白垩纪陆相火山活动。

II₂ 西倾山晚古生代台地

该区北以缝合带为界，南至阿尼玛卿山北侧断裂，西起苦海地区，经军功到宁木特，往东进入甘肃境内。西倾山晚古生代台地向东可延伸至白龙江—西汉水，在白龙江—西汉水一带出露的最老地层为碧口群，其时代可与蓟县及青白口系相当（刘增乾等，1990），向上为与其呈不整合接触的与扬子地块相同的震旦系。在西倾山，原奥陶系白衣沟群中和酸性火山岩系中的英安质凝灰岩铷锶等时线年龄值为 739 Ma（李建林等，1986），可与扬子西缘的下震旦统相对比，志留系为浅海至次深海相次稳定型碎屑岩夹碳酸盐岩、硅质岩组合。上古生界不整合于志留系之上，基本为浅海相的稳定台型沉积，泥盆系为碳酸盐—碎屑岩组合，石炭系—二叠系以碳酸盐岩为主，三叠系分布在南北两侧，为浅海相的稳定台型的碎屑岩—碳酸盐组合，侏罗纪、白垩纪及第三纪发育小型陆相盆地沉积。

II₃ 阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂带

阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂岩带东起玛沁，向西经玛积雪山、花石峡至布青山，本区在石炭纪发生大陆裂陷，演化为裂谷并出现火山活动，到早二叠世裂谷活动强烈阶段，有大量的火山喷发，形成巨厚的下二叠统火山岩建造，伴有基性—超基性侵入，蛇绿岩主要由超镁铁质岩、堆晶辉长岩、均质辉长岩、辉长辉绿岩墙、基性熔岩（枕状和块状）、放射虫硅质岩等组成，多呈构造岩块与其他类型岩石块体混杂在复理石砂板岩中。超镁铁质岩在布青山、下大武、玛积雪山和玛沁地段较为发育，以斜辉辉石岩为主，次为纯橄岩、辉石岩和少量二辉橄榄岩， $m/f=8\sim 11$ ，属镁质超基性岩，堆晶辉长岩主要见于玛积雪山的千里瓦里玛，厚可达千余米。在玛积雪山蛇绿岩混杂带内，在下大武一带发育有玄武岩—安山岩—流纹岩组合的钙碱性洋内岛弧型火山岩。蛇绿岩形成于石炭纪—二叠纪，岛弧火山岩则形成于早中三叠世，玛积雪山蛇绿岩带为扬子陆块和柴达木陆块间巴颜喀拉洋盆向北俯冲消减作用的产物。

II₄ 巴颜喀拉晚古生代—中三叠世弧后盆地（ T_2-T_3 为弧后前陆盆地）

巴颜喀拉盆地位于扬子陆块、柴达木陆块、北方陆块及羌塘—昌都陆块之间，成为一倒三角形状，盆地几乎全为三叠系复理石沉积（数千米至数千米）所覆盖。震旦系和早古生界为被动边缘，发育浅海相碎屑岩—碳酸盐岩和深海相复理石的沉积，晚古生代为弧后盆地，泥盆纪—石炭纪开始了碳酸盐缓坡、台地的发育，石炭纪—二叠纪开始发生巴颜喀拉盆地的弧后扩张，形成巴颜喀拉洋盆，中三叠世弧后洋盆向南、向北双向俯冲，盆地在不断收缩过程中，演化为残留的海洋，沉积一套陆源碎屑浊积岩。阿尼玛卿蛇绿岩带为扬子陆块与柴达木陆块间的洋壳消减的产物，甘孜—理塘蛇绿岩带为扬子陆块与羌塘—昌都陆块间的洋壳消减的产物。中三叠世晚期至晚三叠世（主体为晚三叠世）巴颜喀拉残留海因前陆隆起（泸州隆起）挠曲而迅速沉降，结束了饥饿盆地（残留海/洋盆）沉积状态，转入饱和充填的弧后前陆盆地阶段，充填了上万米厚的细碎屑浊积岩和复理石，晚三叠世末，前陆盆地充填消亡。

II₅ 西金乌兰—义敦中生代弧后盆地

义敦岛弧是甘孜—理塘洋盆向西俯冲消减作用的产物，是在具堑—垒系构造特征的薄陆壳上发展起来的岛弧（侯增谦等，1995），主要为晚三叠世的火山—沉积岩系和印支晚期—燕山期花岗岩基所占据。义敦岛弧带发育较完整的岛弧—盆地系，均以发育特征的火山—侵入杂岩组合为特征，外弧火山—侵入杂岩由第一亚旋回中性火山岩和与其相邻的中酸性深成岩—次火山岩构成，以安山岩和安山质火山碎屑岩为主体的外弧火山岩是晚三叠世卡尼期首次造弧活动的产物。岛弧裂谷盆地的火山—侵入杂岩由“双峰”式火山岩和与之共生的辉绿岩墙群构成，是继外弧火山—侵入杂岩之后的第二亚旋回火山活动的产物（晚三叠世卡尼中晚期）。内弧火山—侵入杂岩由第三亚旋回（晚三叠世诺利期）中酸性火山岩和与之共生的闪长岩—闪长玢岩及黑云母花岗岩—花岗斑岩构成，以英安岩—安山岩及其火山碎屑岩为主体的内弧火山岩。弧后扩张盆地中，为一套滨、浅海相碎屑岩—碳酸盐岩和高钾的“双峰”式火山岩组合。

II₆ 德格—年吉错弧间盆地

位于乌兰乌拉湖—玉树深断裂以南，玛曲河断裂以北，呈北西向展布，是特提斯洋向华南板块俯冲期间形成的弧间盆地。

昌都盆地从泥盆系—石炭纪开始进入较为稳定的地块发展阶段—金沙江早二叠世晚期俯冲消减，导致江达—德钦—维西火山—岩浆弧的形成—该盆地转化为汇聚边缘体系下的弧后盆地，晚三叠世，由于金沙江洋的闭合，发生弧—陆碰撞，昌都二叠纪弧后盆地转化为弧后前陆盆地。由于其东西两侧均为晚古生代晚期—早中生代火山弧。它是岛弧地区差异性隆升和沉积中形成的。接受沉积了中三叠世滨—浅海相碎屑岩、生物碎屑灰岩、碳酸盐岩沉积。从岛弧隆起带裂解下来的晚古生代火山沉积建造，弧间盆地沉积地层以线状褶皱变形为特征，呈复式向斜形式出现。

II. 开心岭—杂多岛弧—弧间盆地

开心岭—杂多岛弧—盆地系内，寒武纪—早古生代变质岩，原岩为一套复理石砂板岩夹中基性火山岩，构成残余古岛弧带的基底。泥盆系为台型碎屑岩、碳酸盐岩沉积，石炭系为拉张型盆地中的复理石砂板岩夹基性火山岩，二叠纪为开心岭—杂多岛弧—盆地系发育的主体，弧火山岛可见由下往上为玄武岩、安山岩玄武岩、滩礁相灰岩、含煤碎屑岩的层序序列，类似于台湾到菲律宾之间的巴坦群岛的岩石组合序列的特点。弧火山岛之间仍有深水盆地沉积物，为复理石砂板岩、硅质岩、碳酸盐岩夹中基性火山岩，空间上岛弧构成一岛链体分布的构造古地理格局。中上三叠统碎屑岩夹碰撞型中基性、中酸性和酸性弧火山岩，缺乏下三叠统，侏罗系—白垩系为海陆交互相至陆相红色碎屑岩，其下缺乏下侏罗统，第三系为陆相红色碎屑岩，分布局限。

II. 小唐古拉山弧前盆地

该区位于青海南部小唐古拉山一带，北以葫芦湖—当曲河断裂为界，南至青海省界。侏罗纪南特提斯洋继续向北俯冲，开心岭—杂多岛弧南缘，发生裂陷形成弧前盆地，接受了以侏罗纪为主海陆交互相碎屑岩、碳酸盐岩的沉积，岛弧边缘的一些石炭系、二叠系呈孤岛状，零星分布在盆地北部。沉积物中很少见到火山物质，基本具有弧沟间隙区建造特征。

二、青海省区域构造动力学演化

劳亚、冈瓦纳及泛华夏大陆板块漂移、裂解、拼合，以及特提斯大洋产生、发展与消亡的全过程。记录了古生代以来特提斯洋及其间所夹持的若干微板块所经历的多阶段离散、汇聚与碰撞的复杂演化过程。形成了不同的构造地史演化特征，主体反映了特提斯多弧—盆系统的洋陆转化的演化模式。青海省横跨古亚洲和特提斯构造域，总体受该构造背景的影响，青海省的动力学演化可归纳为三个阶段：前特提斯阶段，即各微板块或陆块结晶基底形成阶段；特提斯演化阶段；青藏高原的形成与隆升阶段。

(一) 前特提斯阶段

元古宇结晶基底形成阶段 (Pt)

该阶段时限约从 25 亿年前至 8 亿年前，此时的青海省北部区域（柴达木—中祁连区）处于古欧亚大陆南部边缘，相当于古活动性陆缘海的多岛洋沉积环境，在广阔的海域内缓慢接受着陆源细碎屑沉积，间有少量碳酸盐岩和火山沉积岩，沉积速率较低，期间地壳厚度小密度大、热流传导快、塑性强，在垂直应力作用下曾发生多次升降运动。

古元古代，由于地壳厚度小，密度大，热流传递快，致使区内发生了中压相系的角闪岩相变质作用、区域热动力变质作用和混合岩化作用；中元古代随着沉积厚度的增加，地壳厚度也随之加大，壳内热流作用则减弱，区域变质作用也随之减弱到绿片岩相。

陆壳经古—中元古代重熔、变质、变形后，进一步固结、硬化、体积收缩、密度增大，为大陆裂解创造了必要条件；新元古代，全域开始海退，致使省内北部区上升为陆，形成了古老的结晶基底。

而青海省南部区域，处于冈瓦纳大陆板块北部边缘活动带，古元古代在滨—浅海相环境下接受了陆源碎屑沉积和少量碳酸盐和火山沉积，具早期以泥砂质碎屑沉积为主，巴颜喀拉微板块出露较完整的震旦系—寒武系浅变质碎屑岩，其中中基性火山岩相当发育。青海南部区内均存在元古宙至前泥盆纪的浅变质褶皱基底，并均遭受后期的多次变质与变形事件（罗建宁等，2002）。

（二）特提斯演化阶段

特提斯洋从发生、发展到萎缩、消亡是一个连续的大洋岩石圈演化过程，它作为三大陆块群之间的大洋，其扩展裂变在不同地域有时序上的先后和方式上的差异，许多事实表明其构造具有穿时性特性，所以只能大体上划分为三个阶段：在特提斯洋的各个演化阶段的某一区域所出现的弧盆系统，则标志着这一区域的大洋岩石圈已走向萎缩、消亡的开端。其汇聚碰撞不一定是原始相邻两大陆分裂后的重新结合，而可能为第三者加入的运动学方式。

1. 原特提斯阶段（Z—S）

主要表现为泛华夏大陆群与劳亚大陆群的离散，古亚洲洋形成，以及劳亚大陆群与冈瓦纳大陆群的分裂，特提斯洋的扩张。泛华夏大陆群与冈瓦纳大陆群联而不合。

作为东特提斯构造域主体的青藏高原，整个显生宙发育了一系列弧盆系统。既有东南亚—印尼岛弧边缘海型，又有日本群岛裂离型和安第斯陆缘弧型，及各种相关类型的弧盆系（潘桂棠等，1997）。

晚前寒武纪时，祁连洋区连接塔柴板块和中朝板块，昆仑洋区连接塔柴板块和华南板块西北缘。当时，北祁连洋区北部与古亚洲洋贯通，而昆仑和原特提斯洋连成一片。

祁连山地区的三条典型洋底扩张和柴北缘洋盆都应是昆仑前锋弧之后的一系列弧后盆地。他们形成受原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约。

泛华夏大陆早古生代秦祁昆构造区：早古生代昆仑山以北奥陶纪多岛弧盆系统的形成受原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约，与东南亚多岛弧盆系受控于印度洋和太平洋双向俯冲相类似。早古生代泛华夏大陆西部边缘存在近东西向的昆仑前锋弧，在其北侧，塔里木、柴达木、祁漫塔格、阿尔金、祁连山、拉脊山等地经历了早古生代多岛弧、弧后海底扩张与弧后盆地萎缩、俯冲消亡和弧—弧碰撞、岩浆弧—陆碰撞的演化历史。碰撞之后该区的大部分于泥盆纪已转化为陆地，成为泛华夏大陆群华北陆块西南缘的一部分；在石炭—二叠纪碰撞后的地壳伸展背景下又形成了裂陷或裂谷盆地（潘桂棠等，2001）。

到中前寒武纪时（约 525 Ma），北祁连洋壳首先向南发生俯冲，引起柴达木—中祁连南部活动性陆缘环境的形成，到晚奥陶世时（约 428 Ma），塔柴板块与中朝板块碰撞缝合，到志留纪时，秦祁昆大洋中各洋区已基本成为收缩性的残余盆地，其中沉积了粗磨拉石碎屑岩，火山活动大为减弱，海水基本退出，进入洋盆闭合期，北部洋壳俯冲作用近于尾声。

在北祁连和东昆仑南坡形成寒武—奥陶系洋壳型沉积和加里东早—中期基性—超基性侵入岩带。塔柴板块陆内裂谷发育，陆缘活动强烈，省内北部区域除全吉山—欧龙布鲁克山形成海相稳定型沉积外，其余皆为活动型海相沉积，如阿尔金山、柴北缘残山、拉脊山、祁漫塔格等地均属于大陆裂谷（或裂陷盆地）环境的沉积建造，而托莱山东端、党

河南山、柴达木山、大通山、互助北山等地则属于陆缘海盆相沉积。此外，阿尔金山、柴达木盆地北缘、拉脊山、祁漫塔格等地的加里东期基性—超基性侵入岩带也都是大陆裂谷（裂陷槽）幔源物质活动的产物。

2. 古特提斯阶段（D—T₂）

主要表现为泛华夏大陆群与劳亚大陆的汇聚，古特提斯洋从扩展到萎缩，劳亚大陆群与冈瓦纳大陆群联而不合。

古特提斯是原特提斯的继承和发展，秦祁昆洋属于早古生代前锋弧后面的群岛弧—盆系统。

泛华夏大陆晚古生代—三叠纪羌塘—三江构造区：从昆仑前锋弧和康滇陆缘弧以“日本群岛裂离型”裂离出唐古拉他念他翁残余弧，构成泛华夏大陆西南缘的晚古生代前锋弧。夹持于该前锋弧与早古生代昆仑前锋弧之间的羌塘、澜沧江、昌都、兰坪、金沙江、中咱、义敦、甘孜理塘等地的广大区域记录了晚古生代—中生代弧后扩张、多岛弧盆系发育、弧弧碰撞、弧陆碰撞的地质演化历史。碰撞之后该区的大部分地区于晚三叠世转化为陆地，并形成碰撞后地壳伸展背景下的裂陷或裂谷盆地（潘桂棠等，2001）。

该阶段主要以发育岛弧或陆缘弧与弧后盆地为特征。追溯到早三叠世之前的晚二叠世时期，特提斯主体洋承袭着前寒武纪以来单向的向东北俯冲转变到晚泥盆世开始的双向俯冲而发展着，并分别于大洋的两侧形成了冈底斯和江达—阿中晚古生代或更老的火山弧。而在三江地区因关闭形成的蛇绿岩和晚古生代火山弧均被造山。

受古特提斯洋的扩张影响，在青海省域内形成了宗务隆山—青海南山大陆边缘裂谷带，布青山—阿尼玛卿山大陆边缘裂谷带，西金乌兰—玉树大陆边缘裂谷带，共和—同仁活动型陆缘海盆，并伴有高举海侵，海水漫过东昆仑山，淹侵到祁漫塔格和南祁连地区较低洼地带，形成了裂谷和陆缘活动型石炭—二叠系海相碎屑岩、碳酸盐岩、中基性火山岩及滑塌堆积体，基性—超基性侵入岩带（布尔汗布达山、阿尼玛卿山），和陆棚区稳定型石炭—二叠系海相碎屑岩、碳酸盐岩。

晚古生代晚期，形成特提斯洋（习惯上称藏滇板块北侧洋区为北（古）特提斯洋，南侧洋区为南（新）特提斯洋）在其北侧的喀喇昆仑—丁青—澜沧江一线断裂，并形成俯冲带，受其影响在古欧亚板块南缘自南而北形成了较为完整的晚古生代沟—弧—盆体系，即，喀喇昆仑—丁青—澜沧江俯冲带—小唐古拉山弧前盆地—唐古拉、杂多岛弧隆起带（包括年吉错弧间盆地）—西金乌兰湖、二道沟、玉树大陆边缘裂谷带—可可西里、巴颜喀拉山弧后盆地—阿尼玛卿大陆边缘裂谷带—玛多、甘德大陆棚—共和、同仁大陆边缘海盆—宗务隆、青海南山大陆边缘裂谷带—柴达木—祁连大陆基。该地区在晚古生代—早中生代特提斯洋扩张期间本区为大陆棚沉积环境，形成了巨厚的泥盆—三叠系浅海相稳定型沉积盖层。随着俯冲作用加剧，在不同的构造沉积环境中发育相应的沉积建造，如在俯冲带形成混杂堆积体，裂谷带形成有滑塌体和基性—超基性侵入岩（宗务隆—青海南山基性—超基性岩带、通天河基性—超基性岩带）、中基性火山岩及碳酸盐岩、碎屑岩，岛弧隆起带及大陆基边缘中酸性侵入岩发育，弧前、弧间、弧后盆地中以碎屑岩、碳酸盐岩为主夹少量中酸性火山岩，大陆棚以碳酸盐岩、细碎屑岩为主，陆缘活动带（海盆）以碎屑岩为主，夹少量碳酸盐岩、中基性火山岩，尤其在大陆基边缘，断裂系统发育，导致地壳重熔物质上涌，形成了东昆仑华力西晚期中—酸性岩浆带，在晚二叠世宗务隆山—

青海南山裂谷带、布青山—阿尼玛卿山裂谷带西金乌兰湖—二道沟—玉树裂谷带则逐步闭合，并隆升成陆，同时伴有华力西晚期中酸性岩浆侵入。

金沙江洋早二叠世晚期向西俯冲消减于昌都陆块下面，导致江达—德钦—维西火山—岩浆弧的形成，标志该盆地转化为汇聚边缘体系下的弧后盆地，早期的开阔台地相碳酸盐岩沉积演变为海陆过渡相碎屑岩、含煤碎屑岩及碳酸盐岩，并伴有基性—中基性—中酸性岛弧火山活动的弧后盆地内沉积。

该演化阶段主要指泥盆纪至二叠纪时期。代表古特提斯洋北支的蛇绿混杂岩带为北祁连蛇绿混杂岩带，代表古特斯洋南支的蛇绿混杂岩带为拉竹龙—金沙江蛇绿混杂岩带。与阿尔喀山（南昆仑）阿尼玛卿蛇绿混杂岩带对应，其间夹持着巴颜喀拉板片，构成以巨厚的大面积分布的三叠纪浊积岩沉积。

古特提斯拉竹龙—金沙江汇聚边缘与沟弧盆体系及其演化：龙木错—金沙江蛇绿混杂岩带，西起龙木错向东经可可西里山脉，再折向南东经金沙江至哀牢山，全长大于 2000 km。混杂岩带由镁铁质、超镁铁质岩、基性熔岩、硅质岩、碳酸盐岩、砂板岩、绿片岩等组成。超基性岩成群成带分布，灰岩块体所含化石年代从志留纪至二叠纪均有，在可可西里可见早三叠世块体。据此，推测洋盆自泥盆纪开始拉张，一直持续到早二叠世。早石炭世至二叠纪早期已拉张出洋壳，它是古特提斯洋的重要一支，其中含有被后期构造破坏改造的石炭纪至早二叠世的海沟盆地。早二叠世末期，洋壳开始向南西俯冲，上二叠统这套河湖至滨海相沉积物是俯冲碰撞后的产物。以金沙江缝合带为轴线，北侧巴颜喀拉板片为被动边缘。

综上所述，古特提斯阶段以拉竹龙—金沙江汇聚边缘为构造背景形成沟—弧—盆体系（叶和飞等，2000）。

3. 特提斯阶段（ T_3-E_2 ）

主要表现为泛华夏大陆群与冈瓦纳大陆群的分裂碎块（印—澳板块）的汇聚，特提斯大洋岩石圈转化为大陆岩石圈，并进入陆内碰撞造山作用发展时期。重组后的三大陆块群间产生强烈陆内汇聚。

中生代早期，新特提斯洋开始扩张，古大洋发育成熟，北特提斯洋北侧洋壳俯冲作用增强。晚三叠世—中侏罗世，新特提斯洋加速扩张，而古特提斯洋向南北两侧俯冲并走向消亡，致使藏滇板块和古欧亚板块拼合、碰撞、隆升、造山，形成欧亚大陆板块。受其影响，省域内海水已退缩到东昆仑以南地区，在祁连地区形成了残留海盆地，沉积了上三叠统一侏罗系陆相碎屑岩夹页岩、煤层、少量碳酸盐岩，在东昆仑南北坡、鄂拉山地区、共和—同仁地区则发育大量的上三叠统陆相中酸性火山岩及侏罗系陆相沉积岩，可可西里—巴颜喀拉山、唐古拉山北坡、西金乌兰湖—二道沟—玉树等地区形成上三叠统海相碎屑岩、碳酸盐岩夹中基—中酸性火山岩。尤其在玉树地区上三叠统上部火山岩发育，在乌兰乌拉湖—沱沱河—当曲—子曲以南的唐古拉山区，发育有中—上侏罗统海相碎屑岩夹碳酸盐岩（说明侏罗纪时青海省的海域仅为西南一隅，其余皆为陆地）。同时伴有大量晚印支期—燕山期中—酸性岩浆侵入。形成冷龙岭岩浆带、宗务隆山岩浆带、阿尔金山岩浆带、东昆仑岩浆带、西秦岭岩浆区、巴颜喀拉山岩浆区和唐古拉山岩浆区。

该阶段主要以形成滞后型岛弧与残留弧后盆为特色。岛弧带发育海相为主的弧火山—沉积物质，其以巨厚浊积岩与频繁火山活动形成钙碱性火山岩为特征，如是滞后型岛弧，还出现

了磨拉石充填序列;弧后区以发育海相为主的弧后拉张火山岩与弧火山岩夹层等为特征。

随着冈底斯与羌塘—昌都微陆块不断地被火山弧的增生而长大，特提斯主体洋不断被消减和缩小，晚三叠世早期，金沙江洋和甘孜—理塘洋相继关闭（彭勇民等，2000）。甘孜—理塘洋的关闭产生了义敦弧后盆地，由于金沙江—哀牢山洋的闭合，发生弧—陆碰撞，昌都二叠纪弧后盆地转化为弧后前陆盆地，大部分地区缺失下三叠统，上三叠统至白垩系于弧后前陆盆地内沉积了由海相砂页岩与碳酸盐岩、砾岩、砂岩、泥岩转变为海陆交互相、陆相砾岩、砂岩和含煤岩系、含膏盐岩系组成。

白垩纪开始，板块俯冲，特提斯大洋收缩，形成雅鲁藏布江缝合带，青藏高原境内海相沉积历史结束，全部转为陆内演化的时期。

（三）青藏高原的形成与隆升阶段

特提斯洋产生、发展与消亡的过程中，青海省域内经历了多次的海侵与造山夷平活动，发生了翻天覆地的变化。但最终导致青藏高原隆升为世界屋脊的是印度洋扩张推动印度板块向北（欧亚大陆板块底部）俯冲作用的结果。

随着印度洋扩张，印度板块向北漂移，印度板块与欧亚块碰撞后，青藏高原地壳不断缩短、加厚，经历了一个抬升与侵蚀消长平衡、构造抬升与均衡隆升相互更迭、从缓慢抬升向快速隆升过渡的复杂的隆升过程。根据隆升性质、构造—热事件演化和地质建造特征，毕思文（1997）将高原隆升划分为三个阶段。

1. 俯冲碰撞隆升阶段（ $K_2—E_2$ ）

这是高原开始隆升的时期。标志着新特提斯洋的完全封闭和印度板块与欧亚板块的碰撞焊接。在此期间，由于印度板块的向北俯冲，使冈底斯带隆升并形成岛弧型火山—深成岩带，老第三纪时，高原北部和东部处于隆起—剥蚀区，由于大规模走滑断裂产生一系列拉分盆地，堆积了巨厚的含膏盐的河湖相红色碎屑岩系。

2. 汇聚挤压隆升阶段（ $E_3—N_1$ ）

始新世末期，印度板块与欧亚板块完全碰撞拼合，已经结合为一体的印度—澳大利亚板块的持续向北推移挤压和北部、东部刚性地块的阻挡，促使高原地区地壳大规模缩短、加厚，高原持续缓慢抬升，构造抬升与剥蚀作用处于动态平衡状态。

在青藏高原，由于强烈的陆内汇聚作用，地壳不断缩短、加厚并持续隆升，裂隙和逆冲—走滑作用产生一系列盆地，堆积河湖相含煤、含油碎屑岩及中基性火山岩喷发。

3. 均衡调整隆升阶段（ $N_2—Q$ ）

经过前一阶段的隆升和夷平作用，自上新世开始，青藏高原进入一个以大幅度整体隆升为主的新阶段，而且抬升速度有越来越快的趋势。上新世—早更新世仍以压应力为主，以构造抬升为主导；中更新世以来，以张应力为主，以整体均衡隆升为主导。也标志着青藏高原自上新世以来经历了由缓慢抬升到快速隆升的过程。

第四节 金属区域矿产概况

一、区域金属矿产资源概况

截止 2002 年，全省发现各种黑色、有色、贵金属矿种（或元素）共 25 种，其中黑

色金属有铁、铬、锰、钛 4 种；有色金属有铜、铅、锌、镁、镍、钴、钨、锡、钼、汞、锑、铝、铋 13 种；贵金属有金、银、铂、钯、铑、钇、钽、铀、钼 8 种。列入省“矿产储量表”的 21 种，其中金属矿产两种，有色金属矿产 11 种，贵金属矿产 8 种见表 1-1。

表 1-1 青海省黑色、有色、贵金属矿产种类统计表

矿产种类	矿种合计	已发现矿种		
		已探明储量矿种		未探明储量矿种
		上矿产储量表矿种	未上储量表矿种	
黑色金属矿产	4	铁、铬	锰	钛
有色金属矿产	13	铜、铅、锌、镁、镍、钴、钨、锡、钼、汞、锑		铝、铋
贵金属矿产	8	金、银、铂、钯、铑、钇、钽、铀		

(据曹文虎等，2004)

1. 青海省黑色、有色、贵金属矿产地数

截止 2002 年，列入青海省黑色、有色、贵金属矿产地数见表 1-2。

表 1-2 青海省黑色、有色、贵金属矿产储量表的矿产地数统计表

矿产类别	矿产种类	单矿种产地数				备注
		合计	矿床规模			
			大型	中型	小型	
黑色金属矿产	2	28		6	22	
有色金属矿产	11	89	5	17	67	
贵金属矿产	8	44	3	17	24	

(据曹文虎等，2004)

2. 青海省黑色、有色、贵金属矿产资源分布特点

黑色金属矿产

铁矿主要分布于东昆仑西段（肯德可克地区）和东昆仑东段（都兰地区），两区有中型矿床 4 个，小型矿床 7 个；其次为北祁连地区，有中型矿床 1 个，小型矿床两个；再为唐古拉—玉树地区和宗务隆山—青海南山地区，其他地区分布零星。全省从北到南可划分北祁连、中祁连、日月山—拉脊山、宗务隆山青海南山、东昆仑山、治多—赵卡隆、沱沱河—玉树、通天河—囊谦及小唐古拉山等 9 个铁矿成矿带。铁矿成矿时代以华力西期为主，次为蓟县纪、加里东期及印支—燕山期。铁矿类型比较齐全。全省探明的矿产地 22 处，探明资源量 2.25×10^8 t，主要矿产有尕林格、肯德可克、清水河、洪水河、海寺、白石崖和小沙龙等。除个别矿床外，一般矿石较贫或开采条件不利，难以利用。

铬矿主要分布于北祁连中段和柴达木盆地北缘。这两个地区集中了全省的铬铁矿床和绝大多数矿点。此外在都兰地区和拉脊山东段也分布有部分矿点和矿化点。矿床均产于超基性岩体中，类型单一，均为晚期岩浆矿床，成矿时期为加里东期。已探明矿产地 6 处，探明资源储量 56.3×10^4 t，保有资源储量 52.4×10^4 t，主要矿床有玉石沟—百经寺

及绿梁山等。

锰矿仅有几个小矿点，尚无探明储量。

有色金属矿产

铜矿主要分布于鄂拉山及阿尼玛卿山地区，其次为北祁连、拉脊山、黄南同仁和“三江”北延等地。全省共发现铜矿床、矿（化）点 352 处，但上储量表的矿床仅有 19 处，其中德尔尼和铜峪沟两处为大型；赛什塘、尕龙格玛、恰冬、索拉沟、浪力克和红沟等 6 处为中型矿床，小型矿床 11 处，探明铜金属资源储量 190.9×10^4 t，保有资源储量 179.4×10^4 t。铜矿多与铅锌、钴、钼等共生，并伴有金银等多种有益元素。

铅锌矿主要分布于柴北缘、北祁连、东昆仑、鄂拉山及青海南山等地。北祁连地区属祁连成矿区北祁连成矿带，分布郭米寺多金属（以铅锌为主）矿床，小东索铅铁矿床，银灿—浪力克铜铅矿床等中、小型矿床；柴北缘地区属柴达木成矿区柴北缘成矿带，分布双口山、锡铁山等铅锌矿床，是省内重要的多金属成矿带；东昆仑北坡属柴达木成矿区东昆仑北坡成矿带和野马泉—都兰成矿带；鄂拉山—同仁一带属西秦岭成矿区海南黄南成矿带，分布有什多龙，夏布楞、双朋西、老藏沟等中、小型铅锌矿床。全省探明矿产地 23 处，其中大型矿床 1 处，中型 4 处，小型矿床 18 处，探明铅金属资源储量 214.4×10^4 t，锌金属资源储量 280.8×10^4 t。铅金属保有资源储量 162.7×10^4 t，锌金属保有资源储量 228.0×10^4 t。代表性矿床为锡铁山，其次是什多龙、郭米寺等，一般伴生有银、金等矿产。

钴矿主要分布于阿尼玛卿山，其次为东昆仑、鄂拉山和拉脊山，探明矿产地 5 处，其中大型 1 处（德尔尼），小型 4 处，探明金属资源储量 3.4×10^4 t。近几年在东昆仑西段肯德可克、中段的驼路沟及东段督冷沟地区，钴矿找矿均有重要发现。

镍矿主要分布于拉脊山地区，探明矿产地 4 处，其中平安元石山为中型，化隆的拉水峡等小型 2 处，探明镍金属量 11.4×10^4 t，保有资源储量 10.1×10^4 t。

汞矿主要分布于西秦岭地区，探明矿产地 4 处，其中穆黑和沙尔诺为中型，兴海苦海汞矿为大型，赫格楞小型 1 处，探明保有汞金属资源量 4047 t。

钼矿主要分布在杂多地区，其次为同仁、东昆仑和北祁连地区。杂多地区属唐古拉成矿区乌丽—囊谦成矿带，是省内钼矿储藏最丰富的地区，分布着纳日贡玛钼铜矿床，探明的钼金属资源量 6.6×10^4 t；锡矿床 1 处（兴海县日龙沟），探明资源量 2.34×10^4 t；小型钨矿两处，资源量 0.24×10^4 t；小型锑矿两处，探明资源量 0.02×10^4 t。

贵金属矿产

岩金矿床主要分布于柴达木盆地北部边缘及东昆仑地区，其次为北祁连、拉脊山和巴颜喀拉山等地，全省探明岩金产地 19 处，其中滩间山为大型，五龙沟、青龙沟为中型，松树南沟、肯德可克等小型矿床 14 处，全省累计探明金属储量 129.3 t。伴生金主要产于德尔尼、锡铁山、赛什塘，全省伴生金总资源量 62.2 t，保有资源量 56.7 t。

银矿全为伴生矿，主要产于锡铁山、赛什塘，其次为赵卡隆、索拉沟、德尔尼、老藏沟等矿床。全省伴生银总资源量 4008 t，保有资源量 3551 t。

另外在玉石沟、峪龙沟两处共探明铂族金属资源量 209 kg，在酸刺沟及洪水梁地区探明砂铂金属量 22 kg。

3. 金属矿产的分布特征

青海省黑色金属矿产铁矿主要分布于东昆仑北坡的祁漫塔格—都兰地区，次为唐古拉

山，北祁连山，青海东部及柴北缘，发现的矿产地虽多，但无重要成型矿床；铬铁矿集中分布于北祁连山，次为塞什腾山；锰矿分布零星。有色金属矿产除分布中南祁连、柴达木盆地及巴颜喀拉山外，青海省均有分布，尤以柴达木周边、北祁连、阿尼玛卿山及玉树地区较发育。

贵金属矿产中岩金主要见于北祁连、拉脊山、化隆及黄南地区，东昆仑阿尼玛卿山也有零星分布，主要以伴生形式产于有色金属中；砂金遍布全省，尤以巴颜喀拉山分布最广，次为北祁连；银矿多与有色金属矿产相伴（共）生，尚未评价出独立矿床。

二、矿床成因类型的划分

由于我省矿产地质工作研究水平较低，对矿床成因类型只进行初步的划分，具体见下表 1－3。

表 1－3 矿床成因类型

矿床类型 (成矿作用)	亚类 (成矿方式)		成矿环境定位方式，赋矿岩性， 矿石建造	代表性矿床	
岩浆型矿床	岩浆分异矿床		按时间分早、晚期 按环境分原地、贯入	玉石沟铬铁矿床	
	岩浆熔离矿床			拉水峡铜镍矿床	
斑岩型矿床			按组分分铜矿床、钼矿床	纳日贡玛钼铜矿床	
接触交代 热液型矿床	矽卡岩矿床				
	热液矿床			群力铁矿床	
海相火山型矿床	火山岩浆矿床	火山喷气成因	以超镁铁—镁铁质岩容矿的矿床	车拉涌铁矿	德尔尼铜钴矿
	火山气液矿床		以长英质岩容矿的矿床		
	火山沉积矿床	喷气沉积成因	以碎屑岩容矿的矿床	冶金山铁矿	铜峪沟矿
			以碳酸盐容矿的矿床		锡铁山铅锌矿
陆相火山型矿床				老藏沟多金属矿床	
渗滤交代型矿床				元石山铁镍矿床	
	含铜（铅锌）砂（页）矿床				
	胶体化学沉积矿床		按环境分为海相、湖沼 按建造分碳酸盐碎屑岩、	阿力克铁矿	
	残余矿床			阿夷则马赛铁帽	
	淋积矿床			德尔尼铁帽金矿床	
变质型矿	变质矿床	接触矿床		夹道沟红柱石矿点	
		区域矿床	按建造分碳酸盐、碎屑岩	清水河铁碳酸盐碎屑岩	

第二章 青海省金属矿床成矿类型及矿床模式

青海省金属矿床分布广泛，其成矿环境复杂，含矿岩石建造类型繁多，形成各具特色的成矿类型和矿床模式。

第一节 金属矿床类型的划分及青海省金属矿床类型

尽管近年来青海省金属矿产的找矿和矿床研究取得一定进展，总的看来青海省的地质找矿和矿床研究工作程度不高。青海省的金属矿床的成矿地质背景比较复杂，一个矿床常具多种金属共（伴）生，多阶段成矿特点。为此我们以与成矿关系密切或含矿的岩石建造为主线，按不同时代不同成因（以内生矿床为主）划分出青海省金属矿床类型，其分布见图2-1。

对矿床的分类，最初是根据矿产品及其形态特征进行的，这对经济学家和采矿工程师评估和开采一个矿山是有用的，但它把众多的、复杂的矿床形态特征归纳在一起，这对矿产勘查的意义不大。后期逐渐发展为成因分类，因而，近年来随着分析测试和实验的不断发展，对矿床的成因几经改变，但它往往涉及矿床成因的许多不确定性因素而遇到种种困难，很多矿床学家开始强调矿床形成的地质背景和成矿环境（裴荣富，1995）。这种分类转向为构造环境—矿床主岩岩石组合。依据矿床产出的地质环境和容矿岩石组合进行的矿床分类，不涉及有争议的成因要素，分类的依据明确，并有利于从成矿地质环境和容矿岩石组合出发去寻找与之有关的某类矿产，因此，本书采用了该种分类方案。

第二节 不同建造中的金属矿床

在青海省地质演化的不同时期具有不同沉积构造环境，沉积有各具特色的岩石建造，在此基础上形成了各种类型的金属矿床（表2-1）。

一、古元古界变质火山沉积建造中的金属矿床

青海省古元古界变质岩主要分布于中北部的古陆块（微陆块）及早古生代岛弧隆起带（中祁连、东昆仑北坡）的隆起区、早古生代活动型沉积盆地（北祁连、东昆仑南坡、祁漫塔格）；中南部的晚古生代裂谷带（布青山—阿尼玛卿山）、早中生代岛弧隆起带（唐古拉—杂多）的局部地段也有零星出露。其岩性组合大同小异，周显强等（1996）对都兰地区的古元古界变质岩进行了原岩恢复研究，结果认为：“黑云斜长片麻岩的原岩主要是安山质凝灰岩，少量为泥质砂岩；二云斜长片麻岩的原岩为泥质砂质岩；斜长角闪片岩的原岩为安山岩、玄武岩；大理岩的原岩为泥质灰岩。总之，原岩为泥质砂质岩—中基

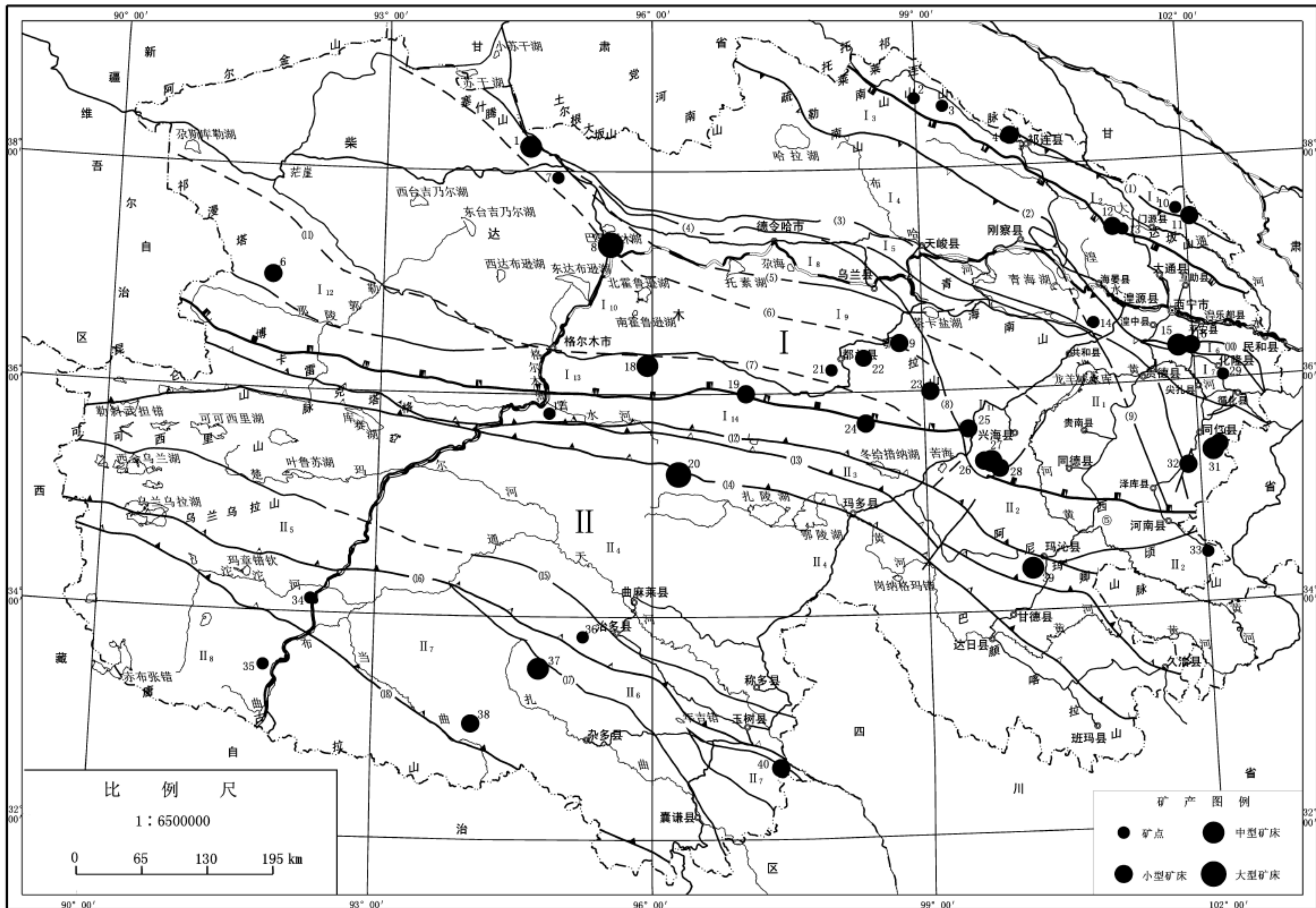


图2-1 青海省金属矿产分布图

I—泛华夏大陆早古生代秦祁昆构造区: I₁ 华北陆块; I₂ 北祁连早古生代结合带; I₃ 中祁连—大通山早古生代岛弧隆起带; I₄ 南祁连微陆块—党河南山岩浆弧带; I₅ 宗务隆山晚古生代—早古生代裂陷槽; I₆ 拉脊山陆间裂谷带; I₇ 日月山—化隆断隆带; I₈ 欧龙布鲁克微陆块; I₉ 柴北缘奥陶纪消减带; I₁₀ 柴达木陆块; I₁₁ 都兰—鄂拉山基底隆起带晚古生代—三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔; I₁₂ 祁漫塔格弧后盆地; I₁₃ 东昆仑北坡岩浆岛弧带; I₁₄ 东昆仑前锋弧南缘古生代消减杂岩带; II—泛华夏大陆晚古生代藏北(羌塘)三江弧—盆系: II₁ 共和三叠纪残余盆地; II₂ 西倾山晚古生代盆地; II₃ 阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂带; II₄ 巴颜喀拉晚古生代—中三叠世弧后盆地; II₅ 西金乌兰—义敦中生代弧后盆地; II₆ 德格—年吉错弧间盆地; II₇ 开心岭—杂多岛弧—弧间盆地; II₈ 小唐古拉山弧前盆地, (1) 冷龙岭北坡断裂带, (2) 中祁连南缘断裂带, (3) 宗务隆山—青海南山断裂带, (4) 宗务隆山南缘断裂带, (5) 鱼卡—旺尕秀断裂带, (6) 柴达木北缘深断裂, (7) 格尔木隐伏断裂, (8) 鄂拉山断裂带, (9) 倒淌河—泽库断裂带, (10) 拉脊山北缘深断裂, (11) 那棱郭勒河断裂, (12) 博卡雷克塔格—阿尼玛卿深断裂, (13) 布青山—江千深断裂, (14) 玛多—甘德断裂带, (15) 西金乌兰湖—歇武断裂, (16) 乌兰乌拉湖—玉树深断裂, (17) 马曲河断裂带, (18) 当曲河断裂

表 2 - 1 青海省不同岩石建造金属矿床一览表

岩石建造	层位或成矿期			矿床和矿点	图 2 -1 顺序号
中深变质火山沉积建造	元古宇	古元古界		五龙沟金矿	18
				沙柳河南区钨锡铅锌矿	9
中元古界		清水河铁（钻）矿	19		
		新元古界		滩间山金矿	1
沉积炭硅泥建造	下古生界	寒武系	下寒武统	驼路沟钴（金）矿	17
含重晶石的炭硅泥建造			中寒武统	穹阳河—郭米寺铜多金属矿	4、5
硅铁岩建造		奥陶系		上奥陶统	银灿铜矿
石英角斑岩、硅铁岩建造			浪力克铜矿		11
次火山岩			穿刺沟—红土沟金矿		3
中基性火山岩 + 超基性岩			红沟铜矿		12
基性火山岩（细碧岩）建造			松树南沟金矿		13
基性火山岩建造			锡铁山铅锌矿		8
炭硅泥建造			肯德可克钴铋金多金属矿		6
炭硅泥岩 + 层砂卡岩建造					
炭硅泥建造	上古生界	石炭系	下石炭统	果洛龙洼金矿	24
含煤铁碎屑岩建造					
硅质岩 + 层砂卡岩建造		二叠系	下二叠统	铜峪沟铜矿	27
				日龙沟锡多金属矿	26
				赛什塘铜多金属矿	28
德尔尼铜钴矿				39	
玄武岩建造				旦荣铜矿	38
次安山岩建造			开心岭铁矿	34	
火山沉积建造	中生界	三叠系	下中三叠统	恰冬铜矿	31
火山沉积—次火山岩建造				索拉沟银多金属矿	25
碎屑沉积岩建造				大场金锑矿	20
碎屑岩夹灰岩、硅质岩建造				赫格楞汞锑矿	33
含重晶石的炭硅泥建造		上三叠统	赵卡隆铁多金属矿	40	
长英质火山岩建造			尕龙格玛铜铅锌矿	36	
火山—次火山岩建造			老藏沟铅多金属矿	32	
碎屑岩 + 碳酸盐岩建造			侏罗系中侏罗统		小唐古拉山铁多金属矿
基性—超基性岩	侵位于下古生界			拉水峡、裕龙沟铜镍矿	28、14
				玉石沟、绿梁山铬铁矿	2、7
				上庄铁磷稀土矿	15
				元石山铁镍矿	16
中酸性侵入岩	华力西—印支期			什多龙铅锌（银）矿 双朋喜金矿	23、30
				白石崖铁矿 海寺铁矿	21、22
浅成花岗斑岩建造	喜马拉雅期			纳日贡玛铜钼矿	37

性火山岩—碳酸盐岩沉积建造”。古元古界变质火山沉积中，金属矿床（点）分布较多，具有较独特的成矿类型及矿床模式。

（一）古元古界变质火山沉积建造中的构造—岩浆复合改造矿床

青海省古陆块或微陆块、微地体的古元古界变质岩，经受多期造山活动叠加，区域变质、动力变质、岩浆热液改造作用强烈，其中铁、钨、锡、铅、锌、金等贵、多金属矿床比较发育，主要分布在省中北部的古陆块、古微陆块和微地体。

沙柳河南区钨锡铅锌矿床

1. 大地构造背景

矿床产于都兰—鄂拉山三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：古元古界变质岩在矿区构成陡倾的单斜层，近东西向展布。发育近东西向的断裂系统，由三个（ F_1 、 F_2 、 F_3 ）平行排列、大致等距的主断裂带以及它们的一系列低级别的断裂密集带组成。断层带内碎裂岩、角砾岩、断层泥、糜棱岩、构造透镜体等发育，岩石片理化及各种蚀变强烈，显多期活动特征；其次有北西向北东向断裂，这两组断裂通过岩体时岩体强烈破碎和蚀变，并有石英脉产出。矿区内印支期中酸性侵入体或岩脉发育，岩性以二长花岗岩为主，呈岩株状产出；其次有斜长花岗斑岩、花岗斑岩、闪长玢岩、闪长岩岩脉或岩墙。岩脉走向有近东西向、北西向近南北向等多组，显示脉岩受多组断裂控制并有多期脉岩岩浆侵入活动。据青海省地质八队和区调综合队的光谱分析资料，矿区似斑状黑云二长花岗岩含锡 10×10^{-6} ，为世界花岗岩平均值的 3.3 倍，主要集中在黑云母中；钨含量为 $(2.3 \sim 3.1) \times 10^{-6}$ ，为世界花岗岩岩平均值的 1.8 倍、铅 (149×10^{-6}) 、锌 (659×10^{-6}) 含量也较高，可以看作是钨、锡的成矿母岩。

赋矿岩石特征：黑云斜长片麻岩的原岩主要为安山质凝灰岩；少量为泥质砂岩，二云斜长片麻岩的原岩为泥砂质岩，斜长角闪片岩的原岩为安山岩、玄武岩，分别属于钙碱性系列和拉斑玄武岩系列的钙碱性岩石，大理岩的原岩为泥质灰岩。总之原岩为一套泥质砂质岩—中基性火山岩—碳酸盐岩沉积建造。

成岩成矿时代：据周显强等（1996），矿区 7 件矿石的单阶段模式年龄 44.05 ~ 362.11 Ma，大多数与黑云二长花岗岩成岩年龄（213 ~ 240 $\pm$ 11 Ma）相当；个别（黄铁矿）年龄值（362.11 Ma）与地层变质年龄相当。

矿区黑云二长花岗岩全岩的单阶段模式年龄为 1050.00 Ma，明显大于岩体的成岩年龄（约 213 Ma）。显示黑云二长花岗岩侵入活动过程中混入元古宇中的铅。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：为古元古界（ Pt_1 ）变质岩系，其主要岩性为黑云斜长片麻岩夹大理岩、矽卡岩、混合岩化片麻岩、斜长角闪片岩（图 2-2）。

矿体特征：矿区有 I、II、III 矿带，自南向北（自下而上）：

I 号含矿带长 1150 m，宽 50 ~ 80 m，由 24 个矿（化）体组成，矿体多呈透镜状，部分似层状。其中以 26、31 号矿体规模较大，26 号矿体为铅锌钨锡硫复合矿体，似层状，长 200 m，厚 8.93 m，产于混合岩化黑云斜长片麻岩层中的大理岩（矽卡岩）夹层底板，产状与地层基本一致，该矿地表以锡（Sn0.44%）为主，局部含钨铅锌及硫铁，向下铅

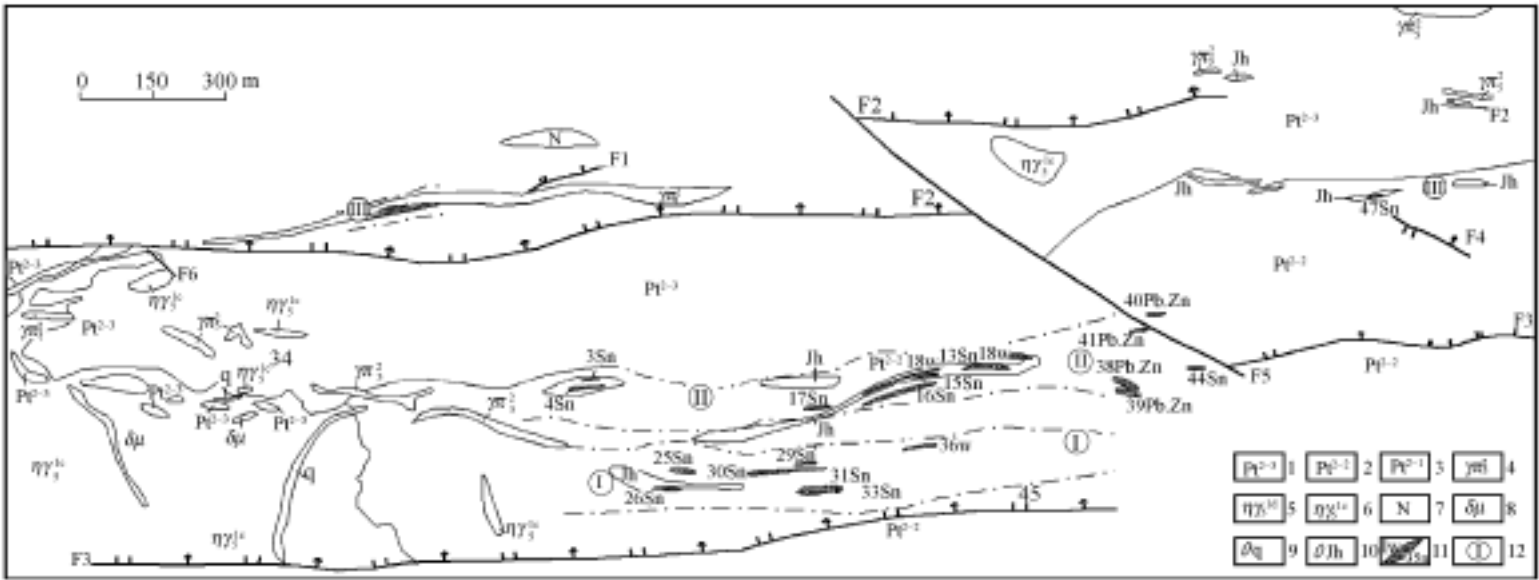


图 2-2 沙柳河南区多金属矿区地质图

1~3—寒武系片麻岩组中段：1—二云斜长片麻岩夹黑云斜长片麻岩，Ⅱ号含矿带赋存该层中；2—黑云斜长片麻岩夹二云斜长片麻岩、大理岩、斜长角闪片岩，Ⅰ号含矿带赋存该层中；3—二云斜长片麻岩夹眼球状黑云斜长片麻岩；4—斜长花岗斑岩；5—云英岩化二长花岗岩；6—斑状二长花岗岩；7—闪长岩脉；8—闪长玢岩脉；9—石英脉；10—氧化带；11—矿体及编号；12—含矿带编号及界线

锌占优势（Pb9.24%、Zn5.49%、Sn0.39%）；31号矿体，长100m，宽8.5m，浅部为锡（Sn0.58%）、硫（S为22.64%）矿体，局部有铅（Pb为0.76%），深部见铅锌矿体。含矿层岩性为矽卡岩及黑云斜长片麻岩。

Ⅱ号矿带长2000m，宽40~80m，产于黑云斜长片麻岩夹大理岩（矽卡岩）中，局部有斜长片麻岩、混合岩化片麻岩、斜长角闪片岩等，已发现有35个矿体，以18、15、38号矿体规模较大。18号矿体长140m，宽4.8~9.2m，似层状，以钨为主（WO₃为0.44%），局部含铅（Pb0.33%）、铜（Cu0.35%）。含矿层岩性为斜长角闪片岩和二云斜长片麻岩。15号矿体，长105m，宽7.7m，似层状，以钨锡（WO₃0.37%、Sn0.11%）为主，局部含铜（0.27%）。含矿层岩性为斜长角闪片岩和二云斜长片麻岩。38号矿体，长83m，宽1~4.5m，细脉状，以铅锌为主（Pb3.85%、Zn2.45%），局部含铜（Cu0.377%），含矿层岩性为矽卡岩化大理岩。

Ⅲ号矿带控制长1000m，宽20~30m，主要由二云斜长片麻岩、大理岩组成。由于工作程度低，圈出矿体少。

已发现的矿体多呈似层状、扁豆状、透镜状，成群出现，沿近东西方向雁行状排列；矿体膨缩变化明显，尖灭侧现常见。

矿石结构构造：主要为粒状结构、交代残余结构，其次为乳浊结构、包含结构，偶见文象结构、鳞片变晶结构、纤维或放射状变晶结构等；星散浸染状、稀疏浸染状、脉状构造为主，次为斑杂状、稠密浸染状、块状、条带状构造，偶见胶状、角砾状构造等。

主要矿物成分：金属矿物组合复杂，主要有磁铁矿、锡石、白钨矿、闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿；次有黄铜矿、黝锡矿、毒砂、白铁矿、胶状黄铁矿、褐铁矿、黄钾铁矾、黝铜矿等；少见矿物有：斑铜矿、辉铋矿、硫钴矿、白钛矿、锐钛矿、孔雀石、蓝铜矿、白铅矿、铅矾、自然铋、辉钼矿、针铁矿。脉石矿物随围岩不同而变化，主要有透辉石、石榴子石、阳起石、透闪石、绿泥石、绿帘石、石英等；次有斜长石、白云母、

绢云母、黑云母、黝帘石、符山石、硅灰石、粒硅镁石、金云母；少见矿物磷灰石、榍石、石墨。矿石的有益组分复杂，有钨、锡、铅、锌、铜等。

围岩蚀变：主要有矽卡岩化，次为绿泥石化，局部有碳酸盐化、硅化、蛇纹石化及绢云母化粘土化等。此外，普遍有黄铁矿化磁黄铁矿化。矽卡岩化、绿泥石化与成矿关系密切，黄铁矿化、磁黄铁矿化强烈地段，往往有铅锌钨锡矿体存在。

4. 成矿机理

(1) 沉积—火山作用提供物质来源：元古宙时期，地壳下陷，沉积环境相对稳定，在沉积间断期间，火山岩浆活动频繁，矿区古元古界斜长角闪片岩中含锌达 108×10^{-6} ，是同类岩石世界丰度值的 6.5 倍，本区花岗岩锌丰度值偏高最高可达世界花岗岩丰度值的 13.9 倍。而且深熔花岗岩类继承了地层中的锌，并在较晚期花岗岩中进一步富集。钨在地层中含量较低，在花岗岩类中含量较高，为 $(2.3 \sim 5.8) \times 10^{-6}$ ，高出世界花岗岩丰度值的 1.7 ~ 3.9 倍。锡在地层中的含量也不高，花岗岩中含锡 $(3.4 \sim 58) \times 10^{-6}$ ，比世界花岗岩丰度值 (3.0×10^{-6}) 高出 1.13 ~ 19.3 倍。从以上可以看出，钨锡主要来源于花岗质岩浆，少部分从变质火山沉积岩中汲取；铅锌和铁铜主要在热液和热动力作用下从变质火山沉积岩（主要是斜长角闪片岩）中获得，部分来源于花岗质岩浆；形成富含铁、铅、锌、铜、硫等元素的火山沉积岩（矿源层）中。

(2) 变质作用形成成矿流体：据周显强等（1996）研究，都兰地区古元古界有 870 ~ 950 Ma、386 ~ 460 Ma、200 ~ 280 Ma 三个同位素年龄值显示本区历经晋宁造山期和加里东、华力西等多期叠加造山活动，区域变质作用、动力变质作用强烈，形成变质热液；变质火山沉积岩中造矿元素活化，并为变质热液汲取，形成成矿流体。区域变质和动力变质作用是成矿作用孕育和发生的一个重要成矿动力。

(3) 岩浆侵入和叠加成矿期：矿区斜长角闪片岩、黑云斜长片麻岩中角闪石 δD 值分别为 - 143‰、- 129‰， δD_{H_2O} 值分别为 - 78.11‰和 - 76‰，与变质岩的 δD 值（- 30‰ ~ - 130‰）有差别，显示变质过程中有雨水参与；似斑状黑云二长花岗岩的黑云母 δD 值为 - 71‰，属岩浆水；矿化矽卡岩和矿石中透闪石 δD 值 - 101‰、绿帘石 δD 值 - 91‰、 δD_{H_2O} 值 - 29‰，绿泥石 δD 值 - 113‰、 δD_{H_2O} 值 - 60.1‰，阳起石 δD 值 - 120‰、 δD_{H_2O} 值 5.7‰，属岩浆水。

受印支期中酸性岩浆侵入，深熔岩浆从深处带来钨、锡、岩浆水等，又从途经围岩中汲取铅、锌、硫和有天水参与的变质水等，形成成矿流体，活化、萃取地层中的成矿元素，形成成矿热液，在一定的物理化学环境中成矿。据周显强等资料，矿区 20 个矿（岩）石的黄铁矿、磁黄铁矿 $\delta^4 S$ 为 - 0.04‰ ~ + 11.3‰，其中矿石中硫化物的 $\delta^4 S$ 为 + 1.7‰ ~ - 4.33‰，矿化蚀变围岩中硫化物的 $\delta^4 S$ 为 + 11.3‰ ~ - 0.38‰，可能是岩浆硫和地层硫混合的结果。

硫为岩浆硫和地层硫的混合产物，形成矿床的热液水以岩浆水为主，局部混有少量变质水，随着成矿作用过程的进行，成矿热液水中大气降水的比重趋向于增加；碳主要来源于地层中的碳酸盐岩，可能有少量碳来自岩浆碳。

似斑状黑云斜长花岗岩中钾长石的 $\delta^{18} O$ 值 6.0‰，石英的 $\delta^{18} O$ 值 9.1‰，矿区含矿地层的二云斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪片岩的 $\delta^{18} O$ 值 6.3‰ ~ 17.1‰，其中变质火山岩（黑云斜长片麻岩斜长角闪片岩）中的石英 $\delta^{18} O$ 为 9.9‰ ~ 8.8‰，角闪石 $\delta^{18} O$

为 8.9‰，钾长石 $\delta^8\text{O}$ 为 5.7‰，黑云斜长片麻岩全岩 $\delta^8\text{O}$ 为 8.8‰，斜长角闪片岩全岩 $\delta^8\text{O}$ 为 6.3‰。与玄武岩 $\delta^8\text{O}$ 值 (10.5‰ ~ 5.5‰) 相吻合。石英 $\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 -1.02‰ ~ 2.1‰；钾长石 $\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值为 2.6‰，明显高于石英 $\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值。表明成矿热液具有氧漂移特征，这种变异可能与有雨水局部混染有关。二长花岗岩的钾长石 $\delta^8\text{O}$ 值 1.5‰，石英 $\delta^8\text{O}$ 值 10.4‰，其值分别为 -3.7‰ 和 3.3‰。表明岩浆水中混入一定量的雨水。

钨矿石或含钨矽卡岩中石英的 $\delta^8\text{O}$ 值 9.2‰ ~ 12.3‰， $\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值 -1.5‰ ~ 6.6‰，方解石 $\delta^8\text{O}$ 值 12.0‰，绿泥石 $\delta^8\text{O}$ 值 6.1‰， $\delta^8\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值 10.84‰；铅锌矿石的方解石 $\delta^8\text{O}$ 值 -2.0‰，阳起石 $\delta^8\text{O}$ 值 -4.4‰。显示钨的成矿热液中以岩浆水为主，混有少量雨水；铅锌成矿热液中有一定量的雨水参与。

根据周显强等 (1996) 矿物包裹体测试结果：含白钨矿、锡石、黄铁矿的矽卡岩阶段的成矿温度 450 ~ 360℃；成矿流体盐度 21.5% ~ 5.9%，集中于 18% ~ 11%；成矿流体密度 0.534 g/cm³。钨锡主要成矿阶段的成矿温度为 390 ~ 260℃；成矿流体盐度 15% ~ 3.1%，集中于 13% ~ 4%；成矿流体密度 0.712 ~ 0.830 g/cm³。铅、锌、硫铁主要成矿阶段的成矿温度为 280 ~ 100℃；成矿流体盐度 4.1% ~ 0.5%，集中于 4% ~ 1%；成矿流体密度 0.815 ~ 0.974 g/cm³。

造山或叠加造山活动期间，区域变质、动力变质作用强烈，矿源层中的铁、铜、铅、锌、硫等成矿元素活化，与变质水一起形成成矿流体；造山活动特别是印支期叠加造山活动，有含钨、锡等成矿元素较高的 S 型花岗岩浆侵入，又为成矿作用提供部分成矿物质和热动力。岩浆热液和变质热液组成的混合型成矿流体，在多期活动断裂系统中运移、充填、交代、沉淀，形成钨、锡、铅、锌、铜、硫矿床。

从上述控矿因素、矿床矿体特征、围岩蚀变、成矿物化条件、成矿物质来源、成矿时代等特点看沙柳河南区有色金属矿床应为变质岩浆热液叠加型矿床。在此基础上，我们根据矿床具多种的成矿动力（区变质作用、动力变质作用、岩浆热液活动）和矿源层（变质中基性火山岩）的控矿作用，将此类表面与矽卡岩型矿床相似，又与典型矽卡岩型矿床有本质差别的矿床。定为构造—岩浆热液复合改造矿床（图 2-3）。类似矿床还有：都兰沙柳河本区钨锡多金属矿、小通突尔沟西钨锡多金属矿、都兰小卧龙铁锡矿、占卜扎勒铁（锡）矿、沙那黑沟口铅锌钨锡矿、一棵松多金属矿点等。

尕子黑钨锌矿床

1. 大地构造背景

产于欧龙布鲁克微古陆块东段，为断裂构造发育，并有中酸性岩体（脉）分布的多期构造—岩浆活动强烈的地质环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区为近东西向的向斜构造，断裂构造发育，以近东西向断裂最为发育，具有规模大，形成时间早的特点，沿走向倾向均呈波浪状，断裂带中断层角砾岩发育，断层角砾为矽卡岩化长英质岩或网状石英脉所胶结，断裂带中的岩石普遍片理化或糜棱岩化。矿化蚀变带及其围岩普遍碎裂化、糜棱岩化，构成动力变质岩带（构造破碎带和糜棱岩化带），一般说来动力变质岩最发育地段矿化强，张性裂隙发育或两组断裂交汇处是富矿聚集场所，显示构造控矿特征。钨钨矿体产于与中酸性岩浆侵入活动有关

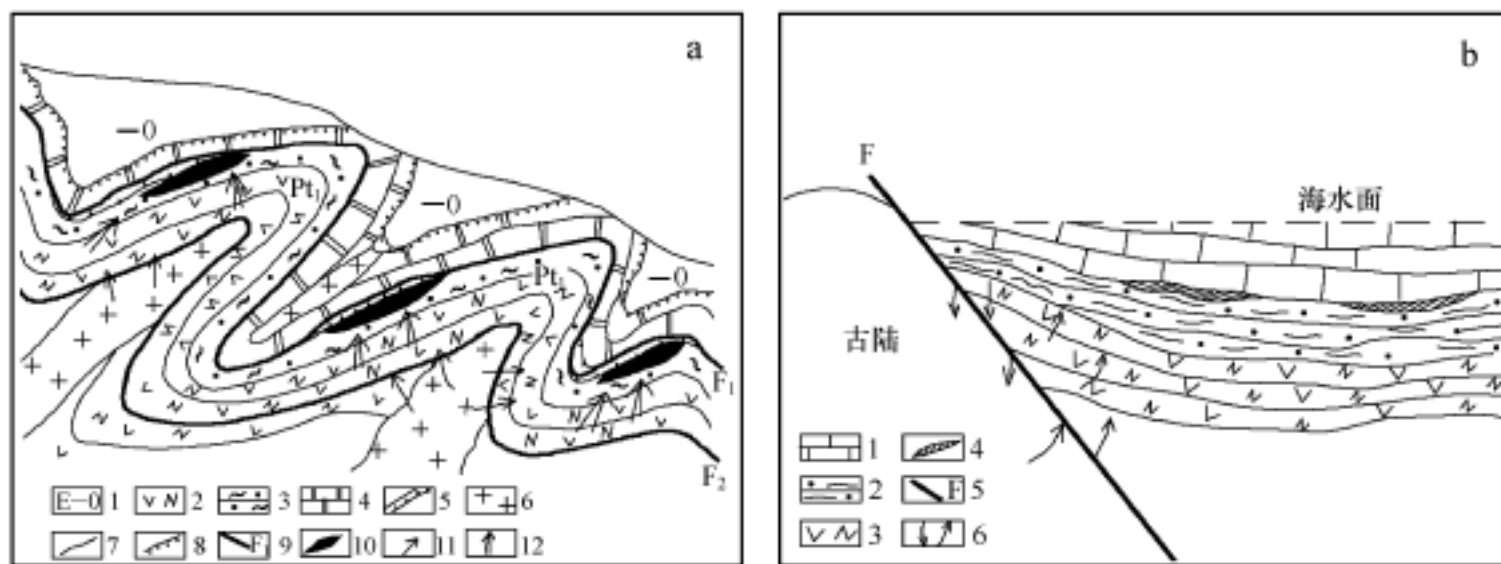


图 2-3 沙柳河南区古元古界火山沉积形成示意

- a: 1—寒武—奥陶系; 2—古元古界变质火山岩; 3—古元古界变质泥砂质岩; 4—古元古界大理岩; 5—砂卡岩化; 6—中酸性侵入岩; 7—地质界线; 8—不整合界线; 9—断层; 10—矿体; 11—中酸性岩体活动带来 W、Sn 等成矿元素; 12—从火山岩中帶出 Cu、Fe、Pb、Zn 等成矿元素
- b: 1—碳酸盐岩; 2—含火山物质的泥砂质沉积岩; 3—中基性火山岩; 4—硅质岩; 5—同生断裂; 6—热水循环活动

的砂卡岩带侵入岩有矽子黑花岗闪长岩体 (同位素年龄值为 228 Ma), 出露于矿区南 600 m。并有花岗闪长岩及闪长玢岩、花岗斑岩、花岗伟晶岩等岩脉分布。微量元素分析结果表明, 花岗闪长岩含钨量为 32×10^{-6} , 为中酸性岩平均丰度的 24 倍。

赋矿岩石特征: 含矿岩系的原岩为火山沉积岩。其中, 下岩性段角闪斜长片岩、斜长片岩等, 其原岩为中基性火山岩; 中上部的斜长石英片岩、黑云母石英片岩等, 原岩为与火山活动有关的喷流沉积硅质岩或泥硅质岩; 下岩性段上部 and 上岩性段的变粒岩、大理岩等, 原岩为正常沉积的砂岩、白云质灰岩。锌钨矿体主要赋存于喷流沉积的硅质岩、泥硅质岩 (斜长石英片岩、黑云石英片岩) 和正常沉积的白云质灰岩 (白云质大理岩) 中。

成岩成矿时代: 达肯大坂岩群经历了麻粒岩相—高角闪岩相变质和重熔作用改造, 形成时间为 1939 Ma (郝国杰等, 2004)。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位: 为古元古界变质岩系 (Pt₁dk)。该岩系分上下两岩性段。下岩性段有: 角闪斜长片岩、变粒岩夹黑云母石英片岩、大理岩、透辉斜长片岩、大理岩夹黑云母石英片岩、上部夹钙质黑云母斜长片岩; 上岩性段为斜长石英岩夹黑云石英片岩和大理岩、黑云母石英片岩夹有红柱石二云石英片岩和薄层大理岩、角闪石英片岩。

矿体特征: 锌钨矿体呈似层状产于距华力西期花岗闪长岩体 600 ~800 m 的砂卡岩带, 其产状与围岩及近东西向的层间断裂一致。有两个主矿体。其中 I 号矿体, 走向长 535 m, 厚一般 2 ~3 m, 最厚 9.28 m, 最大延深 233 m, 走向近东西, 倾向南, 倾角 40° ~50°。WO₃ 含量: 平均 0.256%, 最高 0.508%; Zn 平均品位 0.76%, 最高 2.77%, 含 Ag 最高达 21.3 g/t。II 矿体长 156.4 m, 厚 2 m, 延深 59 m。WO₃ 平均品位 0.174%, Zn 平均品位 0.42%。

矿石结构构造: 由闪锌矿白钨矿矿石、白钨矿矿石及闪锌矿矿石组成, 具他形—半自

形粒状结构，浸染状构造。

主要矿物成分：矿石中金属矿物有磁黄铁矿、黄铁矿、白钨矿、闪锌矿、黄铜矿及镍黄铁矿、胶黄铁矿、斜方辉铅铋矿等；脉石矿物以绿帘石、透辉石、石英为主，次有方解石、绿泥石和少量榍石。

围岩蚀变：在尕斯库勒黑花岗闪长岩体外接触带的白云质大理岩和钙质片岩中，普遍有透辉石化、绿泥石化、绿帘石化以及透辉石绿帘石矽卡岩化、透闪石化，其次有粒硅镁石化、金云母化。构成数个层状的蚀变带或层状矽卡岩带。

4. 成矿机理

古元古代时期古陆核形成，早期表现为强烈的花岗质岩浆活动和钾质混合岩化，晚期达肯大坂岩群表现为基性火山喷发和中酸性火山沉积为主，形成富含锌等成矿元素的矿源层；欧龙布鲁克古陆块与柴达木陆块在挤压机制的作用下，发生强烈陆陆碰撞。欧龙布鲁克古陆块表现为强烈的岩浆作用，中基性火山沉积岩中的成矿元素活化，并与变质水一起形成成矿流体；伴随造山活动的中酸性岩浆侵入活动，岩浆热液带来钨等成矿元素，与含锌等成矿元素的变质热液组成复合成矿流体，在构造和物理化学条件转换部位成矿。形成构造—岩浆热液复合改造型锌钨矿床。

（二）古元古界变质火山沉积建造中的动力改造型金矿床

古元古界变质火山沉积建造中的金矿床（矿点）主要为动力改造作用形成的韧性剪切带型、构造蚀变岩型和石英脉型金矿床，分布在东昆仑北坡和都兰地区，已发现有五龙沟金矿床、瓦勒尕金矿点等。

五龙沟金矿床

1. 大地构造背景

处于东昆仑北坡岩浆弧带。为古元古界变质火山沉积建造中的华力西—印支叠加造山期构造—岩浆活动成矿环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：区内断裂以北西（或北北西）向为主，即五龙沟—石灰沟韧性剪切带呈北西西向横贯全区，北西向大型剪切带的旁侧次级配套构造，为主要控矿构造，其性质为多期活动的脆性断裂，沿断裂走向分支复合及“S”型扭转特征明显。岩浆岩以石灰沟片麻状花岗闪长岩体和外滩超基性—中性杂岩体及闪长玢岩—隐爆角砾岩为主。

赋矿岩石特征：五龙沟金矿床矿化蚀变的原岩有黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、片麻状花岗闪长岩、大理岩、长英质糜棱岩、（石英）闪长玢岩质岩枝（脉）及隐爆角砾岩等，受蚀变构造破碎带控制，地层及岩性控制特征不明显。

成岩成矿时代：根据前人在五龙沟金矿获得的大量年代学数据。钱壮志等（1999）测得矿化闪长玢岩全岩 Rb—Sr 等时线年龄 209.09 Ma；袁万明等（2000）利用裂变径迹法测得Ⅲ-1 号矿体的锆石裂变径迹年龄为 216.0 ± 11.7 Ma，Ⅲ-2 矿体的锆石和磷灰石裂变径迹年龄分别为 235.0 ± 8.9 Ma 和 200.5 ± 7.1 Ma，测得红旗沟岩体的锆石裂变径迹年龄为 223.3 ± 12.7 Ma。张德全等 测得Ⅲ-1 号矿体的强烈黄铁绢英岩化糜棱岩型金矿石

张德全，李大新．柴达木盆地北缘成矿地质环境及找矿远景对比研究，内部报告，2001.

的绢云母³⁹Ar-⁴⁰Ar 年龄为 236.5 ±0.5 Ma, ³⁹Ar/³⁶Ar-⁴⁰Ar/³⁶Ar 等时线年龄为 238.57 ±3.46 Ma; 上述年龄数据表明, 五龙沟金矿床的成矿年龄应该为印支期, 其主成矿期为 236.5 Ma。同时, 又显示出成矿作用的多期多阶段叠加。据陆松年 (2002) 对东昆仑北西向大型剪切带不同地段的水热蚀变矿物测年数据表明, 这些大型剪切带至少经历了晚加里东期 (399.4 ~439.3 Ma) 和晚华力西-印支期 (216.5 ~240 Ma) 两次构造活动。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位: 矿区出露地层主要为元古宙金水口群变质程度达角闪岩相的火山-沉积建造, 岩性为黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、石英片岩和大理岩, 局部有不同程度混合岩化 (图 2-4)。

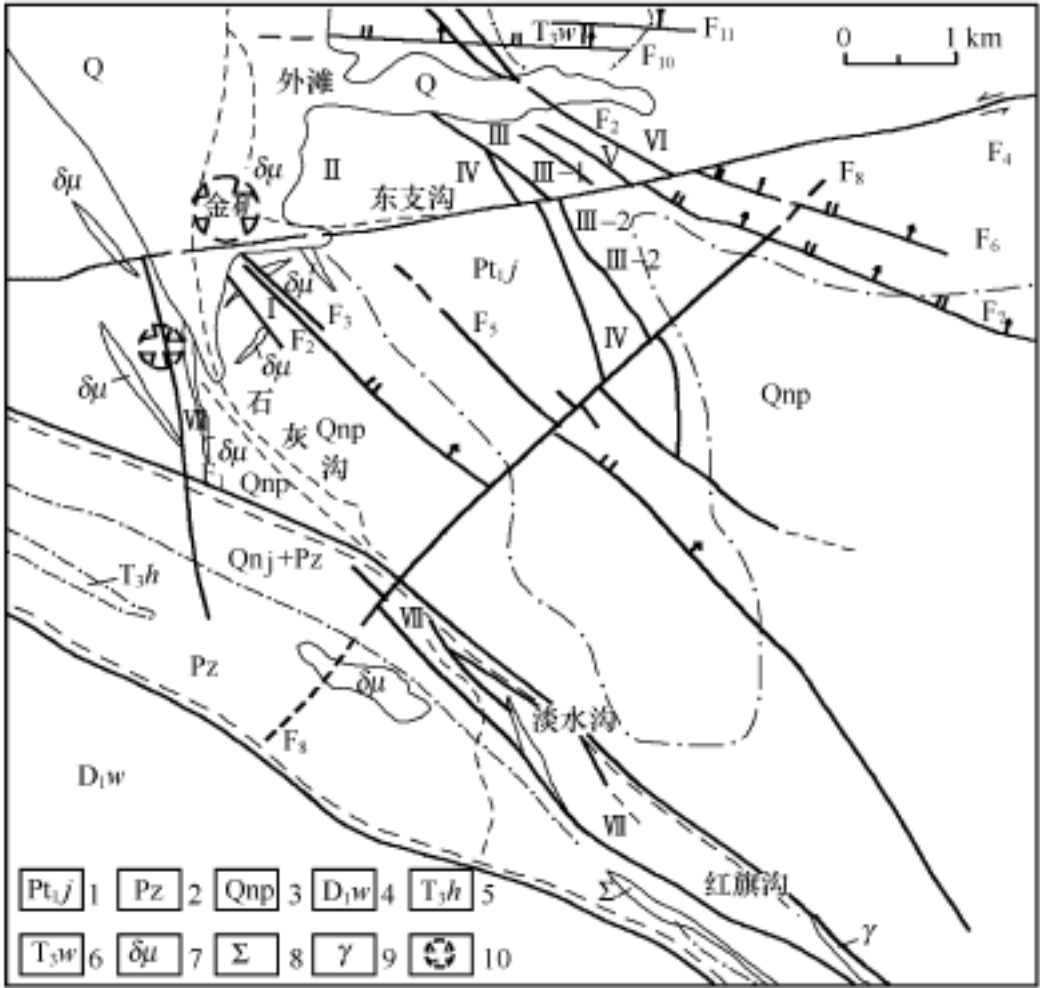


图 2-4 五龙沟金矿区构造图

- 1—古元古界金水口群; 2—古生界火山岩; 3—新元古代花岗闪长岩; 4—华里西期二长花岗岩; 5—印支期钾长花岗岩; 6—加里东期超镁铁质-铁质岩-中性岩; 7—闪长玢岩; 8—辉橄岩; 9—钾长花岗岩脉; 10—一次火山活动中心

矿体特征: 五龙沟金矿床包括五龙沟中支沟、石灰沟、东支沟、淡水沟、红旗沟等几个金矿段。到目前为止, 共发现 10 条金矿化带, 其中以Ⅲ、Ⅳ、Ⅶ矿带矿化最强、地质特征最典型, 矿区已发现金矿带 10 多条, 受北西-北西西向断裂控制, 近平行斜列展布, 延伸较稳定, 如Ⅲ、Ⅶ号矿带沿走向延伸超过 7 km。矿带中金矿体成群出现, 矿体呈脉状、扁豆状、透镜状、不规则状, 单个矿体长数十米至数百米, 厚数十公分至数米, 分支复合、膨大缩小明显。

矿石结构构造: 矿石具交代鳞片花岗结构、碎裂变形糜棱结构; 矿石构造以浸染状和细网脉状为主, 次为角砾状、条带状和环带状构造。

主要矿物成分：金属矿物为黄铁矿和毒砂，次为辉锑矿、辉铁锑矿及少量自然金、白铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等；脉石矿物有石英、绢云母、斜长石、方解石等。金主要呈显微—超显微自然金赋存于石英、黄铁矿、毒砂、辉锑矿等矿物晶隙或裂隙中。

矿石（化）类型：主要为构造蚀变岩型、石英脉型。

围岩蚀变：主要有黄铁绢英岩化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂矿化、碳酸盐化及绿泥石化等，构成北西—北西西向构造蚀变带。其中黄铁绢英岩化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、毒砂矿化与金矿化关系密切。

4. 矿床机理及模式

五龙沟金矿区金矿化的发生受区域地质构造背景和区域岩浆作用控制，表现出一定的空间分布系列性和时间演化序列性（图 2-5）。

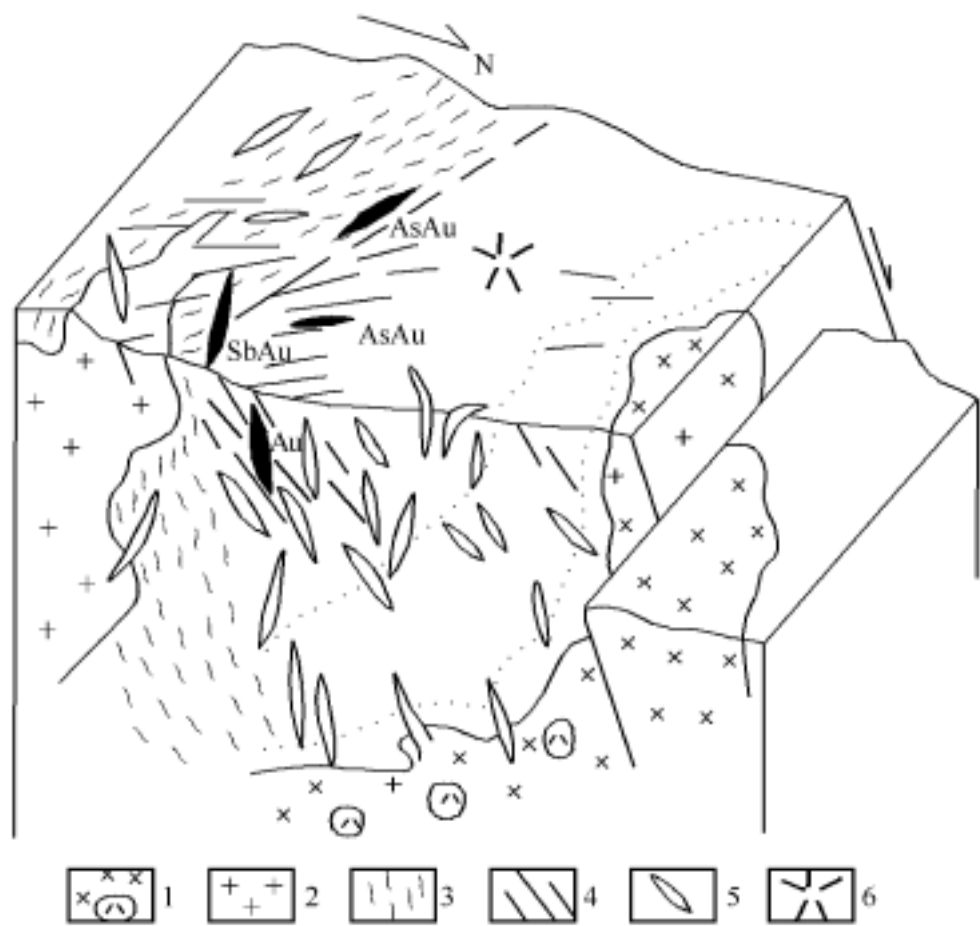


图 2-5 五龙沟金矿床成矿模型

（据李厚民等，2001，改编）

1—外滩杂岩；2—红石岭花岗岩；3—五龙沟韧性剪切带；4—脆性断裂；5—玢岩脉；6—隐爆中心

自形成陆核基底以来，本区经历了多期区域构造变形，在晋宁—加里东基底裂陷过程中深源岩浆活动较为明显，沿 NW 向裂隙发育中基性—中酸性脉岩，石英包裹体 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $-6.3\text{‰} \sim 4.8\text{‰}$ ， δD 值为 $-48\text{‰} \sim -91\text{‰}$ ，具岩浆水和大气降水混合特征；矿石中 $\delta^{34}\text{S}$ 值 $+1.1\text{‰} \sim +6.9\text{‰}$ ，接近岩浆硫的同位素组成，但变化范围较大，可能为大气降水从岩浆岩中萃取的岩浆硫和地幔硫的混合物。地层可能参与了成矿作用。沿这些剪切带有明显的动力变质，并有深成岩（辉橄岩、榴闪岩等）的侵位上升及重融岩浆（钾长花岗岩）活动，充分显示了剪切带的深切性控岩历史（李厚民等，2001）。

晚加里东期洋陆碰撞阶段，由于俯冲闭合，沿碰撞带形成一系列大型逆冲韧性剪切

带，据张德全 研究，五龙沟金矿床存在两期矿化，早期年龄为 439 ~418 Ma，晚期矿化年龄为 236.5 Ma，表明五龙沟金矿床为晚加里东和晚华力西—印支两期造山作用叠加的产物。晚加里东期造山运动导致石灰沟 NW 向区域韧性剪切带的形成，从而导致成矿流体活化和金等成矿物质的初步富集；晚华力西—印支期陆内俯冲作用则导致了该金矿床的最终形成和定位，造山过程中的流体沿剪切带大规模迁移，区域南侧阿尼玛卿—巴颜喀拉洋的逐渐向北俯冲闭合，使昆中地区强烈隆升，并导致上述大型剪切带的左行滑移，使大型剪切带旁侧早期配套断裂构造发生强烈的剪张。在大型剪切带旁侧形成了一系列 NW—NWW 向脆性断裂—裂隙控矿系统。因受与碰撞有关的热事件的驱使，含 Au 流体沿导矿构造进入容矿构造系统，引起热液与围岩发生交换反应，钱壮志（1999）研究昆中带金矿床时指出，五龙沟金矿的成矿压力变化于 17.1 ~33.8 MPa，其中早阶段多金属矿化和石英形成的压力较高，多大于 30 MPa，金矿化阶段压力主要介于 25 ~30 MPa，而金锑矿化的压力多小于 25 MPa。整体看来，五龙沟金矿的成矿压力普遍较低，随着热液物理化学条件的变化，导致含金络合物在相对张性的有利构造部位聚集成矿（图 2-5）。

总的看来，韧性剪切带型金矿（化）体分布在剪切带的下部或中心部位；构造蚀变岩型金矿（化）体位于剪切带的上部；石英脉型金矿体分布在剪切带的边部或构造应力转换部位（剪切带转弯处）。

（三）古元古界变质火山沉积建造中的火山喷气沉积变质型金属矿床

省内一些地区（如北祁连），叠加造山活动不甚强烈，古元古界变质火山沉积岩建造中的金属矿床（如北祁连小东索铁铅银矿床），虽经变质改造，仍保存有火山喷气矿床的某些特点，我们称之为火山喷（气）沉积变质型矿床。

小东索铁铅（银）矿床

1. 大地构造背景

小东索铁铅（银）矿床产于北祁连多岛弧及其弧后洋盆消减带，由多条蛇绿混杂岩带与其间的海山或岛弧带组合而成。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：①铁矿或铅铁矿体均产于古元古界变质火山沉积岩系中的喷流（气）沉积变质岩（含有重晶石的黑云石英片岩和白云质大理岩），层位岩相控矿明显；②矿体上盘糜棱岩化强烈，显示断裂构造不仅为岩浆活动提供通道，也对含矿岩系有一定的动力改造作用；③矿体附近有长英岩脉、电气石花岗伟晶岩脉等脉岩发育，围岩蚀变强烈，说明脉岩活动对含矿岩系也有较一定的改造作用。变质火山沉积岩的层位岩相、断裂构造、脉岩岩浆活动，构成本矿床的三大控矿要素。

赋矿岩石特征：为古元古界变质岩的中部黑云石英片岩与大理岩互层段，属火山岩与正常沉积岩之间的过渡层—喷流沉积岩。古元古界变质岩系中的斜长角闪片麻岩类的原岩属火山熔岩类；云母石英片麻岩类的原岩为火山凝灰岩类；石英片岩、云母石英片岩、白云质大理岩等，其原岩为喷流沉积硅质岩、泥硅质岩、白云岩或白云质灰岩；大理岩的原岩为正常沉积的灰岩。

成岩成矿时代：含矿岩系为古元古界喷流—沉积岩，成矿时代应为古元古代。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：为古元古界变质岩。其下部以黑云斜长片麻岩为主，中部为黑云母石英片岩与大理岩互层，上部为黑云斜长片麻岩夹石英片岩。

矿体特征：矿体有铁银铅矿体、铅铁矿体和磁铁矿矿体。呈似层状、透镜状、部分呈脉状产出，与不含矿岩石相间出现，平行排列，其展布方向与区域构造线（北西 $290^{\circ}\sim 310^{\circ}$ —南东 $110^{\circ}\sim 130^{\circ}$ ）一致。铁银铅矿体和铅铁矿体，赋存于该岩段下部的黑云石英片岩、含透辉石大理岩或橄榄石大理岩夹黑云石英片岩层中，围岩为蚀变白云质大理岩；该岩段中部的黑云石英片岩夹透镜状大理岩或含透辉石大理岩夹黑云石英片岩层，其中有磁铁矿体产出，围岩为黑云母石英片岩；上部含矽线石黑云石英片岩、含透辉石大理岩夹黑云石英片岩层和黑云石英片岩、白云质大理岩、黑云斜长片麻岩夹透镜状大理岩层中都有磁铁矿矿体产出，矿体围岩都是大理岩。可以看出，在含矿层中从下到上分别为铁银铅矿体、银铅铁矿体、磁铁矿矿体；矿体围岩分别为白云质大理岩和黑云石英片岩。

矿石结构构造：具他形—半自形粒状结构，浸染状、块状、条带状构造。

主要矿物成分：矿石的自然类型有磁铁矿矿石、赤铁磁铁矿矿石、重晶石磁铁矿矿石、方铅矿磁铁矿矿石、磁黄铁矿磁铁矿矿石。主要金属矿物有磁铁矿、方铅矿其次是赤铁矿、闪锌矿、黄铜矿等；脉石矿物主要有石英、方解石、云母、石榴子石、透辉石、透闪石、硅灰石、绿帘石、重晶石等。矿石中有喷流（气）沉积的一些标型矿物（重晶石），也说明该矿床具有喷流沉积矿床的某些特点。

围岩蚀变：矽卡岩化、绿泥石化、绢云母化、透闪石化、碳酸盐化等。

4. 成矿机理分析

（1）古元古时期的火山沉积盆地中，火山喷流（气）沉积成矿作用强烈，喷流沉积岩上部有硅质白云岩、白云质灰岩和氧化铁（赤铁矿）或碳酸铁（菱铁矿）沉积；下部有含重晶石的硅质岩、泥硅质岩和铅锌的硫化物沉积，形成火山喷（气）沉积型铁、铅矿体（图2-6a）。

（2）区域变质作用（为主）、动力变质作用和叠加造山期岩浆热液改造，铅硫化物变粗，赤铁矿、菱铁矿变为磁铁矿（图2-6b），形成火山喷（气）沉积变质型铁铅银矿床。

二、中元古界浅变质岩中的金属矿床

中元古界主要分布在青海省的中北部古微陆块（阿尔金、欧龙布鲁克、日月山—化隆）边缘、早古生代岛弧隆起带（中祁连、东昆仑北坡）凹陷区、早古生代活动型沉积盆地（北祁连、柴北缘、东昆仑南坡、拉脊山、南祁连、祁漫塔格）局部地段。岩性为泥质、炭质、硅质、粉砂质板岩、千枚岩、硅质岩、结晶灰岩或白云岩、含硅质条带白云岩。局部有砾状灰岩、长石石英砂岩、砂砾岩。为准稳定型或过渡型沉积建造。变质程度为中—低级绿片岩相，局部动力变质岩发育。

省内中元古界浅变质岩中，仅有铁矿床产出，如清水河、洪水河、磁铁山、克素尔、南门峡等。

清水河铁（钴）矿床

枚岩，常夹钙质千枚岩及大理岩或含砾阳起石岩（或含砾绿泥石岩）及铁矿透镜体（两层）；③含砾阳起石岩或黑（绢）云千枚岩、白云质大理岩、含碳大理岩、炭质千枚岩等，底部含砾阳起石（或含砾绿泥石岩）中有铁矿两层；④条带状大理岩，上部紫红色，下部黑白相间，含较多阳起石；⑤上部炭质千枚岩夹砂质千枚岩，下部紫红色白云质大理岩；⑥上部白云质大理岩，中部千枚岩夹铁矿小透镜体，下部大理岩、砾岩。其中三层的两层铁矿为主要工业矿体。

成岩成矿时代：含矿岩系为中元古代喷流—沉积层，后期造山活动进一步的富集作用。成矿时代为中元古代。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：含矿层位为中元古界冰沟群，其主体为硅镁质碳酸盐岩，包括白云岩、白云质灰岩或白云质大理岩、结晶灰岩等，普遍含硅质或硅质条带（局部构成硅质岩层）。碳酸盐岩层中上部，普遍出现一个以泥、砂质碎屑岩为主的岩段，它由泥质、炭质、硅质、粉砂质板岩或千枚岩和砂岩、粉砂岩、硅质岩、结晶灰岩或白云岩组成（图2-7）。

矿体特征：铁矿体为富铁的铁硅质岩，呈层状产出，产状与围岩一致都随含矿岩相变化而变化：矿体顶底板为含铁硅质岩（碧玉岩）、含砾阳起石岩时，矿体厚度大，其他岩石为顶底板时厚度小；因此，局部地段，可见藕节状或尖椒状矿体。

矿石结构构造：矿石有赤铁矿矿石和磁铁矿矿石。磁铁矿矿石具他形自形粒状变晶结构、交代残余结构，浸染状、条带状、团块状、角砾状、条纹状、片状构造。赤铁矿矿石具显微针状、叶片状、他形—自形粒状变晶结构，千枚状、浸染状、似角砾状构造。

主要矿物成分：其金属矿物有：磁铁矿、假象赤铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、赤铁矿、菱铁矿等；脉石矿物有：石英、方解石、白云石、阳起石、绿泥石、黑云母、石榴子石、透闪石、透辉石、细晶磷灰石、石膏、重晶石等。磁铁矿矿石主要寓于含铁硅质岩、含砾阳起石岩、含砾绿泥石绢云母千枚岩、含铁白云质大理岩。其金属矿物有赤铁矿、水赤铁矿、磁铁矿等；脉石矿物有石英、方解石、黑云母石榴子石细晶磷灰石等。赤铁矿矿石主要赋存于含铁硅质岩（碧玉）、黑云母千枚岩、含砾阳起石岩、钙质千枚岩中，矿石品位较稳定（ $\text{TFe}30\% \sim 40\%$ ）。

围岩蚀变：在侵入岩体附近有石榴子石、透辉石、透闪石等组成的矽卡岩化。

4. 成矿机理

中晚元古代早期，在古陆边缘形成准稳定型沉积盆地。盆地中同生断裂活动频繁，形成热水循环的裂隙系统。含矿岩相中含砾阳起石岩、含砾绿泥石绢云母千枚岩、角砾状铁矿石等同沉积砾岩发育表明，盆地中喷流沉积活动期间，同生断裂活动频繁，同生断裂带（以同沉积砾岩为标志）是该类型铁矿床非常重要的控矿因素；构造、岩浆热液活动强烈地段，矿石品位较高，构造和岩浆热液活动对铁进一步富集有一定的控制作用。热水或热卤水不断从深处途经的围岩中汲取成矿物质，形成含矿热液并喷到盆地中沉积，形成铁矿层（含有重晶石的铁硅质岩—碧玉岩）、含砾阳起石岩、含砾绿泥石绢云母千枚岩、炭质千枚岩、含铁白云质大理岩等喷流热水沉积岩。经区域变质作用和构造、岩浆热液活动叠加，大部分赤铁矿、铁碳酸盐（菱铁矿）变为磁铁矿，形成含有菱铁矿赤铁矿的磁铁矿体和赤铁矿体。

三、新元古界炭硅泥建造中的动力改造型金矿床

在柴北缘西北部的新元古界炭硅泥建造中有滩间山、青龙沟、结绿素、金红沟等动力改造型金矿床、矿点分布。以滩间山金矿床为例，讨论其成矿类型及矿床模式。

滩间山金矿床

1. 大地构造背景

矿床处于柴北缘奥陶纪消减带。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区新元古界变质岩组成一个北西向复向斜，其中叠加有北北东向褶皱。断裂构造发育，有北西、北北东和近东西向，以北西向断裂最发育，而且规模大，构成北西向韧性剪切带；其次是北北东向、近东西向断裂。

矿区有大小不等的斜长花岗斑岩株（脉）、闪长玢岩脉、斜长细晶岩脉、煌斑岩脉。据张德全 等资料，斜长花岗斑岩株的全岩 Rb—Sr 等时线年龄为 (330.03 ± 24.3) Ma，全岩 K—Ar 年龄为 (309.87 ± 4.77) Ma。斜长细晶岩全岩 K—Ar 年龄为 (309 ± 4) Ma。两者相近。斜长花岗斑岩株的糜棱岩化带中有金矿体产出；与其同期产出的脉岩（闪长玢岩、斜长花岗斑岩、斜长细晶岩、煌斑岩等）也卷入北北东向剪切带，强烈糜棱岩化、硅化，并有金矿化，为金矿体的组成部分。

赋矿岩石特征：含矿建造是新元古界万洞沟群炭硅泥建造，其岩性组合为白云质大理岩与糜棱岩化石英绢云母片岩互层（下部）和糜棱岩化碳质石英绢云母片岩与糜棱岩化钙质片岩互层（上部）。其中糜棱岩化碳质石英绢云母片岩（强烈糜棱岩化地段为炭质糜棱片岩），是金矿的容矿主岩。岩石具变余泥质结构、糜棱结构，千枚状、片状构造，主要由绢云母石英组成，其次为碳质及少量多硅白云母、绿泥石、硬绿泥石、铁白云石、电气石、黄铁矿和石榴子石、堇青石变斑晶。属强烈破碎、揉皱、片理化的动力变质岩。

成岩成矿时代：金矿的矿源层炭硅泥建造形成于新元古代，与金矿化密切的中酸性岩体脉有华力西和燕山期，前者卷入韧性剪切带并有金矿化，后者切穿矿体。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：已发现的金矿体大多数产于北北东向剪切带中，集中分布在东部剪切带的小褶曲枢纽部位，呈鞍状、似层状、透镜状产出，矿体规模大构成矿区主要矿带；部分矿体呈脉状、透镜状，沿北西向剪切带零星分布，矿体规模较小，为次要矿带。

矿体特征：矿床内已发现金矿体 20 多个，其中规模较大的十几个矿体产于北北东构造中。集中于东部褶皱枢纽部位，呈鞍状、似层状、透镜状产出（图 2-8），构成矿区主要矿带；14 个矿体沿北西向断裂带零星分布，矿体为脉状、透镜状、规模较小，构成矿区次要矿带。

矿石结构构造：矿石类型有糜棱岩化含碳片岩型和糜棱岩化脉岩型。矿石具糜棱结构、交代结构，细脉浸染状、网脉状、角砾状、眼球状、团块状构造。

主要矿物成分：矿石矿物主要有自然金、毒砂、含砷黄铁矿等；脉石矿物主要为石英、绢云母、绿泥石、绿帘石、白云石等。

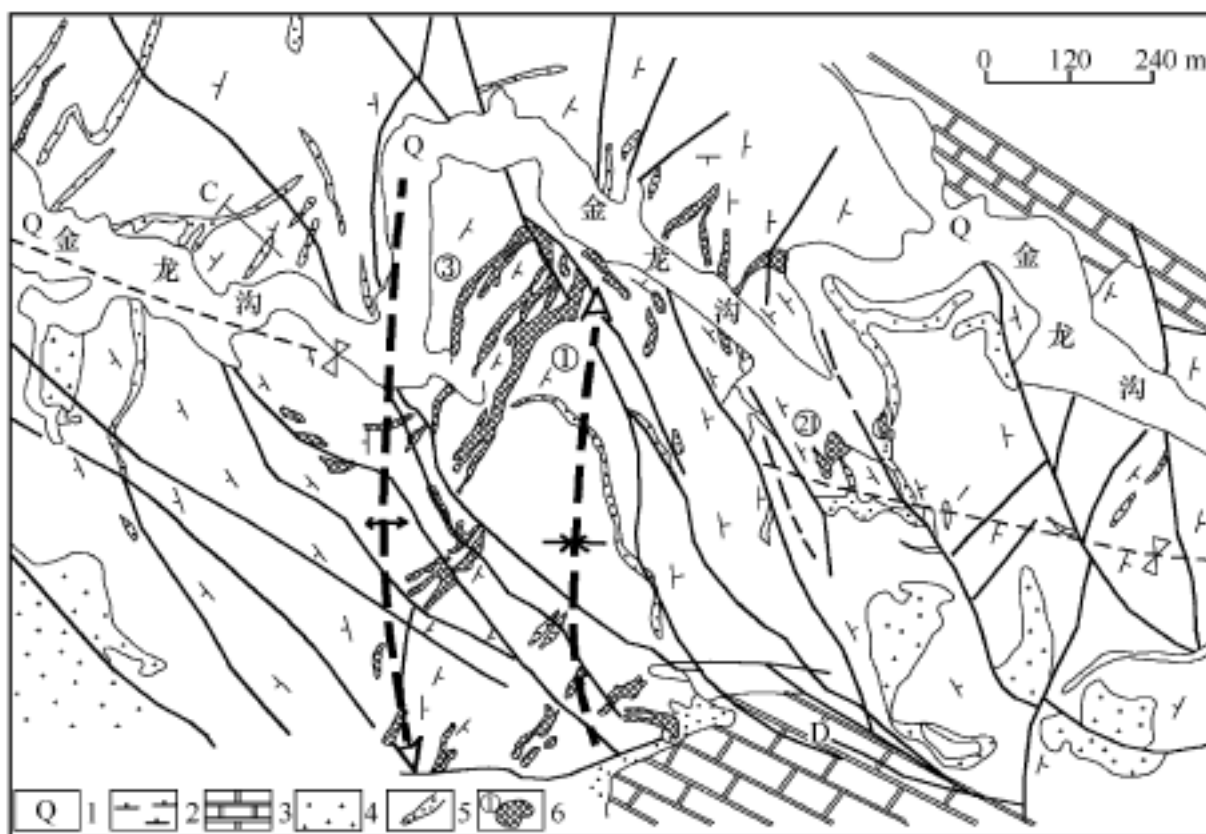


图 2-8 滩间山金矿区地质图

1—第四系冲积物；2—炭质糜棱片岩；3—大理岩；4—斜长花岗斑岩；5—岩脉；6—矿体及编号

围岩蚀变：黄铁矿化、硅化、绢云母化、高岭土化、绿泥石化等。

4. 成矿机理

据国家辉，陈树旺（1998）研究各成矿期的成矿热液具有不同的特征；沉积变质期源于原生建造卤水，变形变质期主要为变质水，但受岩浆热液期矿化叠加，岩浆热液期主要为岩浆热液，但在运移中受到变质水的混染。该矿的形成成为：

（1）含矿建造的形成：新元古代期，滩间山一带为发育同生断裂活动的沉积盆地，形成富含热水沉积的含金炭硅泥建造（图 2-9a）；

（2）矿源层的形成：早古生代裂谷活动沉积有富含金等成矿元素的热水沉积岩（炭硅泥建造），岩浆活动导致含金炭硅泥建造矿石发生热变质作用。成矿流体为变质热液和岩浆热液组成的混合热液，形成了金矿成矿的矿源层（图 2-9b）；

（3）矿化富集：加里东晚期至华力西早期，在区域近 SN 向压应力作用下形成 NW 向复式向斜构造及同方向片理化带；华力西早期，压应力方向转为 NW—SE 向，在滩间山地区形成 NNE 向层间褶皱构造及同方向展布的片理化带，同时斜长花岗斑岩侵位，而且派生的细晶岩脉沿 NNE 向褶皱的层间滑脱断裂、褶皱轴面劈理带及复活的 NW 向、NNE 向断裂侵位。这些作用强烈的动力变质作用，促使成矿元素活化，使金矿的矿源层富集成矿（图 2-9c）；

（4）矿体叠加形成：华力西晚期，构造进一步活动，细晶岩类脉岩与地层同步褶皱；岩浆期后热液将 Au、As、Sb、Pb、S、C、H₂O 等组分带入 NNE 向脆性破裂带，与高渗透的碳质千枚岩—片岩等围岩发生热、组分的交换，随着物理化学条件（温度降低、Eh 升高、压力下降等）的变化，Au—S—As—Sb 络合物发生分解，Au 淀积成矿（图 2-9d），形成了浅成中温热液蚀变岩型金矿床（崔艳合等，2000）。

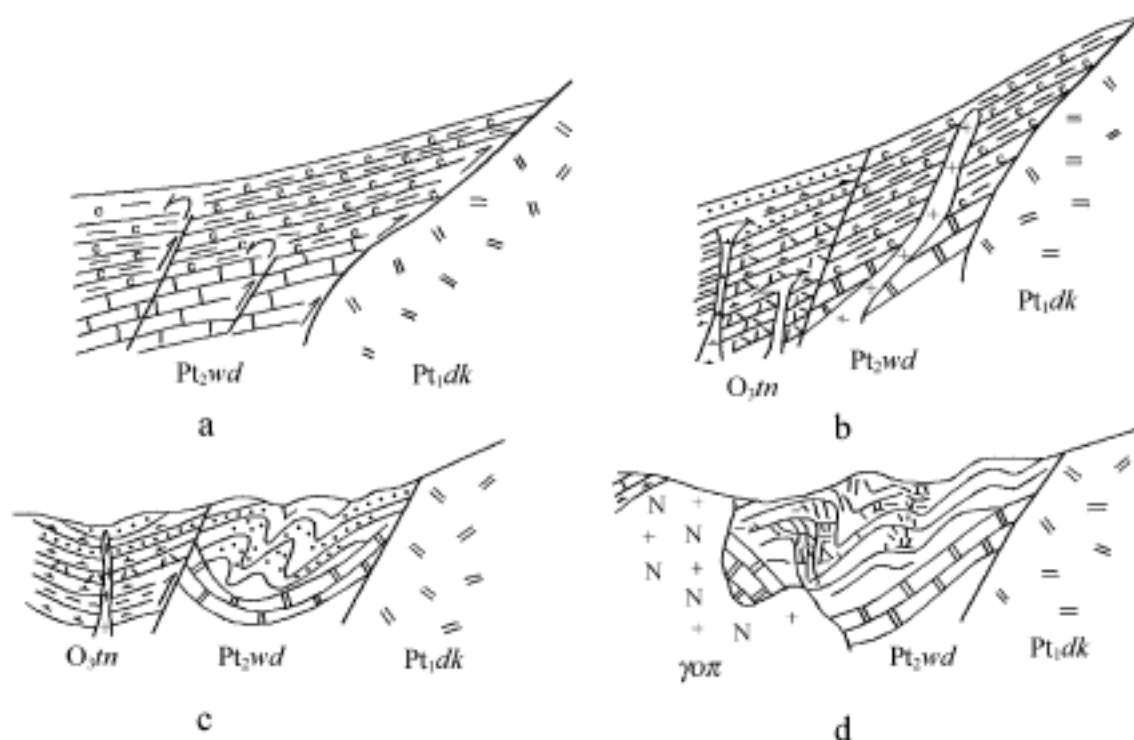


图 2-9 滩间山金矿田成矿演化示意图

四、下古生界火山沉积岩中的金属矿床

省内下古生界火山沉积岩，主要分布在青海省中北部早古生代活动型沉积盆地或早古生代岛弧隆起带的洼陷区。不同地区不同阶段的火山沉积岩中，金属矿床的成矿特征又有明显差别。

(一) 寒武系火山沉积岩及次火山岩中的金属矿床

寒武系火山沉积岩中的金属矿床，主要是铜、铅锌、金、钴等有色及贵金属矿床。分布在东昆仑南坡（如驼路沟钴金矿床）和北祁连加里东造山带（如弯阳河、郭米寺多金属矿床等）。

驼路沟钴（金）矿床

1. 大地构造背景

东昆仑前锋弧南缘古生代消减杂岩带。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区地层近东西向展布，并形成近东西向紧闭复式背斜。近东西向断裂发育，而且规模大、陡倾斜，断裂带中岩石变形强烈，表现为岩石强烈片理化和构造透镜体发育。矿区内未发现岩浆侵入体，其外围有华力西期、印支期中酸性岩株或岩脉。

赋矿岩石特征：为绢云石英片岩或千枚岩、绿泥绢云石英片岩或千枚岩及石英钠长岩等组成的变碳硅泥岩。

成岩成矿时代：出露的地层为一套海相泥砂质沉积岩、中酸性火山岩和热水喷流岩建造，厚度巨大，与下伏元古宇万宝沟群呈角度不整合接触，部分地段为断层接触。前人对该矿区地层时代有两种认识，一种认为属二叠系为主的马尔争组（李厚民等，2001），另

一种认为是震旦——寒武纪（张德全等），本书认为形成于早寒武纪。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：含矿地层为下寒武统浅变质火山沉积岩。自下而上有：①变炭硅泥岩段，由灰黑色菱铁绢云母石英片岩、斑点状绢云母石英千枚岩夹灰岩透镜体和硅质岩透镜体组成；②变质凝灰岩—砂岩段，由绢云母石英千枚状板岩、黄铁矿化含砾千枚状粉砂质岩（可能为同沉积砾岩）、灰绿色绿泥绢云母石英千枚岩夹钙质板岩、含炭菱铁绢云母千枚岩组成；③变碎屑沉积岩夹碳硅泥岩段，由绿泥绢云千枚岩、绢云石英片岩夹含炭菱铁绢云石英千枚岩、石英钠长岩，为主要含矿层；④变火山沉积岩段，由绢云石英片岩或千枚岩、绿泥方解石千枚岩组成，其底部有一薄层变角斑岩或石英角斑岩（图2-10）。

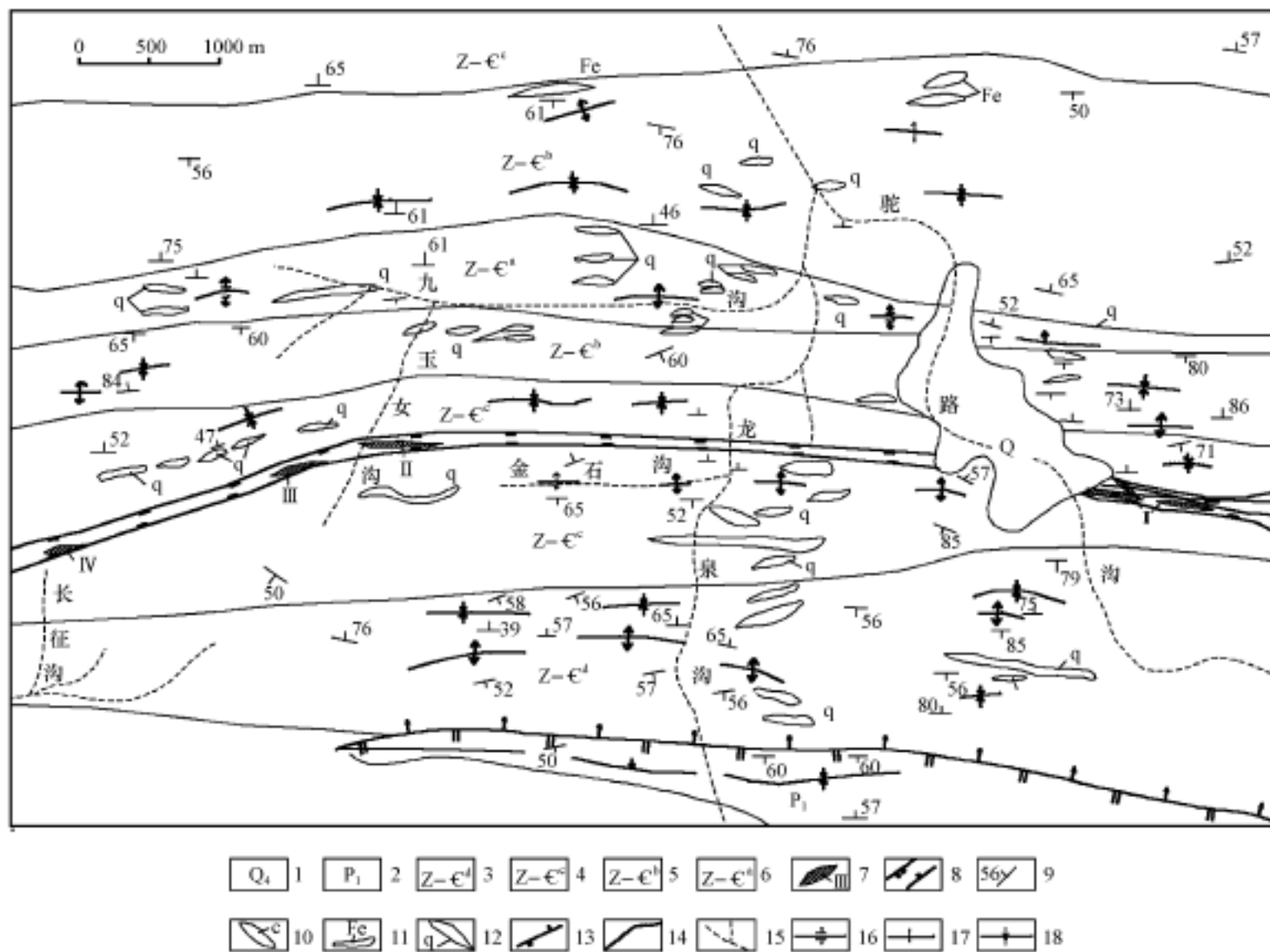


图 2-10 驼路沟矿区地质略图

1—第四系松散堆积物；2—大理岩；3—变沉积岩段；4—变火山—沉积岩段；5—变凝灰岩—沉积岩段；6—变碳硅泥岩段；7—矿体位置及编号；8—黄铁矿化、黄钾铁矾化带/钴矿化层；9—岩层产状；10—碳酸盐岩脉；11—镜铁矿点及位置；12—石英脉；13—逆断层；14—地质边界；15—水系；16—复式背斜；17—背斜轴线；18—向斜轴线

矿体特征: 钴 (金) 矿体呈似层状、透镜状产于矿化地层中, 其中透镜状矿体在矿化层中呈斜列式展布。单个矿体长 100 ~1000 m, 平均厚 0.86 ~4.45 m。

矿石结构构造：矿石具碎裂结构、包含结构、穿切交代结构、他形粒状结构，条带状构造、层纹状构造、浸染状构造、块状构造。

主要矿物成分：金属矿物有黄铁矿、少量毒砂、黄铜矿、闪锌矿、磁黄铁矿、斑铜矿和痕量钴镍黄铁矿、含钴黄铁矿、硫钴矿、硫铜钴矿、自然金、自然铜、自然锡、方硫镍钴矿等。常见脉石矿物有石英、钠长石、碳酸盐、绢云母和绿泥石等，矿化岩石类型不同，上述脉石矿物的含量也发生变化。矿石的有益组分主要是钴、金，伴有镍、铅。

围岩蚀变：近矿围岩蚀变有硅化、钠长石化、黄铁矿化、碳酸盐化和绢云母化远矿围岩蚀变有青磐岩化。

4. 成矿机理

该矿床形成于拉张洋壳环境中，当海水沿构造裂隙下渗到周围洋壳岩石中时，水不断被加热并与周围岩石发生化学反应，淋滤围岩中的各种组分，并与海水进行 Na^+ 、 SiO_2 、钴等的互相交换，带入海盆这样在深部形成高温、高盐度、含大量金属元素的含矿热流体。当热流体沿着热液通道上升到海底，在海底沉积界面（封闭层）下不断积聚，随着热液与海水对流循环不断进行，能量和成矿物质进一步聚集，最终在一定条件下喷射到海水中，与海水发生混合作用，随海水往洋壳低洼地区运移，正是由于这种海底热水喷流作用，将深源或下部太古宙岩层中的钴、金等成矿元素带入海盆，并在热水喷口附近沉淀富集，形成初始层状矿体或矿源层，含矿热流体喷出海底过程中，与常温海水相互反应，直接在喷口或远离喷口沉积形成层状含钴硫化物矿体并形成与之相关的热水喷流沉积岩。

海西—印支褶皱带和新构造运动强烈区。昆中洋盆向北俯冲过程中，碰撞事件引起整个东昆仑造山带强烈的构造变形，矿区内遭受南北向的强烈挤压，使得含矿岩系发生了强烈的构造置换作用，矿化带发生变形和重新就位，形成了“似层非层，似脉非脉”的特点；在持续地南北向挤压作用下，后期形成的近南北向正断层，切割矿化带，由于正断层效应，造成上盘依次下降，形成了特点相近的三个矿段。

潘彤（2005）研究认为，热水喷流过程中矿体已形成，后期强烈的构造置换作用，形成了“似层非层，似脉非脉”的空间特征。据此该矿成因定为热水沉积—改造型更为符合实际。

弯阳河—郭米寺铜多金属矿床

1. 大地构造背景

北祁连早古生代结合带。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：含矿岩系形成北西向展布的紧密褶皱，北西向断裂活动强烈，形成北西向蓝片岩带。容矿主岩普遍片理化，岩石裂隙发育，显示其受动力改造作用强烈，在构造裂隙特别发育、片理化强烈地段，常出现富矿段或脉状矿体，断裂构造活动的控制作用明显。矿区及其外围有与早古生代火山活动有关的侵入岩，它们分别为辉绿岩、闪长玢岩、石英斑岩、斜长花岗斑岩等小岩体或岩脉。

赋矿岩石特征：为中寒武统火山沉积岩系。其下部为浅变质的流纹质和安山质火山凝灰岩、火山角砾岩、安山岩等火山碎屑岩和火山熔岩；中部以含重晶石的泥硅质岩（已变为绢云母石英片岩）、含重晶石的硅质岩（已变为石英岩）等喷流（气）沉积岩为主，夹有凝灰质千枚岩、泥钙质千枚岩；上部以泥砂质、凝灰质碎屑沉积岩（已变为绢云母

长石石英片岩、白云母绿帘石蓝闪石片岩) 炭质板岩 (已变为石墨片岩) 等正常沉积岩为主, 夹泥硅质岩 (已变为绿泥石白云母石英片岩)、炭泥硅质岩 (含炭绢云母石英片岩)、薄层状硅质岩片岩、含锰硅质岩等喷流沉积岩。其中, 中部的含重晶石泥硅质岩、含重晶石硅质岩, 是弯阳河铜铅锌矿床的容矿主岩; 上部的薄层状硅质岩、含炭泥硅质岩, 是郭米寺铜铅锌矿床的容矿主岩。

成岩成矿时代: 成矿作用发生于中寒武世早期酸性火山作用和晚期中—基性火山作用之间的相对宁静时期, 矿床主体定位于水岩界面之下, 部分就位于该界面之上的海底。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位: 产于中寒武统火山沉积岩系的中上部, 呈层状、似层状、扁豆状, 平行产出, 产状与围岩一致, 部分呈脉状, 产于围岩裂隙中。

矿体特征: 矿体长数百米, 厚数米至 20 多米, 延深数十米至 200 多米。脉状矿体长 50 ~100 m, 厚 1 ~4 m, 延深较小, 与层状、似层状矿体平行, 矿体产状与围岩一致 (图 2-11)。

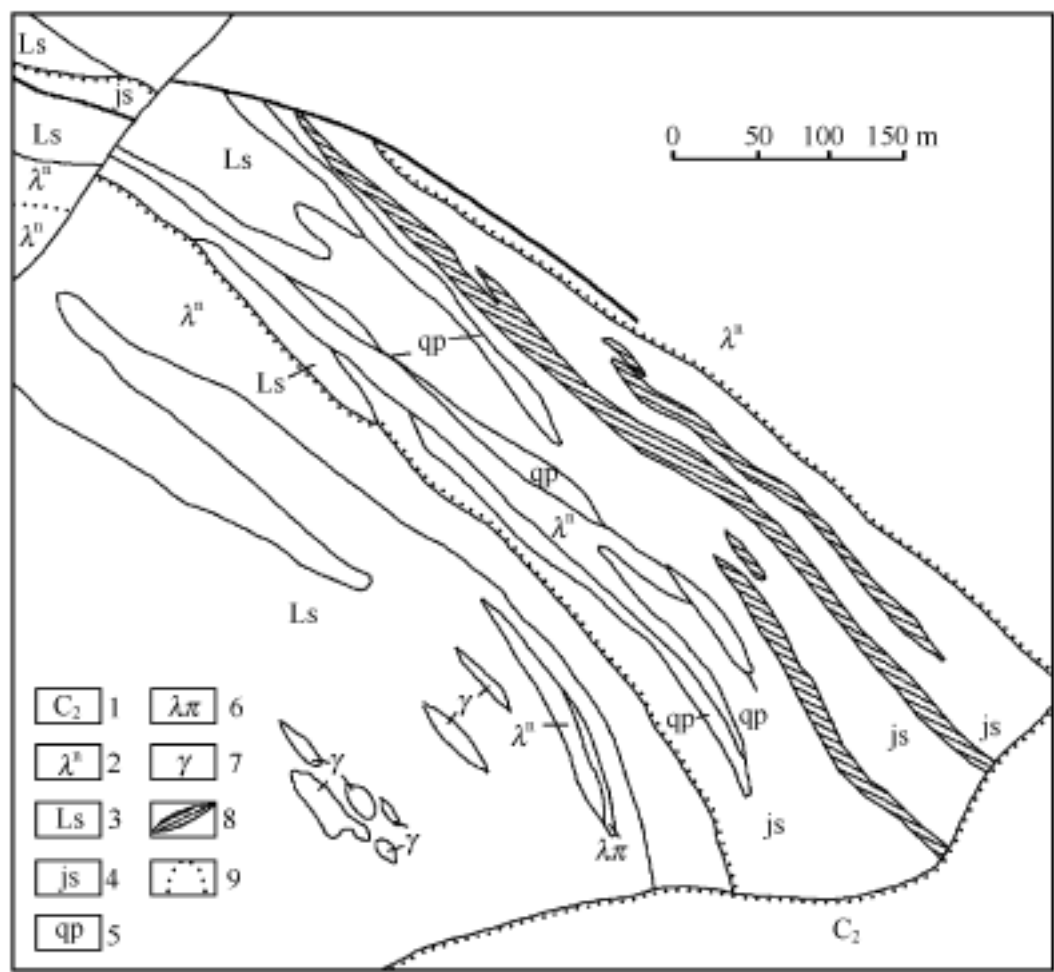


图 2-11 郭米寺铜铅锌矿床地质图

1—上石炭统砂岩、页岩、灰岩夹煤线; 2—流纹质粗晶凝灰岩; 3—绢云母化黄铁矿化绢云石英片岩; 4—蚀变带岩石: 上部硅化、绢云母化、铁矿化绢云石英片岩, 中部含矿蚀变岩, 下部云母化褐铁矿化绢云石英片岩夹硅质片岩; 5—硅质片岩; 6—流纹斑岩; 7—花岗岩脉; 8—矿体; 9—蚀变带界线

矿石结构构造: 他形—半自形粒状结构、交代残余结构, 见变余球粒状、变余草莓状结构, 浸染状、细脉浸染状、块状、条带状、角砾状构造。

主要矿物成分: 矿石矿物主要有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿, 其次为砷黝铜矿、黝铜矿、斑铜矿等; 脉石矿物以重晶石、石英为主, 其次有绢云母、白云石、绿泥

石、方解石；次生矿物有铅矾、白铅矿、褐铁矿、黄钾铁矾、高岭土等。

围岩蚀变：主要有绢云母化、绿泥石化、重晶石化、碳酸盐化、明矾石化、高岭土化等。

4. 成矿机理

中寒武世，是北祁连元古宙大陆溢流火山活动的继续，仍起因于地球深处地幔柱物质的底辟上涌，导致岩石圈减薄而引发的大规模主动型大陆裂谷断陷拉张（夏林圻等，1999）。该时期的火山岩为大陆裂谷系火山活动产物，由中心式爆发—喷溢—浸出—侵入形成的大型双峰式火山岩穹。成矿过程是在深部岩浆房及火山管道作为热的动力，岩浆水、海水等对流循环系统由基底岩石同生火山岩中淋滤出成矿物质，由热（卤）水运移，最后在海底下富集沉淀下来，火山活动形成硅质岩和金属硫化物矿层。喷流岩和矿石中富含炭质、重晶石表明，成矿流体为热卤水。以正常沉积岩为主夹喷流岩的喷流沉积建造中，郭米寺铜铅锌矿床的形成。北祁连洋向西南俯冲、洋盆消亡、隆升造山时发生的动力变质作用，对矿床有较强烈的改造作用，导致矿体局部变富或形成脉状矿体。

（二）奥陶系火山沉积岩、次火山岩中的金属矿床

奥陶系火山沉积岩，主要分布在青海省中北部的早古生代活动型沉积盆地（北祁连、中祁连、南祁连、柴北缘、祁漫塔格、阿卡腾能山、东昆仑南坡、拉脊山），其沉积环境有大洋盆（北祁连、东昆仑南坡）、裂谷带（柴北缘、拉脊山）、弧后盆地（南祁连、祁漫塔格）、岛弧隆起带（中祁连、东昆仑北坡）的凹陷区。

奥陶系火山沉积岩中，金属矿床、矿点分布甚广，有银灿铜矿床、浪力克铜矿床、锡铁山铅锌矿床、红沟铜矿床、肯德可克铁钴金铅锌矿床等。

银灿铜矿床

1. 大地构造背景

位于华北陆块与北祁连早古生代结合带交接部位，为冷龙岭早奥陶世火山沉积盆地。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区的下奥陶统火山沉积岩系，呈一北西向展布、向南西陡倾的紧密褶皱。根据喷流（气）沉积岩的铁氧化物在上、金属硫化物在下沉积层序判断，矿区为一倒转向斜。侵入岩以超浅成的中酸性次火山岩比较发育为特征，分布在中心式喷发活动中心的古火山机构。次火山热液活动较强烈，表现为次火山岩体的围岩，强烈蚀变。

赋矿岩石特征：容矿主岩为火山熔岩（石英角斑岩、石英角斑质角砾熔岩）和喷流沉积岩（泥硅质板岩夹薄层硅质岩、硅质岩、铁硅质岩）。

成岩成矿时代：矿体产于下奥陶统长英质火山岩与沉积岩接触部位，成矿时代为早古生代。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：为下奥陶统火山沉积岩系。其下部为细碧岩；中部为紫色石英角斑岩、泥硅质板岩夹薄层硅质岩、硅质岩、铁硅质岩，夹有金属硫化物矿体；上部为石英角斑岩、石英角斑质凝灰岩、角砾熔岩。是一套具双峰式火山岩特征的火山沉积建造（图2-12）。

矿体特征：目前所圈出的3个铜锌矿体，自东向西依次为：I矿体：长170 m，“上层”（即南侧）为铜矿体；“下层”（即北侧）为锌矿体，铜矿体平均长100 m，平均厚

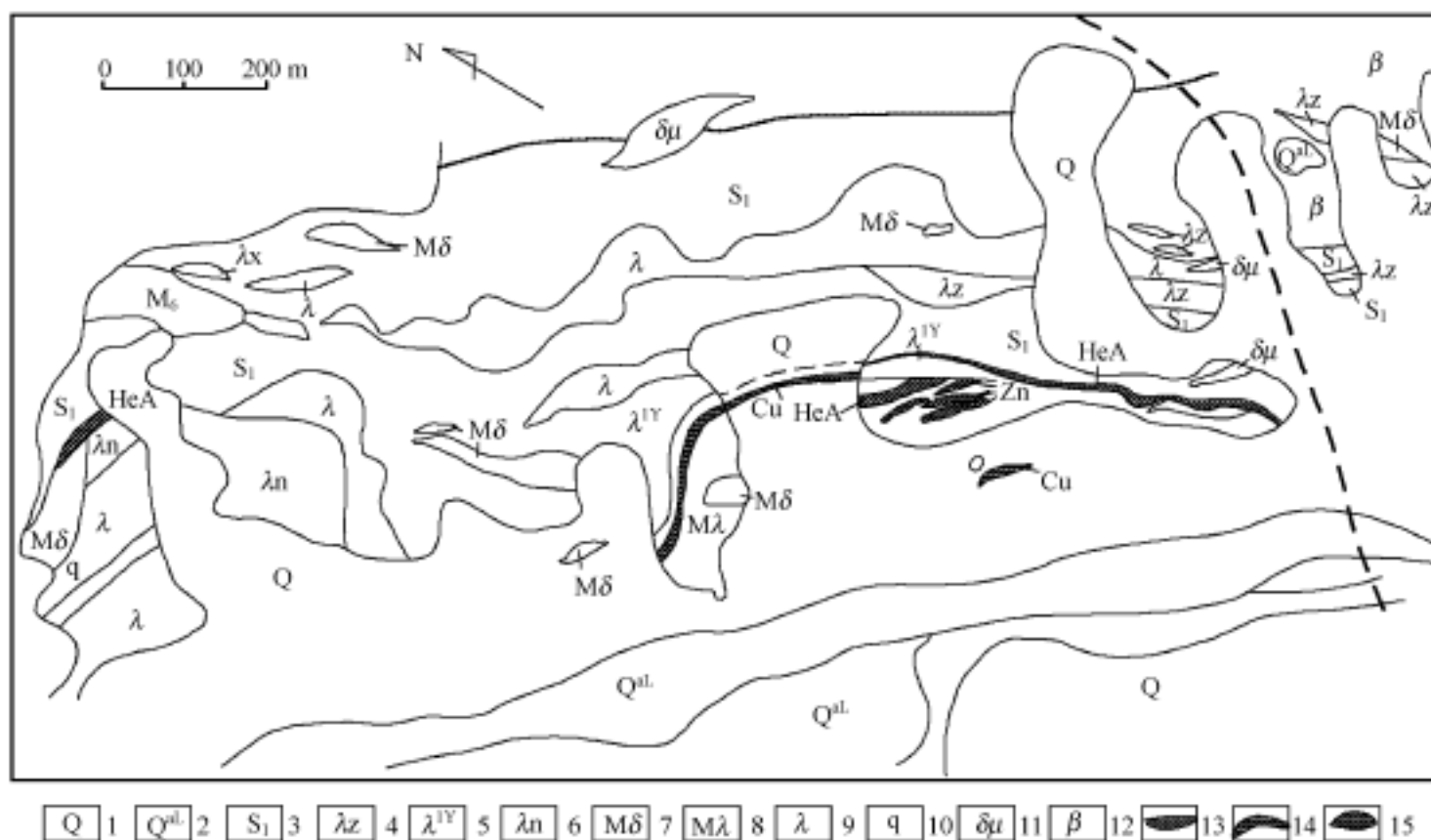


图 2-12 内源县银灿铜锌矿综合地质图

1—第四系坡积层；2—第四系冲积层；3—泥质板岩夹薄层硅质板岩；4—石英角斑凝灰岩；5—石英角斑岩角砾熔岩；6—板状石英角斑岩；7—蚀变闪长岩；8—蚀变石英角斑岩；9—灰白色石英角斑岩；10—次生石英岩；11—闪长玢岩；12—细碧岩；13—赤铁矿体（铁硅质岩）；14—铜矿体；15—锌矿体

4.5 m，形态在走向上为一透镜状，上大下小；锌矿体为复脉状，由 3 条平行的脉组成，长 100 ~170 m，第一层厚 1.11 m，第二层厚 2.13 m。Ⅱ矿体：在浅部“上盘”为铜矿化，“下盘”为锌矿体；到了深部，变成铜铅锌混合的多金属矿体；走向长 160 m，最长 240 m，形态为相互平行脉状矿条；铜矿体最大厚 4 m，平均厚 1.9 m，锌矿体最大厚 2.68 m，平均厚 1.4 m，形态为相互平行脉状矿条。Ⅲ矿体：东段为铜锌矿体，西段变成铜矿体，最大长度 300 m，平均长 200 m，铜矿体最大厚度 3 m，平均厚 1.8 m，锌矿体最大厚 2 m，平均厚 1.3 m，其形态多为复脉状，西段为单脉状。有铜矿体、锌矿体和赤铁矿体。铜矿体、锌矿体、铜锌矿体产于蚀变的石英角斑岩和石英角斑质角砾熔岩，多为复脉状或单脉状，其次有透镜状。地表和浅部的铜、锌矿体，到深部，变为铜铅锌等元素组成的多金属矿体。赤铁矿矿体产于泥硅质板岩、硅质岩、铁硅质岩中，呈似层状产出。

矿石结构构造：自形—半自形细粒状结构，团块状、浸染状构造为主，其次有细脉状、星散状构造。

主要矿物成分：金属矿物以黄铁矿为主，其次是黄铜矿、含铜黄铁矿、闪锌矿、磁铁矿和少量方铅矿等；脉石矿物以石英为主，其次是绿泥石、方解石等。

围岩蚀变：青磐岩化、硅化、绿泥石化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化等。

4. 成矿机理分析

早奥陶世，矿区分布有一定的喷流沉积岩和侵入古火山机构的次火山岩，表明矿区处于古火山机构及火山沉积盆地，蚀变石英角斑质角砾熔岩、石英角斑岩中，脉状铜锌矿体发育显示，在火山喷气活动过程中，形成有以火山岩为容矿主岩的块状硫化物型

(VHMS) 矿床; 硅质岩、铁硅质岩等喷流沉积岩中有赤铁矿体产出表明, 火山沉积盆地中有 SEDEX 型矿床的成矿作用。在火山岩中形成 VHMS 型铜锌矿床; 喷流岩中形成 SEDEX 型铁矿体, 构成火山喷流 (气) 成矿作用的 VHMS—SEDEX 矿床成矿系列。古火山机构中次火山侵入岩较发育, 次火山热液活动对 VHMS、SEDEX 型矿床有叠加改造 (加富) 作用。次火山热液活动的叠加改造使矿体局部地段变富。

浪力克铜矿床

1. 大地构造背景

位于华北陆块与北祁连早古生代结合带交接部位, 为早奥陶世海相火山喷发 (溢) 平息、次火山岩浆侵入活动成矿环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩: 矿区为一北西走向的古火山机构, 其中有三个古火山通道, 显示其裂隙式、多中心喷发特点。古火山通道中有次火山侵入岩 (闪长玢岩) 充填。

赋矿岩石特征: 为火山角砾岩、凝灰熔岩、安山岩、闪长玢岩属火山喷发 (溢) 一次火山侵入岩建造。

成岩成矿时代: 矿体产于下奥陶统长英质火山岩与沉积岩接触部位, 成矿时代为早古生代。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位: 在含矿建造中, 有铜矿体、锌矿体和赤铁矿矿体。从石英角斑岩—泥硅质岩夹硅质岩 (自南而北), 依次出露铜矿体—锌矿体—磁铁矿体。铜矿体产于蚀变石英角斑岩、石英角斑质凝灰岩中。

矿体特征: 矿体长 100 多米到数百米, 厚 1 ~4.5 m, 呈透镜状产出。(铜) 锌矿体产于蚀变石英角斑岩顶部与泥硅质板岩交界处。呈似层状多层出现, 矿体南盘为铜矿体, 北盘为锌矿体, 深部变为 Cu、Zn 矿体。

矿石结构构造: 矿石具细粒自形—半自形粒状结构, 浸染状、团块状构造, 并可见细脉状构造。

主要矿物成分: 金属矿物以黄铁矿、黄铜矿为主, 脉石矿物有石英、绿帘石、阳起石、绿泥石等。

围岩蚀变: 次火山侵入岩的围岩蚀变强烈, 且分带明显。自次火山岩 (闪长玢岩) 占据的古火山通道至边缘的围岩 (火山角砾岩、凝灰熔岩、安山岩), 依次出现: 绿帘阳起石化带→硅化带→绢云绿泥石化带。

4. 成矿机理分析

奥陶纪北祁连洋扩张的同时开始向北消减, 中东段洋—洋俯冲形成的成熟岛弧裂解产出黑矿型浪里克中型铜块状硫化物矿床 (李文渊等, 1999), 成矿作用发生于火山作用间歇期或火山喷发结束初期, 携带大量成矿金属元素的火山岩浆流体与海水、地表水作用形成成矿热液系统, 在岩浆热动力作用下循环喷流成矿, 矿床形成后遭受多期构造作用改造, 从剖面上, 含矿层和矿体为南倾, 铜矿体、铜锌矿体、锌矿体和赤铁矿体从南到北依次排列。这与火山喷流沉积成矿系统中的上铁下铜的成矿系列排序相反。因此推测, 剖面上的地层倒转。原生构造与变形构造并存, 现存的矿体形态不可能套合原生的产状形态。

穿刺沟—红土沟金矿床

1. 大地构造背景

北祁连早古生代结合带，为加里东造山期后叠加的构造岩浆的成矿环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区出露地层为下奥陶统中基性火山—沉积岩（变玄武安山岩、变砂岩、砂板岩、灰岩等），构成北西向展布的紧密褶曲，北西向断裂发育，沿断裂带有超基性岩侵位。由于受推覆造山作用的影响，在下奥陶统火山沉积岩与超基性岩接触部位韧性剪切作用强烈，形成北西向的构造破碎蚀变带（脆韧性剪切带）。矿区侵入岩较发育，除加里东期超基性岩及次火山侵入岩（闪长玢岩等）外，还有中酸性小侵入岩或岩脉（闪长岩、花岗岩小岩体或岩脉），主要分布在剪切带中，是加里东期以后叠加造山活动产物。

赋矿岩石特征：矿体中部多为硅化—黄铁绢英岩化构造岩，向外有绢云岩化—褐铁矿化—高岭土化、碳酸盐化带。

成岩成矿时代：穿刺沟金矿床黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为17.790~18.542，平均18.018； $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为15.577~15.636，平均15.6024； $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为37.969~38.252，平均38.1352。5个表面年龄值为105、424、545、550、575、601 Ma（于浦生等，2000）。结合其他成矿条件成矿为早奥陶纪。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：位于大型的脆韧性剪切带中。含矿地层为早古生代变质火山岩及火山碎屑岩，火山岩成分以中性为主，夹酸性火山岩（图2-13）。

矿体特征：金矿体呈长条带状、透镜状、脉状产于剪切带的脆性破碎蚀变带中，其密集程度较高，成群出现。沿矿体走向和倾向均呈舒缓波状。

矿石结构构造：具碎裂结构、压碎结构、角砾状结构，浸染状、细脉浸染状、网脉状、块状构造。

主要矿物成分：金属矿物主要有黄铁矿、毒砂，次为白铁矿、磁铁矿、闪锌矿、黄铜矿、自然金等；脉石矿物主要为石英、绢云母、碳酸盐。次生的褐铁矿比较发育。有益组分主要为金。

围岩蚀变：矿区内围岩蚀变强烈，其中有超基性岩的蛇纹石化、滑石化、碳酸盐化、硅化；火山岩中有绿泥石化、绿帘石化、硅化、绢英岩化或黄铁绢英岩化、泥化等；灰岩中则出现硅化等；与金矿化最密切的是毒砂黄铁矿化。

4. 矿机理分析

早古生代北祁连初始大洋从开始俯冲到最后消亡，其间寒武—奥陶纪是本区构造—岩浆活动的高峰期，早古生代变质火山岩及火山碎屑岩为含矿地层。火山岩成分以中性为主，夹酸性火山岩。北祁连的寒武纪、奥陶纪火山岩中的构造蚀变带均有不同程度的金矿化，金矿床多产于中大型的脆韧性构造变形带中，伴生有用元素有Ag、As、Pb、Sn等。形成了块状硫化物矿床及金铜矿矿源层，说明北祁连洋陆转化期与主要矿床成矿期一致。晚古生代，本区构造运动形式以脆韧性变形为主体，不同层次及型式的断裂构造相互叠加，导致了北祁连山下古生界地层强烈形变，下奥陶统中基性火山沉积岩与超基性岩接触带上的韧性剪切带，呈北西向展布，剪切带内岩石蚀变强烈，并强烈破碎、揉皱、糜棱岩

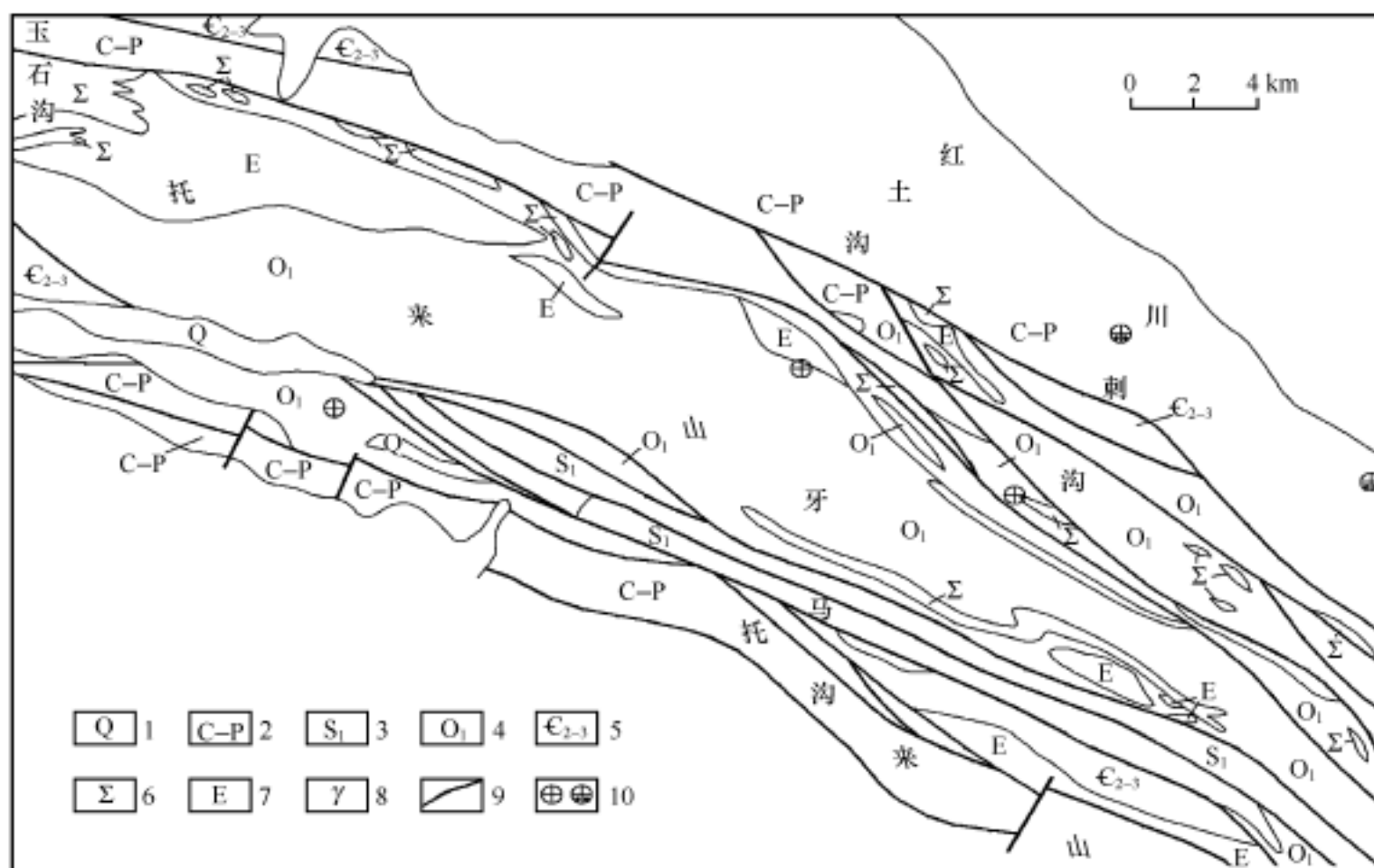


图 2-13 红土沟—川刺沟金矿带地质略图

1—第四系；2—石炭—二叠系；3—下志留统；4—下奥陶统；5—中—上寒武统；6—超基性岩；
7—基性岩；8—花岗岩；9—断层；10—金、砂金矿床（点）

化，定向排列的构造透镜体发育，显示其具韧性和韧脆性多期剪切活动特征，金矿体即分布在剪切带中。在金背景值很高的火山碎屑岩中形成构造蚀变岩型金矿（张新虎等，1997）。穿刺沟金矿床黄铁矿显示铅具多源特征，金的成矿是多阶段叠加改造产物（于浦生等，2000）。在动力作用的驱动下运移到剪切带的储矿构造中，形成剪切带型金矿床。

红沟铜矿床

1. 大地构造背景

中祁连—大通早古生代岛弧隆起带。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区的火山沉积岩呈北西向展布，构成北西向紧密褶皱，北西、北东向断裂发育并有古火山机构分布，两组断裂交汇处、古火山机构内，有次火山岩体、造山期侵入体（闪长岩、蚀变闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩等）出露。

赋矿岩石特征：容矿主岩为细碧岩及细碧质凝灰岩。

成岩成矿时代：矿体的赋矿层位为两个，即细碧岩、细碧质凝灰岩层，表明成矿作用与晚奥陶世火山活动有关。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：含矿地层为上奥陶统火山沉积岩系。其下部（自下而上）：①紫红色角斑岩、角斑质凝灰岩、凝灰角砾岩夹灰岩扁豆体；②紫红色火山角砾岩、集块岩；③黑绿色细碧岩、细碧质凝灰岩，似层状、透镜状，硅化强，有 I、II、III、IV、VI、VII 号矿

体产出，为主要含矿层；④灰白色及紫红色石英角斑凝灰岩。中部：紫红色火山角砾岩；褐黄绿色凝灰质砾岩；黑绿色细碧岩，产有V号矿体，为第二含矿层；浅灰白—淡黄绿色石英角斑岩；⑤紫红色火山角砾岩。上部：绿泥片岩；钙质绿片岩；蓝灰色大理岩。含矿建造为火山熔岩、火山碎屑岩建造。

矿体特征：矿体产于上述两层细碧岩中，沿北西西向断裂分布，构成长达3 km，宽50～500 m的北西西向矿带。有7个矿群80余个铜矿体组成，单个矿体呈脉状、扁豆状、平行或侧幕状分布，产状与围岩基本一致。走向270°～320°，倾向南西，倾角55°～60°，并略有侧伏现象，其中I、II矿群向东侧伏，IV、VII矿群向西侧伏（图2-14）。

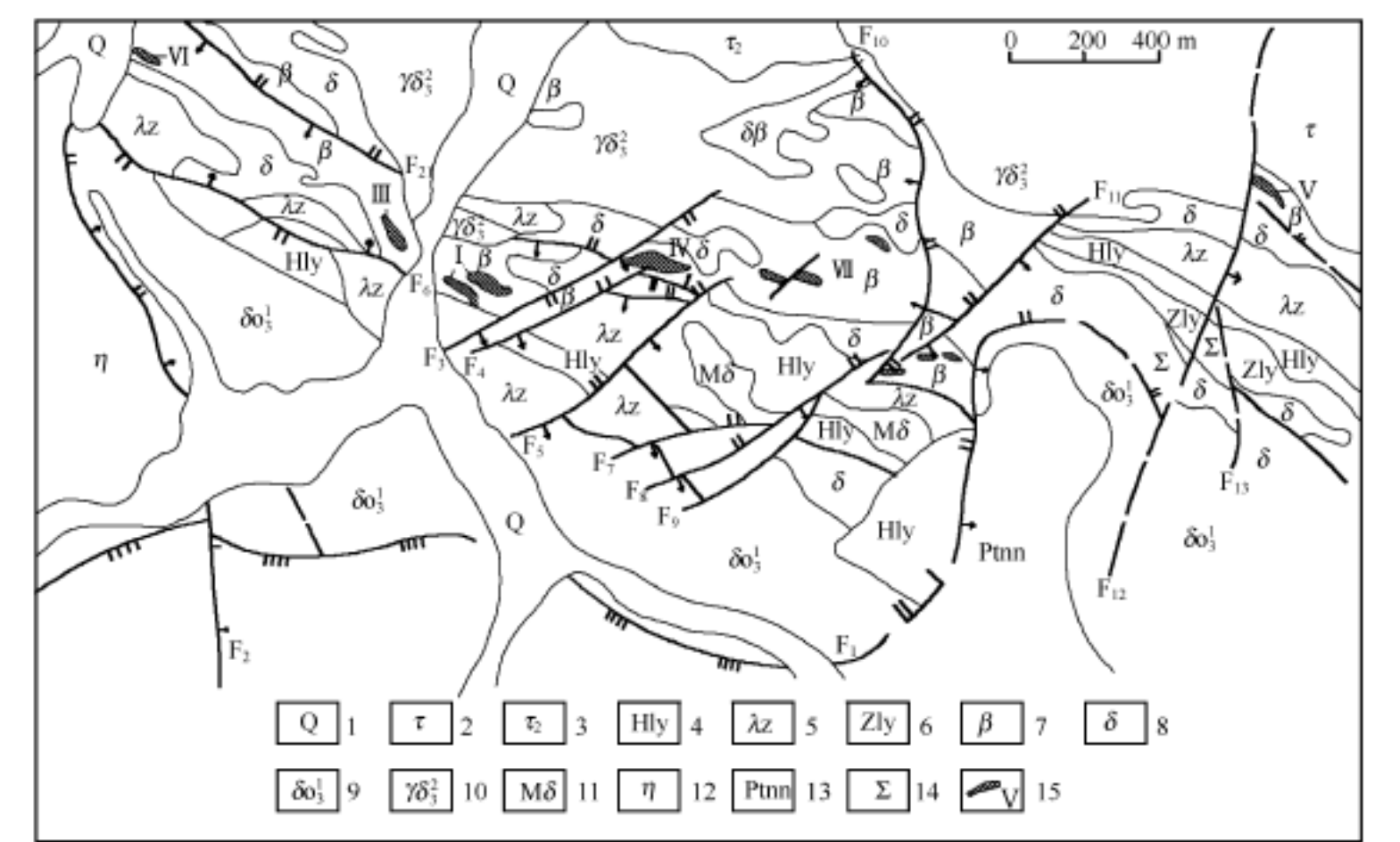


图2-14 内源县红沟矿区地质图

1—第四系；2—角斑岩；3—角斑凝灰岩；4—沉火山砾岩；5—石英角斑凝灰岩；6—凝灰质砾岩；7—细碧岩；8—闪长岩；9—石英闪长岩；10—花岗闪长岩；11—蚀变闪长岩；12—斜长角闪岩；13—片麻岩；14—超基性岩；15—矿体及编号

矿体的矿化类型有不甚明显的分带现象，大体为：上部或边部为磁铁矿（含少量赤铁矿），向下依次为：块状含铜黄铁矿、细脉浸染状和角砾状黄铜矿，直至浸染状黄铜矿。

矿石结构构造：矿石具半自形—他形粒状结构、交代结构，块状、细脉浸染状、浸染状、角砾状构造。

主要矿物成分：金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、毒砂、方铅矿等；脉石矿物有绿泥石、石英、方解石等；次生矿物有孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿以及少量铜蓝、辉铜矿、黄钾铁矾、自然铜、自然硫等。

围岩蚀变：有绿泥石化、碳酸盐化和黄铁矿化，偶见绿帘石化、弱硅化。

4. 成矿机理分析

晚奥陶世北祁连古大洋开始逐步闭合，火山活动仅限于弧后盆地等局部拉张环境，基

性火山活动间歇期间，火山喷气活动强烈，硫同位素组成特征显示，细碧岩中星点状黄铁矿的 $\delta^4\text{S}$ 值为 1.09‰~2.16‰，接近幔源硫；I、II号矿体块状黄铁矿、黄铜矿中的 $\delta^4\text{S}$ 值为 4.2‰~10.02‰为壳幔混源硫；V号矿体的 $\delta^4\text{S}$ 值为 2.57‰~3.93‰，接近幔源硫；石英方解石脉中的黄铁矿 $\delta^4\text{S}$ 值为 1.53‰~2.87‰，接近幔源硫。成物质中的硫主要是幔源硫，说明成矿作用与基性火山活动有关，矿体产于双峰式细碧角斑岩系中，矿床由块状黄铁矿、黄铜矿和磁黄铁矿组成，形成红沟块状硫化物铜—铁矿床。

松树南沟金矿床

1. 大地构造背景

北祁连早古生代结合带，为加里东造山期及叠加造山期形成的北西向构造挤压带。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：上奥陶统火山岩呈北西向展布，形成向北东陡倾的紧密褶皱；北西向断裂发育，为多期活动的多条逆断裂，构成北西向断裂带。片理化带中定向排列的构造透镜体发育，整个北西向断裂带，具韧性剪切带特征。北西向断裂带内有中酸性（花岗闪长岩、闪长玢岩等）小岩体或岩脉分布，岩体（脉）规模小，蚀变强烈（图 2-15）。

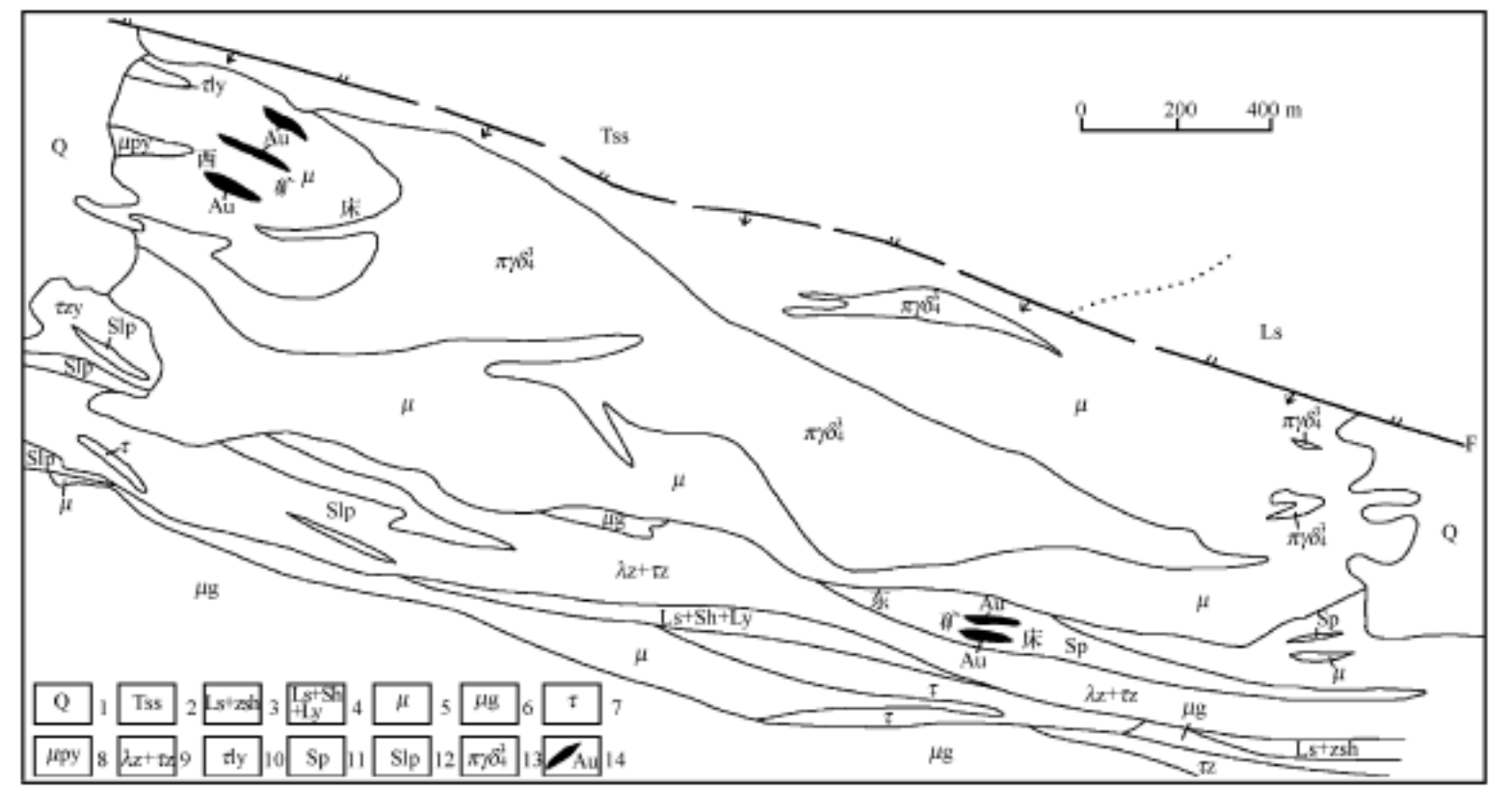


图 2-15 松树南沟金矿矿区地质图

1—第四系；2—三叠系紫色砂岩；3—灰岩、凝质页岩；4—灰岩、页岩夹砾岩；5—细碧玢岩；6—细碧质凝灰熔岩；7—角斑岩；8—黄铁矿化细碧玢岩；9—石英角斑凝灰岩；10—含砾角斑凝灰岩；11—石英绢云母片岩；12—绢云绿泥片岩；13—斑状花岗闪长岩；14—金矿体

赋矿岩石特征：细碧玢岩、石英绢云母片岩（片理化火山岩）、绢云母绿泥片岩（片理化火山岩）。

成岩成矿时代：成矿物质（铅）来自火山岩，铅的模式年龄值为：211~290 Ma，说明受到华力西—印支期叠加造山活动的改造。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：赋存于上奥陶统火山岩。

矿体特征：矿体呈似层状、扁豆状成群产出，一般长 50 ~100 m，厚 1.55 ~4.16 m。倾斜延深大于走向延长。矿体受北西西向的断裂破碎带和片理化带控制，矿体在走向、倾向上具尖灭再现、分枝复合特征。矿体平均品位 $4.60 \times 10^{-6} \sim 6.60 \times 10^{-6}$ ，矿床平均品位 5.02×10^{-6} 。

矿石结构构造：有自形一半自形结构、他形晶粒结构、包含结构、包裹结构、浸染状构造、细脉浸染状构造。

主要矿物成分：含金细碧玢岩型矿石的金属矿物有黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿及少量自然金等；脉石矿物为石英、方解石和细碧玢岩的造岩矿物。含金片岩型矿石的金属矿物有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿及少量黄铜矿、自然金等；脉石矿物为石英、方解石、绿泥石、绢云母等。

围岩蚀变：矿区围岩蚀变广泛发育，为绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化、绿帘石化。

4. 成矿模式

加里东造山活动，以断裂活动为主，北祁连早古生代大洋盆地演化至晚奥陶世，有强烈的中基性火山喷发（溢），形成富含金等成矿元素的细碧岩、细碧玢岩等。特别是华力西、印支叠加造山活动期间，中基性火山岩中有强烈的北西向韧性剪切活动，形成规模较大的北西向韧性剪切带，其中的中基性火山岩发生强烈的动力变质，使中基性火山岩中的成矿元素活化。

加里东期，本区以断裂活动为主。为火山作用提供运移通道，形成有一定排列方向的火山机构，断块沉陷基本限定了火山喷发物的堆积范围。并伴随频繁的岩浆活动。松树南沟海相裂隙式火山岩产于深大断裂凹陷处，拉斑玄武质熔浆自地壳深部岩浆房沿地壳软弱带的火山通道上侵至地表溢出时，由于温压迅速降低，其后续岩浆受阻发生爆发、喷溢，使已冷凝的玄武质岩石形成火山碎屑岩，受物质、热的交换形成矿源层及矿层，矿石的铅同位素组成： $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 37.895 ~38.192，属正常铅，来源于地幔，与本区晚奥陶世火山岩浆同源。随后火山活动进入第二次喷发旋回，由于远离火山活动中心，喷发作用形成了细碧凝灰岩矿源层，伴随后期区域构造活动，造成受应力作用强的地段，矿源层矿质活化、迁移直至局部变富，部分地段富集成矿（如产于石英角斑凝灰岩中的东矿区）；海西印支运动，岩浆沿火山通道及断裂凹陷地带上侵，矿石中石英、方解石、磁铁矿的 $\delta^{18}\text{O} + 3.6\text{‰} \sim 19.49\text{‰}$ ，石英包裹体的 δD 为 $-82.4\text{‰} \sim -86.7\text{‰}$ ，在 δD 对 $\delta^{18}\text{O}$ 坐标图上，一个投在岩浆水区，一个投在岩浆水区之外，显示成矿流体中有岩浆水也有非岩浆水。与此同时有小规模的中酸性岩浆侵入活动，也带来从途径围岩汲取的成矿物质。变质水、岩浆水与成矿物质组成混合型成矿流体，在动力变质岩及其围岩的张性裂隙或微裂隙发育部位，形成动力变质改造型（剪切带型）金矿床。各类矿石的石英、方解石矿物包裹体的均一温度为 $115 \sim 152^\circ\text{C}$ 。属低温热液成矿。构造活动为主要成矿动力，岩浆侵入活动是次要成矿力（潘彤，1999）。侵位于流溢相细碧岩及火山通道内，通过物质交换，先期形成矿层再度叠加，岩浆气液活动逐渐变弱，形成规模较大的矿体，沿导矿通道（断层或裂隙带）形成细脉—浸染状矿石。从而初步认为松树南沟金矿与火山构造洼地中火山活动有关，其成矿模式见图 2-16。

锡铁山铅锌矿床

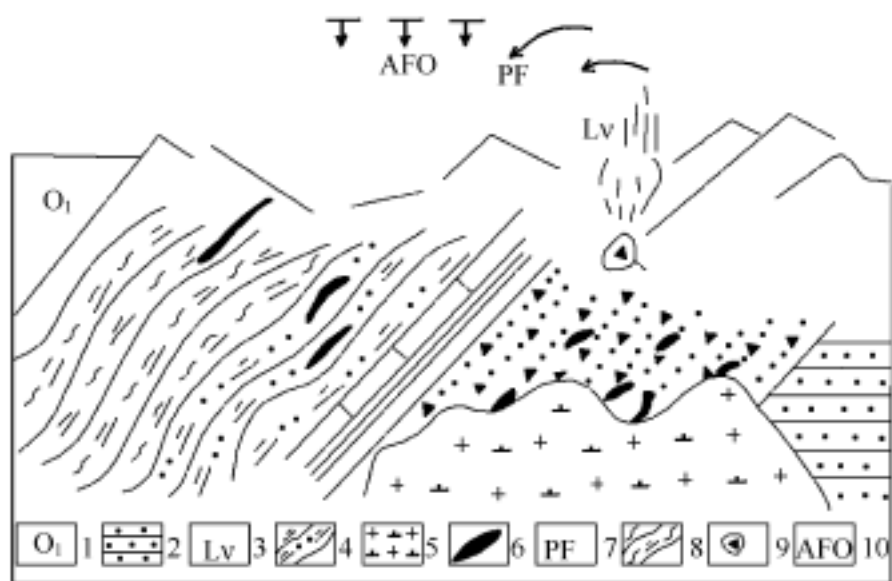


图 2-16 松树南沟金矿成矿模式图

1—古生代火山岩；2—洼地下部沉积砂岩；3—喷溢岩流；4—石英绢云母片岩；5—侵入岩；6—矿体；
7—爆发火岩碎屑岩流；8—绿泥绢云母片岩；9—爆发角砾岩；10—爆发空落凝灰岩

1. 大地构造背景

位于柴北缘奥陶纪消减带。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：锡铁山矿区属柴北缘断褶带的一部分（南翼）。为一陡倾的单斜构造。岩层浅部倾向北东，深部倾向南西，因受强烈挤压。层间滑脱，揉皱及挠曲十分发育。岩石强烈片理化，矿体产状复杂多变。矿区断裂构造十分发育，按其走向分切层断裂和顺层断裂。顺层断裂与地层走向基本一致，以滩间山群与达肯大坂群地层间的断裂规模最大，具先张后压的多期活动特点，可见糜棱岩、千枚岩与构造角砾岩、构造透镜体共存。说明其经历过韧性剪切—脆性破裂活动历史。矿区内侵入岩不甚发育，有规模不大的基性、超基性岩和规模较大的花岗岩，分布于矿区北部达肯大坂群中。

赋矿岩石特征：容矿主岩为黑绿色含炭绿泥石绢云石英片岩与薄层—厚层条带状大理岩，其原岩为喷流沉积的硅质岩和硅质白云岩；中部含矿层非整合型矿体的容矿主岩是中基性—中酸性火山岩夹喷流沉积的泥硅质岩、含炭泥硅质岩；上部细脉浸染型矿化的容矿主岩为碎屑沉积岩。

成岩成矿时代：含矿地层为晚奥陶世火山沉积岩系，主要成矿期为晚奥陶世；含矿岩石建造的 Rb—Sr 等时线年龄值（343.1 Ma）显示，华力西期为变质改造成矿期。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：为上奥陶统滩间山群火山沉积岩系，自下而上分三个岩组，下部火山沉积岩组、中部中基性火山岩组、上部紫红色砂岩组。下部火山沉积岩组又分两个岩段：火山—沉积岩段和正常沉积岩段；火山—沉积岩段：上部为灰绿色石英斜长片岩夹绿泥石石英片岩及少量绿帘片岩、大理岩、石英绢云片岩、变英安流纹岩；下部为深灰绿色斜长角闪片岩与浅灰绿色变英安流纹岩、浅肉红色流纹斑岩互层夹少量薄层大理岩、绿泥石石英片岩、凝灰岩。沉积岩段为黑绿色含炭绿泥石绢云片岩、绢云石英片岩与薄层—厚层状条带状大理岩，是矿区的主要含矿层位（图 2-17）。

中部中基性火山岩组为深灰绿色含钙质条带状斜长绿泥片岩，夹石英绢云片岩、含炭

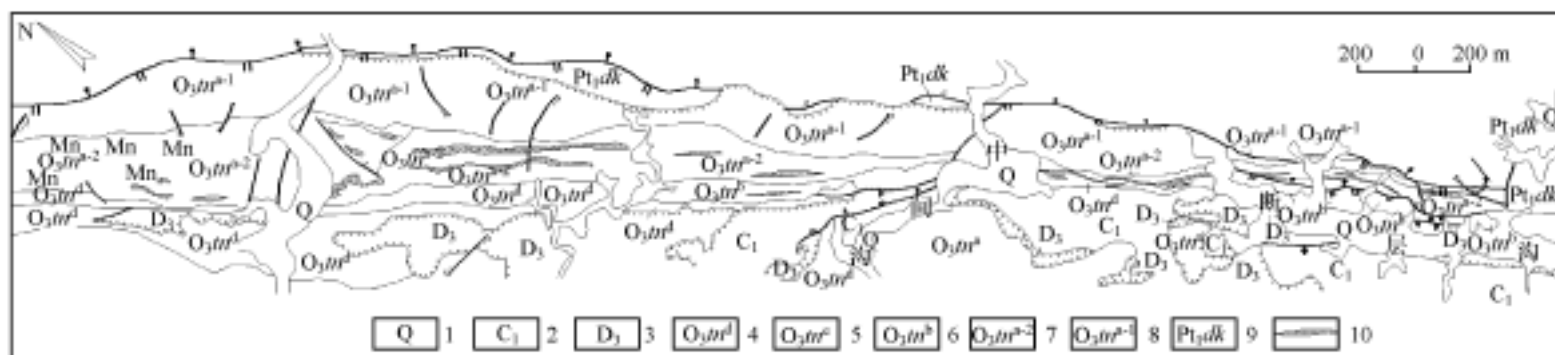


图 2-17 锡铁山铅锌矿床地质略图

1—第四系；2—下石炭统穿山沟组砂岩；3—上泥盆统红色砂砾岩；4—上奥陶统滩间山群上部中—基性火山—沉积岩 (O_3tn^d)；5—滩间山群中部紫红色砂岩 (O_3tn^c)；6—滩间山群中部中—基性火山沉积岩 (上部含矿岩系) (O_3tn^b)；7—滩间山群下部沉积岩 (O_3tn^{a-2}) (下部含矿岩系)；8—滩间山群下部基性和酸性火山碎屑岩互层 (O_3tn^{a-1})；9—古元古界达肯大坂群变质岩系；10—铅锌矿体

绿泥绢云石英片岩与少量薄层大理岩、变英安岩。产有含铜石英脉和细脉组成的不整合型铅锌矿体。

上部紫色砂岩组：为灰紫色紫红色变粉—细砂岩夹灰绿色变细砂岩，局部为紫红色含砾砂岩，见有细脉状铅锌矿化。

矿体特征：层状矿化与似层状矿体，矿区主要含矿层 (O_3tn^{a-1}) 中的条带状、厚层状大理岩与含碳绢云（绿泥）石英片岩过渡带，薄层状、纹层含硫化物与硅质岩、重晶石岩、碧玉岩等呈互层状产出，硫化物层密集部位构成层状、似层状矿体。层状、似层状矿体是锡铁山矿区的主矿体。一系列似层状矿体沿含矿层展布，在倾向作单斜叠瓦状排列，断续延深 400 m。

细脉浸染状矿化与不规则状矿体：矿区上奥陶统中基性火山碎屑岩组 (O_3tn) 有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿呈细脉浸染状产出或有含铜石英脉。在硫化物密集部位，构成矿体。矿体据样品分析结果圈定和围岩呈渐变关系，形态不规则，其产状与围岩层理或片理常有较小的交角。这类矿体规模小（最大者长 180 m，厚 5 m），品位低，矿体数少。

细脉—网脉状矿化和不规则状矿体：矿区东侧断层沟一带，达肯大坂群与滩间山群边界断裂两侧的变质岩 (Pt_1dk) 和绿片岩 (O_3tn^{a-1}) 的次级断裂和裂隙中，构成不规则状矿体。这类矿体少，规模小，为改造热液矿化。

矿石结构构造：具胶状隐晶—微晶结构、他形—自形粒状结构、交代结构，条带状、条纹状、块状、细脉浸染状、花斑状构造。

主要矿物成分：金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿，其次有黄铜矿、银黝铜矿、毒砂和微量的黄锡矿、辉铋铅矿、黝铜矿、硫镉矿等；脉石矿物有：石英、方解石、绿泥石、鲕绿泥石、菱铁矿、菱锰矿、含锌菱铁矿、石膏、明矾石等。根据主要金属矿物和脉石矿物组合划分出含锌菱铁矿—石膏矿石、钙硅质方铅闪锌黄铁胶状黄铁矿矿石、硅质黄铁胶状黄铁磁黄铁矿矿石、闪锌方铅黄铁矿矿石、闪锌方铅胶状黄铁矿矿石、黄铁胶状黄铁磁黄铁矿矿石、方铅闪锌黄铁矿矿石、方铅矿矿石、含铜石英脉型矿石、闪锌方铅黄铁磁黄铁矿矿石、黄铁矿矿石。

围岩蚀变：有绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等。

4. 成矿机理分析及矿床模式

柴北缘早古生代消减带中段，区域地球物理资料显示，由数个雁列排列的火山沉积盆地组成，早期（晚奥陶世）的张开可能构成滩间山群火山沉积岩沉积期的同生断裂，控制柴北缘裂隙海槽的发展，也是海底喷流沉积成矿作用的喷流热液活动的通道。晚奥陶世发生火山喷流（气）沉积活动，形成矿源层，同一类型矿石的铅同位素组成比较稳定，由条带状（硅质）矿石→粗晶块状花斑状矿石→磁黄铁矿、胶黄铁矿矿石→细脉浸染状矿石， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ，比值均逐次降低，显示壳幔混源铅特点。说明喷流沉积成矿期是矿床主要成矿期，形成具层状、似层状矿体的整合型矿床，矿区内与矿有关的含硫矿物中的 ^{34}S 均为低正值，离散度较小，呈塔式分布；总的趋势是黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S} > \text{闪锌矿的 } \delta^{34}\text{S} > \text{方铅矿的 } \delta^{34}\text{S}$ ；重晶石的 $\delta^{34}\text{S}$ 为10.51‰~11.94‰，偏离较大。表明成矿组分中的硫主要来自地幔，少量来自地壳和海水；结合矿床各类矿石的石英、方解石、闪锌矿的流体包裹体有次生高盐度气液相次生子矿物、低盐度气液相、含 CO_2 气液相，均一温度为120~254℃（青海省地质局），显示热水沉积和后期改造特征。变质热液成矿作用仅仅使喷流沉积的矿体原地改造、加富，后期强烈的挤压及区域变质作用，使得沉积岩石相变为绿片岩相，地层强烈褶皱或高角度倾斜，因而形成层间破碎及滑动虚脱构造，构成容矿有利空间（李如满，汪树栋，2003）。

综上所述，锡铁山铅锌矿床属火山喷流沉积改造型矿床。

肯德可克钴铍金多金属矿

1. 大地构造背景

祁漫塔格早古生代弧后盆地。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：含矿岩系形成近东西向紧密褶皱，褶皱轴波浪起伏；近东西向断裂发育，以贯穿矿区的 F_1 断裂规模最大。该断裂沿走向倾向均呈舒缓波浪状，倾角陡，构成宽几十米、延长数公里的挤压破碎、片理化带。矿区内侵入岩不甚发育，只见有少量闪长岩（同位素年龄值161 Ma）、石英斑岩（179 Ma）等小岩脉分布，岩脉规模小，宽1~2 m，长十几米至数十米。为印支叠加造山期岩浆活动产物。

赋矿岩石特征：银铅矿体、钴铍金矿体的容矿主岩为泥硅质千枚岩夹绿泥阳起石透辉石石榴子石岩或绿泥阳起石石榴子石透辉石岩、硅质岩、含炭泥硅质岩及少量白云质大理岩透镜体，其中透辉石石榴子石岩是矿区内分布最广与矿关系最密切的岩石之一，其成因颇有争议。本区透辉石石榴子石岩在泥硅质千枚岩、含炭泥硅质岩中，呈多个夹层出现，其走向、倾向延伸及褶皱与千枚岩同步。岩石具深灰绿、灰绿色，肉眼观察为细晶质、致密块状。显微镜下呈显微絮状、纤维状、毡状变晶结构、变晶结构、变余球粒状结构，致密块状构造、层纹状或显微层纹状构造、条带状构造。矿物组分主要为石榴子石和透辉石，其次有石英、绢云母、绿泥石、阳起石、炭质，有少量黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿等。石榴子石为微晶—细晶状的自形晶，其边部透明（显净边），中心部位有絮状或毛发状雏晶而不透明；透辉石为细柱粒状自形一半自形晶，或呈纤维状、絮状，亦具边部透明中心不透明特点。透辉石和石榴子石互层状分布，构成岩石的微层理。石英为细晶质，细

纹层状分布，在透辉石石榴子石岩中构成浅色纹层（条带）。绿泥石为细鳞片状、阳起石为细纤维状，两者构成岩石中的绿色纹层。黄铁矿等金属矿物，星点状分布，有时见球粒状或变余草莓状黄铁矿。在宏观和微观上都可以看到，透辉石石榴子石岩和硅质岩、含炭泥硅质岩等沉积岩互为夹层或呈互层状产出，其单层厚度从不足 1 mm（显微镜下可见微层理），到几厘米、十几厘米。岩石的沉积特征十分明显。铁（锌）矿体、脉状铜铅锌矿体的容矿主岩为白云质大理岩。可以看出，本区泥硅质岩、硅质岩、透辉石石榴子石岩、含炭泥硅质岩、白云质大理岩等容矿主岩，具喷流热水沉积岩特征。

成岩成矿时代：据赵财胜 对与成矿关系密切的辉长石中的斜长石单矿物测定，等时线年龄为（211.13 ±4.46）Ma，显示为晚三叠纪的产物。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：为上奥陶统浅变质火山沉积建造（图 2 - 18）。即铁石达斯群的玄武岩、安山岩、流纹岩以及火山碎屑岩等火山岩；泥硅质千枚岩（或板岩）夹多层透辉石石榴子石岩（或石榴子石透辉石岩）、含炭泥硅质板岩（局部见炭泥质同沉积砾岩）、硅

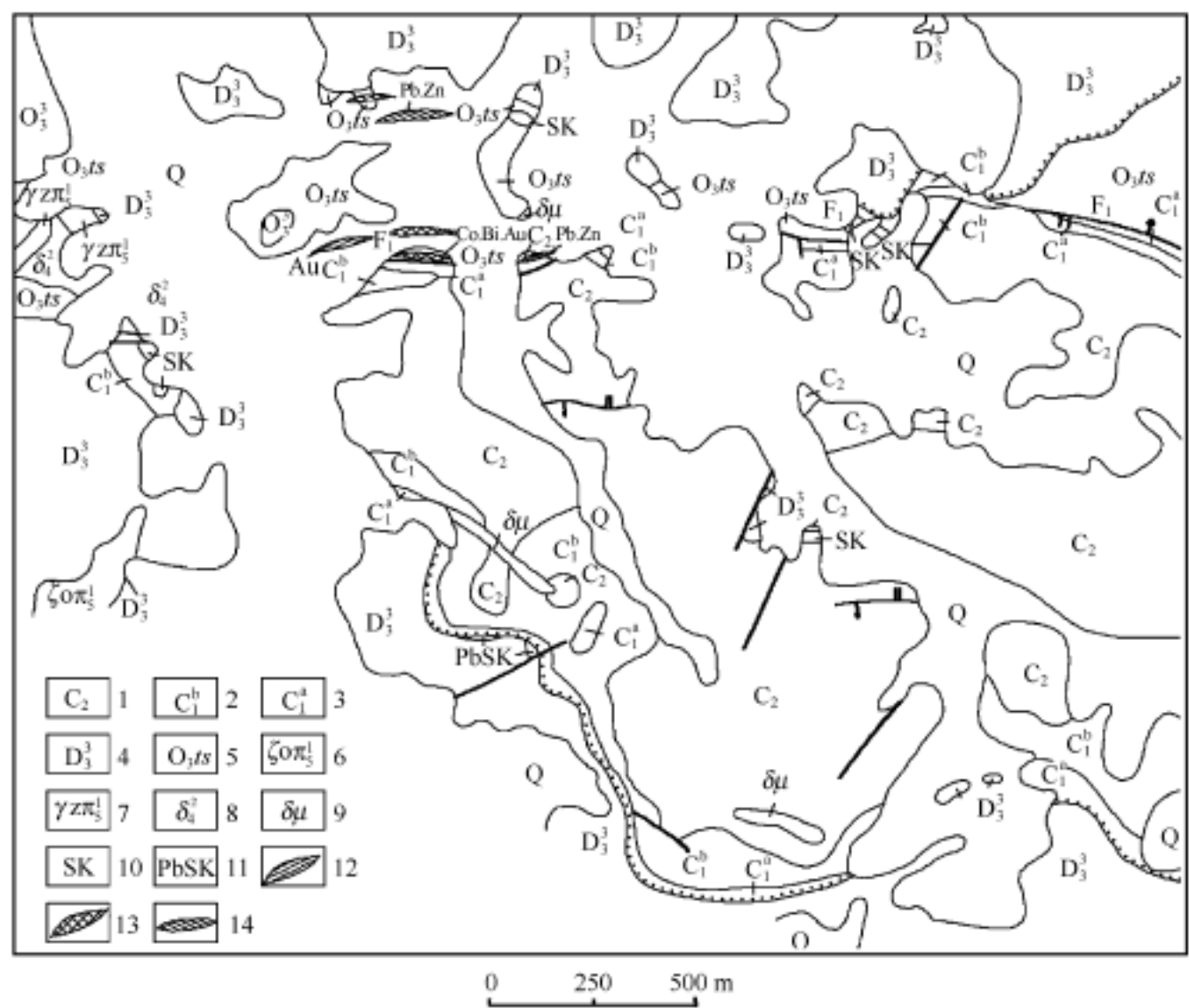


图 2 - 18 肯德可克矿区地质图

- 1—白云岩白云质大理岩夹结晶灰岩，上部为复成分角砾岩；2—生物灰岩夹碳质页岩透镜体；3—砂岩、粉砂岩、砂砾岩夹白云质灰岩、碳质泥岩；4—中酸性火山碎屑岩、熔岩、角砾岩；5—白云质大理岩、硅质岩、粉砂岩；6—肉红色石英正长斑岩；7—钠长霏细斑岩；8—中细粒闪长岩；9—闪长玢岩；10—矽卡岩；11—铅锌矿化矽卡岩；12—金矿体；13—钴铋金矿体；14—铅锌矿体

赵财胜. 青海省东昆仑造山带金、银成矿作用. 博士论文. 2004.

质岩和少量白云质大理岩透镜体等喷流热水沉积岩，其中有银铅锌矿体、钴铋金矿体等；厚层状白云质大理岩（局部见有绿泥石胶结、砾石为大理岩组成的砾状大理岩）夹有薄层硅质岩等正常沉积岩夹喷流岩，其下部有磁铁矿矿体。

矿体特征：银铅矿体产于矿区北部，似层状、透镜状，单孔所见，多层产出，累计厚度达 27 m，物探推测，走向长 500 m，延深超过 300 m；钴铋金（钼）矿体产于矿区中部，共有数十个矿体，呈透镜状、豆荚状、扁豆状、似层状或脉状，规模大小不一，其中最大矿体长 480 m，厚 11 m，延深 40 ~225 m，仅个别钻孔中，见有厚 14 m 的钼矿（化）体。铁（锌）矿体有大小不一的矿体近 40 个，似层状、扁豆状、透镜状产出，最大矿体长 1650 m，厚 42 m，延深 44 ~355 m。脉状铅、铜矿体产于铁矿体上盘的白云质大理岩的张性断裂中，其中脉状铅矿体规模较大，具工业意义。

矿石结构构造：矿石常见他形—半自形—自形粒状变晶结构、交代结构、碎裂结构，偶见变余胶状结构和变余草莓状结构。矿石构造以浸染状、团块状，块状、斑杂状、角砾状、条带状、不规则脉状构造为主，其次有层纹状、放射状构造。

主要矿物成分：铁（锌）矿石的金属矿物主要是磁铁矿，其次有闪锌矿、黄铁矿等；脉石矿物主要有碳酸盐、绿泥石、透闪石等。钴铋金矿石的金属矿物主要是黄铁矿、胶黄铁矿、白铁矿、毒砂、自然铋、碲铋矿、硫钴矿、自然金、银金矿、钴华等；脉石矿物为石榴子石、透辉石、石英、绿泥石、阳起石、碳酸盐、透闪石、绢云母等。银铅矿石的主要金属矿物有方铅矿其次有闪锌矿、黄铁矿及少量黄铜矿、自然银等；脉石矿物有石英绢云母石榴子石、透辉石、绿泥石、碳酸盐等。矿石的化学成分复杂，铁矿石以铁为主，其次有锌及铅、铜等；银铅矿石主要有铅，其次为银、锌及少量铜等；钴铋金矿石主要为金、钴、铋有；少量银、钼等。矿石的矿物组分、化学组分复杂，是本矿床的突出特点。

围岩蚀变：①角岩化在矿区内非常发育，其产物为钙镁硅酸盐角岩，即含矿岩系中的绿泥阳起石透辉石石榴子石岩、绿泥阳起石石榴子石透辉石岩的岩石结构构造特征显示，它们是絮状的钙镁硅酸盐重结晶产物。由于矿区的地表和深部（最深孔达 642.27 m）均未见到具有与角岩化规模相匹配的岩体，上述各种角岩广泛发育，可能说明，本区是晚奥陶世的火山喷流活动形成的高热区，长期的热活动，致使热水沉积的硅质（或硅酸盐）胶体重结晶；②矽卡岩化分布在中酸性岩脉与碳酸盐岩接触带，有钙镁橄榄石矽卡岩、透辉石石榴子石矽卡岩、符山石绿帘石透闪石矽卡岩等，呈团块状、脉状产出，矿物结晶粗大，交代碳酸盐岩，只分布在岩脉与碳酸盐岩的接触带或碳酸盐岩的裂隙中，其规模远不能与区内细晶质透辉石石榴子石岩等相比；③金云母化、绿泥石化，与矽卡岩化紧密相伴，呈鳞片状晶体，其集合体呈团块状、脉状产出。

4. 成矿机理及模式

肯德可克矿床位于祁漫塔格弧后裂陷盆地内，以钴、金矿为主，还可见 Cu、Bi、Ni、Pb、Zn、Fe 矿化，形成时代为海西期—印支期。通过该矿床矿物共生组合、矿脉穿插关系及控矿条件分析，该矿床明显受构造、岩浆岩和热水沉积建造联合控制，且经历了多期次多阶段成矿作用，该矿床属后生矿床类型。

奥陶热水喷流沉积作用：海底火山喷流带来了 Co、Bi、Au、Cu、Pb、Zn 等成矿元素，并使其初步预富集。同时，在盆地内沉积形成富含 Co、Bi、Au 等成矿元素的硅质岩和沉积碎屑岩，为后期热液改造成矿提供了物质基础，其成矿演化模式图（图 2-19）。

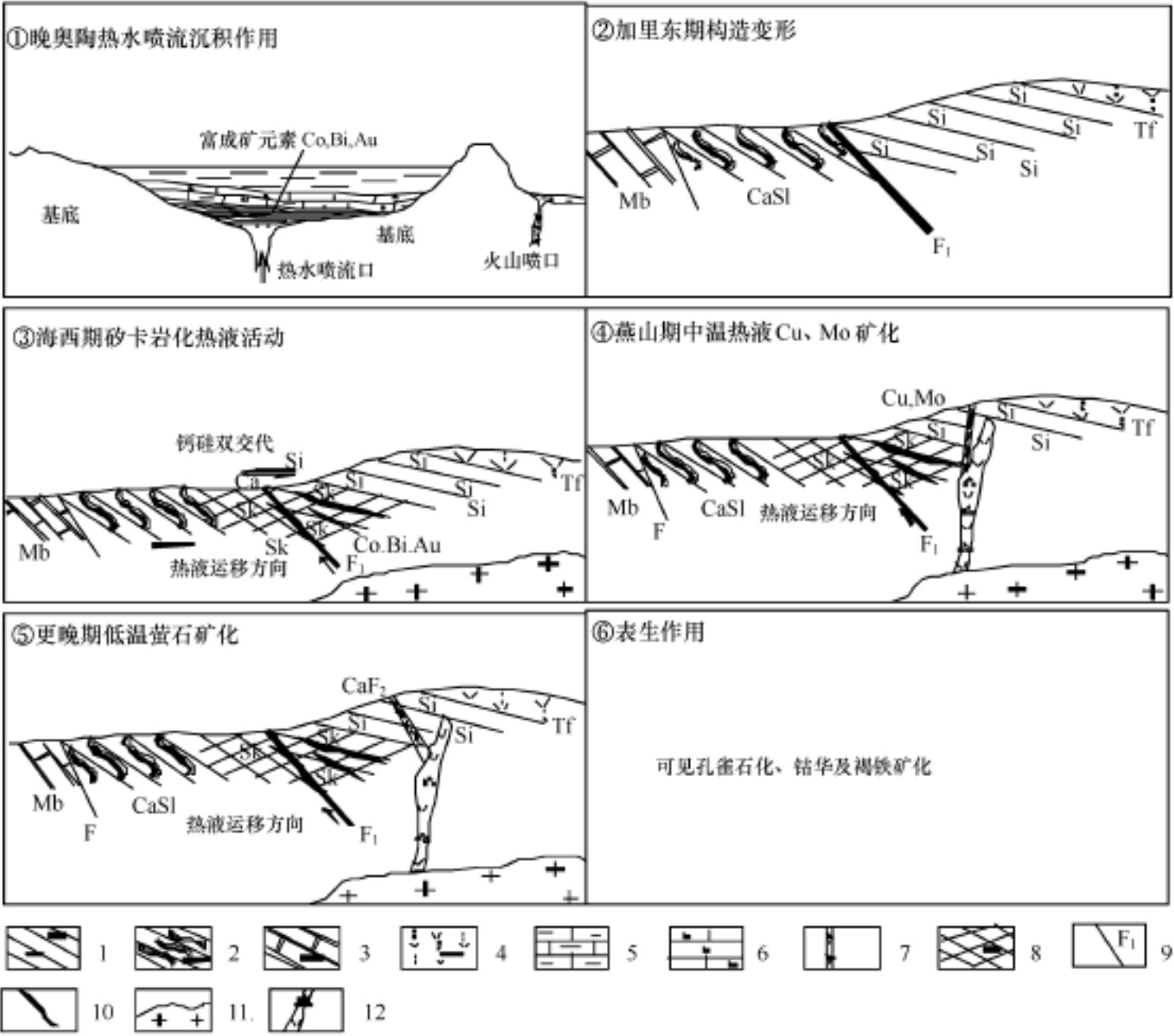


图 2-19 肯德可克钴钼金矿床成矿演化模式图

(匡俊，2003)

1—硅质岩；2—钙质板岩；3—大理岩；4—凝灰岩；5—泥质灰岩；6—钙质灰岩；7—破碎角砾岩；
8—砂卡岩；9—断裂构造；10—矿体；11—花岗岩；12—石英斑岩

海西期砂卡岩化热液成矿作用：为主要成矿期。该区经历加里东期区域构造变形之后，深部岩浆活动提供热源，促使深部热液沿构造裂隙发生运移，导致硅质岩与含炭钙质板岩发生 Si、Ca 双交代，形成砂卡岩化，同时带动了成矿物质运移，沿构造带在破碎的砂卡岩内并富集成矿。

燕山期中温热液铜钼矿化作用：该期矿化规模较小，仅在弱砂卡岩化的硅质岩内发生，其形成的矿脉穿切砂卡岩化小裂隙，明显晚于砂卡岩化。

更晚期低温热液萤石矿化作用：该期矿化与矿区东部正长斑岩侵入关系密切，并沿 F₁ 断裂两侧发生萤石矿化。

表生氧化期：形成了钴华、镍华、褐铁矿、蓝铜矿和孔雀石等表生氧化矿物。

匡俊，东昆仑成矿带钴矿床特征及形成作用探讨，吉林大学硕士论文，2003。

综上所述，我们认为肯德可克钴铋金矿床为热水喷流沉积-多次热液成矿叠生型矿床。

五、上古生界火山沉积岩中的金属矿床

(一) 石炭系火山沉积岩中的金矿床

省内石炭系火山沉积岩分布在晚古生代裂谷带和加里东造山带中的晚古生代陆缘活动沉积盆地。其中金属矿床、矿点分布甚广。以近年新发现的果洛龙洼金矿床最为典型。

果洛龙洼金矿床

1. 大地构造背景

昆仑前锋弧南缘古生代消减杂岩带，为晚古生代陆缘活动沉积盆地。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区及其外围的石炭系构成近东西向紧密褶皱。炭硅泥建造中近东西向断裂发育并具多期活动特征，构成宽数百米、长数公里的近东西向韧性剪切带；剪切带内岩石强烈破碎、揉皱和糜棱岩化，形成碎裂岩、构造角砾岩、糜棱岩、千糜岩等动力变质岩。矿区及其外围有闪长岩、闪长玢岩等中酸性小岩体或岩脉，其中一些岩脉也卷入韧性剪切带，具强烈糜棱岩化。

赋矿岩石特征：为糜棱岩化的炭硅泥岩及部分糜棱岩化的中酸性岩脉。或上述岩石强烈动力变质形成的千糜岩。

成岩成矿时代：矿区及其外围出露地层为下石炭统，成矿时代为下古生纪。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：矿区及其外围出露地层为下石炭统哈拉郭勒群火山沉积岩系，下部为火山岩，岩性有：玄武安山岩、安山岩、流纹岩夹火山碎屑岩；上部为互层状产出的薄层状含炭石英绢云母千枚岩（或千枚状板岩）、薄层状硅质岩、薄层泥钙质板岩（千枚岩），绿泥石英千枚岩，夹有结晶灰岩透镜体，为喷流热水沉积的炭硅泥建造，是矿区的主要含矿建造（图2-20）。

矿体特征：矿体形态有脉状、透镜状、豆荚状、不规则状，产状及膨缩变化复杂，规模大小不一，尖灭再现的现象常见。矿体的长80~1100 m、宽0.5~4.0 m，品位为 $(1.23 \sim 18.75) \times 10^{-6}$ 。

矿石结构构造：矿石具半自形—他形粒状结构、糜棱结构、碎裂结构、填隙结构，浸染状、细脉浸染状、斑杂状、脉状构造。

主要矿物成分：矿化石英脉，产于韧性剪切带的产状转折处的石英脉强烈破碎部位，构成含金石英脉（Au₁、Au₂号矿体）；矿化构造角砾岩，产于千糜岩的叠加构造破碎带，形成破碎蚀变岩型金矿体（如Au₅号矿体）；矿化千糜岩，产于千糜岩中张性微裂隙发育部位，形成韧剪切带型金矿体（如Au₁、Au₄号矿体下盘千糜岩中的金矿体）。构成该剪切带中的石英脉型→破碎蚀变带型→剪切带型金矿成矿系列。

围岩蚀变：主要有硅化、绢云母化、黄铁矿化（或黄铁绢英岩化）、碳酸盐化，其次为绿泥石化、纤闪石化。风化淋滤强烈地段，有高岭土化、褐铁矿化、孔雀石化等。

4. 成矿机理分析

晚古生代中期（早石炭世），东昆仑南坡加里东造山带东缘局部发生海侵，形成陆缘活动沉积盆地，有较强烈的喷流沉积活动，在喷流沉积活动中，形成富含金等成矿元素的

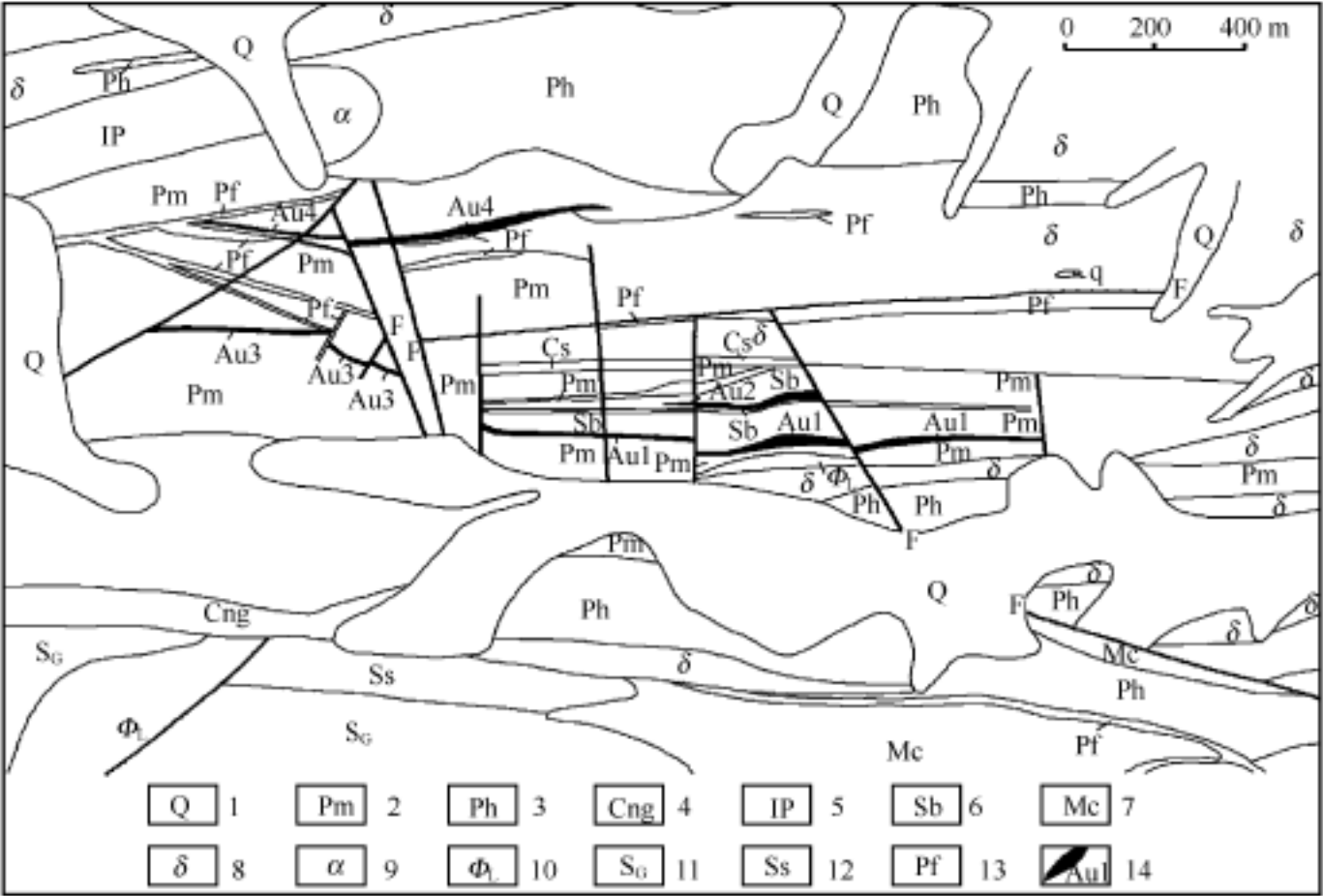


图 2-20 果洛龙洼金矿地质简图

1—第四系；2—千糜岩；3—绿泥石英千枚岩；4—绿泥石英片岩；5—灰绿色片岩；6—黑色含铁质碳质硅化板岩；7—条带状大理岩；8—闪长岩；9—安山岩；10—辉石岩；11—砂砾岩；12—岩屑砂岩；13—破碎带；14—金矿体及编号

炭硅泥建造。华力西期造山活动及以后的叠加造山过程中，近东西向多期活动的韧性剪切带发育，富含金等成矿元素的炭硅泥建造遭受强烈的动力变质作用，其中的金等成矿元素活化与变质水一起形成动力变质成矿流体；韧性剪切带活动期间有中酸性岩体或岩脉沿其中的张性断裂侵入，中酸性岩浆侵入活动又从其途经围岩汲取成矿物质，形成含矿的岩浆热液，并与动力变质成矿流体混合。这种混成的成矿流体，充填韧性剪切带的张性断裂，形成石英脉型金矿体；在脆性剪切部位形成构造蚀变岩型金矿体；千糜岩或糜棱岩带的张性微裂隙发育部位，形成韧性剪切带型金矿体。部分岩脉也卷入韧性剪切带说明，韧性剪切带，具多期活动特征。

(二) 二叠系火山沉积岩系中的金属矿床

省内的二叠系火山沉积岩系主要分布在晚古生代裂谷带、加里东期造山带的晚古生代陆缘活动带、早中生代岛弧隆起带的隆起区，金属矿床、矿点分布广泛。以铜峪沟铜矿床、德尔尼铜钴矿床和旦荣铜矿床为最典型。

铜峪沟铜矿床

1. 大地构造背景

位于都兰—鄂拉山三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿床位于赛日科龙洼复背斜南西翼，矿区总体构造格架为北

压碎、叶片状结构，条带条纹状、浸染状、层块状、细脉浸染状、脉状、胶状、角砾状构造、揉皱构造等。

主要矿物成分：矿石的金属矿物以黄铜矿、磁黄铁矿为主，次为黄铁矿（胶状、碎屑状、细脉状）、白铁矿、闪锌矿和方铅矿，少量黄锡矿、斑铜矿、硫铋铜矿，偶见辉铜矿、辉钼矿、淡红银矿、锡石、白钨矿等；次生矿物有褐铁矿、孔雀石、蓝铜矿和铜蓝等。脉石矿物主要有透辉石、钾长石、石榴子石、斜长石、石英、方解石及蚀变矿物。

围岩蚀变：绢云母化、绿泥石化、硅化、碳酸盐化等。

4. 成矿机理分析

该矿床最重要的容矿岩石层砂卡岩的成因颇有争议，然而从砾状灰岩发育表明在盆地沉积活动过程中同生断裂活动频繁；矿石的结构构造（如变余胶状结构、层状、条带状构造等）、出现胶状黄铁矿等都显示矿石具沉积成因特点，铅同位素年龄计算结果表明，矿床铅同位素组成及计算年龄值结果表明，部分铅同位素计算年龄值大于二叠纪的年龄数值，说明这部分铅是在二叠纪以前就已经从铀钍系统中分离出来，其来源应是深部比二叠纪更老的地层（区内为古元古界变质岩）；部分年龄值小于或近似于二叠纪年龄值，显示部分铅是从二叠系地层中淋滤出来的，部分是后来叠加改造阶段加入。硫同位素组成以富轻硫为特征，矿床金属硫化物的 δ^3S 为 $-1.1\text{‰} \sim -8.97\text{‰}$ ，平均 -5.98‰ ，地层硫同位素组成与矿体完全一致。表明二者同一硫源，说明沉积盆地为开放或半开放环境，这与利用沉积相研究结果相一致。矿区内未见硫酸盐矿物，可以认为硫来源海水硫酸盐的细菌还原。据以上其矿床模式可简述为：在早二叠纪期间，都兰—鄂拉山古陆块东南部有活动型沉积盆地，在火山喷发之后，同生断裂活动频繁，在同生断裂裂隙中形成热水循环系统，循环热水淋滤并汲取途经的古元古界变质火山沉积岩中的成矿物质形成成矿流体，并喷流到早二叠世海盆地，沉积了一套由层砂卡岩、硅质岩、硅质胶结的碎屑沉积岩和层状金属硫化物等组成的含矿岩系，形成 SEDEX 型铜矿床。受后期构造及岩浆热液的叠加改造，导致矿床的矿体形态、矿石结构构造及物质组分都变得比较复杂（李福东等，1993）。

同一矿田的赛什塘铜—多金属矿床，具有相似的成矿过程。其矿石物质组分的差别，可能是成矿过程中循环热水途经的围岩不同、汲取成矿物质不同所致。

日龙沟锡多金属矿床

1. 大地构造背景

矿床位于都兰—鄂拉山三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：日龙沟矿区为一近南北向的背斜构造，其核部为大理岩段的厚层状大理岩，翼部依次为黑云母石英片岩段和绿片岩段，背斜两翼对称性不好，西翼倒转。矿区断裂构造发育，以近南北向断裂为主，其次有北西、北东和近东东西向断裂。由于断裂的破坏，背斜构造局部发生地层产状紊乱。矿区北部有一花岗闪长岩株，同位素年龄为 182.3 Ma （黑云母 K—Ar 法测定），为印支期叠加造山活动产物。此外，矿区内尚有少量的煌斑岩脉、闪长玢岩脉分布。

赋矿岩石特征：层状砂卡岩和黑云母石英片岩、二云石英片岩或变砂岩。

成岩成矿时代：含矿岩系为早二叠纪火山—沉积岩，成矿期为早二叠世。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：矿区出露地层和铜峪沟矿区地层相当。为下二叠统布青山组下部火山沉积岩系，自下而上有：①大理岩段为厚层状灰白色黄褐色大理岩，局部夹薄层状条纹状大理岩；②黑云母石英片岩段有黑云母石英片岩、二云石英片岩、变粉砂岩，夹层砂卡岩、凝灰质粉砂岩、千枚岩、凝灰岩等，偶夹大理岩透镜体，其中石英片岩类的原岩是泥硅质岩，该岩段是矿区主要赋矿层；③绿片岩段有绢云绿泥石英片岩、阳起石片岩、绿帘阳起石岩、斜长角闪片岩、长石石英砂岩、变砂岩、绢云绿泥千枚岩等，其原岩以中基性火山凝灰岩、凝灰质沉积岩为主，夹部分火山熔岩。总之该岩系为一套火山沉积建造。

矿体特征: 矿区已发现矿体 23 个, 其分布构成 6 个矿带 (图 2-22)。矿体多呈层状、似层状和透镜状赋存于黑云母石英片岩段, 呈多层状产出, 主矿体产于绿片岩段与黑云母石英片岩段之间的过渡部位。以 M_{2-1} 、 M_{4-2} 矿体规模最大, 为矿区的主矿体。 M_{2-1}

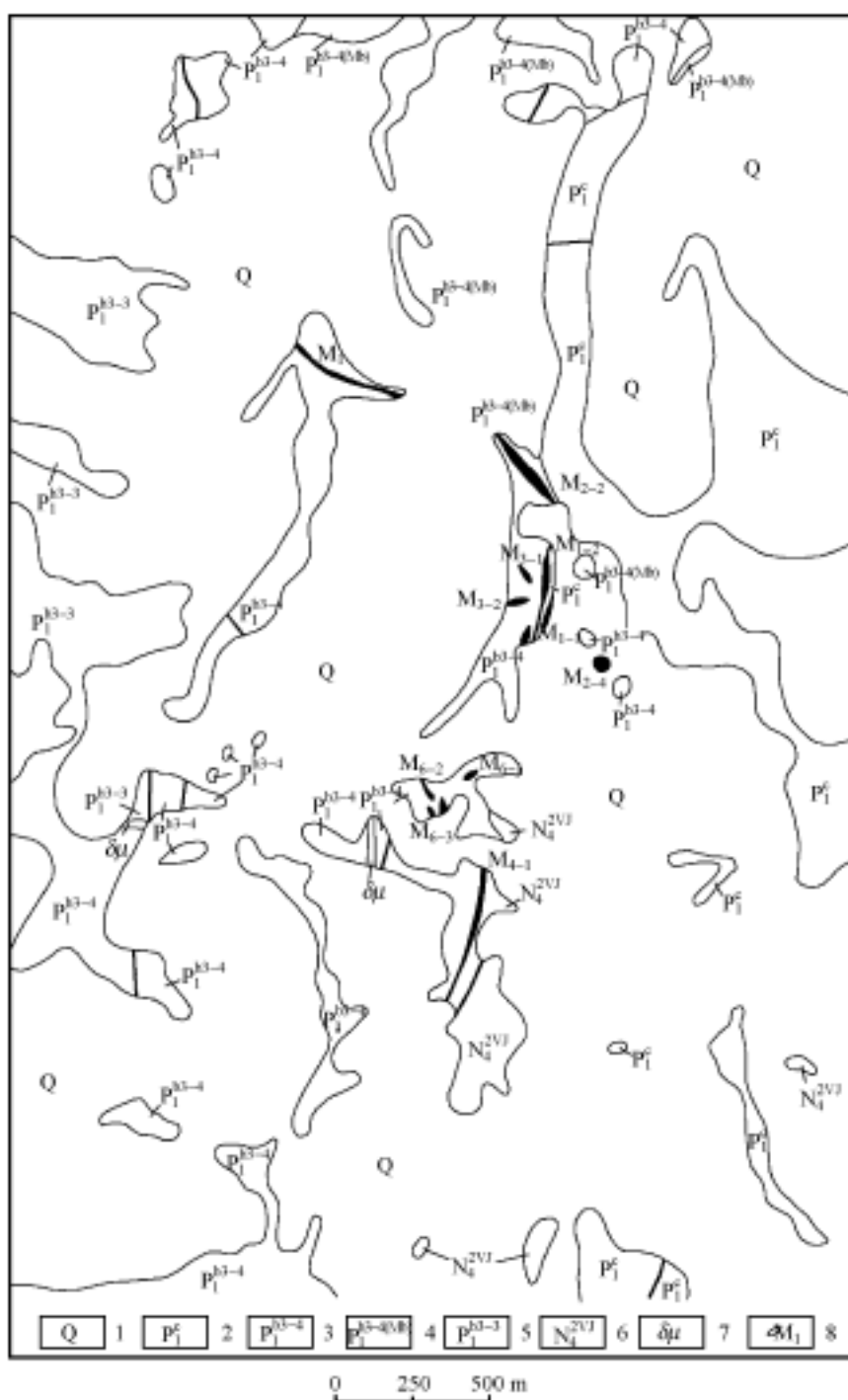


图 2-22 日龙沟锡矿区地质图

1—第四系冲积、坡积、残积层; 2—下二叠统条带状变质长石石英砂岩、绿帘阳起片岩段; 3—下二叠统变质粉砂岩炭质绢云石英千枚岩、大理岩段; 4—下二叠统大理岩; 5—下二叠统变质细粉砂岩段; 6—华力西期斜长角闪岩; 7—闪长玢岩; 8—锡多金属矿体及编号

矿体，为锡铜铅锌矿体，为层状，产于近南北向背斜北段的构造转弯部位，受层间断裂控制；走向北西—南东，长 1290 m，倾向北东，倾角 $50^{\circ} \sim 73^{\circ}$ ；倾斜延伸 300 m，平均厚 3.66 m；平均品位锡 0.840%、铜 0.14% ~ 0.51%、铅 0.05% ~ 1.79%、锌 0.04% ~ 1.99%； M_{4-2} 矿体为锡铅锌矿体，似层状，产于近南北向背斜的东南翼，走向北北东—南南西，长 455 m，倾向东，倾角 $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ；倾向延伸 544 m，平均厚 9.50 m；平均品位：锡 0.24%、铅 0.15% ~ 0.32%、锌 0.1% ~ 2.32%、铜 0.14% ~ 0.29%。

矿石结构构造：矿石具胶状结构、他形一半自型粒状变晶结构、包裹结构、乳滴状结构、交代结构、交代残余结构；块状、浸染状和条带状构造。

主要矿物成分：矿石的金属矿物主要为胶黄铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、锡石和黝锡矿等，锡的赋存状态研究结果表明还有部分胶体锡。矽卡岩型矿石主要脉石矿物：透辉石、石榴子石、斧石、绿帘石及少量石英、绢云母等；变砂岩型矿石的脉石矿物主要为石英。

4. 成矿机理分析

据李福东等（1993）认为该矿床为“与有海相基性火山活动参与的热水沉积矿床”。根据矿床地质特征和各种测试数据分析，我们对矿床的形成过程分析如下：

晚古生代期间，都兰—鄂拉山古陆块东南缘发生陆缘裂陷活动，形成早二叠世火山沉积盆地，有较强烈的基性海相火山喷发（溢）活动，从铅同位素组成可以看出， μ 值 9.423 ~ 9.545，K 值 3.919 ~ 3.988，略高于幔源值，又低于壳源值，可能说明成矿物质来源于深部（李福东等，1993）；矿区硫同位素组成均为负值，变化范围偏窄，与铜峪沟矿床硫同位素组成一致，硫主要来自二叠纪海水。火山喷发活动前后，盆地的同生断裂活动频繁，海水沿同生断裂的裂隙系统下渗，在深部受潜火山岩浆加热，发生热水循环活动；循环热水从深部向地表活动过程中，不断从途经围岩汲取成矿物质，形成温度较高的成矿流体；成矿流体自补给裂隙喷到盆地底部，物理化学环境突变（如温度骤降），成岩成矿物质快速沉淀，形成胶状锡氧化物和锡、铅、锌、铜、铁的硫化物及钙镁硅酸盐等与盆地中的陆源物质一起沉积，形成热水沉积岩系；从闪锌矿矿石中方解石的包体均一温度为 $260 \sim 275^{\circ}\text{C}$ ，石英的包体均一温度为 $195 \sim 345^{\circ}\text{C}$ ，经区域变质、动力变质和一些脉岩岩浆热液叠加改造，上述胶体物质发生重结晶，形成层矽卡岩和锡、铅、锌、硫（铜）矿层。其矿床类型为火山喷流沉积的 SEDEX 型矿床。

赛什塘铜多金属矿床

1. 大地构造背景

矿床位于都兰—鄂拉山三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区褶皱构造属雪青沟复式背斜南西翼的次级褶皱—赛什塘背斜，背斜轴部由布青山组下岩段组成，两翼为中岩段和上岩段，北东翼陡南西翼缓。背斜轴向北西，并向北西倾伏。矿体产于南西翼。断裂有北西向、北北东向、东西向和南北向四组，规模大小不一，多为成矿后断裂。矿区侵入岩比较发育，主要有石英闪长岩体，闪长玢岩脉、石英闪长玢岩脉也较发育，斜长花岗斑岩、石英斑岩、花岗斑岩、花岗岩等脉岩较少。

赋矿岩石特征：矿区各矿体顶、底板围岩主要为大理岩、条纹（带）状变质粉（细）

砂岩、石榴子石钙铁辉石砂卡岩、黑云母千枚岩。在与岩体接触带附近，顶底板围岩还有石英闪长岩。顶底板围岩为石榴子石钙铁辉石砂卡岩、条纹（带）状变质粉（细）砂岩的矿体，其边界一般是渐变的，须用化学分析样品来圈定矿体；而顶底板围岩为大理岩、黑云母千枚岩的矿体，与围岩多为突变关系。

成岩成矿时代：铅同位素的 H. H 模式年龄（233 ~448）Ma，与赛什塘石英闪长岩的侵入年龄（219 ~231 Ma）比较，大部分相近，部分（345 Ma、448 Ma）比石英闪长岩侵入时间早。可能说明，成矿时间较石英闪长岩侵入时间早或成矿物质来自较老地层，成矿后受石英闪长岩侵入活动的改造。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：含矿地层（图 2 - 23）为下二叠统布青山组下岩组，为一套沉积的碎屑岩—碳酸盐岩建造。自下而上为：下岩段，下部层为灰色中厚层状变质细粒长石石英砂岩，夹灰黑色条带（纹）状绢云母千枚岩，偶夹少量透镜状泥质大理岩；上部层为灰色条带（纹）状绢云母千枚岩及黑云母千枚岩，局部夹灰色变质细粒长石石英砂岩及变质粉砂岩；顶部见一层透镜状大理岩。中岩段：下部层为灰—灰白色变质细粒石英砂岩和变质细粒石英砂岩夹变质粉砂岩、绢云母千枚岩或黑云母千枚岩，其下部有小的硫、铜矿体；上部层为灰黑色绢云母千枚岩或黑云母千枚岩夹变质粉砂岩和透镜状大理岩，本层上部有小铜矿体；上岩段：下部层为灰色条带（纹）状变质粉砂岩和黑云母千枚岩夹变质细粒长石石英砂岩，本层上部有较多小铜矿体；中部层为灰白色大理岩（局部见变质白云岩或灰质白云石大理岩）、灰色条带（纹）状黑云母千枚岩、条纹状大理岩及变质粉砂岩，偶夹变质细砂岩，是矿区主矿体赋存层位；上部层为灰白色条带（纹）状大理岩浅灰白色条带（纹）状绢云母千枚岩及黑云母千枚岩，该层底部偶见小铜矿体。

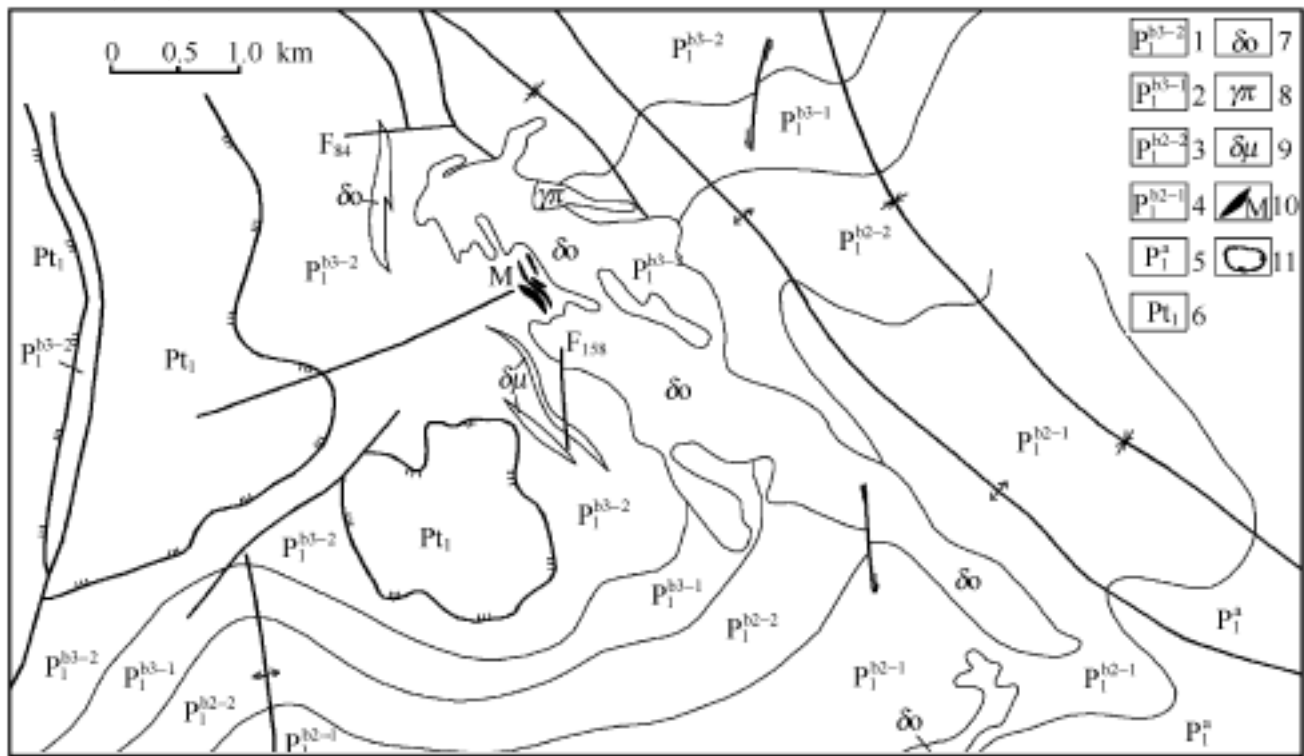


图 2 - 23 赛什塘铜（铅锌）矿床基岩地质图

- 1—千枚岩、大理岩、变长石石英砂岩、变粉砂岩及微晶砂岩；2—千枚岩、变长石石英砂岩夹大理岩、变粉砂岩及微晶灰岩等；3—千枚岩、变长石石英砂岩夹变粉砂岩及大理岩；4—千枚岩及变长石石英砂岩；5—变长石石英砂岩夹千枚岩；6—古元古界混合岩、斜长片麻岩、黑云石片岩及绿泥石英片岩；7—石英闪长岩；8—花岗闪长岩；9—闪长玢岩；10—矿体；11—推覆体

矿体特征：多呈层状、似层状、透镜状，沿一定层位分布，其产状与含矿地层一致。已圈出矿体 162 个，大多数（111 个）铜矿体或铜硫矿体，26 个硫铁矿体，23 个铅锌矿体，2 个铁矿体。以 M_2 矿体规模最大，其次是 M_1 和 M_4 矿体。 M_2 矿体产于上岩段中部层底部的大理岩与下部层顶部变质粉砂岩、黑云母千枚岩之间的矽卡岩中，长 2550 m，倾向延深 165 ~450 m，最大延深 960 m，一般厚度 5 ~15 m，最大厚度 39 m。沿走向倾向分支复合及膨缩现象明显。矿体产状与地层一致，并与地层同步褶曲。含铜 0.36% ~ 3.63%，平均 1.07%。 M_1 矿体产于 M_2 矿体之上 3 ~40 m 上岩段中部层中上部大理岩或相变为变质粉砂岩中的矽卡岩内，层状、似层状、透镜状，其产状与地层产状一致。沿走向倾向有膨缩、分支复合现象。矿体长 2175 m，倾向延深 58 ~490 m，厚 1 ~10 m，最厚 12.40 m。铜平均品位 1.27%。 M_4 矿体呈似层状、透镜状，产于 M_2 矿体之下 7 ~35 m，上岩性段下部层上部的变质粉砂岩或黑云母千枚岩中的矽卡岩内。矿体长 475 m，延深 40 ~90 m，最大延深 215 m，厚 1 ~14 m，最大厚度 51.49 m，铜平均品位 0.78%。其产状与含矿地层产状一致。

矿石结构构造：他形—自形粒状结构、他形—半自形粒状结构、共结边结构、交代结构等；条带纹（状）或层纹状、浸染状、胶状、草莓状、块状、脉状等构造。

主要矿物成分：矿石的金属矿物主要有黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿，少量胶黄铁矿、斑铜矿、方黄铜矿、毒砂、白铁矿、白钨矿、黝锡矿、锡石，偶见辉铜矿、辉钼矿、墨铜矿、自然铋、硫铋铜矿、银黝铜矿、淡红银矿、深红银矿、辉铜银矿、硫铋镍矿、硫镍钴矿等；脉石矿物主要有单斜辉石、石榴子石、石英、方解石，次为斜长石、绿帘石、阳起石、绿泥石、铁白云石、菱铁矿、绢云母，少量方柱石、黝帘石、橄榄石、透闪石、黑云母、钾长石、符山石及粘土矿物等。矿石有益组分主要是铜，其次有铁、硫、铅、锌等，构成矿床的铜硫矿石、铁铜矿石、铅锌矿石。

围岩蚀变：有矽卡岩化、硅化、碳酸岩化、绢云母化、钾化、帘石化等。

4. 成矿机理

该矿位于都兰—鄂拉山古陆块东南缘，晚二叠世发生陆缘裂隙，形成赛什塘热水沉积盆地，沉积有包括矽卡岩在内的热水沉积岩，同时，喷流热水从深部带来的成矿物质在热水沉积岩中，形成整合型（层状）矿体；矿区黄铁矿（20 个）的 δ^4S 为 - 6.45‰ ~ +2.35‰，平均 +0.05‰，极差 8.8‰；磁黄铁矿（11 个）的 δ^4S 为 - 1.36‰ ~4.66‰，平均 0.41‰，极差 6.02‰；黄铜矿（6 个）的 δ^4S 为 - 2.58‰ ~ +2.16‰，平均 - 0.46‰，极差 4.74‰；闪锌矿（2 个）的 δ^4S 为 - 7.47‰ ~ - 3.68‰，平均 - 5.58‰，极差 3.79‰；方铅矿（3 个）的 δ^4S 为 - 4.85‰ ~5.57‰，平均 - 1.25‰，极差 10.42‰；毒砂（1 个）的 δ^4S 为 0.59‰。硫主要来自地壳，显同沉积源特征。铅的同位素组成特征显示，矿区铅是上地壳与地幔铅的混合。也显示铜铅锌等成矿物质，是以循环热水从深部带来为主，部分是陆源物质。千枚岩中石英脉和矽卡岩氢氧同位素落于变质水范围内，后者靠近岩浆水区，说明它们属变质作用产物，矽卡岩形成后受其附近的石英闪长岩侵入活动的叠加改造；赛什塘矿床的矿体围岩（大理岩）的方解石 $\delta^{13}C$ （2.6‰ ~5.2‰）与海相碳酸盐（ $\delta^{13}C$ 为 - 2‰ ~5‰）接近；铅锌矿脉中方解石的 $\delta^{13}C$ （- 5.2‰ ~ - 8.4‰），与大理岩的 $\delta^{13}C$ 差别大，与侵入碳酸盐的较吻合，说明矿区岩浆侵入活动，对矿体叠加改造时带来岩浆碳（李福东等，1993）。晚期黄铁矿—黄铜矿石英脉样品点落于

原生岩浆水和变质水相互重叠区，说明它们是两种水混合形成的热液脉。黑云母千枚岩和条纹状粉砂质千枚岩中石英脉的石英、大理岩中方解石、黄铜矿化矽卡岩中的石英的成矿温度均为 304℃，显示它们的是变质环境、温度相同；含矿石英脉石英成矿温度较高（340℃），可能是受岩浆热液改造所致。经区域变质作用的变质改造矿体和围岩的矿物粒度变粗，岩浆热液的叠加改造，形成一些含矿石英脉或细脉。

德尔尼铜钴矿床

1. 大地构造背景

位于阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂岩带。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区及其外围的晚古生界构成德尔尼复背斜，呈北西向展布。近复背斜轴部（偏南），有大量的基性—超基性岩侵位，基性—超基性岩中有少量下二叠统千枚状板岩与变砂岩互层的“包体”。基性—超基性岩体与地层一起褶皱。北西向断裂发育，多为逆断裂，形成北西向片理化带，局部有角砾岩带。其北部有花岗岩类小侵入体（脉）出露为中生代叠加造山活动产物。

赋矿岩石特征：主矿体的顶板为角砾状碳酸盐化超基性岩及下二叠统砂板岩；底板为片理化蛇纹岩或蛇纹岩。

成岩成矿时代：德尔尼矿区超基性岩体侵入于二叠系之中，且切割安山岩，段国莲（1998）认为超基性岩体的生成时代是晚于二叠纪（245 Ma），王玉柱等（1997）认为：蛇纹岩、玄武岩及条带状矿石的铅同位素值（247 Ma）与晚二叠纪是一致的。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：为下二叠统火山沉积岩系，有巨厚的安山岩（深部相变为玄武岩）、砂岩、炭质板岩、千枚岩夹凝灰质砂板岩、硅质岩等组成的火山沉积建造（图 2-24）。

矿体特征：呈透镜状或似层状，并与基性—超基性岩体和地层同步褶皱。矿体与围岩界线清楚，但近矿围岩也有铜钴矿化。矿区内计有 I、II、III、IV、V 等 5 个主要矿体，均产于超基性岩体上部的构造裂隙带中。除 I 号矿体沿张裂隙产出外，其余矿体则沿片理化带或两组裂隙的交切处分布。矿体长约 1000 余米，宽约 200 ~ 300 m，垂厚 30 ~ 40 m，含 Cu 约 12%，含 Co 0.05% ~ 0.11%。铜钴矿体呈似层状和透镜状，具有复杂的矿物成分和明显的浅成矿床特征，具充填和交代结构。碳酸盐化甚为发育，成矿深度为 550 m。

矿石结构构造：具半自形—自形粒状结构、压碎结构、交代结构、自形粒状变晶结构，块状、浸染状、条带状、胶状、斑杂状及脉状、网脉状构造，有时见角砾状构造。

主要矿物成分：矿石矿物主要是黄铁矿、磁黄铁矿，其次为黄铜矿、闪锌矿、磁铁矿，少量铬尖晶石、白铁矿、钴镍黄铁矿，偶见赤铁矿、钛铁矿、硫铁镍钴矿、方黄铜矿等；脉石矿物主要是碳酸盐（以方解石、白云石为主），其次有石英、滑石、蛇纹石、绿泥石、云母、透闪石、阳起石、钠闪石等。

围岩蚀变：主要是矿体附近的基性—超基性岩发生强烈蚀变，主要有碳酸盐化、蛇纹石化，其次为滑石化、绿泥石化、钠闪石化、硅化、帘石化、透闪石化、金云母化、石榴子石化等。以碳酸盐化角砾状蛇纹岩与矿体关系最为密切。

4. 成矿机理分析

德尔尼铜矿的成因有许多学者进行研究，章午生等（1996）认为是超基性岩中含铜

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：下二叠统火山沉积岩呈北西西向展布，形成北西西向紧密褶皱，地层均向北北东陡倾。火山沉积岩中北西西向层间断裂发育，构成多个北西西向构造破碎蚀变带；北东向断裂错断地层和北西西向断裂。古火山机构或层间断裂中，有辉绿岩辉绿玢岩等次火山岩侵入；断裂带中有中酸性小岩体或岩脉产出。

赋矿岩石特征：伊丁石化杏仁状橄榄玄武岩、杏仁状玄武安山岩（或安山玄武岩）、凝灰砂岩。

成岩成矿时代：旦荣铜矿区赋矿地层主要为下二叠统开心岭群上岩组第三岩性段蚀变玄武岩中，成矿时代为晚古生代。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：为下二叠统开心岭群，下部杏仁状玄武岩、杏仁状橄榄玄武岩、杏仁状玄武安山岩、安山岩及玄武安山质火山角砾岩、及集块岩，其间夹有多层凝灰质砂岩和中薄层碎屑状灰岩；上部灰—灰白色微晶灰岩、生物碎屑灰岩夹砂质灰岩、角砾状灰岩、岩屑长石砂岩。为海陆交互相火山沉积建造（图 2-25）。

矿体特征：铜矿（化）体主要产于各喷发旋回的橄榄玄武岩、玄武安山岩等基性、中基性熔岩层的顶部气孔发育部位、火山岩的层间破碎带和古火山机构附近的凝灰质砂岩中，呈似层状、扁豆状、透镜状、不规则状，以似层状矿（化）体规模最大。矿化类型：

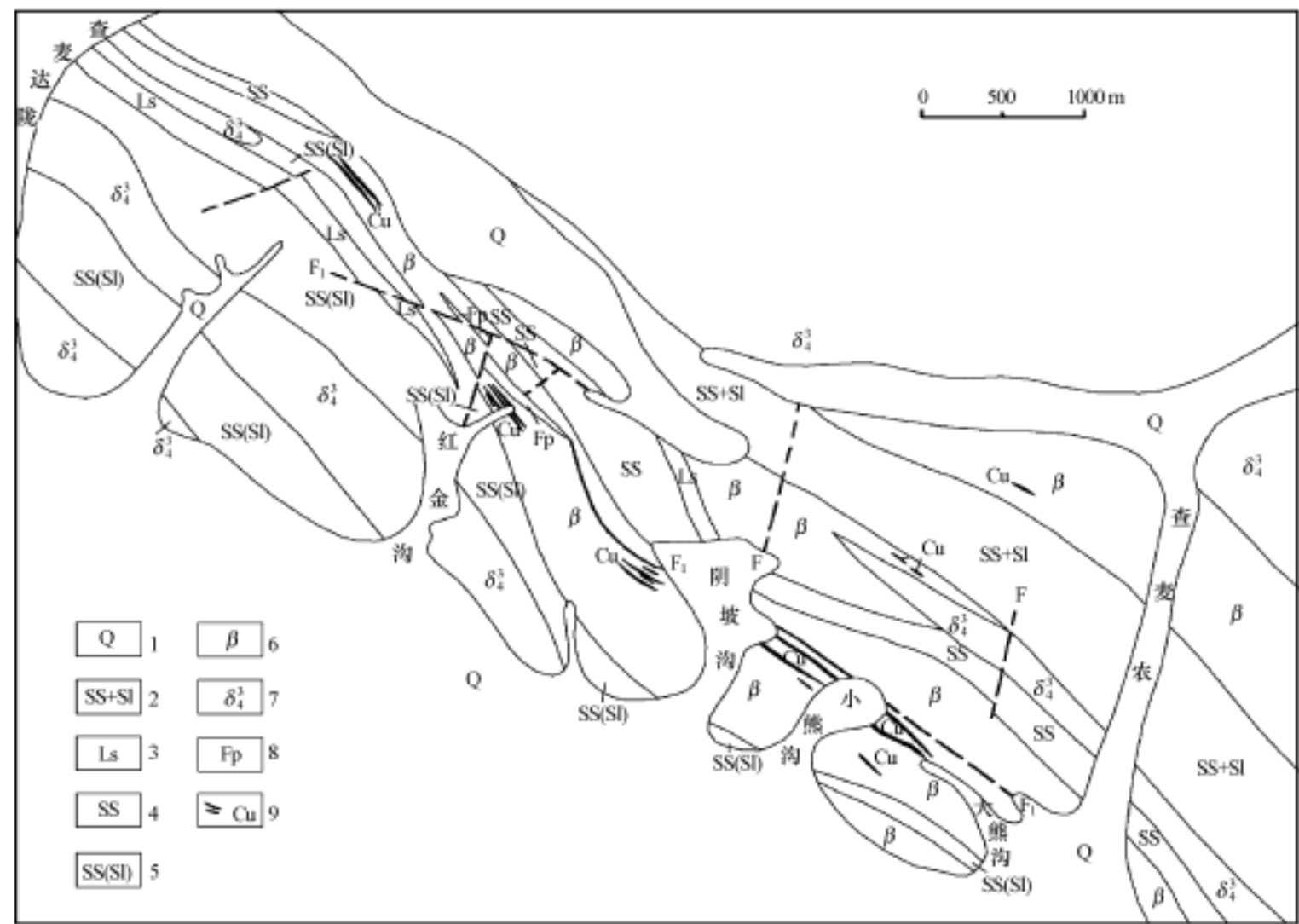


图 2-25 杂多县旦荣矿区地质略图

1—第四系；2—砂岩与板岩互层；3—板岩；4—砂岩；5—砂岩夹板岩；6—玄武岩；7—闪长岩；
8—断层破碎带；9—铜矿体

①自然铜辉铜矿充填于火山熔岩气孔或原生裂隙的矿化伊丁石化杏仁状橄榄玄武岩或矿化杏仁状玄武安山岩；②杏仁状玄武岩破碎带中的网脉状自然铜、辉铜矿、斑铜矿矿化；③凝灰砂岩中的星点状自然铜、辉铜矿矿化。

矿石结构构造：矿石具含矿熔岩的结构、砂状结构，浸染状、细脉浸染状、网脉状、角砾状构造。

主要矿物成分：主要矿石矿物为自然铜、辉铜矿，其次有斑铜矿、孔雀石等，局部有黄铁矿、黄铜矿；与自然铜等矿石矿物共生的脉石矿物有蛋白石、石英、方解石、绿泥石等，伴生的有含矿围岩的造岩矿物。矿石的有益组分主要是铜元素。

围岩蚀变：有伊丁石化、绿泥石化、碳酸盐化等。

4. 成矿机理分析

旦荣铜矿是近年青海有色地质七队新发现的矿床，工作程度低。据现有的地质资料，对矿床的成矿过程及成矿类型进行初步分析，其成矿机理初步认为：早二叠世，本区为晚古生代陆缘活动型火山沉积盆地，海陆交互相中基性火山喷发活动强烈，在火山喷发或喷发间歇期间，都有强烈的喷气活动；富含铜的火山喷气在熔岩的气孔（管）、原生裂隙、层间断裂带及凝灰砂岩的空隙中冷却结晶，形成自然铜、辉铜矿等矿物组成的铜矿（化）体。成矿环境贫硫、富氧。矿床基本特征与美国的季维诺含自然铜玄武岩型矿床相类似。为火山喷气（沉积）形成的含自然铜玄武岩型矿床。

六、中生界火山沉积建造中的金属矿床

（一）下、中三叠统火山沉积建造中的金属矿床

下、中三叠统火山沉积建造分布在东昆仑南坡加里东造山带中的晚古生代—早中生代活动沉积盆地和共和—同仁晚古生代早中生代陆缘活动沉积盆地，该建造中金属矿床矿点分布甚广，其中恰冬铜矿床研究程度较高。

恰冬铜矿床

1. 大地构造背景

位于共和三叠纪残余盆地。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区下三叠统火山沉积岩呈北西西向展布，区域上属加吾力吉背斜北翼，由一系列紧闭的小型背、向斜组成，褶皱轴走向与地层展布方向一致。北西向断裂和北西西向层间断裂发育，规模大，其次有北东向和近南北向断裂，它们切错北西向和北西西向断裂，破坏矿体。侵入岩有黑云母化岗闪长岩岩体（加吾力吉岩体 K—Ar 法年龄 211 Ma）、斑状花岗闪长岩（ $\pi\gamma\delta_3$ ）、石英闪长玢岩（ $\delta\mu_3^1$ ）、闪长玢岩（ $\delta\mu_3^1$ ）、石英钠长斑岩（ $n\pi O_3^1$ ）等岩株。

赋矿岩石特征：含火山物质的碎屑沉积岩夹碳酸盐岩。

成岩成矿时代：根据矿区的赋矿特征，其成矿时代为早三叠世。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：矿区出露地层为下三叠统火山沉积岩系，自下而上：①中厚层状灰黑色粉砂岩、凝灰质板岩、凝灰质砂岩与薄层状大理岩互层，砂岩、板岩中有纹层状石榴子

石透辉石；②凝灰质砂板岩与薄层状大理岩互层，夹有少量安山岩，砂板岩中局部见铜矿化，为第Ⅰ含矿层；③灰白、浅灰绿色凝灰质砂岩及灰黑色粉砂岩互层，有铜矿体分布于第Ⅱ含矿层；④杏仁状、板状灰、灰绿色安山岩；⑤薄—中厚层状灰白、灰绿色凝灰质砂岩、凝灰质板岩及灰黑色粉砂岩互层，有铜矿体分布，为第Ⅲ含矿层；⑥薄—中厚层状灰黑色云母石英砂岩；⑦灰白、灰色凝灰质板岩与浅灰色凝灰质长石石英砂岩互层，局部夹大理岩，有铜矿体分布，为第Ⅳ含矿层；⑧薄—中厚层状黑云母石英砂岩、灰白色凝灰质长石石英砂岩夹条带状凝灰质板岩及少量薄层状大理岩、中厚层状灰黑色粉砂岩，局部见黄铁矿化及铅锌矿化。含矿岩系为与火山活动有关的热液沉积建造。

矿体特征：呈似层状、透镜状、多层产出，产状与围岩基本一致，矿体尖灭地段仍然有矿化。局部出现“分支复合”现象。矿体长数百米至上千米，延深数百米，厚 1.5 m 到 6.11 m。

矿石结构构造：矿石具细粒、不等粒结构，稀疏—稠密浸染状构造，其次有条带状角粒状构造。

主要矿物成分：矿石的金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、方铅矿等；次生矿物有褐铁矿、自然铜、斑铜矿、孔雀石、蓝铜矿等。脉石矿物为矿化围岩的造岩矿物。根据金属矿物组合分为黄铁—黄铜矿矿石、磁黄铁矿—黄铜矿矿石、磁黄铁矿—毒砂—黄铜矿矿石、毒砂—多金属矿石。

围岩蚀变：硅化、碳酸岩化、绢云母化、绿泥石化等。

4. 成矿机理分析

共和同仁晚古生代陆缘活动带东北部恰冬地区有早三叠世火山沉积盆地，在火山喷发活动前期，有较强的沉积活动，沉积黑色粉砂岩、砂岩夹碳酸盐岩等，其中有铜矿化，构成第Ⅰ含矿层；随着火山喷发第一旋回的发生，其间歇期，喷流活动较强烈，沉积凝灰质砂岩、粉砂岩和 1～3 层铜矿体，为第Ⅱ含矿层；第二火山喷发沉积旋回中有数十米厚的安山岩，显示该旋回火山喷发活动最为强烈，火山喷发活动平静期，有强烈的喷流活动，沉积有灰黑色凝灰质砂板岩、粉砂岩和 3～5 层铜矿体，构成第Ⅲ含矿层；其后的沉积活动中，盆地中的同沉积断裂不时活动，沉积凝灰质板岩、砂岩夹碳酸盐岩层的薄层砂岩和铜矿体，构成矿区第Ⅳ含矿层。矿石的黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿 $\delta^4\text{S}$ 为 -4.07‰～-7.14‰，碳酸盐的 $\delta^{18}\text{O}$ 为 -14.18‰～-16.35‰，显示有海水参与成矿作用。上述多层矿体构成 SEDEX 型矿床。盆地闭合造山期间，有中酸性岩浆侵入，SEDEX 型矿床受到后期岩浆热液的叠加改造。矿石的结构构造、矿物、化学成分都发生较大变化。

索拉沟银多金属矿床

1. 大地构造背景

矿床位于都兰—鄂拉山三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区地层组成区域上的大河坝复式向斜西翼，呈现北北西向的单斜构造，岩层倾向北东，倾角 $40^\circ\sim 50^\circ$ ；沿走向和倾向都有挠曲现象。矿区断层不多，多为一些小断层；岩层中节理、裂隙（包括层间裂隙）较发育。矿区的侵入岩有虽根尔花岗岩岩体，是索拉沟地区主要侵入体。岩石具浅成侵入岩特点。出露于矿区的西南，同位素年龄 173～207 Ma，属晚三叠世浅成次火山侵入岩。此外有少量与上述岩体同

期、同源的中酸性岩脉，显示本区晚三叠世次火山岩浆侵入活动较强烈。

赋矿岩石特征：为泥岩与泥硅质岩、不纯硅质岩、碳酸盐岩呈不均匀条带状互层（局部夹砂卡岩）的碳硅泥岩。

成岩成矿时代：（李福东等，1993）研究铅同位素单阶段模式年龄值，除1件（298 Ma）大于地层 Rb—Sr 等时线年龄值（232 Ma）外其余5件（222 ~210 Ma），说明成矿作用发生在中三叠纪。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：矿床的含矿岩系为中三叠统，是一套与海相火山活动有关的喷流热水沉积建造。其岩性自下而上为：下岩段上部为灰黑色泥质板岩夹英安质角砾凝灰岩、浅灰褐色中细粒长石石英砂岩、灰黑色含钙泥质板岩；中岩段下部为条带（纹）状泥岩与微晶—泥晶灰岩互层、灰黑色泥硅质岩夹姜黄色薄层泥灰岩、泥岩与泥硅质岩、不纯硅质岩碳酸盐岩呈不均匀条带壮互层局部夹砂卡岩（含矿层）、中厚层状泥硅质板岩、泥质岩与泥晶灰岩呈条带状互层、中厚状泥硅质岩、微晶泥晶灰岩、凝灰岩与含粉砂泥岩互层、泥质岩与泥晶灰岩呈不均匀互层流纹质含晶屑玻屑凝灰岩、含粉砂泥质板岩、含长石晶屑霏细岩、条带状含粉砂钙质板岩；中岩段上部，灰—灰黑色含粉砂钙质板岩夹泥质细—粉砂岩薄层、浅黄色灰白色层状流纹质晶屑凝灰岩；上岩段下部，砾岩粉砂质板岩含砾板岩互层；上岩段上部为灰—灰黑色板岩。其上为上三叠统鄂拉山组陆相火山岩不整合所覆。显示本区局部地段有较强烈的晚三叠世陆相火山喷发活动。

矿体特征：矿区及其外围已圈出4个矿体群，其中包括铜矿体10个，铅锌矿体3个，独立银矿体2条。矿体呈似层状、透镜状，产于 T_2^{b2-2} 泥岩与泥硅质岩不纯硅质岩碳酸盐岩呈不均匀条带状互层，并夹有层砂卡岩的岩石建造中，矿体产状与含矿岩层一致，且同步褶皱。铜矿体、铅锌矿体长600 ~800 m，厚1.56 ~14.20 m。铜矿体含铜0.30% ~0.88%，铅0.02% ~0.07%；铅锌矿体含铅0.03% ~0.89%，锌0.6% ~0.86%，铜0.05% ~0.24%。两条银矿（化）体，长分别为1500 m和300 m，宽0.53 m和7 m。前者含银50 ~2161 g/t，最高6400 g/t；后者含银40 ~1320 g/t。

矿石结构构造：具不等粒他形—半自形粒状结构、自形粒状结构、骸晶和残余骸晶结构、镶边交代结构；条带状构造、角砾—脉状构造、斑点浸染状构造、似斑杂状构造、脉状或细脉浸染状构造等。

主要矿物成分：主要金属矿物有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿，伴生有黄铁矿、磁黄铁矿；脉石矿物有石英、长石、透辉石、石榴子石及含矿围岩的变质矿物。矿石的有益组分是银、铜、铅、锌等。

围岩蚀变：有硅化、绿泥石化、碳酸盐化等。

4. 成矿机理分析

索拉沟矿床最早为铜多金属矿床，近年又发现具有一定规模的银矿体，成为银多金属矿床。随着勘察和研究工作的不断深入也发生变化，早期认为属热液型或火山喷气成热液型矿床，火山沉积—热液改造型层控矿床。李福东（1993）等将其归之为与三叠纪浅海陆缘裂隙环境中火山活动有关的热水沉积矿床。

根据以往的矿床勘查和研究成果，我们分析矿床的成矿过程大致为：

（1）中三叠世期间，都兰—鄂拉山古陆块东南，索拉沟一带，发生陆缘裂隙，形成

有较强烈海相火山活动的裂陷盆地;

(2) 在火山喷发活动平息或间歇期间, 与火山活动有关的喷流沉积活动较强烈, 形成热水沉积盆地, 沉积有泥硅质岩、层砂卡岩等喷流沉积岩系和 SEDEX 型铜、铅、锌、银矿床 (贫矿) 铅同位素地层中浸染状自形磁黄铁矿的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.369, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.606, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.393; 5 件矿石的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.245 ~18.332, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.539 ~15.612, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 38.147 ~38.373, 变化范围小, 铅同位素均一化程度高, 说明成矿物质可能来自深部;

(3) 盆地闭合成陆后有晚三世陆相火山喷发和次火山岩浆侵入活动, 中三叠世的 SEDEX 型矿床遭受次火山岩浆热液的叠加改造, 由于次火山岩浆热液从深部带来较多的成矿组分, 使被改造的 SEDEX 型矿床变富, 矿区 17 件硫同位素测试结果, 其中 2 件 (黄铁矿、闪锌矿) $\delta^4\text{S}$ 分别为 - 1.33‰和 - 3.91‰; 其余 15 件 $\delta^4\text{S}$ 为正值, 其中 5 件磁黄铁矿的 $\delta^4\text{S}$ 为 1.95‰ ~3.87‰, 3 件黄铁矿的 $\delta^4\text{S}$ 为 1.90‰ ~4.42‰, 3 件黄铜矿的 $\delta^4\text{S}$ 为 3.08‰ ~4.05‰, 3 件闪锌矿的 $\delta^4\text{S}$ 为 2.53‰ ~6.79‰, 1 件方铅矿的 $\delta^4\text{S}$ 为 3.95‰ (李福东等, 1993)。显混源硫特征。并在构造带中形成次火山热液型银矿体。总的看来索拉沟银多金属矿床是与火山活动有关的喷流沉积一次火山热液叠加改造型矿床。

(二) 下、中三叠统沉积建造中的金属矿床

下中三叠统 (包括未分的三叠系) 沉积建造主要分布在青海省北部各加里东造山带 (北祁连、中祁连、南祁连)、古陆块的早中生代沉积盆地 (都兰鄂拉山古陆块东部)、中北部的华力西造山带 (宗务隆山、布青山—阿尼玛卿山、西金乌兰—玉树) 的早中生裂陷盆地、东部的晚古生代—早中生代台地 (西倾山)、早中生代弧后盆地 (巴颜喀拉山) 等地。其中北祁连造山带的三叠系为陆相沉积建造; 南祁连中祁连造山带的三叠系为海陆交互相沉积建造; 其他地区的三叠系为海相沉积建造。与海陆交互相沉积建造和海相沉积建造有关的金属矿床矿点分布广泛, 以开荒北金矿床、大场金矿床、东大滩锑金矿床、同德穆黑和沙尔诺汞矿床、赫格楞汞锑矿床、尖扎洼家银铅矿床等为典型。

开荒北金矿床

1. 大地构造背景

矿床位于东昆仑前锋弧南缘古生代消减杂岩带, 为多期构造岩浆活动成矿地质环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩: 中三叠统闹仓坚组在矿区内形成一北西—南东向复式向斜, 其枢纽沿走向呈波浪状, 矿区内为向北西倾伏, 南东端翘起, 受后期断裂构造破坏, 褶皱构造形态不完整。断裂构造发育, 且以北西西向断裂为主, 其性质有压扭性和张扭性两种, 并具多期活动特征; 其次有北北东向, 断裂穿切北西西向的褶皱和断裂。矿区砂板岩中韧性变形特征明显, 出现多条平行的高应变带, 构成一个大型北西西向剪切带。矿区的侵入岩不发育, 有少量中酸性脉岩分布。

赋矿岩石特征: 斑点状粉沙质钙质千枚状板岩。

成岩成矿时代: 赋矿为中三叠统闹仓坚沟组含菱铁矿粉砂质板岩, 成矿时代为中生代。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位: 矿区及其外围出露地层为中三叠统闹仓坚沟组, 为一套成熟度低的浅海相碎屑岩、碳酸盐岩夹粉砂岩、碳质铁质千枚状板岩和灰岩等组成的类复理石建造。其

中菱铁矿含量普遍较高，黄铁矿和硅质结核普遍产出，碳酸盐岩中砾状灰岩（或砾状大理岩）发育。具有热水沉积的炭硅泥建造特征（图 2-26）。

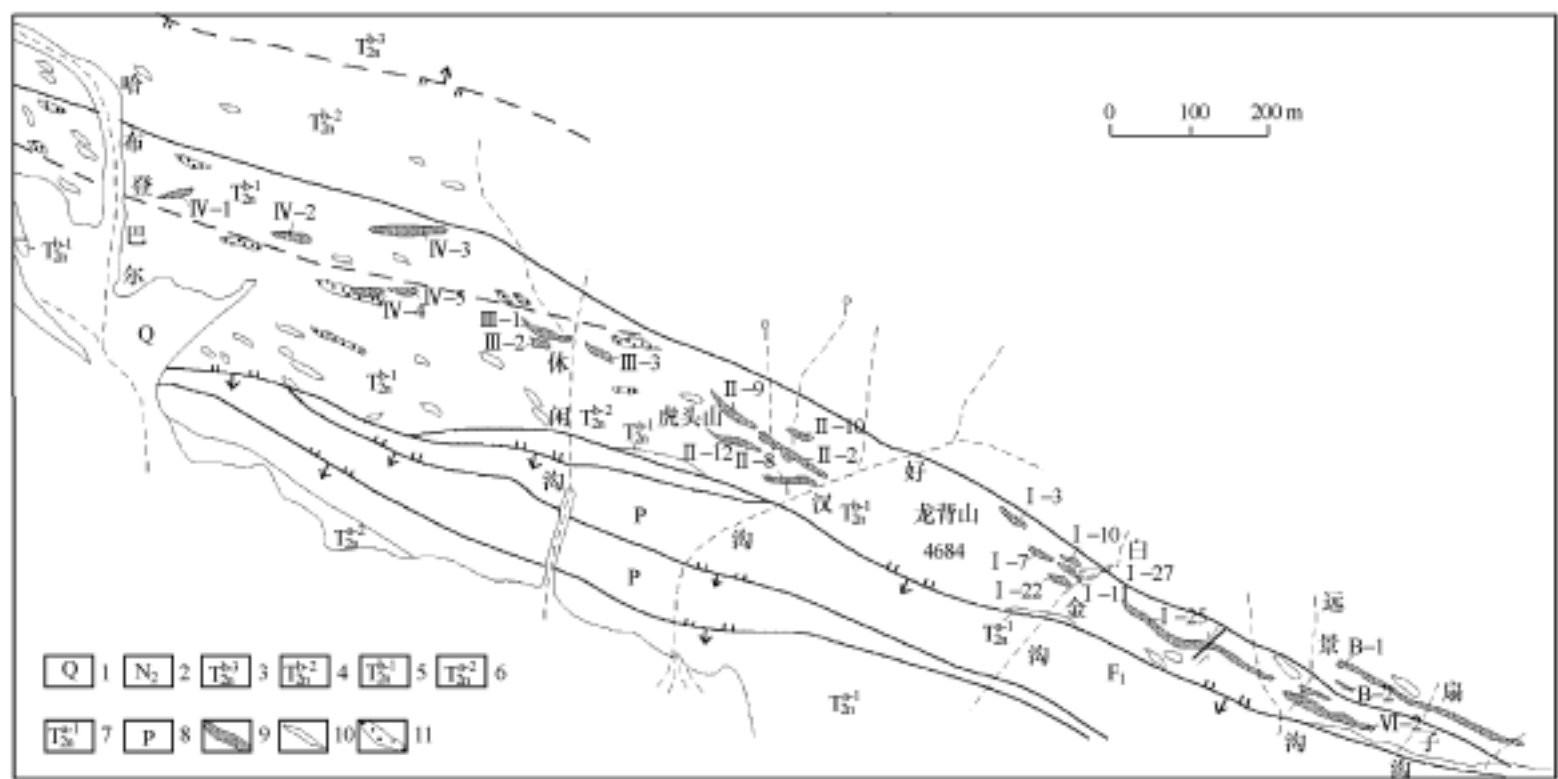


图 2-26 开荒北金矿区地质图

1—第四系；2—土红色砂砾岩；3—变质粉砂岩；4—千枚状砂质钙质板岩；5—含菱铁矿斑点粉砂质钙质板岩；6—砂质灰岩夹钙质粉砂岩；7—生物碎屑灰岩；8—二叠系大理岩；9—石英脉金矿体；10—石英脉；11—砂岩

矿体特征：石英脉型金矿化和细脉浸染状金矿化在剪切带中断续分布，构成长大于8 km, 宽 700 ~1000 m 的金矿化带，呈北西西向展布。其中的矿化集中区组成 4 个矿段（白金沟矿段、好汉沟矿段、休闲沟矿段、哈布登巴尔矿段）。矿体呈透镜状、串珠状或长条状，一般长 30 ~750 m，厚 0.27 ~6.70 m，矿体的产状、规模、品位变化较大。

矿石结构构造：具碎裂结构、自形一半自形粒状结构，细脉状、网脉状构造。

主要矿物成分：矿石的金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂、自然金等；脉石矿物有石英、绢云母、炭质等。

围岩蚀变：有硅化、黄铁矿化、绢云母化、碳酸盐化等。

4. 成矿机理分析

(1) 特提斯洋扩张初期，东昆仑南坡加里东造山带中段南侧发生海侵，形成中三叠世沉积盆地，并有同生断裂活动，沉积有同沉积砾岩（砾状灰岩）及碳硅质岩等热水沉积岩；

(2) 盆地闭合隆升，历经印支、燕山等多期造山活动岩层褶皱强烈，断裂发育，并形成北西西向韧性剪切带，在多期活动的韧性剪切带的作用下，碳酸盐石英脉的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 - 1.3‰，炭可能来源于地层，说明富含金等成矿元素的炭硅泥建造发生强烈的动力变质，金等成矿元素活化与变质水一起组成含矿流体，成矿物质得到预富集；

(3) 矿区多金属硫化物矿脉中石英的包裹体水 δD 值为 $-95\text{‰} \sim -66\text{‰}$ (张德全等), 为大气降水, 后续的多期脆性断裂活动, 使大气降水在这些断裂、裂隙中形成循环热水系统不断的与围岩发生反应汲取其中的成矿物质, 形成成矿流体;

(4) 在韧性剪切带浅部 (韧脆性剪切带), 成矿流体运移到张性断裂发育部位形成石英脉型金矿体, 在构造破碎带中形成蚀变岩型金矿体, 形成石英脉型 $\rightarrow$ 蚀变岩型金矿成矿系列; 矿物包裹体测温结果是矿床流体捕获温度为 $143 \sim 360^{\circ}\text{C}$ 。低温度反映动力变质热液成矿温度, 较高温度反映有脉岩岩浆热液活动;

(5) 该矿床的金矿体主要是剪切带浅部的韧脆性剪切带中的金矿体, 深部有韧性剪切带型金矿的找矿潜力。

大场金锑矿床

1. 大地构造背景

矿床位于巴颜喀拉山古生代—中三叠世弧后盆地。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩: 下三叠统紧密褶皱, 形成北西西向复式褶曲。断裂构造发育, 且以北西西向断裂为主, 一系列北西西向断裂, 构成北西西向断裂带, 其次有北西、北东向断裂。北西西向断裂带内, 岩层揉皱、糜棱岩化、碎裂化强烈, 糜棱岩、碎斑岩、构造角砾岩等构造岩发育, 碎斑岩、构造角砾岩又强烈片理化, 形成构造片岩和片理化角砾岩。显示矿区北西西向断裂带, 具多期活动的韧脆性剪切带特征。矿区内侵入岩不甚发育, 仅在矿区附近有闪长岩、花岗闪长岩岩株或岩脉。

赋矿岩石特征: 由灰色含黄铁矿长石石英砂岩夹含黄铁矿板岩、千枚状板岩、粉砂质板岩、黑色碳质板岩组成, 局部见硅质岩。

成岩成矿时代: 矿石中绢云母 Kr—Ar 测年数据显示为 $(218 \pm 3.2) \text{ Ma}$ (王渭清等, 2005), 从而表明成矿作用与印之期造山运动有关。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位: 含矿地层为中三叠统巴颜喀拉山群中亚群砂岩、板岩互层组, 其下部为中—薄层状杂砂岩、长石石英砂岩、岩屑砂岩、粉砂岩和粉砂质板岩组成, 递变层理发育, 区域上该层有灰质砾岩和砾状灰岩透镜; 上部由灰色含黄铁矿长石石英砂岩夹含黄铁矿板岩、千枚状板岩、粉砂质板岩、黑色炭质板岩组成, 局部见硅质岩。炭硅泥建造特征, 是矿区重要含矿层 (图 2-27)。

矿体特征: 在长 5 km, 宽 3 km 范围内, 圈出具规模的金矿体 29 条。呈似层状、豆荚状, 沿北西西向断裂带分布, 多层、平行排列, 规模大小不一, 长 80 ~ 3240 m, 多数超过 1000 m; 厚 0.2 ~ 19.33 m, 多数 2 ~ 7 m。矿体产状为走向北西西, 倾向北北东, 倾角缓、陡变化较大。

矿石结构构造: 矿石具碎裂、碎斑结构, 浸染状、角砾状构造。

主要矿物成分: 矿石的金属矿物以黄铁矿、毒砂为主, 其次有辉锑矿、褐铁矿、锑华、自然金等; 脉石矿物有石英、长石、方解石等; 有益组分主要是金, 伴生有锑。

围岩蚀变: 矿区围岩蚀变发育, 主要蚀变有硅化、绢云母化、硫化物矿化, 局部还有

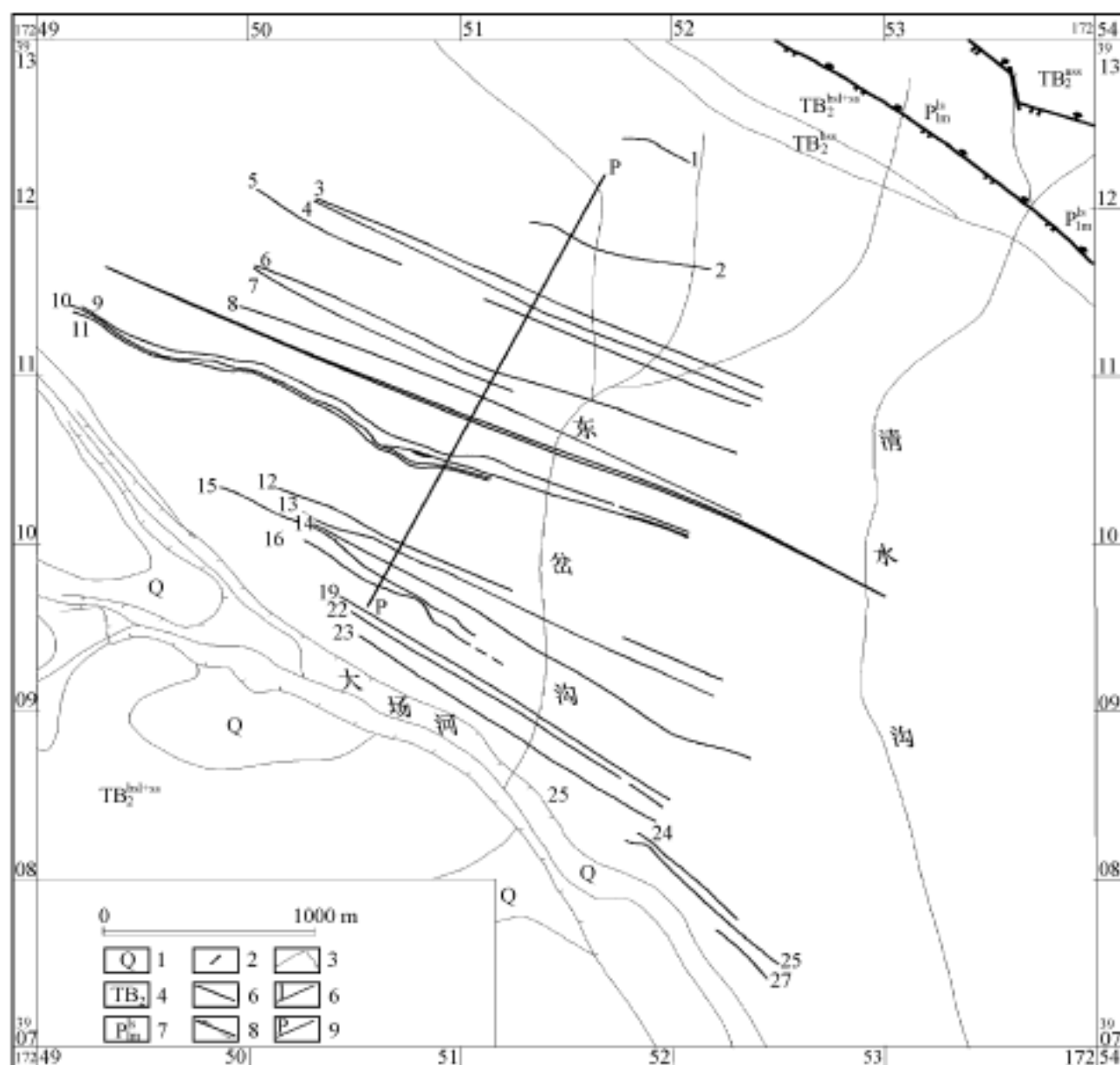


图 2-27 大场金锑矿床地质略图

(据青海地质调查院资料修编, 2003)

1—第四系洪冲积; 2—背斜构造; 3—地质界线; 4—中巴颜喀拉山群; 5—实测逆断层; 6—金矿体及编号; 7—布青山群; 8—实测平移断层; 9—剖面位置

高岭土化、碳酸盐化。其中黄铁矿化、绢云母化、硅化与金、锑矿化关系最为密切。蚀变在空间上表现为从矿体中心向外依次是硅化、硫化物化、绢云母化、碳酸盐化、高岭土化。

4. 成矿机理分析

据赵财胜 研究大场金锑矿床位于巴颜喀拉造山带的北缘, 其北与阿尼玛卿蛇绿混杂岩带相邻。早三叠世, 巴颜喀拉山北缘为巴颜喀拉洋的弧前盆地, 发生大规模的浊流沉积形成了巴颜喀拉山群复理石沉积建造 (图 2-28a)。导致区域上巴颜喀拉山群成为 Au、Sb 的高背景场, 为后期的金锑成矿提供了最基本的物质基础。同时, 随着板块俯冲的 SN 向挤压, 随着巴颜喀拉洋的逐渐闭合, 在该区发生强烈的构造、岩浆活动。岩浆热液沿着断裂构造上侵, 从巴颜喀拉山群复理石沉积含矿建造中萃取部分金成矿物质, 同时发生广泛的天水循环交流, 导致 Au 成矿物质在条件适合的构造部位聚集成矿, 形成大场金锑矿

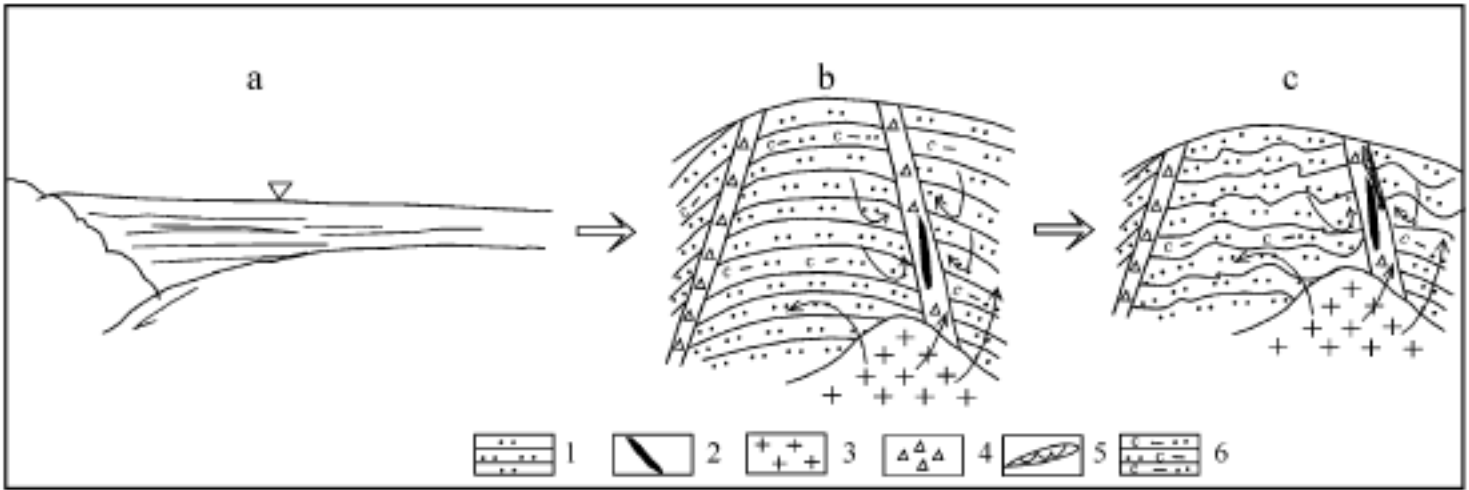


图 2-28 大场金锑矿床成矿模式

(据赵财胜, 2004)

1—砂岩；2—金矿体；3—中酸性岩体；4—破碎带；5—锑矿体；6—含炭泥质板岩

床的金矿体 (图 2-28b)。此时, 抬升、剥蚀均较弱, 成矿深度较大, 为造山型的中成金矿床。晚三叠世, 随着巴颜喀拉洋的最后封闭, 形成巴颜喀拉造山带。这一俯冲—碰撞作用不但导致三叠系复理石沉积岩的低绿片岩相变质作用和褶皱, 而且被逆冲作用强烈变形, 与此同时还形成大规模的逆冲、走滑断层、韧—脆性剪切带及其与之配套的低级构造体系, 这就为在造山过程中不断增高的热流驱动下, 流体的运移和沉淀成矿提供了路径和场所。在此过程中, 发生强烈的壳—幔相互作用, 并开始从挤压构造体系向伸展构造体系转化。伴随着地壳的强烈抬升, 构造从深层次的韧性剪切向浅层次脆性破裂转变, 构造岩浆活动强烈。岩浆热液沿着深大断裂迁移, 并与大气水发生循环, 从围岩中不断萃取成矿物质 Sb, 在构造、地球物理化学条件适宜的地方聚集形成锑矿体, 为造山型金矿床的浅成矿床 (图 2-28c)。

赫格楞汞锑矿床

1. 大地构造背景

位于西倾山晚古生代盆地, 成矿环境为具同生断裂活动的中三叠世热水沉积盆地。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩: 含矿地层受多期造山活动叠加形成北西西向线型褶皱, 断裂构造发育以北西西向逆断裂为主, 多条断裂构成北西西向断裂带; 近南北向和东西向断裂为规模小的正断层。矿区的脉岩较发育, 有闪长玢岩、煌斑岩、辉绿玢岩等。

赋矿岩石特征: 石质碎屑灰岩, 浅灰色, 砂、砾状结构, 块状构造, 碎屑以灰岩砾屑为主, 其次有微晶方解石集合体的砂屑, 局部有石英粉砂、粘土、黄铁矿、白铁矿、菱铁矿、赤铁矿及砂岩角砾或岩块、硅质岩结核, 胶结物为细晶方解石, 具同生砾岩特征。石质碎屑灰岩呈似层状、透镜状产于砂板岩或灰黑色泥质板岩中, 具汞、砷矿化。

角砾硅质岩: 灰黑色微粒结构, 角砾状构造, 角砾成分有硅质岩、泥硅质岩、硅质砂岩、石英泥质板岩、碳质板岩等。角砾为棱角状、次棱角状, 大小不一, 分布不均, 含量 5% ~40%, 胶结物以微晶石英为主, 局部有泥质和炭质。角砾状硅质岩在石质碎屑灰岩中呈结核 (团块) 状分布或在砂板岩中呈似层状、透镜状、不规则团块状产出。

成岩成矿时代: 石质碎屑灰岩块体和角砾硅质岩块体与矿化关系密切, 一种认为属于

前三叠纪西秦岭古海沟混杂堆积的外来岩块，其初始形成时代为泥盆纪；另一种认为形成于中三叠世。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：含矿地层为中三叠统古浪堤组（图 2 - 29），为热水沉积建造。自下而上：①石英砂岩、粉砂岩夹泥质板岩，偶见灰岩；②泥质板岩夹灰岩及长石砂岩；③长石砂岩、长石石英砂岩、石英砂岩夹钙质板岩及灰岩。层内夹有大量的“石质碎屑灰岩”块体和“角砾硅质岩”块体，为赋矿层。

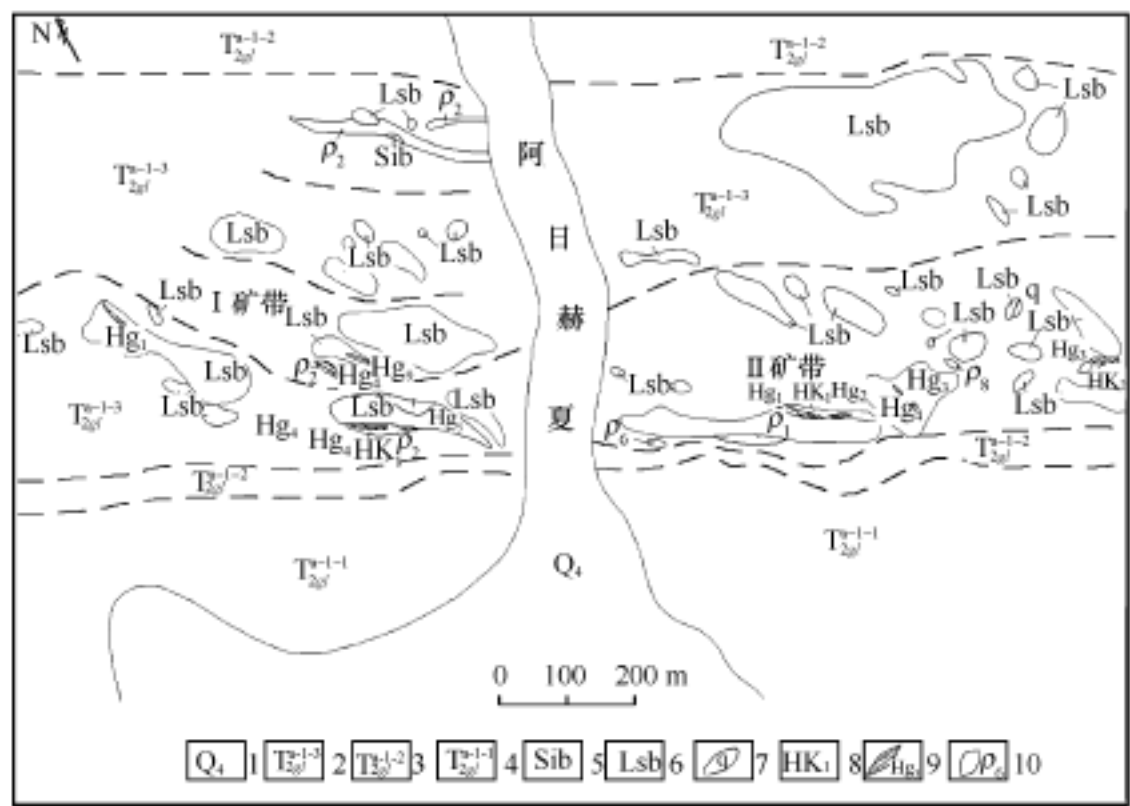


图 2 - 29 河南县赫格楞汞锑矿 I、II 矿带地质图

- 1—第四系冲、洪、坡积物；2~4—中三叠统古浪堤组：2—灰褐色细粒长石石英砂岩夹灰黑色钙质板岩；3—灰黑色泥质板岩夹砂岩及微晶灰岩；4—灰褐色细粒石英砂岩、粉砂岩夹板岩及微晶灰岩；5—角砾硅质岩、角砾泥硅质岩、硅质岩；6—砂砾屑灰岩；7—方解石脉；8—含矿带及编号；9—汞矿体及编号；10—断层破碎带及编号

矿体特征：已发现矿体数十个，其中汞矿体（31 个）、汞锑矿体（7 个）、锑矿体 15 个、砷矿体 4 个。呈脉状、似层状、透镜状、不规则状。单个矿体长 40 ~60 m，最长 150 m；厚 1 ~2.5 m，最厚 11.37 m，延伸大于 130 m。

矿石结构构造：具细晶—微晶结构，浸染状、细脉浸染状、角砾状、薄膜状、块状构造。

主要矿物成分：矿石的金属矿物有辰砂、辉锑矿为主，其次有雄黄、雌黄及闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、方铅矿等；脉石矿物有石英、方解石、萤石、重晶石、绿泥石等；表生矿有褐铁矿、锑赭石、自然汞等。矿石的有益组分主要是汞、锑，伴有铅、锌、金。

围岩蚀变：石质碎屑灰岩重结晶、褪色化、绿泥石化；角砾状硅质岩有萤石化、重晶石化、方解石化；砂岩有萤石化、硅化、褐铁矿化等。

4. 成矿机理分析

(1) 含矿岩层中，石质碎屑状灰岩、角砾状硅质岩发育，表明含矿建造沉积时，有

同生断层活动，为形成热水循环系统提供构造条件；

(2) 断裂的多期频繁活动、脉岩岩浆侵入活动，都是热水循环系统的热源；

(3) 硅质岩和炭质板岩为较典型的喷流热水沉积岩，围岩发生低温蚀变显示本区是有喷流活动的热水沉积盆地；

(4) 萤石、重晶石等矿物分布较广，说明喷流热水为热卤水，并有喷气活动；

(5) 石质碎屑状灰岩、角砾状硅质岩的岩性特征表明，它们是被后续喷流的气液（或海浪）冲碎的早期喷流岩，堆积于喷流口附近，离喷流口较远的沉积洼地，具有层状矿体的找矿潜力。

（三）上三叠统海相火山沉积建造中的金属矿床

上三叠统海相火山沉积岩建造主要分布在青南地区的早中生代晚三叠世裂谷带（西金乌兰—玉树）、岛弧隆起带的洼陷区（唐古拉—杂多岛弧隆起带东段），侏罗纪弧前盆地（小唐古拉）的隆起区等。上三叠统海相火山沉积建造中金属矿床、矿点分布较广，其中赵卡隆铁多金属矿床较为典型。

赵卡隆铁多金属矿床

1. 大地构造背景

位于开心岭—杂多岛弧带中。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：含矿岩系呈紧闭的线型褶曲，北西向展布；断裂构造发育，以北西向断裂为主，集束状分布，其次有北北东向断裂，规模小，穿插北西向断裂、褶皱和矿体。侵入岩不发育，只有一些闪长玢岩脉。

赋矿岩石特征：赋存于火山沉积岩系碎屑岩与板岩、火山岩、碳酸盐岩的接触界面上或附近。

成岩成矿时代：含矿地层为上三叠纪巴塘群，其成矿时代为中生代。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：

含矿地层为上三叠统结杂群火山沉积岩的下岩组（ T_3jz^1 ），有上下亚组和若干岩段。

(1) 下部碎屑岩夹火山岩亚组（ T_3jz^{1-1} ）：①杂色碎屑岩段（ T_3jz^{1-1-a} ）灰色、青灰色、紫红色砂岩、板岩夹砾岩、含砾鲕状灰岩；②灰岩段（ T_3jz^{1-2-b} ）的浅灰色巨厚层状灰岩（含铁质及燧石条带）及碎屑灰岩；③黑色碎屑岩夹火山岩段（ T_3jz^{1-1-c} ）；④火山碎屑岩、具硅质条带或结核的白云岩夹黑色含重晶石、电气石、硅质岩团块的砂板岩段（ T_3jz^{1-1-d} ）。

(2) 上部碳酸盐岩亚组（ T_3jz^{1-2} ）为灰白色厚层状灰岩，其中硅质条带和结核发育。从含矿岩系的岩性组合特征可以看出，它们是晚三叠世火山喷流沉积的炭硅泥建造。

矿体特征：矿区自北至南可划分出三个北西向展布的铁—多金属矿（化）带（图 2-30）：

I 号矿（化）带（北带）长 1.1 km，宽 20 ~140 m。自上部有菱铁矿矿体（IV 号矿体），产于 T_3jz^{1-2} 厚层状碳酸盐岩与 T_3jz^{1-1-d} 的含重晶石电气石硅质岩团块的黑色砂板岩之间；下部有铅银、菱铁矿矿体（I—1、I—3、I—4、I—5 矿体等），容矿主岩为

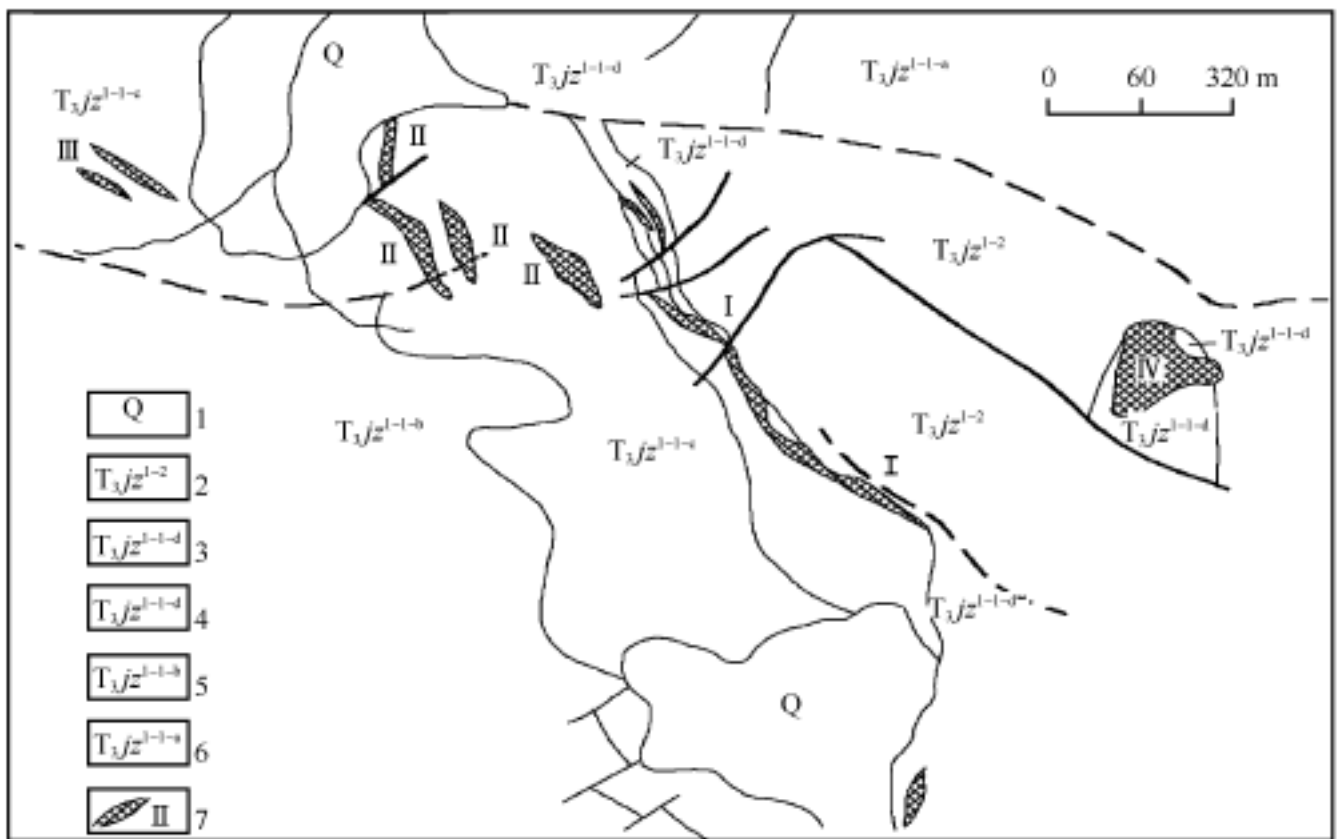


图 2-30 赵卡隆铁铅银矿区地质图

1—第四系冰积砾岩；2—上三叠统结扎群下岩组上部碳酸盐岩亚组；3—上三叠统结扎群下岩组下部碎屑岩亚组，火山碎屑岩、白云岩夹黑色板岩段；4—上三叠统结扎群下岩组碎屑岩亚组，黑色碎屑岩夹火山岩段；5—上三叠统结扎群下岩组下部碎屑岩亚组，灰岩段；6—上三叠统结扎群下岩组下部碎屑岩亚组，杂色碎屑岩段；7—矿带及编号

T_{3jz}^{1-1-d}的灰色、褐色中—薄层状白云岩；铜、铅锌、银、菱铁矿体（I—6、I—9号矿体），容矿主岩为 T_{3jz}^{1-1-d}的灰色、灰绿色含重晶石硅质岩小团块的中—薄层状砂板岩。

II号矿（化）带（中带）长1.5 km。上部为铅锌银菱铁矿矿体（II—1矿体），容矿主岩为 T_{3jz}^{1-1-c}的白色灰岩；下部为铜、铅锌、银、菱铁矿矿体（II—2、II—3号矿体），容矿主岩为 T_{3jz}^{1-1-c}的灰色、灰绿色含重晶石及硅质小团块的中—薄层状砂板岩夹凝灰岩、白云岩透镜体。

III号矿（化）带（南带）长超过800 m。分布有III号铜矿体及菱铁矿体（盲矿体）等，产于的灰黑色含重晶石电气石硅质岩团块的砂板岩与灰岩的过渡带，其上部发现有菱铁矿的盲矿体。

总的看来，三个矿带分别为三个火山喷流沉积旋回，每个旋回都具有铁在上、铜铅锌银或铅锌银在下的分带特点。矿区有以铜为主的多金属矿体、以铅银为主的多金属矿体、以铅锌银为主的多金属矿体、铜铅锌银菱铁矿体、铅锌银菱铁矿体、铜菱铁矿体、铅银菱铁矿体等，呈层状、似层状、扁豆状产出，其产状与围岩基本一致，并与其同步褶曲。矿体长数十米至数百米，个别大于公里，一般厚数十公分到数米，以铅银菱铁矿体规模最大，近年的钻探工程中，在II矿带见到上百米厚的菱铁矿盲矿体，其延伸情况有待查明。

矿石结构构造：具半自形—自形粒状、胶状结构、交代结构、碎裂结构，草莓状、鲕状、条带状、纹层状、团块状、细脉浸染状构造。

主要矿物成分：金属矿物有以菱铁矿为主或以黄铜矿、黄铁矿为主、或以闪锌矿方铅

矿为主，构成不同类型的矿石和矿体；次要的金属矿物有磁铁矿、菱锰矿、赤铁矿等。脉石矿物主要有石英、方解石、白云石、重晶石及少量电气石等。次生矿物有褐铁矿、孔雀石、蓝铜矿等。

围岩蚀变：碳酸盐化、重晶石化、电气石化等。

4. 成矿机理分析

早中生代岛弧隆起带形成过程中，玉树巴塘—赵卡隆一带有晚三叠世火山沉积盆地，以安山岩为主的中基性火山喷发（溢）活动强烈，在火山喷发（溢）活动间歇或平息期间，火山沉积盆地基底的同生断裂、裂隙中，形成热水循环系统，喷流（气）活动强烈而频繁，热水（气）从深部带来大量的成矿物质，在盆地中沉积多层铁多金属矿体。

（四）晚三叠世陆相火山—次火山岩建造中的金属矿床

省内晚三叠世陆相火山—次火山侵入岩建造比较发育，主要分布在都兰—鄂拉山三叠纪火山—岩浆弧及祁漫塔格和东昆仑北坡加里造山带中的印支期叠加构造—岩浆活动区、共和—同仁晚古生代—早中生代陆缘活动带。晚三叠世火山—次火山岩建造中，金属矿床矿点广泛分布。

老藏沟铅多金属矿床

1. 大地构造背景

位于共和三叠纪残余盆地同仁晚古生代—早中生代陆缘活动带东段多福屯—同仁晚三叠世陆相火山活动区，为次火山岩浆侵入活动强烈的成矿地质环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区的主体构造是火山机构，包括破火山口、火山颈、火山锥。火山颈被花岗斑岩等次火山侵入岩所充填，上部有斜长花岗质隐爆角砾岩。晚三叠世，有次英安质火山岩浆喷发和次火山岩浆侵入，构成重叠岩筒。破火山口为安山质火山角砾岩、集块岩、安山岩所覆盖。破火山口周围，堆积火山集块岩、熔岩和角砾熔岩等组成火山锥。远离破火山口中有泥砂质沉积岩。断裂构造发育，其中近东西向和近南北向断裂规模较大，晚三叠世火山喷发中心往往分布在两组断裂的交汇处。火山机构的环形断裂和放射状断裂较多，其中有浅成脉岩分布。晚期的北东、北西向断裂穿插上述早期断裂并使火山机构的构造格局复杂化。

岩浆岩为浅成、超浅成侵入岩。浅成侵入岩有斜长花岗斑岩、石英黑云母细晶闪长斑岩、石英闪长斑岩、闪长玢岩等，呈岩株或岩脉状产出；超浅成岩类有安山玢岩、英安斑岩、斜长花岗质隐爆角砾岩、英安质隐爆角砾岩等，呈岩筒状产出。这些浅成超浅成侵入体的岩性及岩石化学特征与晚三叠世火山熔岩相似，是与其同源的次火山岩浆侵入活动产物。

赋矿岩石特征：矿体赋存于安山质隐爆角砾岩脉，岩枝，隐爆角砾岩石中。

成岩成矿时代：上三叠纪为赋矿地层，成矿时代为晚三叠世。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：上三叠统鄂拉山群（ T_3e ）为矿区最主要含矿地层，其下部为英安岩、英安质火山角砾岩、凝灰岩；中部为安山岩、安山质火山角砾岩、集块岩互层；上部英安质熔岩胶结火山角砾岩，局部有泥砂质板岩（图2-31）。

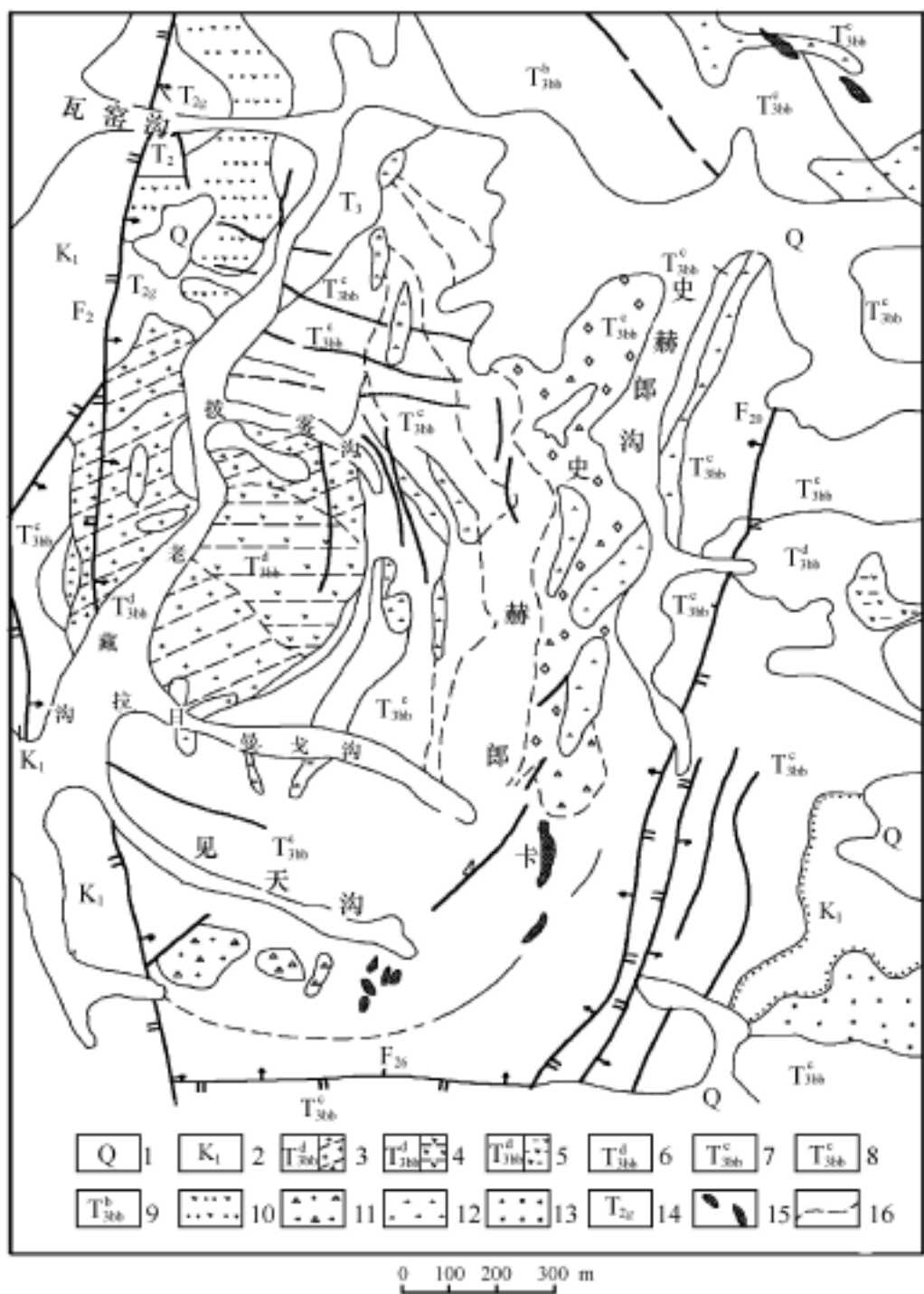


图 2-31 老藏沟铅锌多金属矿床地质图

1—第四系；2—下白垩统；3~11—上三叠统八宝山群；3—斜长花岗斑岩；4—次英安岩；5—次黑云母安山岩火山颈相（3~5）；6—英安质熔岩；7—安山岩、安山质火山碎屑岩；8—安山质火山角砾岩；9—英安岩、英安质火山碎屑岩、次火山岩；10—次石英安山岩；11—斜长花岗质隐爆角砾岩；12—闪长玢岩；13—斜长花岗斑岩；14—中三叠统古浪堤组；15—铅锌矿体；16—岩相界线

矿体特征：矿区大多数矿体为盲矿体，呈不规则状、透镜状、脉状、楔状，长数米至300 m，厚数十厘米至数米，延深数米至数百米，最大延深可达500 m。一般矿体延深大于延长，沿走向和倾向均具有膨大、缩小、分支复合、尖灭再现等复杂变化的现象。矿体多成群出现，常常是一个主矿体周围由小矿体组成的“卫星”矿群，显示矿体受环状断裂控制，少数受放射状断裂控制。矿体多为陡倾斜。矿化元素复杂，可圈出铅锌矿体、硫矿体、锡矿体。

矿石结构构造：具他形粒状、熔蚀交代、乳滴、包含等结构，浸染状、细脉浸染状、似角砾状、块状构造。

主要矿物成分：矿石的金属矿物主要有黄铁矿、白铁矿、方铅矿、闪锌矿、砷硫锑

矿、锡石等，其次有毒砂、辉锑矿、黄铜矿、斑铜矿、硫锰矿；偶见黄锡矿、辰砂、雄黄。次生矿物为：褐铁矿、黄钾铁矾、菱锌矿、铅铁矾、孔雀石、蓝铜矿等；脉石矿物主要有：电气石、石英、绢云母、白云母；矿石有益组分为铅、锌、硫、锡，伴有银、镉、铜、锑、砷等。

围岩蚀变：矿化围岩主要是安山质隐爆角砾岩，其次为安山岩。围岩蚀变强烈且具分带性。自矿化蚀变安山质隐爆角砾岩向外有：强蚀变带为绢云母化、碳酸盐化、电气岩（电气石化、硅化密切共生的蚀变组合）化带，伴有黄铁矿化、绿泥石化及沸石化、石膏化、重晶石化等；弱蚀变带为绢云母化、碳酸盐化带，伴有硅化、绿泥石化、黄铁化，有时有少量电气石。

4. 成矿机理分析

（1）泽库多福屯一带，晚三叠陆相火山喷发基本平静之后，有多次次火山岩浆侵入；

（2）破火山口形成的洼地，积有大量的地表水，洼地水沿火山机构裂隙下渗，进入次火山岩浆，导致次火山岩浆富含气液组分；矿区黄铁矿、方铅矿、闪锌矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-6.01\text{‰} \sim -30.11\text{‰}$ ，推测可能是次火山岩浆侵入活动期间，破火山口形成的沉积洼地，积有大量的地表水和沉积物，地表水通过火山机构的裂隙系统，下渗到次火山岩浆房，带入地表硫引起的；

（3）富含气液组分的次火山岩浆，在上侵过程中又汲取途经围岩中的成矿物质，形成次火山热液；

（4）次火山岩浆在火山机构中形成岩株或岩脉，遇到突然减压则发生隐爆，形成隐爆角砾岩；

（5）次火山岩浆固结后，次火山热液充填次火山岩和围岩的裂隙或微裂隙，并交代次火山岩和围岩，矿物包裹体测温结果：矿石的金属矿物脉石矿物的爆裂温度为 $114 \sim 355^\circ\text{C}$ ，显示成矿温度不高，形成老藏沟次火山热液型矿床。与玻利维亚的克奇斯拉斑岩型锡（银、锌、铅、钨、铋）矿床类似。

七、侏罗系沉积建造中的金属矿床

侏罗系海相沉积岩集中分布在青海省南部小唐古拉山中生代弧前盆地，已发现有一系列铁多金属矿床。

小唐古拉山铁多金属矿床

1. 大地构造背景

矿床产于小唐古拉山中生代弧前盆地北缘，其成矿环境为具同生断层活动的中晚侏罗世准稳定型沉积盆地。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：雁石坪群在矿区构成北西西—近东西向复式褶皱，北部为两个较宽缓的短轴背斜，其间和矿区南部为较紧闭的向斜。环状断裂较发育，近南北向、北西向断裂错断环状断裂。脉岩比较发育，有长石斑岩脉和细晶闪长岩脉。

赋矿岩石特征：杂色细砂岩为主的一套碎屑岩、灰岩、紫红色细砂岩为赋矿岩石。

成岩成矿时代：根据赋矿特征，成矿时代为中侏罗世。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：含矿地层与建造为中侏罗统雁石坪群（ J_2 ）为具多种矿化的碎屑岩、泥质碳酸盐岩建造。下部杂色细砂岩为主，有紫灰色厚层细砂岩（ J_2^{1-1} ）、土黄色薄层含矿石灰岩（ J_2^{1-2} ）、暗紫色细砂岩（ J_2^{1-3} ）、暗绿色豆状砂岩（ J_2^{1-4} ）；中部有灰色薄层泥质石灰岩（ J_2^{2-1} ）、紫灰色中粒砂岩（ J_2^{2-2} ）、灰黄色石灰岩夹灰绿色细砂岩（ J_2^{2-3} ）、灰绿色细砂岩（ J_2^{2-4} ）、灰色泥质石灰岩（ J_2^{2-5} ）、紫色细砂岩（ J_2^{2-6} ）、灰色石灰岩（ J_2^{2-7} ）、紫色砂岩（ J_2^{2-8} ）；上部为灰色厚层石灰岩（ J_2^3 ）。矿区中部分布有一片具白色粒状大理岩条带的紫红色细砂岩，为环状断裂所包围，可能属雁石坪群的下部层位（ J_2^1 ）。在环状分布的紫红色细砂岩（ J_2^1 ）中，有环状分布的灰褐色含黄铁矿方铅矿化角砾岩；在薄层泥质灰岩（ J_2^{1-2} 、 J_2^{2-1} 、 J_2^{2-5} ）中，有整合型砾状镜铁矿层产出；砂岩中多为脉状铁矿体；暗绿色豆状砂岩（ J_2^{1-4} ）中有含方铅矿灰岩（图 2-32）。

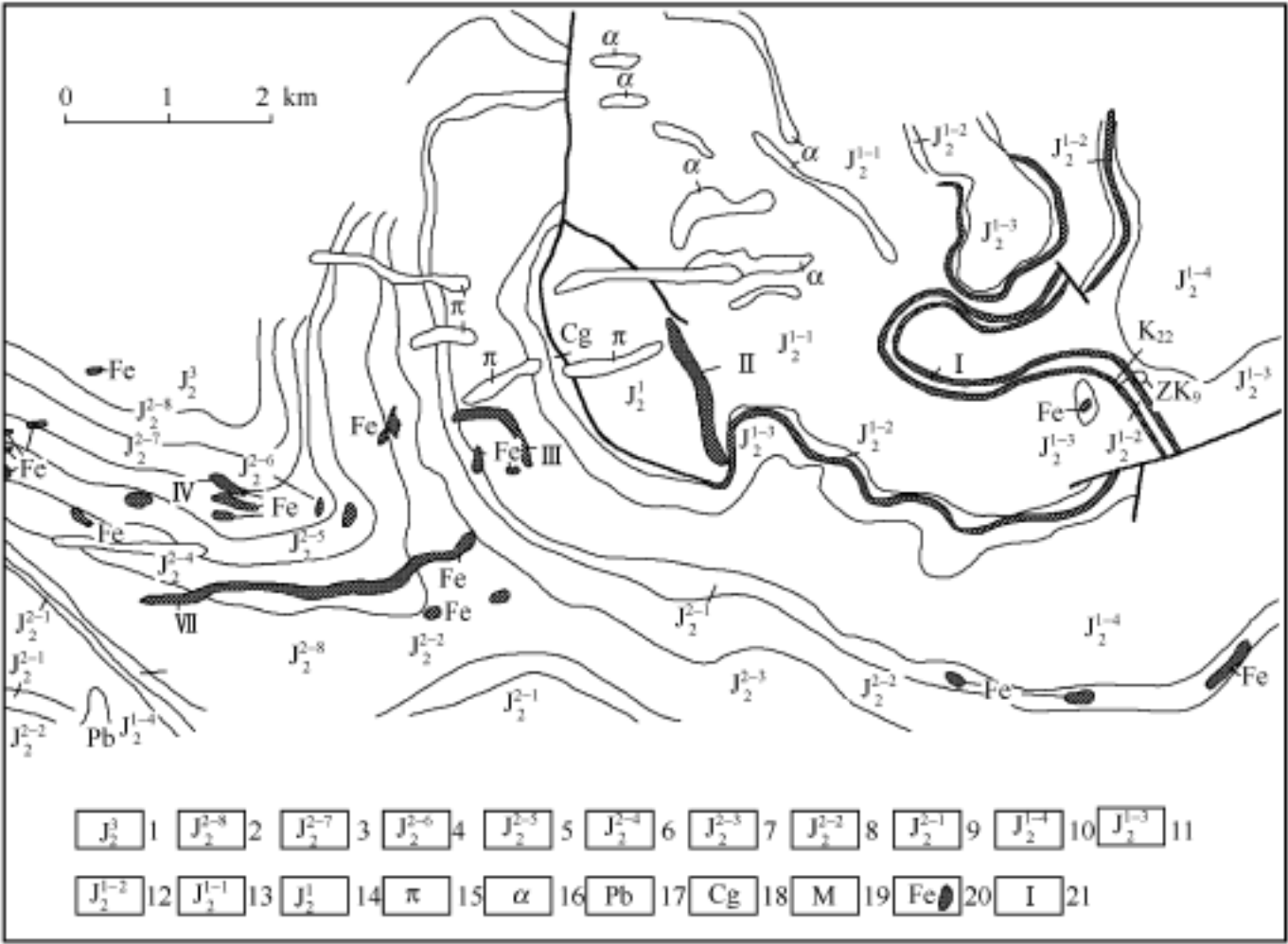


图 2-32 小唐古拉山铁多金属矿床地质图

- 1—灰色厚层石灰岩；2—紫色砂岩；3—灰色石灰岩；4—紫色细砂岩；5—灰色泥质石灰岩；6—灰绿色细砂岩；7—灰黄色石灰岩夹灰绿色细砂岩；8—紫灰色中粒砂岩；9—灰色薄层泥质石灰岩；10—暗绿色豆状砂岩；11—暗紫色细砂岩；12—土黄色薄层含矿石灰岩；13—紫灰色厚层细砂岩；14—紫红色细砂岩；15—灰白色长石斑岩；16—灰绿色安山岩；17—含方铅矿矿带；18—灰褐色含黄铁矿方铅矿化角砾岩；19—白色细粒大理岩局部含石膏；20—铁矿层；21—矿带编号

矿体特征：在约 70 km² 范围内，已圈出六个含多金属铁矿带和 2 个多金属矿带。矿区东部有 I、II 含多金属铁矿带和 1 个含黄铁矿方铅矿化角砾岩带；西部有 III、IV、V、VI 号含多金属铁矿带和 1 个含方铅矿矿带。I、II 号矿带的多金属铁矿体呈层状产出，为

整合型矿体，其中 I 号含多金属铁矿带位于矿区最东部，在长、宽各约 3.5 km 范围内，是矿区的主要矿带。该矿带有 1 ~5 层含多金属铁矿体，赋存于 J_2^{1-2} 上下部和 J_2^{1-3} 底部，矿体单层厚 0.8 ~12 m，一般 1.5 ~6.4 m，主矿体延深可达 100 m。矿区西部 III、IV、V、VI 号矿带的矿体，呈脉状、网脉状斜穿含矿岩层，为非整合型矿体，VI 号矿带的多金属铁矿石含 Pb 0.43% ~15.2%、Zn 0.22% ~9.75%、Cu 0.03% ~0.68%、Ag 8.9 ~370.8 g/t。矿区西南有含方铅矿灰岩（矿带），矿区多处见铜矿化、铅矿化。

矿石结构构造：含多金属铁矿石具鳞片状变晶结构，块状构造、角砾状构造、网脉状构造。角砾状矿石的角砾为鳞片状镜铁矿，胶结物为细晶镜铁矿。

主要矿物成分：矿石的金属矿物主要有镜铁矿，部分为含锰镜铁矿、赤铁矿、针铁矿及褐铁矿，其次为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。脉石矿物有石英、绿泥石、碳酸盐、云母及少量玉髓。矿石有益组分：TFe 45% ~55%、Mn 2% ~5%、Pb 0.26% ~4.47%、Zn 0.04% ~0.55%、Cu 0.02% ~0.03%、Ag 1.7 ~29.9 g/t，部分 TFe 矿石可达 60% 以上。环状断裂西侧有含黄铁矿方铅矿化角砾岩，长 2 km，宽 120 m，含 Pb 1% ~3%，局部高达 31%，含 Ag 206 ~426 g/t；

围岩蚀变：矿区的围岩蚀变不明显，多为褪色现象。

4. 成矿机理分析

(1) 矿区含矿地层的岩性特征表明，它们属成熟度低的碎屑岩及泥质碳酸盐岩沉积建造，其沉积速度较快，沉积环境不甚稳定；

(2) 广泛出现同质镜铁角砾岩（角砾状铁矿石）表明，成矿作用过程中有同生断层活动，出现多个含矿层和多层矿体显示，同生断层活动强烈而频繁；

(3) 矿区西南的方铅矿带产于 J_2^{1-4} ，多金属铁矿带产于 J_2^{2-3} — J_2^{2-6} ，表现出铁氧化物在上，多金属硫化物在下的特点；

综上所述，小唐古拉中生代弧前盆地的演化过程中，同生断层活动强烈而频繁，北缘雁石坪一带形成中侏罗世喷流热水沉积盆地，在同生断层裂隙系统中循环的热水，汲取途经围岩的成矿物质，形成成矿流体，成矿流体在补给系统中沉淀，形成非整合型矿体，喷流沉积矿床形成。

八、与基性超基性侵入岩有关的金属矿床

（一）与古陆块基性—超基性岩有关的金属矿床

欧龙布鲁克微陆块和日月山—化隆古断隆中，基性—超基性岩比较发育，其中有铁和铜镍矿床产出。铁矿床矿点有王家琪铁矿床等；铜镍矿床、矿点有拉水峡含铂铜镍矿床、裕龙沟含铂铜镍矿床以及三岔、阿什贡、沙家、官庄沟、亚曲等铜镍矿点。以王家琪铁矿床、拉水峡铜镍矿床最为典型。

拉水峡铜镍矿床

1. 大地构造背景

产于日月山—化隆断隆。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿化产与基性—超基性岩体产于古元古界片麻岩中的两组断裂交汇处，为断裂构造控矿；矿区内华力西—印支期花岗岩、花岗伟晶岩发育地段，基性

—超基性岩及其围岩（片岩、片麻岩）蚀变强烈，蚀变的片岩、片麻岩和花岗岩、花岗伟晶岩的局部地段有铂或铜、镍矿化，在两组断裂交汇处，有脉状矿体，可见，脉状矿化与花岗岩、花岗伟晶岩的侵入活动。

赋矿岩石特征：基性—超基性岩体呈岩瘤状产于古元古界片麻岩、角闪片岩的层间断裂，呈北西—南东向展布。岩体出露长 100 余米，宽 5 ~12 m。岩性以角闪岩为主，其次有黑云母角闪石岩、辉石角闪石岩。岩石片理化明显。

成岩成矿时代：含矿岩系为古元古界深变质岩，其成矿时代为新元古代。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：含矿岩体及其围岩：含矿岩体为兴凯期角闪石岩、辉石角闪石岩、黑云母角闪石岩等基性—超基性岩，它们顺层产于古元古界片麻岩中。构成北西西向基性—超基性岩带，其展布方向与区域构造线方向一致。

矿体特征：已查明有 I、II 号含铂铜镍矿体及一些零星小矿体。其中 I 号矿体规模较大主要产于角闪岩体与片麻岩接触带的岩体一侧，部分矿体“进入”片麻岩；II 号矿体次之，产于古元古界片麻岩中的石英角闪片岩层间。I 号矿体走向长 150 m，倾向延深 200 m，厚 14.17 ~23.37 m，呈不规则、透镜状，贯入角闪石岩和片麻岩的断裂或裂隙中，呈北西西向展布；II 号矿体产于北西向和北东向断裂交汇处，长 30 m，宽 38.21 m，延深 23 m，为一近南北向产出的、上宽下窄的楔形体。

矿石结构构造：矿石具他形粒状结构、溶蚀、交代结构、变余海绵陨铁结构，块状、浸染状、角砾状、环状、细脉状构造；氧化矿石具土状结构，块状、多孔状构造。

主要矿物成分：主要金属矿物有黄铁矿、紫硫镍铁矿、黄铜矿、辉铁镍矿，少量镍磁黄铁矿、闪锌矿、辉钼矿、硫铁镍矿、磁铁矿等；脉石矿物有长石、角闪石、黑云母、橄榄石、磷灰石绿泥石等。次生矿物有镍绿泥石、含镍高岭土、水云母、蓝铜矿、孔雀石、玉髓、高岭土及少量长石、石英。

围岩蚀变：以黄铁矿化、绿泥石化为主，次有碳酸盐化、绿高岭土化、褐铁矿化、黑云母化、次角闪石化、叶蜡石化等。

4. 成矿机理分析

该矿为岩浆熔离改造矿床。其成矿过程（图 2-33）：

（1）矿体与基性—超基性岩体空间关系密切，矿石具变余海绵陨铁结构，表明新元古代的基性—超基性岩浆侵入过程中，发生岩浆分凝和岩浆熔离作用，在角闪岩相形成有岩浆熔离型矿体；

（2）以后的叠加造山活动，有中酸性岩浆侵入活动，基性—超基性岩及其含铂铜镍矿体都受到较强烈的叠加改造，分散于基性—超基性岩和含铂铜镍矿体中成矿元素都重新活化，形成改造型成矿流体，运移到构造有利部位，形成脉状矿体。因此目前所见矿体不仅“进入”围岩，而且其规模与基性—超基性岩体也不成比例，热液改造成矿特征明显。可以认为该矿床属岩浆熔离 + 改造型矿床。

（二）与加里东造山带基性—超基性有关的金属矿床

省内的北祁连、柴北缘、拉脊山、东昆仑南坡等加里东造山带中，基性—超基性岩发育，与其有关的铬、铁等金属矿床、矿点分布较广。现以较典型的矿床简述如下。

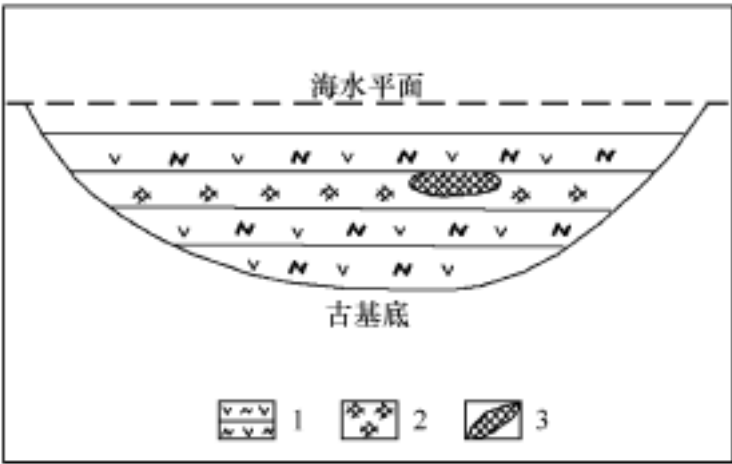


图 2-33a 拉水峡矿床古元古界火山岩超基性岩形成示意图

1—中基性火山岩；2—超基性岩；3—铜、镍矿体

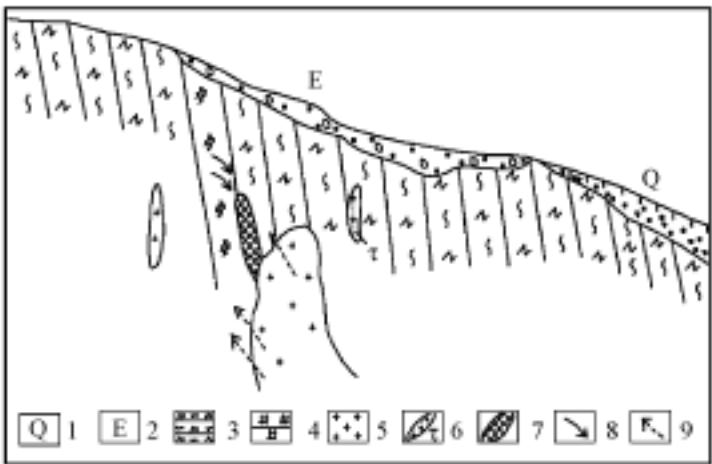


图 2-33b 拉水峡矿床叠加改造示意图

1—第四系；2—第三系；3—斜长角闪片麻岩；4—片理化超基性岩；5—花岗岩岩体和岩脉；6—伟晶岩脉；7—矿体；8—超基性岩成矿元素带出方向；9—花岗岩岩浆热液活动方向

玉石沟铬铁矿矿床

1. 大地构造背景

矿床位于北祁连早古生代接合带，为基性火山活动强烈，并有基性—超基性岩侵位的地质环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩有。

赋矿岩石特征：出露在玉石沟的超镁铁岩主要由南岩体、中岩体、北岩体和其他小岩体组成，岩性主要是方辉橄榄岩和纯橄岩以及少量的含辉纯橄岩，其中南岩体、北岩体和小岩体均强烈蛇纹石化。铬铁矿的含矿岩相为纯橄岩相（或蛇纹石化纯橄岩相），分布在岩体底部，形成层状含矿纯橄岩相带（或含矿蛇纹石化纯橄岩相带）。含矿岩相的边部或构造薄弱部位，蚀变强烈，形成蛇纹岩、石英碳酸盐岩、滑石菱镁岩及碳酸盐化蛇纹岩。局部的碳镁铬矿化是与铬铁矿体关系最密切、也是本区特有的一种蚀变（图 2-34）。

成岩成矿时代：岩体的侵入时代为加里东期，分布上严格受断裂所控制。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：位于橄榄岩的上部（或顶部）。

矿体特征：矿区内，已发现铬铁矿矿体数十个，呈扁豆状、条带状、透镜状赋存于各岩体群的纯橄岩岩相中、下部，构成 4 个矿带（南矿带、小矿带、中矿带、北矿带）、6 个矿群。南矿带有 4 个矿群（V 矿群、III 矿群、IV 矿群、I 矿群），以 V 矿群规模最大，东西长 370 m，南北宽 30 ~50 m，见矿体 17 个，其中规模最大的矿体为 V₁₂ 矿体（1.3 ~ 14.13 m× 200 m）和 V₁₄ 矿体（0.93 ~18.98 m× 190 m），其余矿体规模均小于 V 矿体；小矿带长 240 m，宽 40 m，见 3 个块状小矿体；中矿带有两个矿群（II 矿群、VI 矿群），其中 II 矿群东西长 1200 m，南北宽 200 m，见矿体 4 个，11 个矿点；北矿带仅见 2 个小矿体。铬铁矿矿体一般长数米至 200 多米，厚数厘米至十几米，地表出露的矿体规模小，隐伏矿体规模较大。

矿石结构构造：具中细粒半自形—自形粒状结构，致密块状、浸染状、网环状、条带

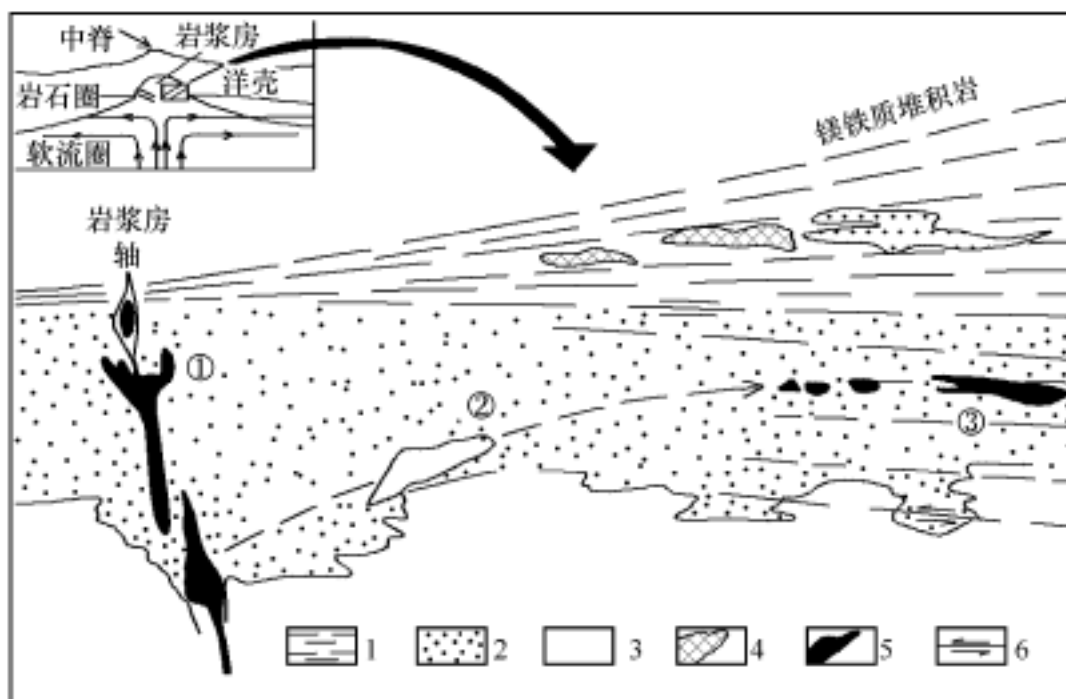


图 2-35 蛇绿岩中豆英状铬铁矿成矿模式图

1—镁铁质堆积杂；2—纯橄岩斜辉橄榄岩杂岩带；3—斜辉橄榄岩杂岩带；4—堆积成因铬铁矿矿体；
5—豆英状铬铁矿体；6—叶理及剪切方向

上庄铁磷稀土矿床

1. 大地构造背景

矿床位于拉脊山早古生代陆间裂谷带中西段，成矿地质环境是具有基性—超基性岩侵位的陆缘裂谷环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区出露地层为上寒武统中酸性火山沉积岩，其岩性安山质凝灰岩、变安山岩、变英安岩、变砂岩、夹硅质岩、大理岩，构成柏木峡向斜北翼。断裂构造发育，以北西、北西西向断裂为主，它们既控制侵入岩体的分布，又在岩体中形成破碎带，显示多期活动特征。北东北西向断裂规模较小形成较晚错断北西西向断裂和地层。侵入岩主要有黑云母单斜辉石岩，次为角闪石岩，其同位素年龄 442 Ma，是早古生代裂谷活动期间侵位的上地幔岩。另有闪长岩体和碱性脉岩，是加里东造山期后叠加造山活动产物。

赋矿岩石特征：主矿体赋存于辉石岩体的上部，其岩石化学成分以高铁低镁稍偏碱性为特征。

成岩成矿时代：基性超基性岩同位素年龄值为 442 Ma，成矿时代为加里东期。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：矿区由 2 个含矿基性—超基性岩体组成，为东岩体和西岩体（图 2-36）。东岩体长 3670 m，宽 25 ~420 m，走向 300°，面积约 84 km²，西部膨大东部变窄，多见分支，具明显锯齿状；西岩体长 2800 m，宽 20 ~700 m，面积 0.56 km²，呈大扁豆体状。东岩体可分橄榄岩（橄榄透辉岩、透辉橄榄岩）岩相带、黑云母透辉岩岩相带、黑云母次透辉石岩岩相带、含磁铁矿黑云母次透辉石岩岩相带、角闪次透辉石岩岩相带及角闪石岩岩相，各岩相间多呈渐变过度关系。

矿体特征：矿区共圈出 52 个磷铁矿体，其中东岩 41 个体，西岩体 11 个。东岩体的

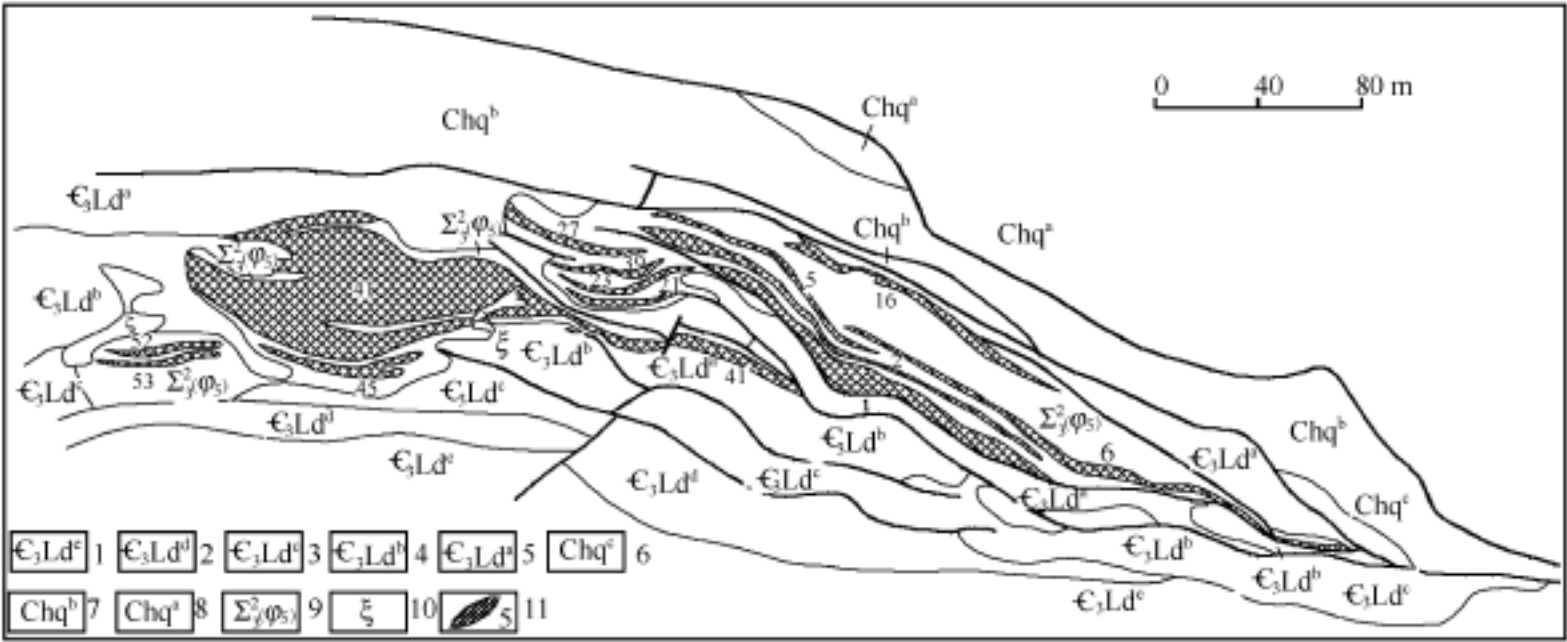


图 2-36 上庄磷铁矿地质图

1—安山岩；2—安山质凝灰岩；3—变安山质凝灰岩；4—硅质岩、大理岩、变凝灰岩；5—变安山岩；
6—砂岩、千枚岩；7—大理岩、钙质板岩；8—砂岩；9—黑云母单斜辉石岩类超基性岩；
10—碱长岩；11—磁铁磷灰石矿体及编号

矿体多，且规模较大，构成上、中、下矿带和西矿带。上矿带（即南矿带）：位于岩体上部，长 2260 m，宽 30 ~155 m，北西西向展布，西宽东窄，矿带内矿体密集，有 1、2、33、34、36、37、38、43 号等矿体，以 1、2 号矿体规模最大（探明储量占矿区总储量的 56.03%），是矿区最主要矿带；中矿带位于岩体中部，长 3340 m，宽 20 ~215 m，北西西向展布，其中的矿体小而多，有 3 ~16 号、19、20、30、35、40 等 16 个矿体，探明储量占总储量的 34.4%，是矿区另一个重要矿带；下矿带（即北矿带）位于岩体下部，长 1795 m，宽 5 ~80 m，北西西向展布，有 14 ~18 号、44 号等 6 个矿体，矿体规模小，其储量仅占 5%；西矿带为岩体西段的矿体群（21 ~29、31、32 号等 10 个矿体）组成，矿带长 900 m，宽 90 ~280 m，矿体规模均小。西岩体工作程度低，已圈出 41、42、44 ~53 号等 11 个矿体，矿带长 2100 m，最宽达 450 m，矿带内矿体形态变化大，矿体呈似层状、透镜状，少数扁豆状，主要赋存于黑云母单斜辉石岩体的上部和中部。主矿体（1、2、5、6、41 号）规模大，长 1470 ~2260 m，厚 2.2 ~79.1 m，延深 100 ~549 m，其余矿体长 50 ~1548 m，厚 2 ~26 m，延伸 49 ~595 m，具分叉现象。

矿石结构构造：具中—粗粒半自形—他形等粒—不等粒结构、似斑状结构、包含结构、海绵陨铁结构、反应边结构、交代残余结构及伟晶结构等；块状及斑杂（斑点）状构造为主，次为浸染状和条带状构造、碎裂状及砂状构造。

主要矿物成分：为磷灰石、磁铁矿含少量钛铁矿蛭石化黑云母，其他矿物为透辉石、次透辉石、角闪石、黄铁矿（含少量黄铜矿）、长石、绿帘石、方解石及榍石。矿石的有益组分为铁、磷、稀土等。

围岩蚀变：以绿帘石化、碳酸盐化为主。

4. 成矿机理分析

拉脊山早古生代裂谷活动期间，深断裂贯通到上地幔，诱发深原岩浆侵入活动，从深

部带来铁等成矿物质，又在上侵过程汲取浅部围岩的稀土等成矿元素和挥发组分（磷、水等），致使岩浆结晶缓慢，有利于铁、稀土等从硅酸盐岩浆中析离出来，形成富含稀土的磷铁矿体。其成矿经历岩浆深部分异—侵位—结晶再分异作用，成矿类型为晚期岩浆分异型矿床。

元石山铁镍矿床

1. 大地构造背景

位于拉脊山早古生陆间裂谷带中段，为多次造山活动叠加的构造—岩浆活动带。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区含矿岩体的围岩为上寒武统中基性火山岩（蚀变安山岩等）、喷流沉积岩（硅质岩等）、沉积岩（千枚岩、板岩变砂岩等），构成近东西走向倾向南的单斜层。断裂构造发育，主要由一系列近东西向延伸、走向向北弯突的弧形断裂，该组断裂规模大，既控制基性—超基性岩体的分布，又在岩体中形成构造破碎带，显示多期活动特征。其次有北东、北北东、北西、北北西向断层，形成较晚，规模小，且错断地层和近东西向断裂。多组断裂活动，导致基性—超基性岩强烈破碎和蚀变。侵入岩以加里东期基性—超基性岩为主，橄榄辉绿岩、辉长玢岩、伟晶闪长岩、斜长花岗斑岩、细粒斜长花岗斑岩、伟晶正常岩、煌斑岩等比较发育，其中细粒斜长花岗斑岩已确定为华力西期。

赋矿岩石特征：辉石岩岩体由透辉石岩、异剥岩、蛇纹岩、斜辉辉橄岩及二辉橄辉岩、斜辉和单辉橄榄岩、单辉橄橄岩等组成；纯橄橄岩岩体有纯橄橄岩和含辉纯橄橄岩组成。

成岩成矿时代：含矿岩石为早古生代侵位形成的基性—超基性岩，成矿为早古生代。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：为辉石岩岩体和纯橄橄岩岩体复合部位。

矿体特征：矿体产于辉石岩、辉橄岩、橄橄岩与全硅化超基性岩邻接部位（图 2-37），矿体与硅化碳酸盐化超基性岩空间关系密切。具体为：超基性岩→矿体（硅化碳酸盐化超基性岩）→全硅化超基性岩（硅化岩）→矿体（硅化碳酸盐化超基性岩）→超基性岩。有些矿体则产于全硅化超基性岩内；部分全碳酸盐化超基性岩本身就是矿体。显然，矿（化）体就位于岩体的大型构造蚀变带上下盘，构成上下两个矿（化）带。其中有 5 个矿带，34 个矿体。矿体在矿带中呈似层状、透镜状或脉状产出。以 I—1、III—1、V—1 矿体规模最大，占矿区总储量 91% 以上。

矿石结构构造：胶状、显微粒状、环层状结构及压碎结构、鲕状结构，土块状构造、块状构造、条带状构造。

主要矿物成分：矿石类型有铁镍矿石、硅镍矿石、镁镍矿石及铁矿石。①铁镍矿石矿石矿物以针铁矿、水针铁矿为主，赤铁矿、水赤铁矿次之，含微量钡硬锰矿、钙硬锰矿、水锰矿、偏锰酸矿、水钴锰矿、锰土、磁赤铁矿、铬铁矿、硬铬尖晶石、锌铬尖晶石及磁铁矿；脉石矿物有石英、蛇纹石、高岭石、滑石；②硅镍矿石矿物组合为大量石英、蛋白石、玉髓，并含铁菱镁矿、菱镁矿、方解石、针铁矿水针铁矿，偶含硬铬尖晶石、铬铁矿；③镁镍矿石：由褐铁矿化碳酸盐化超基性岩、褐铁矿化硅化碳酸盐化超基性岩及褐铁矿化碳酸盐化硅化超基性岩组成。矿物组成以铁菱镁矿、菱镁矿、方解石为主，其次有针铁矿、水针铁矿、赤铁矿、石英、蛋白石、玉髓、蛇纹石等；④铁矿石矿物由针铁矿、水针铁矿、赤铁矿、水赤铁矿组成；脉石矿物为硅质和碳酸盐矿物。

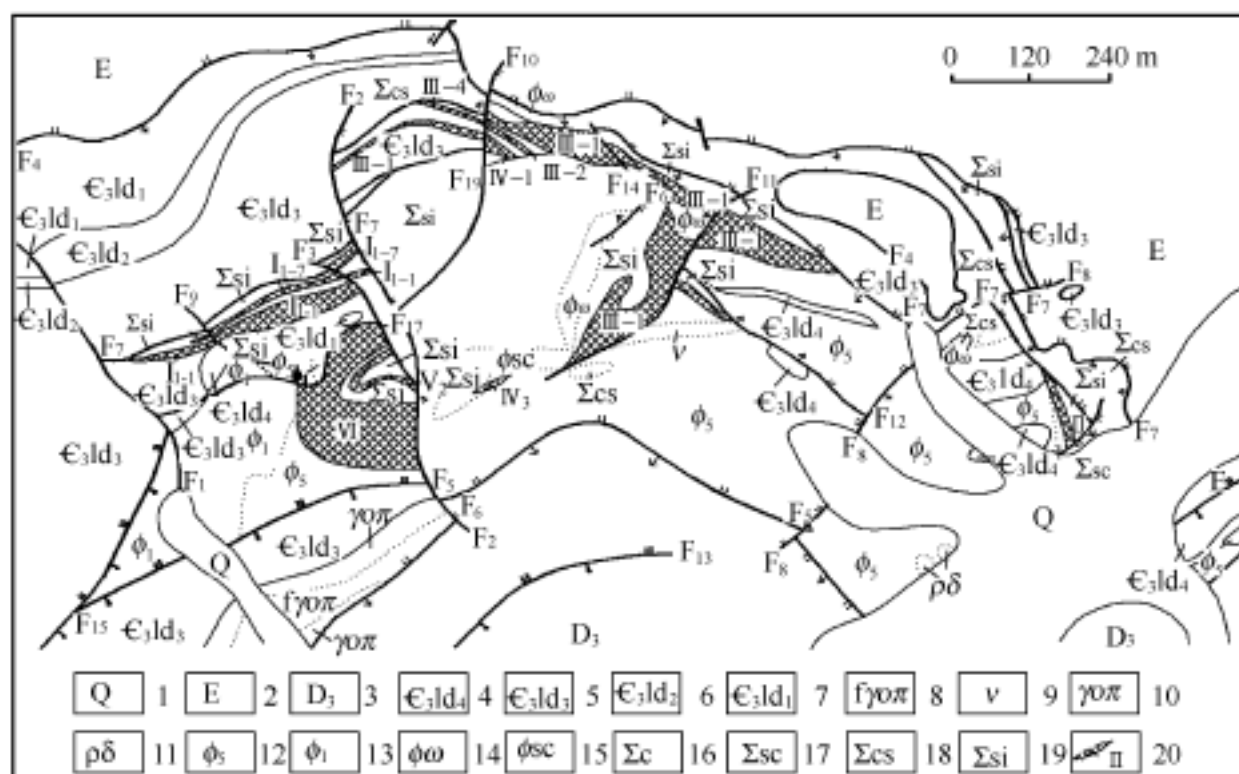


图 2-37 元古山铁镍矿床地质图

1—第四系；2—第三系红色砂岩、砂砾岩；3—上泥盆统杂色砾岩夹凝灰岩；4—角闪片岩、斜长角闪片岩夹云母石英片岩；5—灰黄色蚀变安山岩、凝灰熔岩、灰绿色蚀变安山岩；6—硅质岩；7—灰黄、灰绿色蚀变中基性火山岩夹千枚岩、板岩、变砂岩；8—细粒斜长花岗斑岩；9—辉长岩；10—斜长花岗斑岩；11—伟晶闪长岩；12—辉石岩；13—纯橄岩；14—蛇纹岩；15—强碳酸盐化辉石岩；16—全碳酸盐化超基性岩；17—硅化碳酸盐化超基性岩；18—碳酸盐化硅化超基性岩；19—全硅化超基性岩；20—矿体及其编号

围岩蚀变：矿区基性超基性岩的构造带上岩石蚀变强烈，有蛇纹石化、次闪石化、绿泥石化、碳酸盐化、硅化。且以碳酸盐化、硅化最为强烈，形成硅化超基性岩、碳酸岩化超基性岩、碳酸盐化硅化超基性岩、硅化碳酸盐化超基性岩，甚至超基性岩全岩硅化形成硅化岩，有紫红色全硅化超基性岩和黄褐色强硅化超基性岩。蚀变和未蚀变超基性岩为渐变关系。

4. 成矿机理分析

(1) 早古生代期间，拉脊山一带发生陆缘裂谷活动，有强烈的中基性火山喷发和超基性岩侵位，形成由富含镍钴铬的铁镁硅酸盐矿物组成的超基性岩体；

(2) 在裂谷闭合造山及其后的多次叠加造山活动过程中，元石山地区发育多组断裂，并有多种脉岩岩浆侵入，超基性岩经受区域变质特别是动力变质和岩浆热液的叠加改造，在构造带上，原生的铁镁硅酸盐矿物受到变质热液、岩浆热液的强烈交代，发生蛇纹石化、次闪石化、绿泥石化；随着铁镁矿物的彻底分解，形成石英、玉髓、蛋白石、方解石、菱镁矿、磁铁矿、赤铁矿等，形成硅化带（或硅化岩）、碳酸盐化带；

(3) 铁镁硅酸盐分解，致使其中的成矿元素活化，与变质水、岩浆水一起形成成矿流体，并运移到聚矿构造中，形成铁镍钴矿床；

(4) 主要成矿力为构造动力和脉岩岩浆活动，成矿物质来源于超基性岩；

(5) 从矿物组合看来，为低温成矿；

(6) 后期风化淋滤作用，也比较强烈，使矿石发生次生富集。总之，该矿床属构造、

岩浆热液复合改造型矿床。

九、与中酸性侵入岩有关的金属矿床

青海省内与中酸性侵入岩有成因联系的金属矿床有蚀变花岗岩型矿床、花岗伟晶岩型矿床、斑岩型矿床、矽卡岩型矿床。主要分布在加里东造山带、华力西造山带、印支—燕山造山带和古陆块。已发现矿床（点）较多，有代表的矿床有纳日贡玛铜钼矿床、什多龙铅锌矿、白石崖铁矿、海寺铁（钴金）矿等。

纳日贡玛铜钼矿床

1. 大地构造背景

开心岭—杂多早中生代岛弧隆起带，成矿环境为喜山期叠加造山活动较强烈，并有喜马拉雅期中酸性岩浆侵入活动的地质环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：为下二叠统中基性火山岩组，主要岩性为紫红、灰绿色玄武岩、杂色玄武质凝灰集块岩、凝灰岩，局部地段，玄武岩相变为安山玄武岩、玄武安山岩，显示火山喷发中心的火山喷发岩相特征。该岩组火山岩总体走向为北西、倾向南西的单斜层。其中断裂构造发育，有北东向（ $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ）、北北东向（ 20° 左右）、近南北向（ $350^{\circ}\sim 360^{\circ}$ ）、近东西向（ $80^{\circ}\sim 100^{\circ}$ ）四组。其中北东向断裂及次级北北东向断裂，具多期活动特征，既是控制本区中酸性岩体（脉）分布的断裂，也是容矿构造；北西向和近南北向断裂形成较晚。

赋矿岩石特征：有黑云母花岗斑岩（ $\gamma\pi\beta$ ）、浅色细粒花岗斑岩（ $\gamma\pi$ ）、石英闪长玢岩及基性、中酸性脉岩类，是喜马拉雅期浅成侵入岩。其中黑云母花岗斑岩（4个K—Ar法同位素年龄值分别为（49.4、37.2、33.9、22.0 Ma）和浅色细粒花岗斑岩，呈不规则岩株状产出，围岩为下二叠统火山岩，岩体和围岩蚀变强烈，并有铜钼矿（化）体产出，为含矿岩体。不含矿石英闪长玢岩呈小岩株或岩脉状分布在矿区西南角。

成岩成矿时代：根据同位素年龄测定，成岩成矿时代喜马拉雅期。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：钼矿体主要产于蚀变斑岩体内（弱蚀变的黑云母花岗斑岩、浅色花岗斑岩和强烈绢云母化黑云母花岗斑岩）；铜矿体则产于硅化绢云母化黑云母花岗斑岩及其中的蚀变玄武岩捕虏体和斑岩体外接触带的蚀变玄武岩中（图2-38）。

矿体特征：矿体形态呈带状、长透镜状、透镜状、似透镜状、椭圆状、长楔状、不规则状。矿体规模大小不一，长数十米至数百米；宽数米至一百多米。

矿石结构构造：矿石呈半自形—他形微—细粒状、半自形—自形片状、鳞片状结构；微—细脉状、稀疏浸染状、散点浸染状构造为主，少数呈稠密浸染状构造。

主要矿物成分：矿石的主要金属矿物有辉钼矿、黄铜矿及黄铁矿，其次有辉铜矿、铜蓝、孔雀石及褐铁矿等，偶含方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、赤铁矿、黝铜矿、白钨矿、黑钨矿（?）、钼华等，其组合因矿石类型不同而有所差别。脉石矿物因含矿岩石类型而异，含矿岩石为蚀变玄武岩时，有黑云母、斜长石、角闪石及石英等，或斜长石、辉石、绿帘石、阳起石、绿泥石及石英等；含矿岩石为蚀变斑岩时，有钾长石、斜长石、石英及黑云母等，或石英、长石绢云母高岭石等。矿石的有益组分主要为钼、铜，共生有硫，伴有

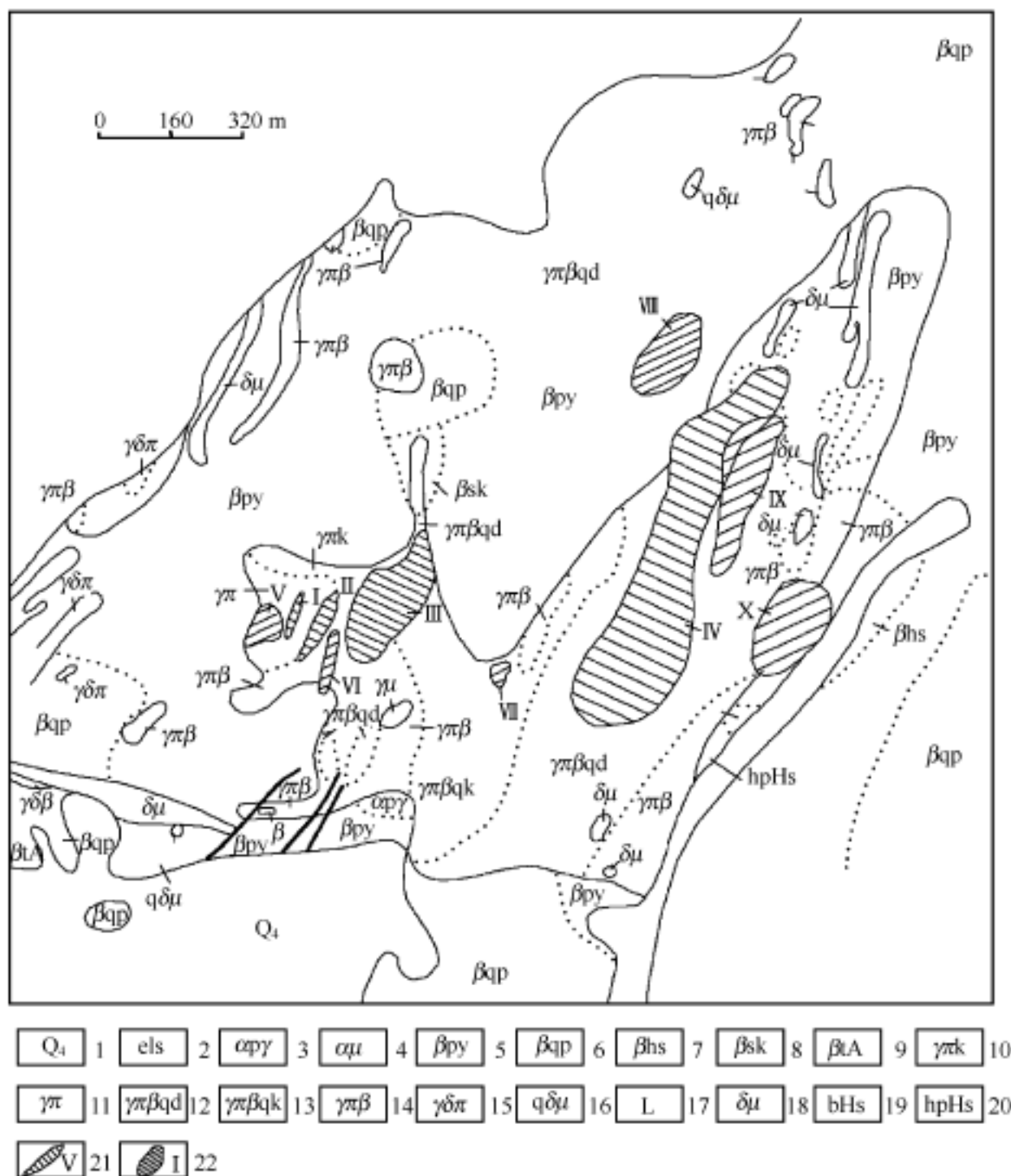


图 2-38 纳日贡玛铜钼矿床地质图

1—现代冰碛、冲积、坡积；2~9—下二叠统中基性火山岩组；2—泥质灰岩夹泥质粉砂岩；3—黄铁矿化青磐岩化安山岩；4—安山玢岩；5—黄铁矿化青磐岩化玄武岩；6—青磐岩化玄武岩；7—角岩化玄武岩；8—矽卡岩化玄武岩；9—玄武质集块凝灰岩；10—高岭土化浅色细粒花岗斑岩；11—浅色细粒花岗斑岩；12—硅化绢云母化黑云母花岗斑岩；13—硅化高岭土化黑云母花岗斑岩；14—黑云母花岗斑岩；15—花岗闪长斑岩；16—石英闪长玢岩；17—细晶岩；18—闪长玢岩；19—黑云长英角岩；20—角闪斜长角岩；21—钼矿体及编号；22—铜矿体及编号

钨、银、金等。

围岩蚀变：含矿岩体及其围岩热液蚀变强烈。岩体的围岩（玄武岩或安山岩）蚀变类型有青磐岩化、角岩化、黄铁矿化、矽卡岩化，局部有电气石化；斑岩体内的蚀变类型有高岭土化、石英绢云母化、硅化、黄铁矿化局部有钾化。

4. 成矿机理分析

斯特朗（1988）认为，花岗岩类或斑岩型金属矿床的形成作用主要取决于岩浆的起源、水含量和侵位的深度。一般来讲，斑岩型金属矿床多与 I 型黑云母或角闪石花岗岩类

浅成侵入岩体有关，是深位岩浆结晶分异的产物。相比之下，花岗岩类金属矿床（如部分钨、锡和钼矿床）多与S型白云母花岗岩有关，它们是地壳物质深熔作用的产物。在岩浆分异演化过程中，金属元素的富集与分散除了取决于元素自身地球化学行为外，也同岩浆结晶分异时的物理化学条件有关。就铜来讲，由于其在岩浆活动中很难参与硅酸盐矿物的结晶，那么它将滞留在残余熔体中，并且发生初步富集作用。

什多龙铅锌（银）矿床

1. 大地构造背景

矿床产于柴达木陆块与都兰—鄂拉山三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔结合处，晚古生代陆缘沉积盆地，华力西—印支叠加构造—岩浆活动强烈。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：古元古界和石炭系构成矿区北部背斜（轴向北东东）和南部向斜构造（轴向近东西）。受断层的破坏，岩体的侵吞，褶皱形态不甚完整。断裂构造以东西向为主，且多条平行产出，规模较大，是成矿前构造，北西向近南北向断裂规模小，错断地层和矿体。有大面积出露的印支期花岗闪长岩（ γ_8 ），属柯柯赛岩体的一部分，花岗闪长斑岩和花岗斑岩岩株（或岩枝）也比较发育，属造山带重熔型花岗岩。在花岗岩类岩石中，造矿元素Cu、Pb、Zn普遍均有，但以花岗闪长岩含量较高，Cu、Pb、Zn含量分别为0.0027%、0.0046%、0.01%，因而推测花岗闪长岩为矿区成矿母岩（周显强等，1996）。

赋矿岩石特征：

成岩成矿时代：周显强等（1996）所作的围岩铅和矿石铅模式等时线年龄图获得结果分别为 $(360 \pm 50) \times 10^6$ 年和 $(210 \pm 25) \times 10^6$ 年，成矿时代为印支—燕山期。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：位于花岗闪长岩与古元古界金水口群（Pt_{1jn}）黑云片麻岩、黑云斜长片麻岩夹石英岩及大理岩透镜体及下石炭统（C₁）硅质大理岩层、中部灰白色厚层状粗晶条带状大理岩之间的内外接触带。

矿体特征：矿区有七个矿带，其中II、III、IV矿带规模较大。II矿带产于花岗闪长岩与石炭系大理岩接触带的矽卡岩中，矿体呈似层状、脉状，长400 m，厚7.34 m，最大延深30 m，含Pb 0.06% ~1.49%，平均0.62%；Zn 1.13% ~6.39%，平均3.33%；Cu 0.01% ~0.28%，平均0.14%；III矿带产于花岗闪长岩体附近的矽卡岩中，矿体呈透镜状，长350 m，厚31.81 m，最大延深85 m，含Pb 0.09% ~5.41%，平均0.56%，Zn 1.13% ~6.57%，平均3.62%；IV矿带产于稍远离花岗斑岩接触带的矽卡岩中，由11个小矿体组成，矿体呈似层状、透镜状、脉状，单个矿体长50 ~350 m，厚0.92 ~16.02 m（其中IV₈矿体规模最大，长350 m，平均厚10.38 m）。含Pb 0.15% ~5.28%，平均1.82%，Zn 0.17% ~6.89%，平均3.38%。

矿石结构构造：具他形—半自形粒状结构、充填结构、交代结构、叶片结构及网状结构、压碎结构等，浸染状、块状构造。

主要矿物成分：矿石的金属矿物有闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、白铁矿、胶黄铁矿、毒砂、赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿、黄（黝）锡矿等；脉石矿物有透辉石、阳起石、水黑云母、石榴子石、绿泥石、方解石、石英、绿帘石等。矿石有益组分为

铅、锌，伴生有银。

围岩蚀变：主要有矽卡岩化，分布在花岗闪长岩与石炭系大理岩的接触带，其矿物组合以透辉石（或次透辉石）为主，次为透闪石、阳起石、石榴子石、绿帘石、硅灰石等。矽卡岩中又叠加有硅化、方解石化、绿泥石化、绿帘石化、白云母化。

4. 成矿机理分析

矿区铅同位素组成较单一，主要属正常铅。周显强等（1996）所作的围岩铅和矿石铅模式等时线年龄图获得结果分别为 $(360 \pm 50) \times 10^6$ 年和 $(210 \pm 25) \times 10^6$ 年，围岩为石炭纪，成矿时代为印支—燕山期。从围岩铅和矿石铅的同位素组成、模式年龄及其演化环境的情况来看，两者可能属同源，或者说矿物质来自围岩。矿区两个铅锌矿石方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 分别为 -2.5‰ 和 -2.7‰ ，显示其具海水或海相碳酸盐岩中的碳同位素组成特征。

总体上看，含矿的花岗闪长岩体在有利的构造部位就位后，与其接触的碳酸盐发生广泛的接触交代作用，形成矽卡岩并伴有多金属矿石的沉淀。为产于印支—燕山期重熔型花岗闪长岩体与大理岩接触带的岩浆期后热液交代成因的矽卡岩型矿床。

白石崖铁矿床

1. 大地构造背景

矿床位于东昆仑北坡岩浆弧带与柴达木陆块的接合部位，华里西—印支期构造—岩浆活动强烈的地段。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区位于石灰窑—白石崖向斜之北东翼，岩层走向 $300^\circ \sim 320^\circ$ ，倾向 NE，倾角 $55^\circ \sim 70^\circ$ 。断裂构造发育，有南北—北北东向和北西西、北东向三组。前者形成早，是矿区的控矿断裂；后两组形成较晚并破坏矿体，是成矿后断裂。侵入岩非常发育，主要有华里西—印支期花岗闪长斑岩、花岗闪长岩、钾长花岗斑岩、黑云母花岗岩、细粒闪长岩，多呈岩株状产出；次火山侵入岩有晚三叠世的英安斑岩。此外花岗闪长岩脉、花岗闪长斑岩脉等也有分布。

赋矿岩石特征：为花岗闪长岩体与大理岩接触带的岩浆期后热液交代成因的矽卡岩。

成岩成矿时代：矿体赋存于花岗闪长岩与下石炭统大理岩接触带的矽卡岩中，其成矿时代为晚古生代。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：矿区出露的地层主要为下石炭统沉积岩，自下而上有：①厚层状质纯大理岩；②泥砂岩为主夹石英砂岩，中下部局部夹大理岩透镜体；③大理岩、结晶灰岩、灰岩偶夹砂岩；④含碳泥质粉砂岩、泥钙质砂岩为主，夹石英砂岩，局部地段相变为砂岩、灰岩；⑤大理岩夹灰黑色不纯大理岩条带和燧石团块。局部分布有上三叠统鄂拉山组（ T_3e ）英安岩、流纹质英安岩等陆相火山岩。

矿体特征：区内共发现 11 个矿致异常，共圈定 56 个矿体。矿体呈脉状、透镜状、扁豆状、似层状产出，空间上多呈雁行式排列。矿体走向长 100 ~ 308 m，倾斜延伸 50 ~ 210 m，厚度 3.00 ~ 8.12 m，品位（TFe）28.43% ~ 55.16%。矿体走向 $225^\circ \sim 330^\circ$ ，倾向 NW—NE，倾角 $41^\circ \sim 87^\circ$ ，其产状主要受接触带及断裂带控制。除铁矿体之外，区内还发现有较小规模的铜、铅、锌矿化体，具有综合利用价值。

矿石结构构造：具细粗粒结构、放射状结构、固溶体分解结构，浸染状、网脉状、块

状、条带状、豆状、角砾状构造。

主要矿物成分：主要金属矿物为磁铁矿，其次有镜铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿及少量毒砂；脉石矿物主要有黑柱石、石榴子石、透辉石、阳起石、绿泥石、透闪石、石英、方解石等。以富铁矿为主， $\text{TFe}51.18\% \sim 55.16\%$ 的富矿，占储量的 54.75% ； $\text{TFe}28.43\% \sim 35.25\%$ 的贫矿，占储量 45.25% 。个别地段可综合利用铅、锌。

围岩蚀变：花岗闪长岩等中酸性侵入岩岩株与下石炭统大理岩的接触带，矽卡岩发育，多为石榴子石透辉石矽卡岩；其他蚀变有透闪石化、绿泥石化、碳酸盐化、电气石化等。

4. 成矿机理分析

矿床位于都兰—鄂拉山古陆块西北缘，晚古生代陆缘沉积盆地发育，华里西—印支期岩浆活动强烈，花岗闪长岩侵入下石炭统大理岩中，产生了较广泛的接触交代作用。多期岩浆活动构成多期成矿演化，此外，后期的多次构造运动造成矿体构造复杂，形成了与中酸性岩有关的矽卡岩矿床。

双朋喜铜（金）矿床

1. 大地构造位置及成矿地质环境

矿床位于共和三叠纪残余盆地，陆缘活动沉积盆地北东缘，为华力西造山期后的叠加构造—岩浆活动成矿地质环境。

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿区为一平缓背斜，其核部为下二叠统布青山组，该背斜纵贯全矿区，背斜轴走向北西，北东翼及核部大部分为花岗闪长岩所占据，西南翼为下二叠统布青山组上部和下三叠统组成。断裂构造发育，主要有北西向和北西西向两组，其中北西向断裂，规模大，形成时间早，构成北西向断裂组，为控岩（侵入岩）、控矿断裂；北西西向断裂规模较小，形成时间较晚，穿插北西向断裂、岩体和矿体。矿区侵入岩主要为鄂都西—红旗卡复式岩体中的主体—花岗闪长岩体。其次有花岗斑岩脉、闪长玢岩脉、煌斑岩脉等。

赋矿岩石特征：华力西期—印支期花岗闪长岩与下二叠统大理岩接触带的矽卡岩。

成岩成矿时代：矿体赋存于华力西期—印支期花岗闪长岩与下二叠统大理岩接触带的矽卡岩中，其成矿时代为华力西期—印支期。

3. 矿床地质特征

矿体赋存部位：下二叠统布青山组上岩段（ P_1bq^2 ），自下而上为：①灰黑色粉砂岩、细砂岩；②灰白色大理岩，夹有多层薄层状灰黑色粉砂岩、细砂岩；③灰黑色细砂岩、粉砂岩，夹薄层状大理岩透镜体；④灰白色大理岩，夹薄层状粉砂岩细砂岩；⑤灰白色钙质石英砂岩，局部为砂砾岩；⑥白色钙质砂砾岩。下三叠统隆务河群下岩组（ T_1ln^1 ），岩性为具微细层理的灰黑色粉砂岩、细砂岩与灰黄色泥钙质板岩及硅质条带板岩构成清晰的韵律层，局部偶夹大理岩透镜体。分布在矿区的南部。

矿体特征：矿体赋存于花岗闪长岩南西接触带的矽卡岩中，已圈出矿体数十个，矿体形态以扁豆状、脉状为主，少数为鞍状。矿体长一般 50 m ，少数 $150 \sim 400\text{ m}$ ，平均厚 $0.36 \sim 9.45\text{ m}$ 。矿体产状与矽卡岩中的残留层理及接触带产状一致。接触带中，以犬牙交错的接触带的矽卡岩，矿体最发育；矿体的主要含矿围岩是晚期含水矽卡岩（图2-39）。

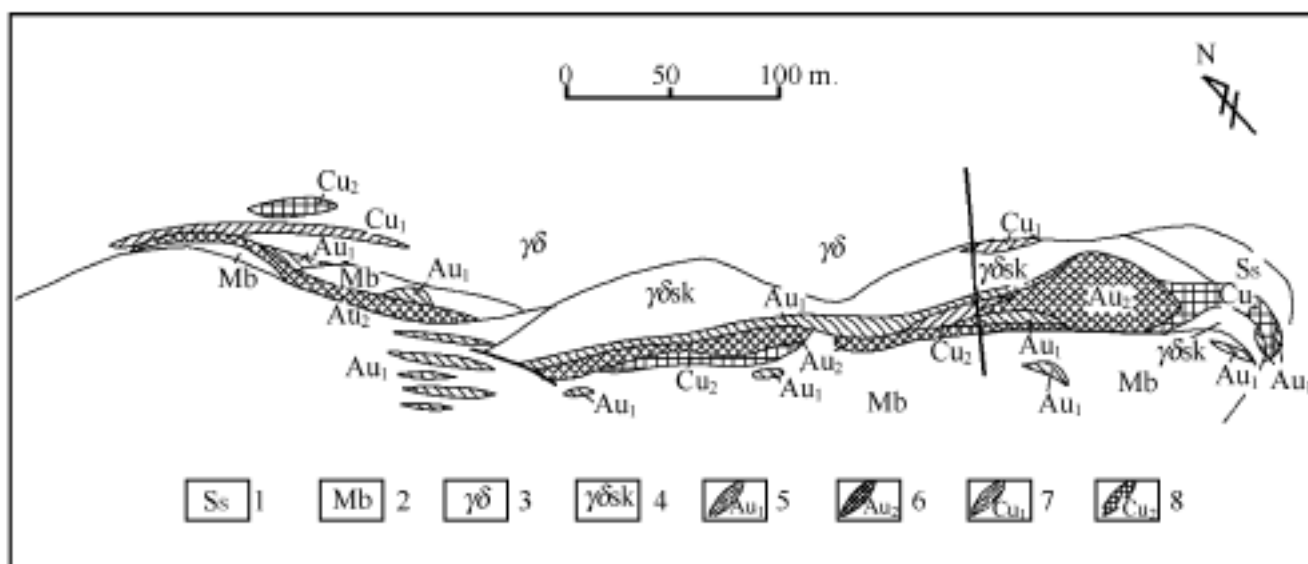


图 2-39 双朋喜铜（金）矿区地质略图

1—砂岩；2—大理岩；3—花岗闪长岩；4—矽卡岩；5—金矿化体；6—金矿体；
7—铜矿化体；8—铜矿体

矿石结构构造：原生矿石具自形一半自形粒状结构、填隙结构为主，其次有乳浊状熔蚀结构，交代结构；浸染状构造为主，其次为团块状、斑点状构造，少见脉状构造。

围岩蚀变：与花岗闪长岩体及中酸性脉岩接触的下二叠统、下三叠统大理岩或钙质板岩，矽卡岩化普遍，以花岗闪长岩体西南、断裂发育的接触带，矽卡岩化最为强烈。岩体岩脉接触带及其附近的砂岩、板岩中发生不同程度的角岩化。岩体、岩脉的附近接触带或断裂发育部位，有较强烈的碳酸盐化、绿泥石化及高岭土化。矽卡岩有由石榴子石、透辉石、符山石组成的早期矽卡岩和由阳起石、钾长石、绿帘石、石英组成的晚期矽卡岩。

4. 成矿机理分析

浅海相环境，沉积形成了下二叠统、下三叠统大理岩、灰岩、石英砂岩、泥钙质砂岩、粉砂岩。华力西晚期—印支早期造山活动导致中酸性岩浆侵入，并通过接触交代作用使成矿物质富集沉淀，形成矽卡岩型矿床。

海寺铁（钴金）矿床

1. 大地构造背景

处于柴达木地块与都兰—鄂拉山二叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔结合处，

2. 产出地质环境

主要控矿构造与岩浆岩：矿体产于下石炭统于大理岩、泥硅质灰岩之中，区域构造线呈北西西向，岩层走向 $300^{\circ} \sim 320^{\circ}$ ，倾向 NE，倾角 $55^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，断裂构造发育，近南北向、北北东断裂是主控矿构造，北西西向、北东向断裂对矿体具有破坏作用。

赋矿岩石特征：矿体均赋存于华力西晚期中酸性侵入岩体与下石炭统大理岩矽卡岩中。

成岩成矿时代：矿体产于华力西晚期中酸性侵入岩体与下石炭统大理岩接触带及其附近，成矿作用发生于晚古生代。

3. 矿床地质基本特征

矿体赋存部位：华力西晚期中酸性侵入岩体与下石炭统大理岩接触带及其附近，是华力

西晚期造山活动的产物,成矿母岩为花岗闪长岩体,呈小岩株状产出,其岩性为花岗闪长岩、石英闪长岩;此外,次火山岩、英安斑岩、流纹英安岩、英安岩及脉岩都很发育,也有矿体产在印支早期次火山岩体与泥硅质灰岩接触带及其附近,是印支期造山活动的产物。

矿体特征:区内有2个矿带,共圈出8个矿体。矿体呈脉状、透镜状、扁豆状、似层状产出。矿体走向长30~180 m,倾斜延伸50~300 m,厚度0.84~49.73 m,品位(TFe)14.03%~68.88%。矿体走向285°~330°,倾向NE,倾角41°~87°,其产状主要受接触带及断裂带控制。除铁矿体之外,区内还发现有铜、铅、锌、金、钴、锡、锰等矿化,具有综合利用价值。

矿石结构构造:矿石具他形一半自形粒状结构,浸染状、条带状、块状、脉状、网脉状、团块状、胶结角砾状等构造。

主要矿物成分:矿石矿物有磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等,脉石矿物有石榴子石、透辉石、阳起石、绿泥石、绿帘石、透闪石、石英、方解石等。

围岩蚀变:矽卡岩化、碳酸盐化、绿帘石化、绿泥石化、硅化、绢云母化、角岩化。其中铁矿化与矽卡岩化、绿帘石化关系密切,多金属矿化与碳酸盐化、硅化有关。

4. 成矿机理分析

华力西晚期—印支早期造山活动导致中酸性岩浆侵入、喷发,并通过接触交代作用使成矿物质富集沉淀,形成矽卡岩型铁多金属矿床。

第三章 金属区域成矿规律

区域成矿规律总结，将从已掌握的区域地质矿产资料出发，通过对基础地质矿产资料的研究，特别是对成矿地质条件的深入分析，总结出青海省成矿规律性的认识，以便更好地指导找矿。本章将从金属矿产时空分布规律、区域岩石建造对矿床形成的控制作用、区域构造对矿床形成的控制作用、动力学演化对矿床形成的控制作用、各重要成矿区带金属矿产成矿模式等多方面进行探讨。

第一节 金属矿产的时空分布规律

一、金属矿产的时间分布特征

1. 黑色金属

青海省黑色金属从古元古代到新生代均有显示。其中铁矿从古元古代到新生代均有显示，但主要成矿作用集中在中元古代、早古生代，中元古代形成沉积变质铁矿，早古生代形成海相火山型铁矿；锰矿工作程度较低，从目前的发现而言主要集中于寒武纪、晚奥陶世、二叠纪三个时段，其与火山作用关系比较明显；铬矿成矿作用集中于早古生代，与岩浆分异作用有关。

2. 有色金属

青海省有色金属从早古生代到新生代均有显示。其中铜矿集中于奥陶纪、二叠纪，与火山活动比较密切；铅锌矿集中于奥陶纪、石炭纪、前寒武纪，其成矿作用以喷流-沉积型、矽卡岩型为主；钴矿是目前新发现的矿产，赋矿时代集中于奥陶纪、石炭纪、三叠纪，成矿作用主要为喷流-沉积型；钼矿成矿期为喜马拉雅期，成矿作用为斑岩型；镍矿的成矿时代为中-新元古代、早古生代，成矿作用主要为岩浆熔离-贯入和渗滤交代型；钨、锡矿的成矿时代集中于加里东期、华力西期；成矿作用主要为接触交代型、热液型；汞、锑矿主要集中于三叠系、二叠系，成矿作用主要为渗滤交代型、接触交代型。

3. 贵金属

青海省金矿赋矿从新元古代到中生代均有显示，成矿时代集中于新元古代、奥陶纪，成矿作用主要为构造蚀变岩型、喷流-沉积改造型、石英脉型；银多为伴生矿床，从新元古代到早中生代均有分布，成矿时代集中于晚古生代，与火山活动比较密切。

二、金属矿产的空间分布特征

1. 黑色金属

铁、锰、铬等黑色金属矿床在全省各地均有分布，其主要集中在北祁连、中祁连、拉脊山、柴北缘、欧龙布鲁克山、东昆仑、唐古拉山北坡及小唐古拉山地区。

(1) 北祁连早古生代结合带：北祁连铁、锰、铬等黑色金属矿床均有，主要分布在走廊南山、托莱山等地，铁、锰矿多产于早古生代（中寒武世、早奥陶世）海相火山沉积岩系中，是喷流-沉积的产物（如小沙龙、大沙龙等铁矿床），其矿石品位低、 SiO_2 含量高，属难选矿石，可与甘肃省桦树沟铁矿相类比；铬铁矿则与基性—超基性岩相伴生（如三岔、玉石沟、酸刺沟、百经寺等铬铁矿床），为岩浆分异型矿床。

(2) 中祁连早古生代岛弧隆起带：仅有铁矿床分布（如克素尔铁矿床等），产于古元古界变质岩系中，是古元古界含铁岩系风化淋滤形成的风化淋滤型铁矿床。

(3) 拉脊山陆间裂谷带：发现有铁矿床（如元石山铁钴镍矿床等）和铬铁矿点，铁矿床是由加里东期基性—超基性岩体、早古生代中基性火山岩渗滤交代形成的铁多金属矿床；铬铁矿则与基性—超基性岩侵位活动有关，形成岩浆分异型矿床。

(4) 欧龙布鲁克微陆块：铁矿点分布较多，主要产于华力西期花岗岩、花岗闪长岩与古元古界、石炭系、二叠系接触带，以接触交代型铁矿床为主。

(5) 柴北缘奥陶纪消减带：在赛什腾山—绿梁山一带发现有与基性—超基性岩侵位活动有关的铬铁矿点（如大柴旦绿梁山铬铁矿等），属岩浆分异型矿床。

(6) 东昆仑地区：东昆仑是全省重要的铁多金属成矿带。东段（都兰—鄂拉山基地隆起带、东昆仑北坡岩浆岛弧带）以矽卡岩型铁多金属矿床为主，多产在中酸性侵入岩体接触带的矽卡岩中（如白石崖、海寺等铁矿床），为矽卡岩型铁多金属矿床；西段（祁漫塔格早古生代弧后盆地）则以喷流（气）-沉积型铁多金属矿床为主（如肯德可克、尕斯库勒等铁多金属矿床），产于早古生代火山沉积岩系中。

(7) 唐古拉山北坡（开心岭—杂多岛弧隆起带）：发现有多处铁多金属矿床（如赵卡隆、阿夷则马赛、冶金山、车拉涌、开心岭等铁多金属矿床），主要分布在晚古生代—早中生代火山沉积岩系中，与火山喷流沉积活动关系密切。已发现有晚古生代海相火山-沉积建造中的冶金山、车拉涌、开心岭等铁多金属矿床，早中生代（晚三叠世）火山-喷气建造中的赵卡隆铁多金属矿床和沉积-喷流建造中的阿夷则马赛铁铜多金属矿。

(8) 小唐古拉山弧前盆地：已发现有多处铁多金属矿床（如小唐古拉山等铁多金属矿床），产于中侏罗统火山-沉积岩中，属喷流-沉积型铁多金属矿床。

2. 有色金属

青海省有色金属矿主要分布于北祁连、柴北缘、东昆仑、鄂拉山、阿尼玛卿山和三江北延等地。

(1) 北祁连走廊南山，寒武纪裂谷环境，分布有与火山岩有关的块状硫化物矿床，如郭米寺铅锌矿；北祁连早奥陶世裂谷加宽，大坂山分布有与火山喷流（气）沉积作用有关的矿床，如红沟铜矿床，北祁连晚奥陶世裂谷扩张的加强，分布有与火山喷流（气）沉积作用有关的矿床，如银灿铜锌矿。

(2) 加里东造山期，由于中酸性岩的侵入，南祁连形成岩浆热液型钨钼矿床。

(3) 柴北缘赛什腾山—绿梁山早古生代陆内裂谷作用，形成沉积-喷流型矿产，如锡铁山铅锌多金属矿床。

(4) 东昆仑西段（祁漫塔格），早古生代弧后盆地扩张期间，海相火山喷发（溢）沉积活动强烈，形成喷流-沉积型钴、铋、铅、锌矿床，如肯德可克。华力西期、印支期中酸性侵入活动强烈，形成一系列矽卡岩型和岩浆热液脉型铜、铅、锌矿床。东昆仑东段

(都兰地区) 中元古界基底隆起、同生断裂活动的沉积盆地、印支期中酸性侵入岩发育, 形成沉积-喷流型、矽卡岩型、岩浆热液型铜、铅、锌、钴矿, 如督冷沟铜钴矿、沙柳河铅锌矿等。

(5) 鄂拉山地区, 晚古生代期间, 有同生断裂活动的沉积盆地发育, 印支期中酸性侵入活动强烈, 形成一系列沉积-喷流型、矽卡岩型铜、铅、锌矿床, 如什多龙铅锌矿、日龙沟-铜峪沟-赛什塘铜矿。

(6) 共和-同仁地区, 早-中三叠世, 局部有陆缘海相火山活动、同生断裂活动, 形成陆相火山岩型矿床, 如老藏沟银、锌、铅矿床; 矽卡岩型铜金矿床, 如双朋喜铜金矿、谢坑铜金矿; 喷流(气) 沉积型铜多金属矿床, 如恰冬铜矿床、哇家银铅锌矿床等。

(7) 阿尼玛卿山, 在裂谷扩张的海底, 超镁铁质岩堆积, 形成岩浆分异型含铬铁矿矿床和岩浆熔离型铜、钴矿床, 如德尔尼铜钴矿。

(8) 三江北延地区: 治多-玉树早中生代火山活动强烈, 火山喷流沉积岩(硅质岩等) 发育, 已发现的尕龙格玛多金属矿床、拉迪欧玛铜矿点、征毛涌铁矿点属 SEDEX 矿床; 三叠纪火山喷发沉积岩发育, 有赵卡隆含铜铅银菱铁矿。

沱沱河-杂多地区, 早二叠世裂隙式海相喷发活动, 形成与玄武岩有关的自然铜矿床, 喜马拉雅期的火山喷发(溢) 活动、中酸性岩浆侵入活动强烈, 有斑岩型-矽卡岩型矿的产出(如纳日贡玛铜钼矿)。

西金乌兰-风火山沉积盆地属陆相准稳定型沉积盆地, 白垩系陆相沉积岩发育, 分布有砂岩型铜矿, 如风火山铜矿床。

3. 贵金属

青海省岩金矿主要分布于东昆仑、柴北缘、北祁连、拉脊山和阿尼玛卿山。

(1) 北祁连走廊南山, 寒武纪-奥陶纪裂谷环境, 海相火山活动强烈, 加之后期的断裂活动形成与中基性火山岩有关的构造蚀变岩型金矿, 如铜厂沟金矿、红土沟金矿、松树南沟金矿。

(2) 柴北缘分布有与中元古界构造蚀变岩有关的金矿。

(3) 东昆仑西部(祁漫塔格), 早古生代弧后盆地扩张期间, 海相火山喷发(溢) 沉积活动强烈, 形成沉积-喷流改造型金矿床, 如肯德可克金矿; 东昆仑东部(都兰地区) 中元古界基底隆起、后期断裂活动发育, 分布有与构造蚀变岩有关的金矿, 如五龙沟金矿。

(4) 共和-同仁, 板内造山作用, 表现为较强的中酸性岩浆侵入活动和晚三叠世的陆相火山喷发活动, 中酸性岩体发育带附近常有矽卡岩型金矿产出, 如夺确壳金砷银矿床。

(5) 可可西里-巴颜喀拉山早中生代弧后盆地, 三叠系浊积岩中含金较高, 具有原生金矿床的成矿地质条件, 形成与浊积岩有关的金矿, 如大场大型金矿床。

此外, 金矿多与有色金属矿共(伴) 生产出, 尤以北祁连、阿尼玛卿成矿带突出。

第二节 区域构造环境对金属矿产的控制

大地构造学是地质学的一个重要组成部分, 它的主要研究对象是地球的岩石圈, 特别是地壳组成、地壳构造、地壳运动和地壳发展, 并进一步阐明它们的规律和成因。19 世

纪以来，随着科学技术的发展和进步，地质学家提出了不少大地构造学说（假说），曾经产生较大影响的是槽台学说，而现在盛行的、为大多数地质学家所接受的是板块构造学说（李春昱，1980；金性春等，1988；王鸿祯，1995）。

地质作用的驱动力是产生地壳运动的根本原因，包括驱动力的来源和机制。任何一种大地构造学说都必须回答地质作用的动力来源和机制等基本问题。

地质作用分内力地质作用和外力地质作用两种。内力地质作用是由地球转动能、重力能和放射性元素蜕变的热能产生的地质动力所引起的地质作用。它们主要是在地壳中或地幔中进行的，故称为内力地质作用。其表现方式有地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震等各种地质作用，为形成各种类型矿床提供有利的地质环境。

对地质作用的动力学机制的认识，一直存在分歧。地质作用主要动力来源究竟是什么？它又是如何作用的？

板块运动的动力学机制，目前一般都归因于地幔对流（李春昱，1980；金性春，1988；王鸿祯，1995；杨森楠等，1985）。地幔对流是由温度差或密度差引起的。热的地幔物质上升，冷的物质下沉，连接起来成为一个对流环。软流圈—岩石圈（硅铝层除外）的浅地幔对流模型兴起于20世纪60年代末、70年代初。对流环的下半部为软流圈，上半部为岩石圈。这一模式不但解释了大陆漂移，而且合理地解释了以洋脊为轴两侧对称的种种图案。

到目前为止，地幔对流还不能很好地解释许多板块—地幔系统的基本问题，一个是板块运动的机制，另一个是不同地方喷出的岩浆的组分有变化，这与地幔中存在地幔物质对流的现象有矛盾，进而提出了地幔柱概念。

地幔柱概念的提出与板块学说的形成和发展是密不可分的，同时也是地幔对流观点发展的必然产物。30多年来，这一概念得到了极大的发展，在固体地球科学、岩石圈深部过程和壳—幔—核相互作用中占着极为重要的地位。同时，对板块学说的发展和完善起了重要的补充作用。地幔热柱与地幔冷柱的形成与演化不仅是地球物质运动的重要形式，同时也是地壳运动的主要驱动力。

在对成矿控制方面，在20世纪80年代初期，人们进一步注意到地幔热柱—热点与大陆内部、板块边界等张性环境形成的矿床的内在成因联系。在系统论述大陆热点、裂谷和拗拉谷中形成矿床的同时，还从地幔热柱—热点—夭折裂谷—裂谷—大洋扩张—俯冲—碰撞造山发展演化或旋回的角度论述了矿床与全球构造。从离散—汇聚（碰撞）板块边界环境角度论述了金属矿床与板块构造，同样强调了离散型板块边界环境（热点、非造山岩浆活动、大陆裂谷、洋脊）与地幔热柱—热点之张性环境的内在成因联系。因此，地幔热柱在成矿控制上不仅与地球演化各阶段大陆内部热点、三联点夭折裂谷、裂谷环境矿床有关，而且也与洋脊、亲弧裂谷等显生宙离散型板块边界环境矿床有关，即地幔热柱对各种张性环境及其成矿作用均具有重要控制作用。而且，在全球构造演化上，地幔热柱又控制或决定了热点—夭折裂谷—裂谷—大洋扩张—俯冲—碰撞造山威尔逊旋回的发生、发展和演化。然而，由于地幔热柱—热点假说是由板块构造理论的创始人和拥护者提出和发展而来的，在板块构造学说一统天下的年代里，地幔热柱—热点只是作为一个必要的补充和参照系而服务于板块学说。认为热点活动仅仅是板块活动大家庭中的一个成员。因此，热点之下地幔热柱作为板块运动本身驱动力的重要意义，未能引起应有的重视。

幔柱构造成矿体系可概括为全球各地质历史时期幔柱构造成矿地质作用及其时空发展演化与产物的系统综合整体，可划分出两个截然不同而又并存的热幔柱构造成矿体系（引张拉伸型构造成矿体系）和冷幔柱构造成矿体系（挤压造山型构造成矿体系）。热幔柱构造成矿体系又包括地球演化不同阶段地幔热柱-热点、地幔热柱-大陆裂谷、地幔热柱-大洋扩张等一系列次级成矿系统以及各种金属、非金属矿床，构成全球各地质历史时期成矿主体。冷幔柱构造成矿包括地球演化不同阶段冷幔柱陆内硅铝壳造山、冷幔柱-陆间硅镁洋壳造山的不同类型金属矿床（侯增谦等，1998）。

青海省黑色、有色、贵金属矿产是在复杂、漫长的构造演化史中形成的。本书以地壳运动的驱动力为主线，从大陆壳幔多层圈相互作用过程中物质和能量迁移交换的角度去探讨成矿作用机制，用壳幔系统演化过程所控制的成矿地质环境的时空演化规律来阐明成矿时空规律，探讨不同构造环境中的成矿作用。

一、地幔热柱-热点成矿体系

地幔热柱-热点成矿体系是指地幔局部受热、膨胀，产生地幔热柱上涌，导致大洋扩张，大陆伸展、裂陷或产生裂谷，并伴有地幔岩浆活动和成矿作用过程及其所形成产物的系统整体，包括大陆裂谷成矿系统、亲弧裂谷成矿系统、大洋扩张成矿系统。

1. 大陆裂谷成矿系统

大陆裂谷成矿系统是指地幔热柱-大陆裂谷构造成矿地质作用过程及其地质产物所构成的有机整体。它是热幔柱构造成矿体系，甚至整个幔柱构造成矿体系的主体，是由地幔热柱-热点成矿系统低级阶段发展演化到高级阶段的具体体现。

大陆裂谷成矿系统包括三联点、夭折、拗拉堑等各种大陆裂谷成矿，如柴北缘、拉脊山两个新元古代—早古生代裂谷带，都是塔柴板块的陆缘或陆间裂谷带。裂谷带发生、发展过程中，有从古陆裂解出来的古元古界变质岩“微地体”，嵌布于裂谷边缘，“微地体”中具基底隆起带的成矿作用特征。裂谷初期，沉积有中—新元古代碎屑岩、碳酸盐岩；早古生代期间发生强烈的火山喷发沉积活动，伴有基性—超基性岩体侵位。形成与火山岩有关的矿床成矿系列（如火山岩容矿的块状硫化物矿床）、与侵入岩有关的矿床成矿系列、与大陆裂谷内热点洋岛型蛇绿岩有关的矿床成矿系列。

2. 亲弧裂谷成矿系统

亲弧裂谷的演化分三个阶段，早期裂谷化—花岗岩化阶段地幔热柱上升往往导致岩石圈以花岗岩化的方式被大规模的“吞食”减薄，以花岗岩为主的岩浆活动；随着地幔亚热柱活动的不断加强，地幔热物质逐渐向上侵位，而当其上升力与重力、阻力之和达到平衡状态时，地幔物质便会向外围拆离滑脱下去。而这些拆离地幔软片一旦受到上部韧性剪切带的挠动，也会沿韧性剪切带发生岩浆活动，形成一些基性岩浆的侵入和喷发。强烈的岩浆活动必然同熔一些壳源物质，形成地幔型-幔壳型-壳源重熔型岩浆岩。拉张型过渡壳的地球动力环境为拉张体制，地壳演化趋势是地壳减薄，渗透性增加，上地幔物质愈来愈多地参与壳幔相互作用，地壳成熟度降低。中期裂谷化—洋盆—洋岛阶段地幔热柱持续上升，导致岩石圈进一步地大规模急剧减薄而逐步发育成硅铝层陆壳裂谷—硅镁层洋壳裂谷，双峰式火山岩和火山岩型块状硫化物矿床；晚期裂谷闭合—引张阶段地幔热柱活动停止或间隙作用，导致裂谷闭合挤压造山及其随后的局部引张。

青海省域内古特提斯洋扩张俯冲作用，在塔柴板块和华南板块边缘，分别发生裂谷活动，在晚古生代—早中生代形成宗务隆山裂谷带、布青山—阿尼玛卿裂谷带、西金乌兰—玉树裂谷带。西金乌兰—玉树裂谷带比布青山—阿尼玛卿裂谷带和宗务隆山裂谷带活动时间长，成矿作用复杂。裂谷活动始于石炭纪—二叠纪，有强烈的中基性火山喷发沉积活动，早三叠世—中三叠世，裂谷活动趋缓，晚三叠世，裂谷活动又一次加剧，再次发生强烈的火山喷发沉积活动，有大量的玄武岩、安山岩及中酸性熔岩、凝灰（或角砾）熔岩、砂板岩夹硅质岩、碳酸盐岩等火山沉积岩。因弧后扩张导致二叠纪玄武岩喷溢和晚古生代基性—超基性岩侵入，形成黑矿型块状硫化物矿床、斑岩铜矿床、与玄武岩喷溢有关的有色金属矿产。晚三叠世早期陆缘弧上（弧后）裂谷盆地的形成，不仅是火山弧发展中一个重要转折，更重要的是火山活动导致海底喷流热液活动系统，在火山—沉积盆地的次级洼地中，形成半封闭—封闭条件下的“卤水池”，以沉积作用为主的方式形成（火山）喷流—沉积型矿床，这些盆地已成为三江地区中生代的重要成矿盆地。矿体具多层，为层状矿体，每一层状矿体都是由“黄矿”和“黑矿”多个韵律呈交互式组成，具粒序结构、韵律结构，层纹状构造、层带状构造等沉积作用的结构构造；含矿岩系下伏有玄武岩，为裂谷盆地中的火山喷流—沉积型矿床。

3. 大洋扩张成矿系统

大洋扩张成矿系统是指地幔热柱—大洋扩张成矿地质作用过程及其地质产物所构成的有机整体，也是热幔柱构造成矿体系在岩石圈上部成矿时空发展演化的晚期特殊表现形式和末端端员组成。它是热幔柱构造成矿体系由地幔热柱—大陆裂谷成矿系统或阶段发展演化到更高级成矿系统或阶段的具体表现。这一成矿系统发育于显生宙，主要表现为大洋扩张的离散板块边界成矿作用及其时空演化产物。

省内板块构造演化过程中北祁连和东昆仑南坡新元古代—早古生代洋壳沉积盆地，是祁连洋和昆仑洋扩张活动的产物。随着祁连洋向南俯冲与塔柴板块碰撞，形成加里东造山带，昆仑洋向北俯冲与塔柴板块碰撞，形成加里东造山带。

祁连洋和昆仑洋扩张活动时期，洋壳盆地中发生强烈的火山喷发（溢）沉积活动，次火山侵入活动，并有超镁铁质上地幔岩侵位其中，形成火山喷流（气）沉积成矿系统、洋隆块状硫化物、洋脊玄武岩中的贵金属、超基性岩中的豆荚状铁矿、基性和超基性岩中的镍铁钛金铂石棉和滑石及菱镁矿床等。

二、冷幔柱构造成矿体系

冷幔柱构造成矿作用主要与大规模地幔下降流—冷幔柱引起的全球大规模造山挤压构造体系相对应，具有明显的成矿局限性。而且，在冷幔柱成矿演化过程中往往具有由冷幔柱构造作用引起的次级局部热幔柱构造成矿作用的复合与叠加。

与板块挤压作用有关的成矿类型成矿作用往往是多矿种、多成因、多类型互相叠加的矿产，大陆板块与大洋板块汇聚期，形成沟—弧—盆成矿体系和大陆边缘成矿系统，从中祁连岛弧带、东昆仑岩浆弧带、唐古拉—杂多岛弧带都有分布。可分为岛弧活动带成矿作用系列，矿床共生组合为火山岩型、斑岩型、花岗质热液型，洋壳俯冲岛弧成矿系统，斑岩铜矿床、黑矿型块状硫化物矿床、脉状矿等。

（一）岛弧或岩浆弧成矿系统

祁连洋向塔柴板块俯冲过程中，形成中祁连岛弧隆起带；昆仑洋向塔柴板块俯冲，形成东昆仑北坡岛弧隆起带，因受多期造山活动叠加，加里东、华力西、印支—燕山期中酸性侵入岩非常发育，发展成为岩浆岛弧带；南特提斯洋向华南板块的俯冲作用，形成唐古拉—杂多岛弧隆起带。三个岛弧带的发生和发展都有明显的差别，其成矿作用也有差异。

中祁连岛弧隆起带和东昆仑南坡岩浆岛弧带的隆起岛屿，由古元古界变质岩组成，具基底隆起带的成矿作用特征，叠加改造成矿作用发育，产有层控改造型矿床和改造热液脉型矿床。

加里东造山活动，两岛弧隆起带内中酸性岩浆侵入活动强烈，形成加里东期中酸性侵入岩成矿作用，产有与热点头部顶冠富集的稀有、稀土、锡、铀等矿床。

加里东期后，中祁连岛弧隆起带和东昆仑北坡岩浆岛弧带的成矿作用有明显差异，受特提斯洋扩张活动的影响，中祁连岛弧隆起带局部地段，形成晚古生代—早中生代海陆交互相和陆相沉积盆地，盆地中同生断裂频繁活动，形成沉积喷流成矿系统，产有 SEDEX 型矿床（点）；华力西期叠加造山活动，在中祁连岛弧隆起带表现不甚强烈，只有小规模中酸性岩浆侵入活动，局部地段有晚泥盆世陆相火山喷发活动，具有形成中酸性侵入岩成矿作用和次火山岩成矿作用的成矿地质条件。

特提斯洋扩张活动也波及东昆仑北坡岛弧隆起带，局部地段发生晚石炭世—早二叠世海相喷发（溢）沉积活动，华力西、印支期的叠加造山作用，在东昆仑北坡表现特别强烈，分布有大量的中酸性岩浆侵入岩，局部有晚三叠世陆相火山岩和次火山岩，具多期次中酸性侵入岩成矿系统和晚三叠世次火山岩成矿系统。发生有岩浆作用、次火山作用。

在三江特提斯构造域，冷幔柱活动形成自俯冲造山→碰撞造山→陆内造山完整的造山过程。与之相伴，产生与弧火山作用相关的火山成因块状硫化物矿床（黑矿型），与碰撞岩浆作用有关的锡、稀有、稀土矿床，与陆内俯冲岩浆作用有关的稀有、稀土矿床以及与造山带崩塌阶段碱性岩浆活动有关的斑岩铜、钼、金、银矿床等，构成受冷幔柱动力学背景制约的成矿体系。

（二）弧后（间）盆地成矿系统

祁连洋向塔柴板块俯冲阶段，形成南祁连弧后盆地；昆仑洋向塔柴板块俯冲，产生祁漫塔格弧后裂陷盆地。特提斯洋向华南板块俯冲阶段，形成可可西里—巴颜喀拉弧后盆地和年吉错弧间盆地，它们分别是不同时代板块构造演化的产物。

1. 早古生代弧后（裂陷）盆地

早古生代塔柴板块柴达木板段南北，发育有祁漫塔格弧后裂陷盆地和南祁连弧后盆地，前者有较多基性侵入岩分布，显示裂陷作用较强烈称弧后裂陷盆地，后者未发现有基性侵入岩称为弧后盆地。

2. 早中生代弧后（间）盆地的成矿作用

早中生代，南特提斯洋向华南板块俯冲，形成可可西里—巴颜喀拉山弧后盆地和年吉错弧间盆地，两者所处构造位置不同，其成矿作用也有差别。

（1）可可西里—巴颜喀拉山弧后盆地的成矿作用：其沉积活动开始于早三叠世，并有同生断裂活动，三叠纪沉积盆地中同生断裂再次活动，具浅表与深部能量、物质交换的构

造系统，形成富含成矿物质的沉积建造，是后期叠加改造成矿作用的矿源层。

喜马拉雅期叠加造山活动，有新生代火山喷发活动，偏碱性的酸性岩浆侵入活动。次火山侵入岩比较发育。具中酸性侵入岩成矿作用、次火山岩成矿作用的成矿地质条件。

多期次构造岩浆活动叠加，三叠系碎屑岩中构造蚀变带发育，具叠加改造成矿作用。

(2) 年吉错弧间盆地的成矿作用：属活动型沉积盆地，其沉积活动开始于中三叠世，晚三叠世盆地活动性增强，发生较强烈火山喷发沉积活动，具火山喷流沉积成矿作用。

陆缘弧上（弧后）裂谷盆地中的火山岩产于碰撞后的陆内扩张环境，其成因可用岩石圈折沉作用来解释。按照 Nelson（1992）的见解，板块碰撞作用导致大陆岩石圈的缩短，并使地壳加厚，随后，由于岩石圈地幔（包括镁铁质的下地壳和洋壳，它们中的一部分已在板块俯冲过程中转变为榴辉岩）比下伏的软流圈地幔密度大而向下沉陷，致使软流圈地幔上涌，陆壳则由于张性塌陷作用减薄，使得陆壳减薄而拉伸，地幔岩石圈的减薄使得岩石圈与软流圈之间的热界面升高，扩大了总的热平衡，导致玄武岩浆的形成。

具洋壳基底的弧后盆地中，可形成火山-沉积型铜矿；经弧后萎缩形成的蛇绿混岩带，在基性—超基性岩体可产出铬铁矿。在具陆壳基底的弧后盆地中，分布有碳酸盐岩铅锌矿和复理石建造金预富集层。

（三）弧前盆地成矿系统

侏罗纪，新特提斯洋继续向华南板块扩张俯冲，在唐古拉—杂多岛弧隆起带南缘，形成唐古拉弧前盆地，盆地基底是印支期造山活动形成的华南板块南缘增生大陆。盆地内可见零星分布的石炭系—下二叠统和上三叠统火山沉积岩就是增生大陆的基底。

侏罗系沉积建造中，砾状灰岩发育表明，侏罗纪沉积盆地同生断裂活动频繁，沉积喷流成矿作用发育。

随着新特提斯洋的消亡，藏滇板块和华南板块拼合、碰撞、造山，唐古拉山弧前盆地隆升成陆，侏罗系沉积岩发生强烈褶皱，北西向褶皱、断裂发育，并有燕山期中酸性岩浆侵入活动，分布有花岗岩、闪长岩等小岩体和岩脉。具中酸性侵入岩成矿系统，形成砂卡岩型、岩浆热液型铁、铜矿床（点）。在此期间断陷盆地发育，沉积有白垩系杂色砂岩、砂砾岩夹含铜砂岩、凝灰岩，具白垩纪沉积喷流成矿作用。

喜马拉雅期陆内叠加造山活动较为强烈，有新生代大陆火山喷发活动，次火山侵入活动和喜马拉雅期偏碱性酸性岩浆侵入活动，分布有橄榄玄武岩、粗安山岩、碱性流纹岩等火山熔岩、斑岩等次火山岩及正长岩小岩体。具有斑岩型矿床的成矿地质条件。

多期构造岩浆活动，形成多个构造蚀变带，具叠加改造成矿系统，有构造蚀变岩型矿床产出（如东乘公玛金矿床等）。

（四）陆缘活动带成矿系统

晚古生代—中生代特提斯洋扩张活动波及塔柴大陆板块东南边缘，共和—同德一带、西倾山形成陆缘活动带。

在共和—同德一带，接受沉积了下二叠统碎屑岩夹碳酸盐岩沉积建造。碳酸盐岩中夹有多层砾状灰岩，显示沉积盆地中同生断裂频繁活动，具喷流沉积作用，壳幔物质、能量交换活动强烈，形成富含成矿组分的沉积建造，是后期叠加改造成矿作用的重要矿源层。

在晚古生代早期，古特提斯洋扩张活动，在西倾山地区发生海侵，沉积有上古生界滨

海相碎屑岩、碳酸盐岩。新特提斯洋扩张活动，西倾山地区海侵面积扩大，接受三叠系碎屑岩夹碳酸盐岩沉积，三叠系碳酸盐岩中，砾状灰岩发育并有角砾状硅质岩产出，显示三叠纪沉积盆地中有同生断裂活动。多期次造山活动叠加，上古生界和三叠系沉积岩强烈变形，形成多个北西西向构造破碎带、片理化带、强烈揉皱带，其中小岩体（脉）发育地段，岩石蚀变强烈。

该区域早古生代仍属于扬子大陆被动陆缘，古生代泥盆纪，由于勉略—石泉一线局限洋壳裂谷作用处于伸展裂陷环境。酿造的复理石建造中热水沉积岩系和细碎屑浊积岩系中含金丰度较高。

在喜马拉雅古特提斯洋扩张活动影响下，使本区拉张裂陷加剧，晚古生代海盆沉积十分发育，致使以三叠系为含矿和容矿层，该地区陆壳内部和边缘出现不同性质海盆，由于同生断裂活动，不同程度发育火山凝灰物质、火山熔岩和热水喷流沉积，随着火山和热液活动，使 Au、Ag、Pb、Zn、Au、Sb、Hg 等成矿物质带入海盆，在盆地发育的类复理石建造中形成特定岩相的含矿岩系。本区陆陆碰撞后的陆内造山运动发生于中—新生代，构造热活动促使地下流体的迁移，导致含矿建造中的成矿物质活动。构造作用的多期活动和构造序列的逆进演化，促使含矿热液进入中浅部构造扩容带，在成矿物理化学变化条件下，使成矿物质沉淀，造成矿体的就位。另一方面，陆内板片的俯冲，使俯冲板片下沉脱水，加剧了地下流体的活动。同时，板块和板片的深俯冲导致岩浆活动，为成矿作用提供新的动热来源（张旺定等，2000）。

形成被动陆缘褶皱构造带卡林型金矿、热水沉积-改造型铅锌、汞锑多金属矿床等成矿作用。

第三节 动力学演化对金属矿产的控制作用

20 世纪 70 年代以来，板块构造理论的出现和兴起曾是地学界的一次重大革命，地球科学主要是通过板块构造的研究得到不断的发展和深入。板块构造理论虽然能够解释显生宙某些金属矿产的分布规律，但是难以应用到太古宙和元古宙；近年来，由 Gurnis 和 Murphy 等人提出超大陆旋回，大量资料表明，特定金属矿床的成矿期与超大陆离合期一致。由于该理论是在板块构造理论的基础上建立起来的，其只能对大陆边界金属矿产时空分布规律作出宏观解释；地球是一个由相互作用的各圈层构成的完整的动力学系统。大陆动力学研究的核心问题是大陆岩石圈物质增长、消减和保存的演化过程（李晓波等，1995）。随着全球动力学和大陆动力学研究的全面展开和向纵深发展，探讨巨型矿集区的成矿地球动力学背景，正日益受到人们的关注（刘建明等，2001）。

劳亚、冈瓦纳及泛华夏大陆板块漂移、裂解、拼合，以及特提斯大洋产生、发展与消亡的全过程，记录了古生代以来特提斯洋及其间所挟持的若干微板块所经历的多阶段离散、汇聚与碰撞的复杂演化过程。形成了不同的构造地史演化特征，主体反映了特提斯多弧—盆系统的洋陆转化的演化模式。

青海省横跨古亚洲和特提斯构造域，鉴于青藏高原是以东特提斯大洋岩石圈消亡、洋—陆转换，弧—弧、弧—陆碰撞的复杂造山系统，因此，板块构造学说早期的一些理论概念并不能完全用以说明青藏高原的大地构造发展问题。板块构造学说的威尔逊旋回着重论述

了大洋的形成和消亡过程;而大洋消亡之后的大陆造山过程及其山脉老化、解体至再次裂开为洋,还有一个远较威尔逊旋回更为复杂,演化历程还不很清楚的发展过程或地史阶段。

随着对东特提斯(以青藏高原地区为主体)地质构造演化的认识深化,特提斯演化、造山作用的解释由两陆(劳亚大陆和冈瓦纳大陆)一洋(特提斯洋)模式转变为三陆(劳亚大陆、冈瓦纳大陆、泛华夏大陆)两洋(特提斯洋和古亚洲洋)的特提斯多弧盆系统的洋陆转换演化模式,即多岛弧碰撞造山模式(许靖华等,1998;潘桂棠等,1997)。

特提斯大洋从发生、发展到萎缩、消亡是一个连续的大洋岩石圈演化过程,特提斯洋的演化经历了原特提斯阶段(Z—S)、古特提斯阶段(D—T₂)、特提斯阶段(T₃—E₂)。本书将以此构造演化为主线,阐述不同地史时期动力学演化与成矿的关系。

如前所述,青海省的动力学演化可归纳为三个阶段:前特提斯阶段,即各微板块或陆块结晶基底形成阶段;特提斯形成演化阶段;青藏高原的形成与隆升阶段。三个阶段动力学演化控制不同成因、不同矿种矿产的形成。

一、前特提斯阶段的成矿作用

此时的青海省北部区域(柴达木—中祁连区)处于古欧亚大陆南部边缘,相当于古活动性陆缘海的多岛洋沉积环境,在广阔的海域内缓慢接受着陆源海相细碎屑沉积,间有少量碳酸盐岩和火山沉积岩;同时区内发生了中压相系的角闪岩相变质作用、区域热动力变质作用和混合岩化作用,随着沉积厚度的增加,地壳厚度也随之加大,壳内热流作用则减弱,区域变质作用也随之减弱到绿片岩相。陆壳经古—中元古代重熔、变质、变形后,新元古代全域开始海退,使省内北部区上升成陆,元古宇结晶基底形成。而青海省南部区域,处于冈瓦纳大陆板块北部边缘活动带,古元古代在滨—浅海相环境下接受了陆源碎屑沉积和少量碳酸盐和火山沉积物。

前寒武纪岩石建造富含成矿组分,是叠加改造成矿作用的矿源层(岩),这些成矿物质主要来源于元古宙的岩石建造,叠加改造成矿作用的成矿物质主要来源于古元古代的中—深变质和浅变质岩石建造,成矿作用具多期次、多阶段特征。如滩涧山金矿床,元古宙的炭硅泥建造为矿床的重要矿源层,叠加改造作用历经加里东期、华力西期多个成矿期;五龙沟金矿床,其矿源层为古元古代中—深变质火山沉积岩,与成矿作用有关韧性剪切带形成于加里东晚期,并在晚华力西—印支期成矿,金矿化主要与印支期以闪长玢岩为代表的浅成—超浅成岩脉有关,二者具同源和同时的成因联系(钱壮志等,1999)。

因此,该阶段成矿物质来源于古元古代变质火山沉积岩,部分为中酸性岩浆侵入活动带来的成矿物质。前寒武纪变质岩石建造,是省内贵金属成矿作用的重要矿源层(岩)。此外,蓟县纪后期,各海域都不同程度地沉积了含铁岩系,也是青海省的一个主要成铁时期。

二、特提斯形成演化阶段的成矿作用

(一) 原特提斯阶段

该阶段经历了晋宁和加里东期两个构造旋回,为一个连续的大洋岩石圈演化过程,也是原特提斯洋从发生、发展到萎缩、消亡的过程。原特提斯阶段(Z—S)主要表现为泛华夏大陆群与劳亚大陆群的离散,古亚洲洋形成,以及劳亚大陆群与冈瓦纳大陆群的分裂,特提斯洋的扩张,泛华夏大陆群与冈瓦纳大陆群联而不合。

晚前寒武纪时，祁连洋区连接塔柴板块和中朝板块，昆仑洋区连接塔柴板块和华南板块西北缘。当时，北祁连洋区北部与古亚洲洋贯通，而昆仑和原特提斯洋连成一片。

1. 震旦纪—早寒武世

晋宁构造旋回初期，秦祁昆大洋开始扩张，中朝板块和塔柴板块南缘及华南板块北缘，沉积形成了一套较稳定型陆缘环境的碎屑岩夹碳酸盐岩的建造。

随着地壳厚度的增加、壳内热流释放过负，地壳冷凝收缩加快，导致应力结构发生变化，陆内裂谷产生，陆缘裂谷加深，活动性增强，洋陆过渡带断裂并产生海沟，根据夏林圪（1996）结合区域地质对北祁连俯冲杂岩带的组成及变形变质序列研究，认为震旦纪—早寒武世古陆壳裂解大陆裂谷阶段，新元古代古中国克拉通发生解体，北祁连形成Z— ϵ_1 大陆裂谷型双峰式火山岩。

据汤中立（2001）研究，北祁连造山带中存在“北方型”与“南方型”两种构造基底岩块。“南方型”构造基底陆块与柴达木—中祁连陆块有关，北祁连西段的微陆块本身就是“南方型”构造基底的一部分；“北方型”构造基底陆块与华北古陆有亲缘关系，它们作为陆缘弧形式分布于北祁连造山带中，其东段以白银陆缘弧为代表，中段以祁连县清水沟陆缘弧为代表，西段在昌马一带也有出露。

与“南方型”构造基底岩块有关的成矿作用为中、新元古代弧后裂谷盆地成矿系统，以桦树沟—柳沟峡 Fe 成矿组合为其典型特征，成矿作用属海底喷流沉积型；加里东期活动陆缘成矿系统，以塔儿沟—小柳沟 W 成矿组合为其典型特征，除此之外，也形成桦树沟—小柳沟 Cu 成矿组合，它叠加于镜铁山—小柳沟 Fe 成矿组合之上，大东沟—吊大板 Pb、Zn 成矿组合也属该成矿系统，成矿作用为与板块俯冲作用有关的岩浆热液型；与“北方型”构造基底陆块有关的成矿系统为加里东期成矿系统，以白银—清水沟 Cu、Pb、Zn 成矿组合为典型特征，成矿作用为海底火山喷流型。

东昆仑地区，在前寒武纪（中、新元古代）原特提斯洋中由地幔柱活动形成的大洋玄武岩高原就开始了热水活动，随着开裂加深直至下地壳或上地幔，并引发了基性火山喷发，环境虽有所改变但热水活动仍继续进行，这不仅表明热水活动独立于火山作用之外，而且表明二者同为拉张构造环境控制下的“兄弟”关系。从它们形成的热条件看，产生火山岩浆需要上地幔或地壳重熔，要求温度较高，而热水产生则要求温度较低、较宽，因而热水作用发生条件比火山活动更广泛。

在昆南地区发生过长时间的、规模宏大的热水沉积和海底热水喷流作用。正是由于这种海底热水喷流作用，将深源或下部太古宙岩层中的钴、铜等成矿元素带入海盆，并在热水喷流口附近沉淀富集，形成初始层状矿体或矿源层。在稳态条件下，因其密度较大，而稳定地处在上部低盐低温海水单元之下。岩浆或构造事件，可扰乱卤水与海水的双扩散状态，海水向卤水注入势必导致卤水密度降低而出现重力不稳定性，从而穿过“密度窗”向上运移并与循环海水混合，形成较高盐度富含金属物质的热液流体。

巴颜喀拉微板块出露较完整的震旦系—寒武系浅变质碎屑岩，其中中基性火山岩相当发育（罗建宁，2002）。与成矿的关系目前还没有报道。

2. 中寒武世—泥盆纪

作为东特提斯构造域主体的青藏高原，整个显生宙发育了一系列弧盆系统。既有东南亚—印尼岛弧边缘海型，又有日本群岛裂离型和安第斯陆缘弧型，及各种相关类型的弧盆

系 (潘桂棠, 1997)。

此时, 北部地裂作用占主导地位, 泛华夏大陆群西北部解体, 祁连加里东裂陷到大洋形成。在北祁连和东昆仑南坡形成寒武—奥陶系洋壳型沉积和加里东早—中期基性—超基性侵入岩带。柴北缘残山、拉脊山、祁漫塔格等地的寒武—奥陶系均属于大陆裂谷 (或裂陷盆地) 环境的沉积建造, 而托莱山东端、党河南山、柴达木山、大通山、互助北山等地的寒武—奥陶系则属于陆缘海盆相沉积, 柴北缘、拉脊山、祁漫塔格等地的加里东期基性—超基性侵入岩带也都是大陆裂谷 (裂陷槽) 幔源物质活动的产物。

从早寒武世晚期开始, 原始中国古陆沿祁连—北秦岭分裂并扩张形成西宽东窄的海槽。到中寒武世时 (约 525 Ma), 北祁连洋壳首先向南发生俯冲, 引起柴达木—中祁连南部活动性陆缘环境的形成, 祁连山地区的三条典型洋底扩张和柴北缘洋盆都是昆仑前锋弧之后的一系列弧后盆地, 它们的形成受原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约。

当秦祁昆大洋扩张终止, 洋壳俯冲作用开始, 在北祁连和东昆仑俯冲带的海沟加深, 导致海底滑坡, 形成滑塌堆积体和基底构造残片, 更由于洋壳俯冲摩擦产生热能, 将地壳物质重熔, 并沿岛弧断裂系统上涌, 形成加里东中—晚期中酸性岩浆岩及相关的矿产。

根据夏林圻 (1996) 研究, 中寒武世—早中奥陶世有限洋盆扩张及早期俯冲阶段, 在地壳深部构造层次形成榴辉岩等高压变质岩及早期变形, 俯冲杂岩带 MORB 型蛇绿岩和南侧玉石沟 MORB—OIB 型蛇绿岩形成; 晚奥陶世不对称双向俯冲造山及北祁连沟弧系活动陆缘形成阶段: 在俯冲杂岩带北侧形成走廊南山岛弧型火山岩、岛弧型蛇绿岩 (大岔大坂蛇绿岩、边马沟蛇绿岩) 以及走廊南山北坡弧后盆地型火山岩。

到晚奥陶世 (约 428 Ma), 塔柴板块与中朝板块碰撞缝合, 古生代奥陶纪期间北祁连为一多岛洋区, 由被中间微陆块分隔的玉石沟—大克岔洋盆、肃南—永登洋盆和张掖—景泰洋盆三个相对独立的大洋联合组成。早奥陶世, 玉石沟—大克岔首先发育洋盆, 其扩张速率较大, 洋盆宽度也较大; 中—晚奥陶世, 北祁连多岛洋格局已形成, 但北部的肃南—永登洋和张掖—景泰洋规模相对较小; 奥陶纪末期, 三个洋盆相继闭合; 至早志留世初期, 北部局部地区尚存在残余洋盆的活动, 但北祁连主体已进入地壳缩短的陆—陆碰撞的造山阶段。形成了下伏的中南祁连陆块—北祁连陆—陆碰撞的构造混杂带 (赖绍聪等, 1994)。

北祁连奥陶纪构造演化可分三个阶段, 早奥陶世为拉张裂谷期, 形成南、中、北 3 条裂谷带; 中奥陶世北侧裂谷带在挤压应力作用下形成深拗的海沟, 并向北侧陆缘作下插俯冲, 在陆缘之上形成海底火山弧, 并有大量陆源碎屑参与作用; 晚奥陶世被以碳酸盐沉积为主的碳酸盐台地所取代。因此, 中奥陶世火山岛弧的形成并非是由裂谷转向海沟所致。本区中、南带裂谷系于中奥陶世开始封闭抬升, 相应在北侧朱龙关河一带发生拗陷, 形成了一套崩塌相的砾岩、砂砾岩、板岩夹巨型岩块的近源沉积楔形体, 这一特殊的沉积组合是在挤压地动力条件下所形成的压性盆地。晚奥陶世末, 北祁连经历了一次比中奥陶世末的古浪运动更为强烈的构造运动。北祁连中段地区, 奥陶纪洋盆通过双向俯冲作用致使洋盆消失, 而西段地区的奥陶纪裂谷—海沟—火山弧系这时已全部褶皱封闭 (左国朝等, 1987)。

奥陶纪裂谷作用形成火山沉积的含铁砂岩和含绿泥石磁铁矿层, 该矿点分布于黑河北岸祁连县小沙龙一带。晚奥陶世, 火山—沉积岩系中铜元素受构造—热液作用而活化, 并起

到一定富集作用，以细脉浸染状或含铜石英脉构成小型矿床或矿化点，它们星星点点分布在北侧的裂谷—海沟—火山弧带上，故该带成为寻找小型矿床的有利地段。

晚奥陶世末—志留纪初本区进入了一个新的构造演化时期，伴随南带山体褶皱隆升，在北带的走廊南山北坡，早志留世在晚奥陶世形成的大陆边缘碳酸盐台地上发生强烈拗陷，由南侧造山带带来大量陆源碎屑进入北侧凹陷带，沉积厚度达 3600 m，形成了深水浊流海槽环境。中—晚志留世各处只有有微弱的火山活动。由于物源大量来自南侧早古生代含铜火山岩系，在紫色砂岩夹层的灰白色长石石英砂岩中铜含量较高，在安西红口子地区有似层状含铜砂岩出现，该沉积型含铜砂岩向东断续出露，在肃南鹿儿沟也发现有含铜砂岩矿层，因此在上志留统红色砂岩中寻找含铜砂岩矿床具有一定前景（左国朝等，1999）。

到志留纪时，秦祁昆大洋中各洋区已基本收缩为残余盆地，其中沉积了粗磨拉碎屑岩，火山活动大为减弱，海水基本退出，进入洋盆闭合期，北部洋壳俯冲作用近于尾声。

早古生代北祁连初始大洋从开始俯冲到最后消亡，其间寒武—奥陶纪是本区构造—岩浆活动的高峰期，早古生代大洋盆地、裂谷带、弧后盆地、岛弧隆起带的岛间海，有强烈的火山喷发沉积活动，以双峰式拉斑玄武岩—流纹岩和富钠的细碧岩、石英角斑岩为主，具火山喷流（气）沉积成矿系统，形成 VHMS 型、SEDEX 型矿床。秦祁昆大洋再次扩张，同时产生大洋裂谷，导致幔源物质上涌，在北祁连和东昆仑南坡形成寒武—奥陶系洋壳型沉积和加里东早—中期基性—超基性侵入岩带。寒武系火山沉积岩成为省内重要含矿层位，形成了块状硫化物矿床及金铜矿矿源层，说明北祁连洋陆转化期与主要矿床成矿期一致。

东昆仑地质在早古生代经历了从裂谷—岛弧—前陆盆地的沉积演化后，于早古生代末造山。

东昆仑地区早古生代在原已统一的前寒武纪地块上沿东昆中构造混杂岩带再次裂开，形成了以纳赤台岩群为代表的一套碎屑岩、碳酸盐岩、玄武岩地层。纳赤台岩群中的超镁铁质岩片，反映出了大洋特征。据郭正府（1996）的研究，纳赤台岩群中的玄武岩在 $\log \tau - \log \delta$ 图解中跨越 A、B 两区，与现代大洋中脊拉斑玄武岩的投影范围相吻合， $(\text{TiO}_2 - \text{MnO}) \times 10 - \text{P}_2\text{O}_5 \times 10$ 图解中样品投影于 MORB 区，以上均表明纳赤台岩群中的玄武岩为洋脊型玄武岩。早古生代晚期，昆中洋盆开始俯冲收缩，在东昆中构造混杂岩带以北形成加里东期弧花岗岩，与其南部的东昆中蛇绿岩在时空上紧密相连。

祁漫塔格等地的寒武—奥陶系均属于大陆裂谷（或裂陷盆地）环境的沉积建造，早古生代奥陶纪夭折裂陷槽形成，海水自西向东侵入，局部成封闭还原环境；断裂的深切，为深部热源和含矿热卤水上升喷流提供了通道。海水沿断裂下渗，加热并萃取深部成矿物质，形成含矿热卤水，然后上升喷流，形成热水喷流沉积岩，并沉积形成富含有 Co、Bi、Au 等成矿元素的硅质岩和沉积碎屑岩，为后期热液改造成矿奠定了物质基础。

从奥陶纪末期开始，随着洋壳俯冲作用加剧，志留纪海域退缩，北祁连和东昆仑洋相继消亡，造山阶段开始。自泥盆纪开始，东昆仑地区以发育陆相火山熔岩、火山碎屑岩和中酸性火山碎屑岩为特征，显示大陆边缘受到拉张和裂陷作用的影响。

震旦纪至早寒武世，拉脊山地区与北祁连海槽并不相连，是发育于中祁连地块内部的滨浅海盆地；中寒武世出现裂陷拉张，形成陆内裂谷盆地；中寒武世时边界断裂开始形成，断裂深度不大，只出现海盆，规模很小，直到晚寒武世时才成为真正的洋盆；晚寒武世中期进入拉张鼎盛时期，枕状熔岩喷溢活动极为频繁，形成半深海陆间裂谷盆地，此时有底辟型超镁铁岩侵位。早—中奥陶世转为汇聚—闭合阶段，出现岛弧火山岩套，并有巨砾岩滑塌沉积，进入浅海环境。拉脊山地区成矿动力过程为：在元古宇祁连山克拉通拉薄，形成拉脊山盆地，中—晚寒武世，地幔柱作用诱发的大陆裂谷环境，而其地幔柱可能发生于核幔边界，是超地幔柱作用的结果，拉脊山盆地拉开成裂谷。拉张环境下由于地幔柱（或热点）上涌，相应岩石圈减薄造成的高热流背景，以及拉张环境下地表和浅部存在的巨大岩浆体，都可以作为“热引擎”或“热中心”诱发产生形成岩浆熔离矿床。更多的是岩浆作用与构造作用相辅相成，促使铁—镍、铁—磷、铜—镍、铜—多金属矿的矿床的初步形成。

总之，从中寒武纪—泥盆纪，全省金属矿产的成矿作用集中于北祁连、东昆仑及拉脊山地区。可以概括为：

中寒武纪，省内早古生代大洋盆地、裂谷带、弧后盆地、岛弧隆起带的岛间海，有强烈的火山喷发沉积活动，形成 VHMS 型、SEDEX 型矿床。在此期间，还伴有镁铁—超镁铁质岩侵位，具镁铁—超镁铁质岩成矿系统，形成岩浆结晶分异型含铂铬铁矿矿床。寒武系火山沉积岩成为省内重要含矿层位，较著名的矿床有郭米寺—弯阳河多金属矿床、驼路沟钴金矿床等。

奥陶纪，又一次发生强烈火山喷发沉积活动，形成奥陶系火山—沉积岩，是省内金属矿最重要的含矿层位，形成 VHMS 型、SEDEX 型矿床，典型矿床有锡铁山多金属矿床、红沟铜矿床、肯德可克钴铋金矿床等；在火山喷发活动平静期间，有次火山活动，形成与次火山热液型矿床，如浪力克铜矿床；并有中酸性岩浆侵入活动，加里东期中酸性侵入岩成矿作用活跃，形成蚀变花岗岩型、伟晶岩型、矽卡岩型等矿床，如南尕日岛铌钽矿点（蚀变花岗岩）、龙王山矽卡岩型钨钼矿点等。

志留纪，北祁连地区又重新发生海侵，集中在南祁连形成广阔的扩张海，由于短期扩张后即进入强烈的造山，在北祁连洋壳盆地东段、南祁连弧后盆地、拉脊山裂谷带、柴北缘裂谷带、东昆仑南坡洋壳盆地的局部地段有志留系沉积，其中北祁连洋壳盆地、南祁连弧后盆地、柴北缘裂谷带和东昆仑南坡洋壳盆地等地的局部地段，发生微弱的火山活动，具火山喷流（气）沉积成矿作用，但成矿作用不强烈。

志留纪末，省内早古生代大洋盆、裂谷、弧后盆地与岛弧隆起带收缩→挤压→隆升→造山→成陆。

（二）古特提斯阶段

古特提斯是原特提斯的继承和发展，秦祁昆洋是早古生代前锋弧后面的群岛弧—盆系统。

古特提斯阶段（D—T₂）主要表现为泛华夏大陆群与劳亚大陆的汇聚，古特提斯洋从扩展到萎缩。劳亚大陆群与冈瓦纳大陆群联而不合。使秦祁昆构造区与三江构造区的成矿作用有所差异，且金属矿产成矿作用集中于三江构造区。

1. 泛华夏大陆早古生代秦祁昆构造系

早古生代昆仑山以北奥陶纪多岛弧盆系统的形成受原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约，与东南亚多岛弧盆系受控于印度洋和太平洋双向俯冲相类似。早古生代泛华夏大陆西部边缘存在近东西向的昆仑前锋弧，在其北侧，塔里木、柴达木、祁漫塔格、阿尔金、祁连山、拉脊山等地经历了早古生代多岛弧、弧后海底扩张与弧后盆地萎缩、俯冲消亡和弧—弧碰撞、岩浆弧—陆碰撞的演化历史。碰撞之后该区的大部分地区于泥盆纪已转化为陆地，成为泛华夏大陆群华北陆块西南缘的一部分；在石炭—二叠纪碰撞后的地壳伸展背景下又形成了裂陷或裂谷盆地（潘桂棠，2002）。

青海省初始的特提斯洋区较为平静，青海省北部地区处于强烈的造山夷平状态，泥盆纪海侵从西倾山进入柴达木周边及玉树地区，下泥盆统滨浅海相碎屑岩仅在西倾山地区出露，中—上泥盆统浅海相碳酸盐岩、碎屑岩夹中酸性火山岩也只分布在玉树县南部和西倾山地区，而在祁连地区只有上泥盆统陆相碎屑岩。

（1）北祁连地区，晚古生代—三叠纪进入陆内造山阶段，形成沉积盖层以及脆性域的逆冲叠瓦式断层、伸展断层、走滑断层及中新生的盆山构造格局（夏林圻，1996）。

从早志留世开始的初始碰撞，使走廊南山岛弧带隆升，在其北侧志留纪弧后残留海盆中充填堆积了复理石浊积岩和水下磨拉石，随着岛弧带和俯冲杂岩带的构造抬升，在俯冲杂岩中产生地壳中浅层次的正向逆冲型韧性剪切变形和低绿片岩相退变质作用。

早—中泥盆世全面碰撞造山阶段，形成北祁连加里东期造山带，碰撞造山晚期形成一系列早中泥盆世磨拉石盆地沉积。在俯冲杂岩带中因斜向汇聚作用产生地壳浅层次左行走滑型脆韧性剪切变形和局部低级变质。

晚泥盆世碰撞后伸展塌陷阶段，产生一系列晚泥盆世断陷盆地型粗碎屑堆积，在俯冲杂岩带中产生浅层次正向下滑型伸展剪切变形。由于早古生代变质火山岩及火山碎屑岩，火山岩成分以中性为主，火山碎屑岩金含量较高，但火山熔岩中自然金的出现率则很低。北祁连的寒武纪、奥陶纪火山岩中的构造蚀变带均有不同程度的金矿化，金矿床多产于中大型的脆韧性构造变形带中，伴生有用元素有 Ag、As、Pb、Sn 等。晚古生代形成与脆韧性变形有关的构造蚀变岩型 Au、Ag、As、Pb、Sn 矿成矿系列。

（2）东昆仑地区，石炭—二叠纪海侵作用形成了裂谷和陆缘活动型海相碎屑岩、碳酸盐岩、中基性火山岩及滑塌堆积体、基性—超基性侵入岩带（布尔汗布达山、阿尼玛卿山）和陆棚区稳定型石炭—二叠系海相碎屑岩、碳酸盐岩。

晚古生代区内为主动性大陆边缘，形成一套钙碱性火山岩，东昆仑地区为哈拉郭勒群，是巴颜喀拉洋俯冲形成的弧火山岩，晚古生代—早中生代巴颜喀拉洋俯冲、最终闭合，形成钙碱性岩浆弧和高钾钙碱性火山岩带——八宝山组和鄂拉山组，为俯冲作用形成的钙碱性和高钾钙碱性火山岩，并且伴随巴颜喀拉洋的消失，陆—陆碰撞开始形成钾玄岩系列岩石，并同时形成晚古生代—早中生代侵入岩带。晚古生代—早中生代是一个连续演化的过程，反映了巴颜喀拉洋连续的俯冲过程（曹永清等，2000）。

下石炭统的岩石学特点表明物源来自岛弧型基性—中性火山岩（泥盆纪）和花岗岩或片麻岩带，说明物源主要为再生造山带和火山岛弧（Leeder, M. R, 1988）。早石炭世晚期，随着大规模海平面上升，形成向上变深的海侵沉积旋回，盆地处于拉张环境之中，产于哈拉郭勒群顶部的中酸性火山岩主要形成于岛弧环境，是板块俯冲碰撞的产物。据它们

的钙碱性系列属性，其产出部位在靠近大陆一侧。晚古生代受巴颜喀拉洋向北俯冲作用，由于断裂向下切割较深诱导深部物质上涌，出现海底热水作用，并带来成矿物质，形成富含铜、钴、碳、钼等元素的热液沉积岩。由于海底喷出的热液具有强还原性，使喷流口附近成为强还原缺氧环境，形成铜、钴等多金属硫化物矿体，导致在热液沉积物中出现碳元素的聚集。长时间的、规模宏大的海底热液喷流作用，使铜、钴等多金属元素在热液喷流口附近富集沉淀，形成初始层状矿体或矿源层，为铜钴矿床的形成奠定了物质基础，如督冷沟铜钴矿。

二叠纪时，昆仑造山带有一次强烈的裂谷型火山喷溢活动，它们可能与古特提斯开始拉伸的裂谷作用有关。在东昆仑地区东南侧及北侧发育了碳酸盐台地沉积，西南侧主要为碎屑岩、火山碎屑岩沉积，由于受后期强烈的构造变动作用影响，许多沉积特征已经消失。三叠纪时，东昆仑地区的古地理变化很大，东昆仑地区南侧以发育近陆边缘的冲积扇碎屑岩和碳酸盐台地沉积为特征。而巴颜喀拉地区则充填了巨厚的陆源碎屑浊积岩和等深积岩，为增生柱加积到东昆仑南部边缘上的沉积。因此，三叠纪时沿着古特提斯的北缘，由南向北的消减作用形成了弧前或前陆的碎屑增生柱。三叠纪以后，东昆仑地区由海相沉积转变为陆相沉积，进入一个新的演化阶段。

(3) 阿尼玛卿带在泥盆纪经历初始裂解，在晚二叠—早三叠进入俯冲消减阶段，反映洋盆由扩张向萎缩的转变过程。深部地球物理进展已经显示地幔柱活动往往呈区域性，产生分支的树状结构与上覆岩石圈相互作用。可以为不同的洋盆提供物质和热量。当地幔柱热量供应不足而减弱时，受其控制的洋盆则在周边岩石圈体系的挤压下开始俯冲消减并最终碰撞造山（陈亮等，2003）。

阿尼玛卿带代表了晚古生代以来的古特提斯最北缘的一条洋盆（Songer A. M C, 1981），基性、超基性岩块沿缝合带性质的昆南断裂断续分布，阿尼玛卿洋盆在晚二叠开始俯冲消减（姜春发等，1992，Yung J et al, 1996），随后在早—中三叠关闭并转入持续的陆内变形阶段（Songer A. M C, 1981）。

通过对阿尼玛卿混杂岩带复理石楔岩片砂板岩中的稀土元素、微量元素综合研究，认为复理石楔岩片砂板岩的大地构造环境为活动大陆边缘，东段更接近活动大陆边缘的大陆岛弧环境，反映出一定的古地理格局（张克信等，1999）。

在扩张环境下与底辟侵位的镁铁—超镁铁杂岩有关的铜、钴矿化和代表大陆边缘火山与陆源碎屑过渡沉积环境的岩片，随着俯冲期沉积、构造堆积，成为铜铅锌多金属矿产的主要物源区。不同层次的脆韧性剪切带和相伴的同构造期岩浆热液活动，对就地淬取或形成含矿流体提供了热动力条件，同时对矿液的富集、迁移、淀积也起到积极的作用，使铜、钴等多金属元素富集于超基性岩体上部的构造裂隙带中成矿。

2. 泛华夏大陆晚古生代—三叠纪羌塘—三江构造系

从昆仑前锋弧和康滇陆缘弧以“日本群岛裂离型”裂离出唐古拉他念他翁残余弧，构成泛华夏大陆西南缘的晚古生代前锋弧。夹持于该前锋弧与早古生代昆仑前锋弧之间的羌塘、澜沧江、昌都、兰坪、金沙江、中咱、义敦、甘孜理塘等地的广大区域记录了晚古生代—中生代弧后扩张、多岛弧盆系发育、弧弧碰撞、弧陆碰撞的地质演化历史。碰撞之后该区的大部分地区于晚三叠世转化为陆地，并形成碰撞后地壳伸展背景下的裂陷或裂谷盆地（潘桂棠，2002）。

晚古生代古特提斯大洋开始扩张，受其影响青海省域内形成了宗务隆山-青海南山大陆边缘裂谷带、布青山-阿尼玛卿山大陆边缘裂谷带、西金乌兰-玉树大陆边缘裂谷带、共和-同仁活动型陆缘海盆，并伴有大规模海侵，海水漫过东昆仑山淹侵到祁漫塔格和南祁连地区较低洼地带，形成了裂谷和陆缘活动型石炭—二叠系海相碎屑岩、碳酸盐岩、中基性火山岩及滑塌堆积体，基性—超基性侵入岩带（布尔汗布达山、阿尼玛卿山），和陆棚区稳定型石炭—二叠系海相碎屑岩、碳酸盐岩。

该演化阶段主要指泥盆纪至二叠纪时期。代表古特提斯洋北支的蛇绿混杂岩带为阿尔喀山（南昆仑）阿尼玛卿蛇绿混杂岩带，代表古特提斯洋南支的蛇绿混杂岩带为龙木错—金沙江蛇绿混杂岩带。阿尔喀山（南昆仑）阿尼玛卿与龙木错—金沙江蛇绿混杂岩带对应，其间挟持着巴颜喀拉板片，构成以厚大的大面积分布的三叠纪浊积岩沉积。

青海省南部区域，只有两处华南古陆块碎片（ Pt_1 ），呈孤岛状分布在玉树小苏莽地区和阿尼玛卿东端，其附近地区并未发现中元古代—寒武纪的沉积，在玉树小苏莽，也只有奥陶—志留系稳定型海相沉积，而在阿尼玛卿东端到二叠纪才开始出现活动型海相沉积，其余各地则被晚古生代以后的特提斯海相沉积所覆盖。

南侧洋区为南（新）特提斯洋，在其北侧的喀喇昆仑—丁青—澜沧江一线断裂，并形成俯冲带，受其影响在古欧亚板块南缘自南而北形成了较为完整的晚古生代沟—弧—盆体系，即喀喇昆仑—丁青—澜沧江俯冲带→小唐古拉山弧前盆地→唐古拉—杂多岛弧隆起带（包括年吉错弧间盆地）→西金乌兰湖—二道沟—玉树大陆边缘裂谷带→可可西里—巴颜喀拉山弧后盆地→阿尼玛卿大陆边缘裂谷带→玛多—甘德大陆棚→共和—同仁大陆边缘海盆→宗务隆—青海南山大陆边缘裂谷带→柴达木—祁连大陆基。在晚古生代—早中生代特提斯洋扩张期间本区为大陆棚沉积环境，形成了巨厚的泥盆—三叠系浅海相稳定型沉积盖层。随着俯冲作用加剧，在不同的构造沉积环境中发育相应的沉积建造，如在俯冲带形成混杂堆积体，裂谷带形成滑塌体和基性—超基性侵入岩（通天河基性—超基性岩带）、中基性火山岩及碳酸盐岩、碎屑岩，岛弧隆起带及大陆基边缘中酸性侵入岩发育，弧前、弧间、弧后盆地中以碎屑岩、碳酸盐岩为主夹少量中酸性火山岩，大陆棚以碳酸盐岩、细碎屑岩为主，陆缘活动带（海盆）以碎屑岩为主，夹少量碳酸盐岩、中基性火山岩，尤其在大陆基边缘，断裂系统发育，导致地壳重熔物质上涌，形成了东昆仑华力西晚期中—酸性岩浆带（与早古生代岛弧隆起带基本重合，因而称之为东昆仑北坡岩浆弧带）。

三叠纪时，东昆仑地区的古地理变化很大，东昆仑地区南侧以发育近陆边缘的冲积扇碎屑岩和碳酸盐台地沉积为特征。而巴颜喀拉地区则充填了巨厚的陆源碎屑浊积岩等深海沉积岩，为增生柱加积到东昆仑南部边缘上的沉积。因此，沿着古特提斯的北缘，由南向北的消减作用形成了三叠纪弧前或前陆的碎屑增生柱。台地形成演化过程中，成矿作用主要在台地接受沉积过程中进行，在低水位体系中形成有铁、磷、铜等沉积矿产；在局限台地白云岩化环境中，为部分金矿和多金属矿形成提供了初始富集条件。

代表古特提斯洋南支的蛇绿混杂岩带为龙木错—金沙江蛇绿混杂岩带。龙木错—金沙江蛇绿混杂岩带，西起龙木错向东经可可西里山脉，再折向南东经金沙江至哀牢山，全长大于2000 km。混杂岩带由镁铁质、超镁铁质岩、基性熔岩、硅质岩、碳酸盐岩、砂板岩、绿片岩等组成。超基性岩成群成带分布，灰岩块体所含化石年代从志留纪至二叠纪均

有，在可可西里可见早三叠世块体。据此，推测洋盆自泥盆纪开始拉张，一直持续到早二叠世。早石炭世至二叠纪早期已拉张出洋壳，它是古特提斯洋的重要一支，其中含有被后期构造破坏改造的石炭纪至早二叠世的海沟盆地。早二叠世末期，洋壳开始向南西俯冲，上二叠统这套河湖至滨海相沉积物是俯冲碰撞后的产物。以金沙江缝合带为轴线，北侧巴颜喀拉板片为被动边缘（叶和飞，2000）。

据许靖华等（1998）研究认为，古特提斯演化阶段应以“两个多岛海夹一大洋”为特征。羌塘弧和江达弧可能由北面昆仑弧分裂而来，临沧弧大约源自东面扬子陆块西缘。这些前锋弧的后面，通过不同时期弧后扩张构成众多弧后盆地和岛弧（残余弧或微大陆）纵横间列的分布特征。

古今对比可以认为，在晚古生代—中生代早期阶段，三江地区应属多岛海构造格局，弧后扩张的同陆块（许志琴，卢一伦等，1988）。进入晚古生代—中生代早期，在其西南侧由弧后扩张演变为复杂的多岛海构造—地理格局。该阶段主要以发育岛弧或陆缘弧与弧后盆地为特征。追溯到早三叠世之前的晚二叠世时期，特提斯主体洋承袭着前寒武纪以来单向的向北东俯冲转变到晚泥盆世开始的双向俯冲而发展着。而在三江地区小洋因关闭形成的蛇绿岩和晚古生代火山弧均被造山。

三江地区该阶段的多岛海构造背景，对成矿作用及其分布特征起着重要控制作用。在具洋壳基底的弧后盆地中，可形成火山—沉积型铜矿；经弧后衰缩形成的蛇绿混杂岩带，在基性—超基性岩体可产出铬铁矿。在具陆壳基底的弧后盆地中，分布有碳酸盐岩铅锌矿和复理石建造金属预富集层。在岛弧地区，已知主要存在火山—喷气型铅锌银矿和斑岩铜矿（尕龙格玛铜多金属矿）。此外，在多岛海体系东侧的扬子陆块上，因弧后扩张导致二叠纪玄武岩喷溢，其中分别产出玄武岩铜矿（丹荣铜矿）。在挤压环境中与钙碱性岩浆活动有关的黄铁矿型铜—多金属矿床。

（三）特提斯阶段（ T_3-E_2 ）

主要表现为泛华夏大陆群与冈瓦纳大陆群的分裂碎块（印—澳板块）的汇聚，特提斯大洋岩石圈转化为大陆岩石圈，并进入陆内碰撞造山作用发展时期。重组后的三大陆块群间产生强烈陆内汇聚。

1. 晚三叠世（2.3 亿年前）—中侏罗世（1.75 亿年前后）

青海省特提斯洋加速扩张，使特提斯洋向南北两侧俯冲并走向消亡，致使藏滇板块和古欧亚板块拼合、碰撞、隆升、造山，形成欧亚大陆板块。

该阶段主要以形成滞后型岛弧与残留弧后盆为特色。岛弧带发育海相为主的弧火山—沉积物质，以巨厚浊积岩与频繁火山活动形成钙碱性火山岩为特征，在滞后型岛弧区还出现了磨拉石充填序列；弧后区以发育海相为主的弧后拉张火山岩与弧火山岩夹层等为特征。

中生代早期，新特提斯洋开始扩张并发育成熟，北特提斯洋北侧洋壳俯冲作用增强。晚三叠世—中侏罗世，新特提斯洋加速扩张，而古特提斯洋向南北两侧俯冲并走向消亡。受其影响，省域内海水已退缩到东昆仑以南地区，在祁连地区形成了残留海盆地，沉积了上三叠统一侏罗系陆相碎屑岩夹页岩、煤层、少量碳酸盐岩，在东昆仑南北坡、鄂拉山地区、共和—同仁地区则发育大量的上三叠统陆相中酸性火山岩及侏罗系陆相沉积岩，可可西里—巴颜喀拉山、唐古拉山北坡、西金乌兰湖—二道沟—玉树等地区形成上三叠统海相

碎屑岩、碳酸盐岩夹中基—中酸性火山岩。尤其在玉树地区上三叠统上部火山岩发育，在乌兰乌拉湖—沱沱河—当曲—子曲以南的唐古拉山区，发育有中—上侏罗统海相碎屑岩夹碳酸盐岩（说明侏罗纪时青海省的海域仅为西南一隅，其余皆为陆地）。同时伴有大量晚印支期—燕山期中—酸性岩浆侵入。

三叠纪时期，东特提斯泛华夏大陆弧—弧碰撞、弧—陆碰撞，其中大陆斜向汇聚碰撞作用在特提斯构造域是大洋岩石圈向大陆岩石圈体制转换的一种运动学和动力学方式。以泛华夏大陆群的扬子陆块为例，在增生作用之前，首先是以印度、保山、昌都及中咱微陆块与其相邻的岛弧发生弧—弧碰撞、弧—陆碰撞焊接成复合体系。然后与自东南向西北斜向楔入的扬子大陆发生汇聚碰撞，扬子陆块北缘从西秦岭向西在昆南、可可西里则表现为从中三叠世至晚三叠世的斜向连续碰撞过程。也就是说，扬子陆块的向西运动，才最终全面关闭了古特提斯洋的弧盆系统。特提斯海东缘的巴颜喀拉海槽由东到西和由北而南逐渐关闭，从早三叠世至晚三叠世早中期，整个盆地几乎全为复理石沉积，表明当时海盆与海平面升降呈小幅度高频振荡，导致沉积环境的频繁交替，又基本上保持在大陆斜坡至深海盆地格局的相对稳定。浊流沉积为一套以斜坡至深海盆地相为主的黑色缺氧沉积，成为金和多金属矿形成初始富集的最佳矿源层。后经碰撞、陆内汇聚，促使含金成矿溶液运移、聚集定位，也是金矿的赋存层位，形成区域上金矿成矿带。

随着羌塘—昌都微陆块不断地被火山弧的增生而长大，特提斯主体洋不断被消减和缩小，晚三叠世早期，金沙江洋和甘孜—理塘洋相继关闭（彭勇民等，2000）。甘孜—理塘洋的关闭产生了义敦弧后盆地，由于金沙江—哀牢山洋的闭合，发生弧—陆碰撞，昌都二叠纪弧后盆地转化为弧后前陆盆地，大部分地区缺失下三叠统，上三叠统至白垩系于弧后前陆盆地内沉积了由海相砂页岩与碳酸盐岩、砾岩、砂岩、泥岩转变为海陆交互相、陆相砾岩、砂岩和含煤岩系、含膏盐岩系组成。

2. 中侏罗世—始新世

中侏罗世开始，板块俯冲作用使特提斯大洋收缩，省内海水退尽。喀喇昆仑—丁青—澜沧江缝合带形成，南特提斯洋北侧沿雅鲁藏布江一线形成了俯冲带，开始走向消亡。青藏高原境内海相沉积历史结束，全部转为陆内演化的时期。陆内俯冲开始时，南面的俯冲板片插入到北面仰冲盘之下，俯冲角度可能很小，深度达不到长英质岩石部分熔融线，压力和温度的升高只能使俯冲板片内低晶格能的活动组分优先活化并形成流体，后向低压低温的浅部或断裂带迁移，并活化萃取通道附近的活动组分，在其经过的有利位置与围岩发生作用，从而可形成 As、S、Te、Sb、Hg、Ag、Au、Pb、Zn 等亲硫元素的矿化。随着陆内俯冲继续进行，俯冲角度变陡，俯冲深度达至长石质岩石组部分熔融线，则在陆内俯冲带近侧产生中—酸性陆壳重熔型花岗岩，并发生锡—多金属和稀有金属成矿作用。

在晚侏罗纪—白垩纪及冈底斯陆缘火山岩浆弧中广泛发育燕山晚期—喜马拉雅期复合型花岗岩及其同源喷发相的晚白垩—始新世火山岛弧型建造。

省域内整体隆升造山，并形成局部断陷盆地，沉积河湖相碎屑岩建造，且在同仁县南多禾茂地区发现有一套白垩系陆相中基性火山岩夹碎屑岩建造。在唐古拉山、西秦岭、柴周边等地有燕山晚期中酸性岩浆侵入活动。

贯穿了南特提斯大洋区的扩张形成和南特提斯大洋地壳的南特提斯大洋引起的冈底斯活动性陆缘及雅鲁藏布江缝合带形成，新特提斯洋洋壳从中生代初就开始俯冲，前期俯冲

的洋壳在岛弧下熔融形成岛弧火山岩，而后期洋壳继续生成，如今所见残留洋壳与岛弧火山岩之间有一定时差，即岛弧火山岩生成早，而结束晚。

体现为青海南部海相侏罗系缺失，冈底斯火山岩浆弧带、岛弧山脉及弧前、弧间和弧后盆地先后生成，与各构造单元对应的岩石组合。

中、晚侏罗世，青海省的北部仅在稳定地块中心形成相对坳陷，其他地区皆为造山剥蚀区。羌北坳陷区受拉竹龙—金沙江洋盆俯冲消减作用的影响而成为弧后盆地沉积，羌塘盆地是在前陆盆地基础上发育演化起来，早侏罗世发育一套岛弧成因的火山岩、凝灰岩和薄层硅质岩。中、晚侏罗世，由于羌塘大陆区域性沉降，到白垩世在风火山地区沉积了陆相磨拉石。

在乌兰乌拉湖—沱沱河—当曲—子曲以南的唐古拉山区，发育有中—上侏罗统海相碎屑岩，碳酸盐岩（说明侏罗纪时青海省的海域仅为西南一隅，其余皆为陆地）。

由于南特提斯大洋引起地壳深部壳幔物质的熔融和热运动，早白垩世在同仁—泽库地区有碱性大陆火山岩喷发，唐古拉山中酸性侵入岩带发生。从目前成矿事实主要形成化学沉积型和热液脉型有色金属矿产，同时可能存在与火山活动有关的矿产。

三、青藏高原的形成与隆升阶段的成矿作用

该阶段总体表现为青藏高原的形成与隆升。特提斯大洋产生、发展与消亡的过程中，青海省域内经历了多次的海侵与造山夷平活动，发生了翻天覆地的变化。但最终导致青藏高原隆升为世界屋脊的是印度洋扩张推动印度板块向北（欧亚大陆板块底部）俯冲作用的结果。

随着印度洋扩张，印度板块向北漂移，印度板块与欧亚块碰撞后，青藏高原地壳不断缩短、加厚，经历了一个抬升与侵蚀消长平衡、构造抬升与均衡隆升相互更迭、从缓慢抬升向快速隆升过渡的复杂的隆升过程。根据隆升性质、构造—热事件演化和地质建造特征，毕思文（1997）将高原隆升划分为三个阶段。

1. 俯冲碰撞隆升阶段（ $K_2—F_2$ ）

这是高原开始隆升的时期。标志着新特提斯洋的完全封闭和印度板块与欧亚板块的碰撞焊接。高原北部和东部处于隆起—剥蚀区，由于大规模走滑断裂，产生一系列拉分盆地，堆积了巨厚的含膏盐的河湖相红色碎屑岩系。

2. 汇聚挤压隆升阶段（ $E_3—N_1$ ）

始新世末期，印度板块与欧亚板块完全碰撞拼合，已经结合为一体的印度—澳大利亚板块的持续向北推移挤压和北部、东部刚性地块的阻挡，促使高原地区地壳大规模缩短、加厚，构造抬升与剥蚀作用处于动态平衡状态。

在青藏高原，由于强烈的陆内汇聚作用，地壳不断缩短、加厚并持续隆升，裂隙和逆冲—走滑作用产生一系列盆地，堆积河湖相含煤、含油碎屑岩及中基性火山岩喷发。

3. 均衡调整隆升阶段（ $N_2—Q$ ）

经过前一阶段的隆升和夷平作用，自上新世开始，青藏高原进入一个以大幅度整体隆升为主的新阶段，而且抬升速度有越来越快的趋势。上新世—早更新世仍以压应力为主，以构造抬升为主导；中更新以来，以张应力为主，以整体均衡隆升为主导。也标志着青藏高原自上新世以来经历了由缓慢抬升到快速隆升的过程。

在三江地区，转换造山作用形成醒目的构造—岩浆—成矿带，产生广泛的铜、金、铅、锌及稀土金属成矿作用，构成新的一次重要成矿期，不但对前期矿化起着明显的富集改造作用，而且更重要的是具有新生性和趋于大型化。

从第三纪开始，由于受印度板块向北俯冲的影响，青藏高原隆升、造山、地壳加厚形成“厚壳薄幔”“热壳冷幔”型岩石圈结构，导致早期断裂复活、逆掩、地震活动频频发生，并伴有中—酸性火山喷发与岩浆侵入活动使冈底斯带隆升并形在岛弧型火山—深成岩带，形成青海省喜马拉雅花岗斑岩，形成斑岩型铜钼矿成矿作用。此外，邻省自印支期在板块的缝合线，有与韧性剪切带有关的金矿床，如甘孜—理塘、金沙江缝合线中产出的金矿床。

第四节 各重要成矿带金属矿床成矿模式

本节在介绍青海省各成矿区（带）成矿特征的同时，也运用了近年来邻省（区）在找矿上的一些新成果，并从系统的角度进行了论述，以便于我们学习借鉴和拓宽今后工作的思路。

“三轮区划”项目根据全省的区域构造地质背景、成矿事实、物化遥异常特征划分了24个金属成矿区（带）和50个金属成矿亚区（带）。由于一些成矿带的成矿事实较少，其规律性不甚明显，成矿作用可以归并。本节将对以下六个重要成矿带的成矿模式作重点介绍。

一、北祁连地区成矿模式

北祁连地区是华北板块和柴达木—祁连板块的对接地带，是我国一个重要的构造成矿带。其内已发现铜、铅、锌、铬、钨、铁、金、钴、锰等金属矿产。北祁连地区金属矿产与火山岩关系密切。北祁连地区火山岩时代主要为中晚寒武世和奥陶纪的。中晚寒武世火山岩在西部主要为中基性熔岩和碎屑岩，火山活动以裂隙或喷发为主，形成的矿床小而分散；中部和东部则由基性和酸性的细碧角斑岩组成，显示双峰式特点；中部火山活动以裂隙式兼中心式喷发，东部则以中心式喷发为主，形成分异较好的火山岩系及大型块状硫化物矿床。奥陶纪火山岩分布广泛，其中以蛇绿岩上部的基性火山岩系为主，相伴产出有深海沉积的富炭泥质片岩、硅质岩，说明早中奥陶世北祁连区已广泛大洋化（夏林圪，1996）。此外，在门源以西广泛出露早古生代蛇绿岩下部岩系，蛇绿岩层序相对比较完整，门源以东则分布零星。受主要成矿地质作用及产出构造环境的影响，不同的矿种在北祁连东西段地区分布有一定的差别。Cr、Fe、W、Mo矿种主要分布在中西段，Pb、Zn、Ag多在中东段，Cu、Au矿床则遍及全区。

1. 中晚元古代与沉积作用有关的变质沉积铁矿床

矿床的成因类型为海相陆源—远火山源变质同生沉积矿床（变质沉积矿床）。矿石以碧玉—菱铁矿—镜铁矿组合为主，次有铁白云石—赤铁矿—磁铁矿—菱铁矿—方解石组合。含矿岩系原岩从下到上有碎屑岩→粘土岩→碳酸盐岩，呈明显的沉积旋回。铁矿体位于海侵序列的中上部，呈层状产出，与顶底板围岩整合产出，矿层上部及顶部具沉积层面构造，矿体与围岩都受到后期褶皱的控制。整个矿体在宏观上呈条带状分布，品位变化较

大，说明铁矿沉积形成于地壳相对稳定而又振荡的海盆边缘地带。矿床的贮矿地层为中上元古界。典型矿床有镜铁山铁矿床。

2. 晚元古代末—寒武纪与海底热液对流循环体系有关的铜、铅、锌矿床

中寒武世初，原始古陆壳的拉张，形成大陆裂谷型双峰式火山岩穹。裂谷系火山作用是元古宙大陆溢流火山活动的继续，仍起因于地球深处地幔柱物质的底辟上涌，导致岩石圈减薄而引发的大规模主动型大陆裂谷断陷拉张。为由中心式爆发—喷溢—喷出一侵入形成的大型双峰式火山岩穹，矿床直接赋存于火山岩穹中心，以白银厂铜铅锌多金属矿田为代表。

该类矿床是迄今为止北祁连最重要的成矿系列。白银厂矿田产于中寒武统细碧角斑岩系中，围岩为石英角斑凝灰岩。矿田明显受一个大破火山穹窿构造及火山地层岩相的控制，距喷发中心不远。矿体多呈透镜状、似层状，其形态和产状明显受后期剪切构造的影响。矿石主要为块状和浸染状，次为条带状和网脉状、细脉状。矿石矿物有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等。矿床中金属矿物总体有分带现象，从上向下为黄铁矿→闪锌矿、黄铁矿→黄铜矿、黄铁矿→网脉状浸染状铜矿→浸染状铜矿，从中心向两侧有含铜黄铁矿→含铜铅锌黄铁矿→浸染状铅锌矿，矿体群的大体分带是从近喷发中心向外为铜锌矿床→铜铅锌矿床→锌铅铜矿床→锰铁矿床（周维君，1990；宋志高，1982）。锰铁矿床一般产于和块状硫化物矿床相伴的硅质岩及锰铁建造中，属火山喷发间隙期的沉积产物。与白银厂同类型的矿床还有北祁连中西段的郭米寺、下沟、下柳沟等矿床。

3. 早古生代与蛇绿岩有关的铬、铜、镍矿床

矿床贮存于蛇绿岩下部的变质橄榄岩和堆晶镁铁岩—超镁铁岩中，以铬铁矿床为主，铜镍、钒、钛、金矿少量。侵位时代以寒武纪和奥陶纪为主。形成铬矿的岩体大多呈北西—南东走向的狭长带状分布于北祁连中西段，是早古生代板块俯冲带的残留洋壳部分。含铬岩体的类型主要有纯橄岩—斜辉橄榄岩型、纯橄岩—斜辉橄榄岩—橄榄岩型、纯橄岩—斜辉橄榄岩—单辉橄榄岩型等。多数为豆荚状矿体群。金和铂族元素矿（化）多与铬铁矿伴生，很少形成独立的矿床。成铜镍矿岩体的岩石类型一般为橄榄岩—斜方辉石岩—橄榄辉石岩。含铬岩体一般为铝过饱和系列， SiO_2 、 m/f 比值均高于成铜镍岩体，不同岩石类型的岩体成矿专属性各异（苟国朝等，1993）。代表性矿床有玉石沟、桦树沟铬铁矿床等。南祁连早古生代基本上属于陆内裂解环境，局部拉张出现洋壳，并形成大道尔吉岩浆分异型铬铁矿床。

4. 早古生代与岛弧火山岩建造有关的铜多金属矿床

该系列另一类重要矿床是红沟铜铁金银矿床。矿床位于北祁连南部火山岩带中段，贮矿围岩为上奥陶统扣门子组细碧角斑岩，以细碧岩为主要含矿层位，与白银厂矿床层位相反。矿体与围岩产状一致，一般呈扁豆状雁行排列、尖灭再现。矿石主要为含铜黄铁矿和块状磁铁矿，金银一般伴生在硫化矿石中。矿床中金属矿物也有一定的分带现象，自下而上为磁铁矿→黄铜矿、黄铁矿+磁黄铁矿→黄铜矿、黄铁矿→块状黄铜矿+黄铁矿（周维君，1990）。白银厂矿田由于产于一套分异完全的细碧角斑岩系中，整个分异的演化从基性→中基性→中酸性→酸性→富碱性，先富钠后富钾，而且基性火山岩含铅、碱都很高，具成熟岛弧火山岩的特点。红沟矿床产于分异不太完全的基性火山岩中，其岩石化学图解也表明属岛弧型或陆缘玄武岩，而且伴生的中基性、中酸性岩石类型较少，远不及白

银地区发育，应视为一种非成熟岛弧环境的产物（王集磊，1983）。

5. 早古生代晚期与钙碱性岩浆侵入有关的钨、钼、铋矿床

该成矿作用形成于北祁连洋壳消亡、柴达木—祁连板块与华北板块的对接期。在大量钙碱性岩浆岩侵入产生的高温，使古老地壳中的钨元素活化、迁移、富集形成脉状钨钼矿床。该类矿床组合包括接触交代型钨矿、裂隙充填型脉状钨矿、层间交代似矽卡岩型钨矿，主要成矿元素组合为 W、Mo、Be、Li 等，标型矿石矿物为黑钨矿和白钨矿。与成矿有关的岩体属壳型花岗岩中的中深成相高侵位岩体。岩体侵位的最高层位是下志留统，并被下石炭统不整合覆盖。代表性矿床有甘肃省塔尔沟钨矿床等。

与早古生代有关的矿产有裂谷期火山沉积的含铁砂岩和含绿泥石磁铁矿层，代表矿床为黑河北岸祁连县小沙龙一带。晚奥陶世，原先火山—沉积岩系中铜元素受构造—热液作用而活化，并起到一定富集作用，以细脉浸染状或含铜石英脉形式构成小型矿床或矿化点，它们星星点点分布在北侧的裂谷—海沟—火山弧带上，故该带成为寻找小型矿床的有利地段。

6. 晚古生代与脆韧性变形有关的构造蚀变岩型金、银、砷、铅、锡矿床

该矿床是近几年在北祁连新发现的矿床类型。矿床贮存于大型的脆韧性剪切带中。含矿地层为早古生代变质火山岩及火山碎屑岩，火山岩成分以中性为主，夹酸性火山岩。含矿火山碎屑岩副矿物内自然金出现率很高，但火山熔岩中自然金的出现率则很低。北祁连的寒武纪、奥陶纪火山岩中的构造蚀变带均有不同程度的金矿化，金矿床多产于中大型的脆韧性构造变形带中，伴生有用元素有 Ag、As、Pb、Sn 等。含矿围岩是有两次构造变形的碎裂糜棱岩。金矿体一般呈透镜状、似层状，矿体群多呈平行线状排列，单个矿体的内部结构标志的变化程度大于矿体外部形态标志的变化。在该类矿床中普遍有含金石英脉分布，因此矿石又有石英脉型和含金蚀变岩型两种，两者呈突变关系，一般经构造破碎后硅质胶结的石英脉含金量最高，具有两期矿化的特征。晚古生代，祁连山已与华北地块、柴达木地块、塔里木地块连为一体，构成了北邻古亚洲洋的冈瓦纳大陆的边缘。因此，祁连山晚古生代系陆内地质背景，但非稳定的构造环境，陆内局部伸张或挤压作用主要导致预富集贵金属活化和铜的改造作用等。寒山、鹰嘴山金矿床金矿化的进一步浓集品位提高。

该类矿床虽类型单一，但分布广泛，自北祁连西端的鹰嘴山，经走廊南山、冷龙岭均有发现。矿化规模很大。

综上所述，北祁连地区的成矿演化模式（图 3-1）为：新元古代末期北祁连开始裂解，拉张至寒武纪形成白银厂式大型铜多金属块状硫化物矿床，中寒武世末至早奥陶世，在中寒武世裂谷火山堆积岩带两侧沿其区域深断裂带连续拉张，南侧具洋中脊、洋盆，后碰撞拼贴形成蛇绿岩套，北侧为岛弧裂谷带，同时形成不同系列的火山岩系，由于火山岩浆流体在喷发强烈地段在火山机构有利环境的循环作用下，形成不同类型的块状硫化物金属矿床。随着新生洋壳发生俯冲并引起洋壳碎片向南仰冲拼贴于中寒武统火山岩系上，并产出蛇绿岩型块状硫化物矿床；北祁连西段，由洋—洋俯冲转换为洋—陆俯冲形成陆弧，下插冷板片与热地幔作用形成地幔羽上升至陆壳混染形成花岗质岩浆侵入陆壳浅部，侵入岩浆流体造成矽卡岩化和石英脉并形成钨（钼铜）矿；中东段洋—洋俯冲形成的成熟岛弧裂解产出黑矿型浪里克中型铜块状硫化物矿床，中晚奥陶世北祁连中东段弧后盆地扩张，产生弧后型过渡壳—洋壳相关的塞浦路斯型铜（锌）块状硫化物矿床。西段洋—陆

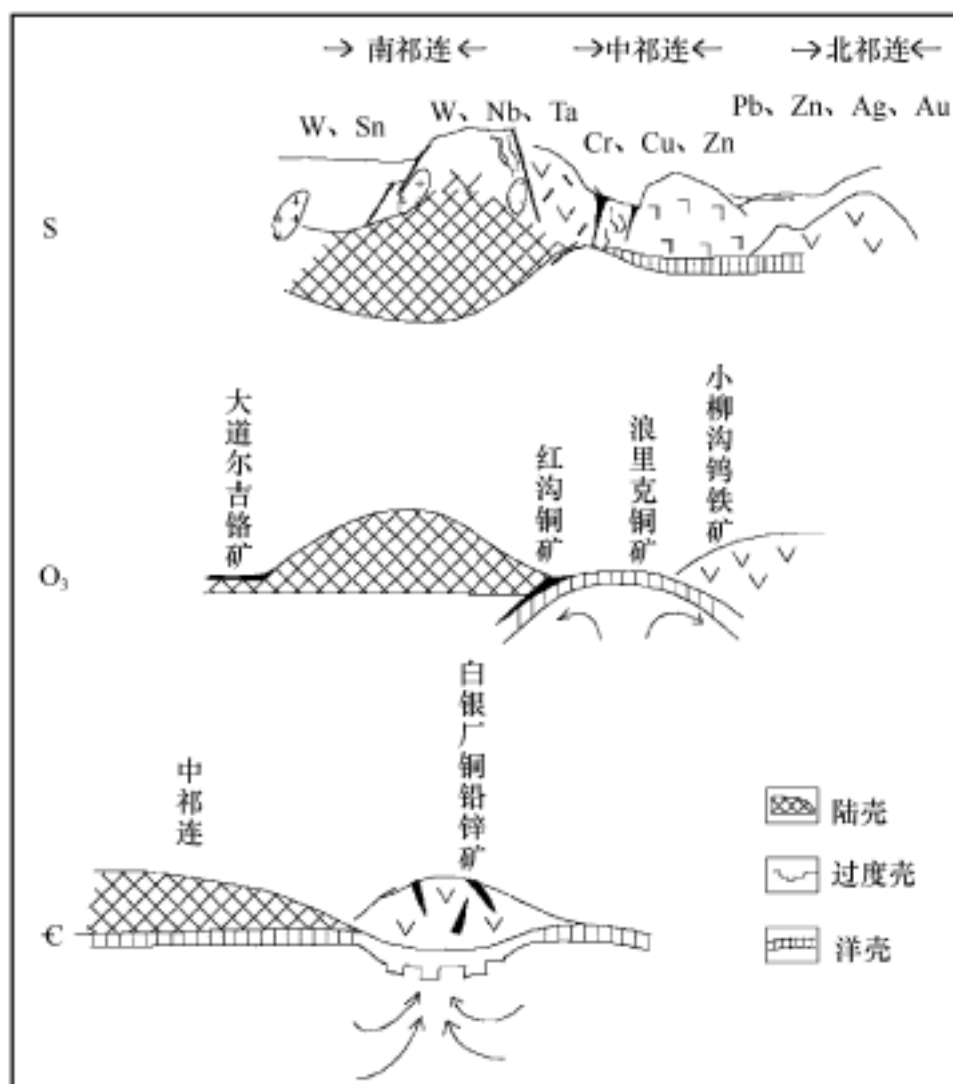


图 3-1 北祁连不同时代构造演化与成矿模式图

俯冲形成类似安第斯山的活动大陆边缘，在酸性岩浆作用下形成小柳沟矽卡岩—石英脉型钨（铜、钼）矿床，与此同时，最终陆—陆俯冲，下插板片翻转、拆沉，造成南祁连老地块形成类似北祁连西段活动大陆边缘的成岩成矿环境，有钨矿产生，并导致深地幔羽上升形成新的裂隙，有再次陆壳拉张型块状硫化物铜多金属矿床的形成，更多的是岩浆作用与构造作用相辅相成，促使金矿形成（李文渊，2004）。如活动大陆边缘的中酸性火山作用形成寒山浅成低温热液型大型金矿床。晚奥陶世在中祁连北缘局部发生岛弧环境，有块状硫化物矿床（扎麻什克东沟、红沟）形成。晚古生代—中新生代祁连山的构造动力与来自南部大陆向北运移相关（尹安，2001），并造成祁连山造山带的地壳增厚缩短，而形成造山型金矿床。

二、西秦岭地区成矿模式

西秦岭成矿带从古生代至三叠纪时期，该区经历南北大陆之间的 EW 向拉张裂隙海槽，其间充填了巨厚的古生界至三叠系的海相沉积，由于受南北大陆的水平挤压作用，形成 EW 向隆起和凹陷的古构造。三叠纪以后，发生南北大陆强烈碰撞造山的印支运动，使该区全面隆起成山。燕山期，受东部西太平洋构造域作用，与此同时，南北大陆联合进入陆内构造改造阶段，发生大规模由北向南的浅层滑覆和推覆构造活动。喜马拉雅期，受来自印度地块相对欧亚地块向北挤压形成 NNW 向构造（杜子图等，1998）。

区内沉积建造主要为呈构造岩片产出的古生界浅变质海相复理石建造及广泛分布的三

叠系深水浊流复理石建造。岩浆活动主要为印支期—燕山期同构造侵入的中酸性小岩体及岩脉。复杂的构造活动使该区成矿条件优越，在这种条件下，使该区矿产资源丰富，邻省贵金属矿产遍布。

西秦岭成矿带是南秦岭成矿带、北秦岭成矿带南亚带成矿作用在我省的延伸，从目前我省的成矿事实来看，主要为沉积岩容矿的汞锑矿床、卡林型—类卡林型金矿床，与中酸性岩浆岩有关的有色多金属矿。

成矿动力学环境在早古生代属于扬子大陆被动陆缘，而在晚古生代泥盆纪，由于勉略—石泉一线局限洋壳出露的裂谷作用，使南秦岭相对独立，且处于伸展裂陷环境。酿造的复理石建造中的热水沉积岩系和细碎屑浊积岩系中含金丰度较高，而碳酸盐岩台地边缘或生物建造边缘是汞锑与铅锌初始富集地段。印支期南北大陆的斜向碰撞，南秦岭海盆萎缩，碰撞型花岗岩较发育，燕山期进入陆内构造岩浆活跃发展的新阶段，印支—燕山期构造活动为南秦岭金、铅锌、汞锑沉积改造成因矿床系列提供了成矿动力学机制（王靖华等，2002）。

1. 沉积岩容矿的卡林型—类卡林型金矿床成矿模式

（1）矿床特征：矿（化）体主要赋存于中三叠统中，岩性为一套脆性的白云岩、粉晶质灰岩。细碎屑岩—碳酸盐岩建造为主要含矿建造，具有类复理石建造特征，地层由下三叠统碳酸盐岩和中上三叠统浊积碎屑岩组成。岩浆活动主要形成于印支晚期—燕山期，以花岗闪长岩为主，呈岩基、岩株和岩脉产出。岩体（脉）与矿床处于同一构造带、断裂带内，相伴分布。岩体中也见矿化和矿体，大小矿床都伴有岩体和岩脉，主要蚀变为硅化、赤褐铁矿化、方解石化。两近东西向断裂具长期性和继承性，切割深，控制了矿带分布，不仅是导矿而且是容矿构造。

（2）物质来源：该类型矿床为多元复成中低温混合热液型金矿床。成矿物质来源于含矿地层岩石或前含矿地层岩石、岩浆活动。成矿作用复杂，沉积作用、变质作用、构造变动变形作用、岩浆作用等参与成矿。成矿时间为印支—燕山构造运动期。

（3）成矿机理：在喜马拉雅古特提斯扩张活动影响下，使本区拉张裂陷加剧，晚古生代海盆沉积十分发育，致使以三叠系为含矿和容矿的浸染状金矿床，南秦岭陆壳内部和边缘出现不同性质海盆，由于同生断裂活动，不同程度地发育火山凝灰物质、火山熔岩和热水沉积岩，随着火山和热液活动，使 Au、Ag、Pb、Zn、As、Sb、Hg 等成矿物质带入海盆，在盆地发育的类复理石建造中形成特定岩相的含矿岩系，为本区微细粒浸染型金矿床形成奠定了成矿基础（张复新，1997）。来自地层、热水溶液、大气降水组分，通过多期构造作用改造使地层中的汞锑活化迁移，经改造的含矿热液携带成矿物质在断裂带内富集成矿。

与汞锑矿或汞锑矿带密切共生的一类浸染状金矿床，成矿元素组合为 Au—As—Sb—Hg—Ba，与美国卡林型金矿可以完全类比（潘彤等，2004）。由于该类型金矿床的较广泛出现，使“西北金三角”可称为卡林型金矿床聚集区。邻省在泥盆纪地层中发现金龙山—丘岭、庞家河大型金矿、二台子小型金矿，在三叠纪地层中发现鹿儿坝、东北寨大型金矿。该金矿床以富砷矿石为特征，自然金均以次显微状赋存于含砷黄铁矿、毒砂、砷黝铜矿中。矿床形成受断陷盆地同生断层控制的半深水浊积含矿岩相和后期叠加于有利含矿岩相上的韧—脆性剪切构造的双重控制，矿床具有层控性，显示明显的低温热液矿床特征。

2. 与中酸性岩浆岩有关的有色多金属矿成矿模式为

与中酸性岩浆岩有关的有色多金属矿床成矿作用表现为多期性和在中生代集中成矿的特点。成矿作用主要为矽卡岩型和岩浆热液型，并伴生金矿。晚期成矿作用多表现出强烈的叠加改造，并成为西秦岭造山带最重要的成矿时期。

西秦岭地区的成矿模式如图 3-2。

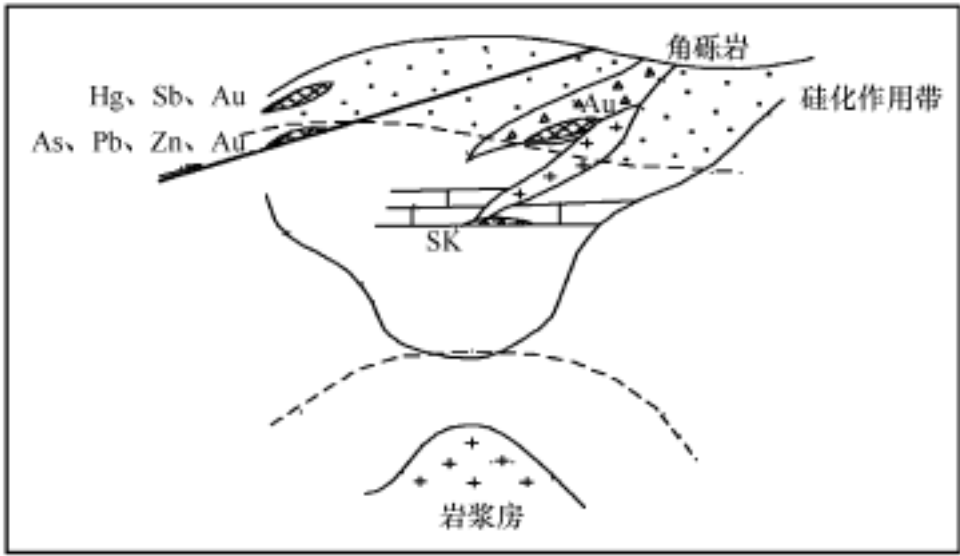


图 3-2 西秦岭地区成矿模式

三、拉脊山成矿带成矿模式

拉脊山构造带是祁连造山带中一条重要的构造带，在各构造旋回中，经历了裂谷和多阶段造山的大地构造演化。古陆块在裂解过程中因离散速度的快慢差异，各构造单元无论在东西走向上，还是在南北不同构造带上，都具有不同属性。陆壳在裂解过程中其离散速度较慢而发育为裂谷带。成矿时代集中在寒武纪—奥陶纪，以寒武纪为主。

1. 成矿规律

据邱家骧等（1996）研究，其成矿规律为：

（1）成矿矿种多样性。有铬—铁矿、铁—镍矿、铁—磷矿、铜—镍矿、铜—多金属矿。

（2）成矿专属性。尽管各矿床控矿因素较复杂，但岩浆岩对其控制最明显，表现在岩浆类型与矿化类型的对应关系上：镁铁超基性岩—铁镍矿，如元石山大型铁镍矿床；富碱超基性岩—铁磷矿，如上庄大型铁磷矿床；基性杂岩—铜镍矿，如拉水峡铜镍矿；钙碱性中酸性岩—铜多金属矿；如泥旦山、天重峡等铜多金属矿。

（3）成矿具多旋回性。拉脊山于早古生代经历了拉张—海侵、挤压—造山的全过程，伴随超基性—基性—中性—酸性的岩浆活动过程，成矿作用则经历了铁—镍、铁—磷、铜—镍、铜—多金属的过程。构造旋回控制了岩浆旋回，岩浆旋回控制了成矿旋回。

（4）成矿层控性。由于裂谷扩张，伴随地幔岩的熔融、对流、分异，形成超基性—基性的层状堆积体，铬—铁矿、铁—镍矿、铁—磷矿成矿于层状堆积体中。随着基—中性岩浆喷发后的中酸性岩浆侵入，在接触带及破碎带的矿化主要赋存上寒武统。

2. 大地构造动力学演化

（1）裂谷演化阶段：震旦纪至早寒武世，拉脊山地区与北祁连海槽并不相连，拉脊

山是发育于中祁连地块内部的滨浅海盆地；中寒武世出现裂陷拉张，形成陆内裂谷盆地；中寒武世时边界断裂开始形成，断裂深度不大，只出现海盆，规模很小，直到晚寒武世时才成为真正的洋盆；晚寒武世中期进入拉张鼎盛时期，枕状熔岩喷溢活动极为频繁，形成半深海陆间裂谷盆地，此时有底辟型超镁铁岩侵位。早、中奥陶世转为汇聚—闭合阶段，出现岛弧火山岩套，并有巨砾岩滑塌沉积，进入浅海环境。晚奥陶世进一步闭合汇聚，但奥陶纪时两边界断裂转为压性，导致了洋盆的收缩，使拉脊山洋盆发育时间短，故蛇绿岩套仅限于 C_3 ，规模很小，后期变形也不强烈。由于洋盆是在陆壳上开裂形成的，岩浆上升穿过陆壳，捕虏、同化大量大陆基底岩石，使岩浆演化中不仅有分异作用，并有强烈同化混染作用。拉脊山蛇绿岩套仅是小洋盆的残片（杨巍然，2000）。

同时局部出现反跳拉张环境，有晚期超镁铁岩贯入，在反跳的深层剪切带部位有花岗岩浆生成。早志留世，为以“V”字型向外两侧逆冲为特征的挤压造山，并有花岗岩浆活动，相伴出现海相磨拉石盆地（左国朝等，2001）。

（2）陆内多期造山阶段：晚古生代以来，本区进入陆内构造发展新时期，当晚志留世至中泥盆世经历长期剥蚀夷平的稳定期后，晚泥盆世，古拉脊山的“V”型造山断裂系统又重新复活，并块断造山，致使拉脊山处于块断造山的地堑部位，接受了山间拗陷陆相磨拉石堆积。石炭至三叠纪再次出现长期剥蚀夷平作用，直至早、中侏罗世转为伸展拗陷期，出现陆相河流、湖泊盆地。早白垩世湖盆覆盖了全区。新第三纪末（3.0Ma）以后，青藏高原隆升并向北推移（马宗晋等，1998），拉脊山一带才开始不均匀缓慢抬升。

3. 拉脊山地区成矿模式

在元古宇祁连山克拉通拉薄，形成拉脊山盆地，中—晚寒武世地幔柱作用诱发大陆裂谷环境，而其地幔柱可能发生于核幔边界，是超地幔柱作用的结果，拉脊山盆地拉开成裂谷。拉张环境下由于地幔柱（或热点）上涌，相应岩石圈减薄造成的高热流背景，以及拉张环境下地表和浅部存在的巨大岩浆体，都可以作为“热引擎”或“热中心”诱发产生岩浆熔离矿化作用。更多的是岩浆作用与构造作用相辅相成，促使铁—镍、铁—磷、铜—镍、铜—多金属矿床的初步形成。晚古生代以来，本区进入陆内构造发展新时期，致使拉脊山处于块断造山，构造和岩浆活动使矿床进一步富集，在有利的成矿部位赋存（图3-3）。

四、东昆仑成矿带成矿模式

东昆仑地处两大构造单元（华北、华南板块）的拼接、碰撞部位，其复杂的地质、构造组合及大地构造演化，多期俯冲、拼合、碰撞，经历了多期复杂的构造、岩浆活动和成矿作用，多方面地质特点与其他造山带有所不同，多期构造、岩浆活动、成矿流体的丰富交换是该区复杂多变成矿作用的基础，独特的成矿作用、矿床成因类型和成矿后矿床的保存成为该区的一大特色。

（一）东昆仑成矿地质背景

根据研究区的地质特征，以昆北、昆中、昆南三条断裂为界，划分为东昆北加里东弧后裂陷带、东昆中基底隆起和花岗岩带及东昆南复合拼贴带（大洋玄武岩高原、陆块拼贴带）。

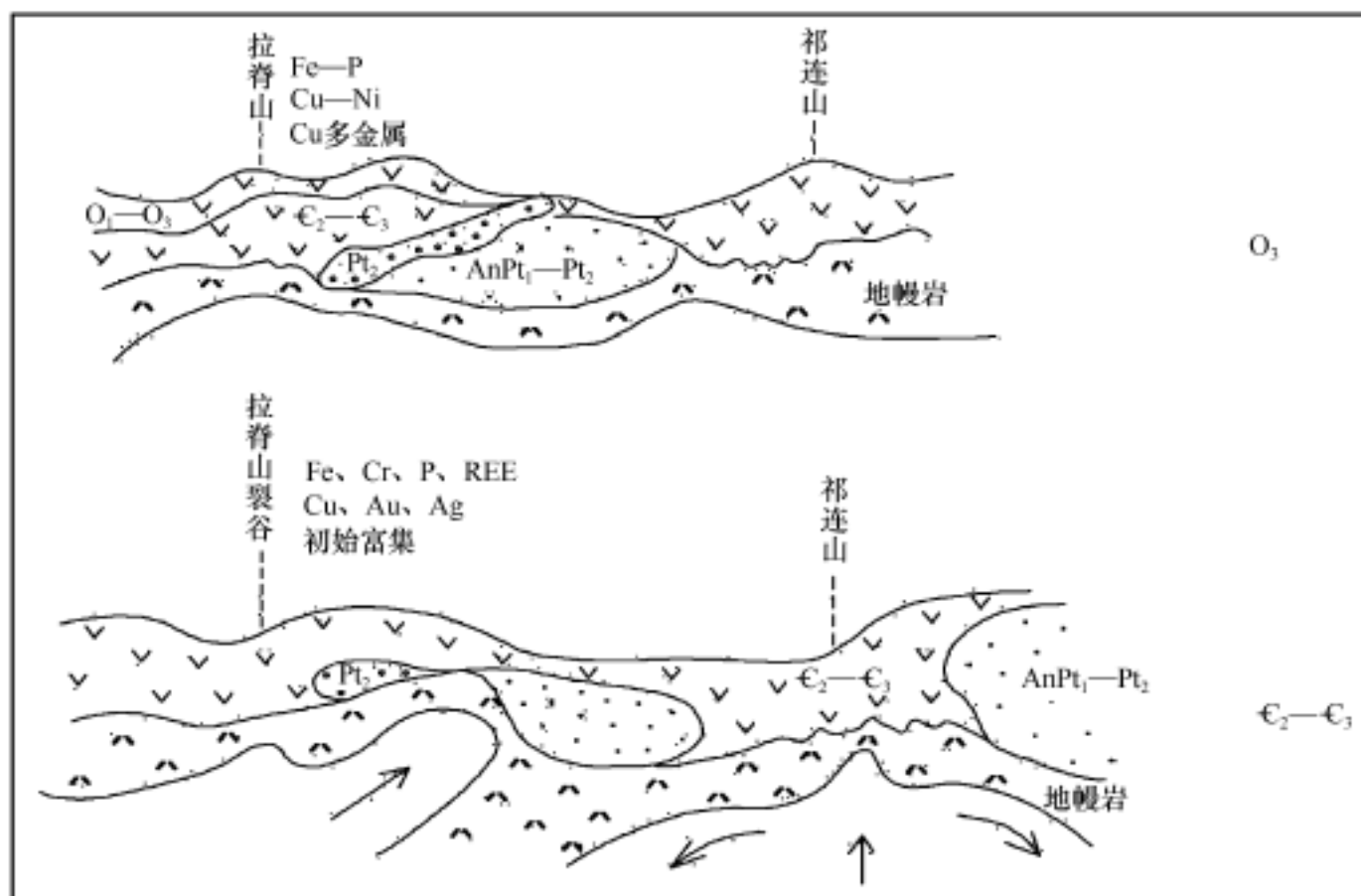


图 3-3 拉脊山地区成矿模式图

(据邱家骥, 1996)

1. 东昆北加里东弧后断陷带

位于昆北断裂以北，古生代在前寒武纪结晶基底基础上发生强烈的弧后拉伸裂解作用，形成弧后裂陷槽海底火山喷发沉积环境。其火山岩建造具陆内裂陷槽的双峰式成分特点表明当时陆块裂陷是很有限的，并没有达到大洋程度，昆北带明显缺失下泥盆统和志留系，表明祁漫塔格裂陷槽经历短暂的拉张后，迅速闭合，导致海底喷流沉积作用相对较弱。晚奥陶世火山—沉积建造是该区钴、铅、锌、铜、金、银、铁矿的重要赋存层位；晚石炭世缙歙苏组为一套浅海—滨海相的碳酸盐岩，是铜、铅、锌等矿产出的主要层位；区内广泛出露晚三叠世陆相中酸火山碎屑岩夹碎屑岩。本区的地层成矿条件良好，部分作为矿源层、部分作为成矿围岩建造均有很好的成矿基础。

在漫长的地质演化历史中，不同的大地构造演化时期、构造事件、岩浆热液活动为该区的成矿奠定了良好的成矿基础，多种型式的构造格局的演变，不同环境下有不同的成矿动力学，造成了不同类型的成矿作用，导致多种成矿类型的叠加，从而形成多种类型的矿床。

2. 昆中基底隆起和花岗岩带

位于昆北和昆中断裂之间，基底变质岩和各期花岗岩均有大面积出露。汇聚阶段花岗岩的岩石化学特点是低碱、低钠和铝过饱和，反映了一种由非岩浆型被动陆缘的碎屑岩建造重熔而来的岩浆特点。

依据柴达木板块内部岩石建造恢复的古构造演化为：震旦纪时，其处于伸展拉伸环境；寒武纪—中奥陶世，为稳定台地—陆棚相，该时期柴达木及邻区岩石圈进一步伸展，在震旦纪克拉通边缘和内部裂陷槽的基础上，地幔物质侵位形成洋壳，发展成被动大陆边

缘盆地—大洋盆地；晚奥陶世—中泥盆世，柴周边早期的扩张洋盆相继转化为沟弧盆体系，洋壳俯冲消减，洋盆分别于加里东晚期—海西早期的不同阶段闭合消亡，总体由拉张序列盆地转化为挤压序列盆地，至石炭纪时稳定下来，形成统一的柴达木板块。在柴达木板块南部边缘仍存在大洋盆地——南昆仑洋，南昆仑洋的发育和闭合过程在很大程度上控制了晚古生代—早中生代柴达木盆地的构造，也控制了本成矿带的地球动力学演化。

3. 复合拼合带

位于昆中和昆南断裂之间，为一复杂的大洋玄武岩高原和陆块拼贴带。

昆南断裂以南为巴颜喀拉印支期褶皱带。长期以来经历了复杂的地质演化过程。从新元古代开始为发育多洋岛的大洋环境，直到早古生代晚期洋壳才发生自南向北的俯冲造山作用，且沿昆中断裂直接拼贴到柴达木地块之上，在闭合造山后，又经历了印支、燕山两期主要的造山活动。

晚古生代区内为主动性大陆边缘，形成一套钙碱性火山岩，是巴颜喀拉洋俯冲形成的弧火山岩，晚古生代—早中生代巴颜喀拉洋俯冲、最终闭合，伴随巴颜喀拉洋的消失，陆—陆碰撞开始形成钾玄岩系列岩石，并同时形成晚古生代—早中生代侵入岩带。晚古生代—早中生代是一个连续演化的过程，反映了巴颜喀拉洋连续的俯冲过程。

新陆壳在活化期过后进入稳定期，稳定期后的基本态势是保持大陆板内状态，主要事件是盆岭分化，沉积磨拉石。进入中生代后，由于南北向挤压及深部壳—幔作用的影响，板内壳下仍有一些热点生成，构造活化。

（二）东昆仑构造带动力学演化

1. 前加里东期构造演化

在加里东运动之前，柴达木地块南缘昆北、昆中带的位置尚未分化成现今的南北构造格局，两者同属柴达木地块南缘。其经历前寒武系地台的形成、古陆裂解—聚合。中元古代时期清水泉附近开裂，形成规模不大的小洋盆，至新元古代该小洋盆关闭。柴达木地块南缘裂解出苦海古陆，在小洋盆闭合过程中，形成了新元古代花岗岩。柴达木南缘此次开裂活动，对东昆仑地区产生了局部的影响，主要表现在东昆仑东段。

2. 中新元古代万宝沟大洋玄武岩高原的形成

万宝沟群分布局限于昆中断裂以南、昆南断裂以北的东昆南复合拼贴带中。万宝沟玄武岩的年龄数据显示万宝沟群经历了从中元古代末形成到新元古代震旦纪这一漫长的历史。

结合前人的资料，万宝沟玄武岩显示了大洋板块内部的大洋玄武岩高原的特点，与中元古代末期的地幔柱构造活动有关，因大洋板内玄武岩活动受地幔柱控制，该地幔柱活动区在远离柴达木地块的大洋中。玄武岩高原台地并未露出水面，形成后没有强烈的构造、岩浆活动、形成相对稳定的沉积环境，水下玄武岩台地接受了后期的碳酸盐和碎屑岩沉积。

火山喷发强烈的时期，可能是东部岩石圈减薄作用最为强烈、软流圈（甚至更深部）的物质和能量上涌最为剧烈的时段。

3. 加里东期东昆仑构造演化

加里东期柴达木盆地南缘大洋进入原特提斯洋阶段，整个构造演化进入重要的转折期，此时柴达木南缘已经演化成活动陆缘，并形成了相应的构造和岩浆活动。

(1) 柴达木地块南缘沟—弧—盆体系：随着新元古代末期 Rodinia 超大陆的裂解 (800 ~600 Ma)，该区演化也进入非常活跃的时期，随着原特提斯洋的进一步扩张、演化，在早古生代后期原特提斯洋洋壳开始由南向北沿现今的昆中断裂附近向柴达木地块俯冲。至此，柴达木地块南缘由被动陆缘转换成活动陆缘，此时该地块南缘开始从统一的构造带发生南北分化，形成昆北、昆中构造格局。随俯冲作用的进行，在柴达木地块的南部边缘（即现昆中断裂的位置）形成海沟。现昆中断裂和昆北断裂之间的昆中一带演化成活动陆缘弧，而昆北一带形成弧后裂陷。

现今的昆北一带，随俯冲过程中的地幔上涌，在 O—S 期间形成弧后拉张环境，在前寒武纪变质结晶基底之上，形成弧后裂陷槽，接受了滩间山群火山沉积和碎屑沉积。滩间山群具有双峰式火山活动，反映了弧后拉张裂陷盆地（裂谷）的特点。

昆北带明显缺失下泥盆统和志留系，表明祁漫塔格裂陷槽经历短暂的拉张后迅速闭合，导致海底喷流沉积作用相对较弱。

早古生代晚期，由基底陆壳拉张减薄后发展起来的夭折裂谷封闭造山。地壳演化趋势是地壳减薄，渗透性增加，上地幔物质愈来愈多参与壳幔相互作用，地壳成熟度降低。

本区大地构造位置属东昆仑造山带的次级构造单元——昆北早古生代弧后裂陷槽。从地质背景看，又处于古老的柴达木地块西南边缘裂陷部位，构成三盆两岭的构造格局，独特的盆—岭构造格局为成矿提供了良好的空间环境，同时也为矿床形成后的保存提供了良好的条件。古老地块边缘是壳幔作用最活跃，能量交换积极频繁，成矿流体广泛交换、频繁活动，成矿物质活化、迁移和富集的场所，祁漫塔格是东昆仑地区成矿作用最明显的地区之一。

(2) 万宝沟玄武岩高原沟—弧体系：昆中断裂以南的昆南带中，在万宝沟群之上还发育早古生代的纳赤台群，结合其他资料，纳赤台群火山岩可能形成于万宝沟玄武岩高原的弧—盆体系中。

Condie. K. C (2001) 在研究了世界范围内重要的大洋高原基础上指出，某些（甚至可以说绝大多数）大洋高原在其边部形成弧沟体系，如 Ontong—Java 高原南缘的 Solomon 岩浆弧。结合前面的分析和国际上新的研究进展，万宝沟大洋高原在形成以后和与柴达木地块拼贴之前的早古生代期间，存在不同于柴达木地块南缘的弧—沟体系，并在该玄武岩高原的岩浆弧上形成了纳赤台群火山岩、碎屑岩和碳酸盐建造。

早中志留世，在万宝沟大洋高原的拉伸区，形成了一套热水沉积建造——硅质钠长质岩，控制了驼路沟大型钴矿床的产出。

总之，在加里东期，柴达木地块和万宝沟大洋玄武岩高原之间的洋壳同时向北和向南两个方向俯冲消减，大大加速了该玄武岩高原向柴达木地块的拼贴速度，到志留纪时期万宝沟大洋高原已经离柴达木地块距离较近。

(3) 东昆南复合拼贴带的形成：万宝沟大洋高原在晚加里东期拼贴、增生到柴达木地块之上。随着洋壳的进一步俯冲，在加里东末期，万宝沟大洋高原沿昆中断裂的位置拼贴到柴达木地块之上。如前所述，大洋玄武岩的地壳厚度要明显大于典型洋壳厚度，当玄武岩高原接近海沟时，由于玄武岩高原的浮力，使俯冲作用很难进行，除开始期部分玄武岩高原随洋壳俯冲到柴达木地块之下而使万宝沟群的玄武岩减薄外，该高原的主要部分拼贴增生于柴达木地块之上，甚至发生仰冲作用，此时沿昆中一带的俯冲作用停止，洋壳俯

冲带向南迁移。

万宝沟大洋高原拼贴、增生的结果造成东昆南复合拼贴带形成及东昆仑早古生代弧后裂隙槽闭合。

此外，东昆仑东段新元古代与柴达木地块拼贴后，又裂解开的苦海古陆，可能在万宝沟大洋高原拼贴增生到柴达木地块后，也随之再次拼贴到柴达木地块之上，其拼贴增生并未引起大规模的构造作用和岩浆活动，这次拼贴与万宝沟玄武岩高原拼贴时间差别不大，苦海古陆的分布主要集中在东昆仑东段。加里东期运动以后，东昆仑地区南北三分的构造格局已经形成。

(4) 海西—印支期构造岩浆活动:

A. 海西期—印支早期安第斯型造山活动时期进入古特提斯海演化阶段，海西期与印支期之间没有明显的间断，海西与早印支处于连续的演化过程。

晚古生代区内为主动性大陆边缘，形成一套钙碱性火山岩，是巴颜喀拉洋俯冲形成的弧火山岩，晚古生代—早中生代巴颜喀拉洋俯冲、最终闭合，形成钙碱性岩浆弧和高钾钙碱性火山岩带，为俯冲作用形成的钙碱性和高钾钙碱性火山岩，并且伴随巴颜喀拉洋的消失，陆—陆碰撞开始形成钾玄岩系列岩石，并同时形成晚古生代—早中生代侵入岩带。晚古生代—早中生代是一个连续演化的过程，反映了巴颜喀拉洋连续的俯冲过程。

从晚古生代的石炭纪开始，随洋壳俯冲作用，形成了与之有关的火山喷发和岩浆侵入，直到早印支期（三叠纪初），巴颜喀拉—阿尼玛卿洋闭合，整个东昆仑岩石圈加厚，并上升成陆，此时该区进入陆内活动阶段。至早印支期后期，洋壳俯冲作用停止，巴颜喀拉洋封闭，整个东昆仑地区转入陆内活动阶段。

B. 印支晚期的岩石圈拆沉和幔源岩浆底侵作用

东昆仑地区进入印支晚期以后，开始发生强烈的壳—幔相互作用，幔源岩浆活动广泛，尤其形成一系列镁铁质—超镁铁质侵入体，在东昆仑地区普遍存在，绝大多数以小岩株和岩脉形式产出。这些侵入体的出现可能是区内特提斯洋在早印支期闭合后，软流圈—岩石圈系统的作用，在加厚的陆壳底部发生幔源岩浆底侵或岩石圈发生拆沉作用，整个地区表现为挤压造山体制转化为拉张减薄的动力学体制。因此，可以认为印支晚期是东昆仑地区构造体制从挤压造山作用体制向造山后拉张体制转换的重要时期，控制了区内幔源、壳幔混源岩浆活动和大量热液矿床的形成。

由挤压环境下的分散状态变为拉张环境下的分异聚集，从而有利于成矿物质被同构造期流体萃取参与成矿作用。强烈伸展以至于岩石圈发生拆沉使得岩石圈内的正常热结构被强烈扰动，地壳和岩石圈地幔被大幅度加热，壳内形成多级岩浆房，热流传输以对流方式占主导，这个被扰动的热状态对驱发成矿作用具有重要意义（邓晋福等，1999）。

从全球构造背景来看，Pangaea 超大陆在印支早期形成（235Ma），并在印支晚期开始初始裂解（224Ma），也就是说印支晚期在全球范围内也是从挤压构造体制向伸展构造体制转化的重要转折期。因该期活动中大量的物质、热能被带入到地壳中，使印支晚期成为东昆仑地区最重要的热液矿床形成期，由于时代离现代近，保存条件较好，且作用范围覆盖整个东昆仑地区，因此印支晚期热液成矿作用形成的热液矿床在东昆仑地区具有巨大的找矿潜力。

（三）东昆仑地区金属成矿模式

东昆仑地区受上地壳的演化及所处地质环境制约，使东昆仑地区富含有色金属元素。复杂的区域动力学环境，使该地区火山作用频繁，加之多次构造运动，使变质作用、构造变形多次发生，造成矿床现今的局面。综合矿床的含矿建造、成矿动力学、构成变形、典型矿床成因，东昆仑地区的金属矿成矿时间集中于震旦纪—寒武纪、奥陶纪、石炭纪；金属矿成矿区域分布于东昆仑北带、东昆仑南带。矿床成矿模式为（图3-4）：

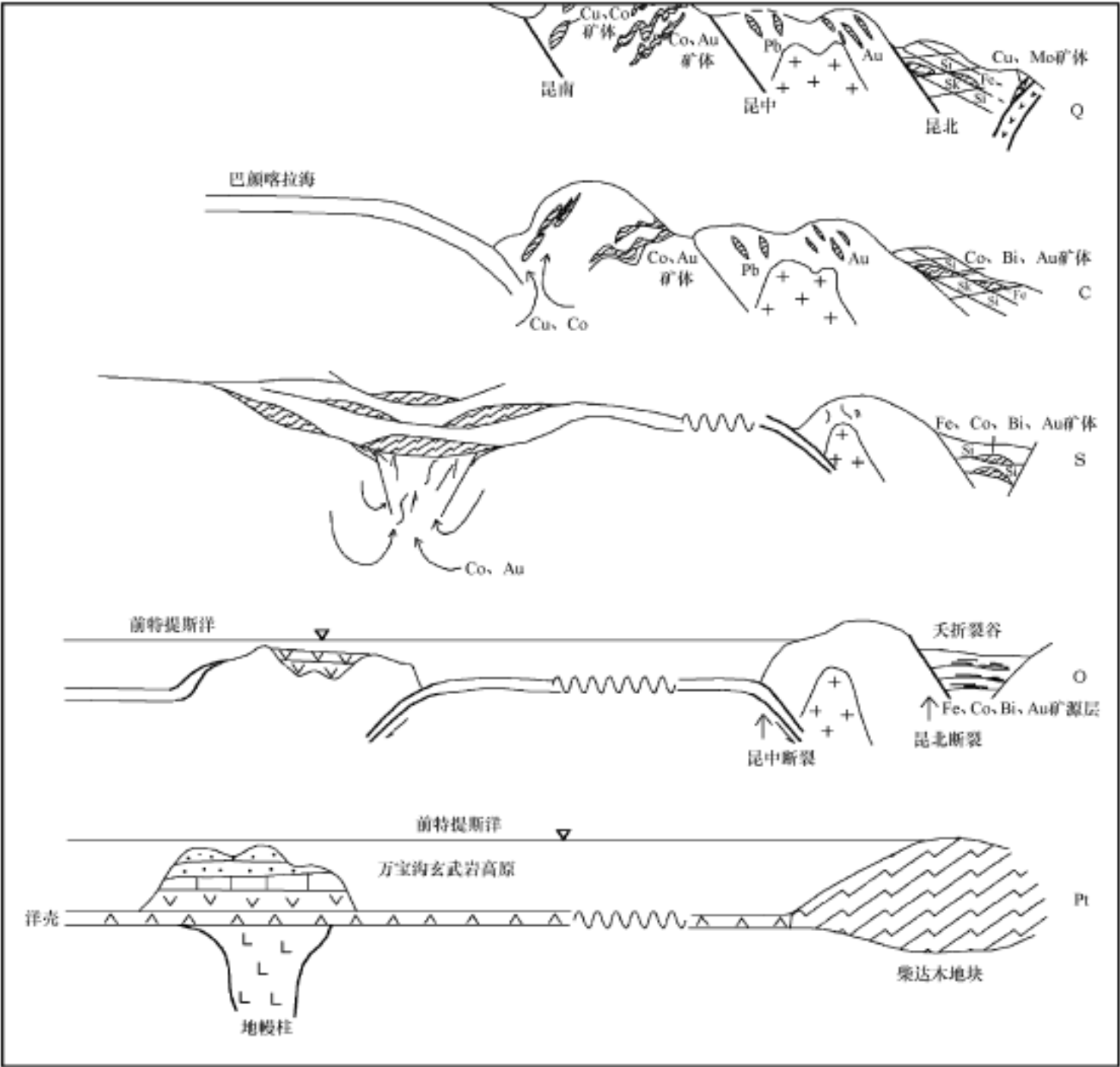


图 3-4 东昆仑地区金属矿成矿模式

1. 提供矿质来源和矿源层

前原特提斯洋中由地幔柱活动形成的大洋玄武岩高原，在中新元古代就开始了热水活动，随着开裂加深直至下地壳或上地幔，引发了基性火山喷发，环境虽有所改变但热水活动仍继续进行，这不仅表明热水活动独立于火山作用之外，而且表明二者同为拉张构造环境控制下的“兄弟”关系。从它们形成热条件看，产生火山岩浆需要上地幔或地壳重熔，要求温度较高，而热水产生则要求温度较低、较宽，因而热水作用发生条件比火山活动更

广泛。

在昆南地区发生过长时间的、规模宏大的热水沉积和海底喷流作用。正是由于这种海底热水喷流作用，将深源或下部太古宙岩层中的钴、铜等成矿元素带入海盆，并在热水喷流口附近沉淀富集，形成初始层状矿体或矿源层，为东昆仑金属矿床的形成奠定了物质基础；海底热液系统由两个垂向上分离的对流循环胞构成，下部为热卤水层，加热并驱动上部冷的海水循环胞（Hou Z, 1996）。卤水层因高热和高盐度可作为稳定介质，并通过其与海水层界面进行热和物质（盐和金属组分）扩散。但认为卤水层的高盐度部分是由于海水在临界下发生相分离结果，部分来自岩浆水贡献。热卤水的性质类似于壳下玄武岩浆。在稳态条件下，因其密度较大，而稳定地处在上部低盐低温海水单元之下。岩浆或构造事件，Bischoff J（1989）可扰乱卤水与海水的双扩散状态，海水向卤水注入势必导致卤水密度降低而出现重力不稳定性，从而穿过“密度窗”向上运移并与循环海水混合，形成较高盐度富含金属物质的热液流体。

早古生代奥陶系夭折裂陷槽形成，海水自西向东浸入，局部形成封闭还原环境，同时，断裂的深切为深部热源和含矿热卤水上升喷流提供了通道。海水沿断裂下渗，加热并萃取深部成矿物质，形成含矿热卤水，然后上升喷流形成热水喷流沉积岩，并沉积 Fe、Co、Bi、Au 等成矿元素于硅质岩和沉积碎屑岩中，为后期改造成矿提供了物质基础。热水喷流沉积作用携带了众多 Fe、Co、Bi、Au、Cu 等多种成矿元素，该时期由于构造环境改变较快，裂陷环境活动时短、热动力能量相对较小，该期成矿作用仅是成矿元素的预富集，因而并未形成同沉积矿床，仅仅是形成了较富集的矿源层，为后期热液改造成矿奠定了物质基础。

晚古生代受巴颜喀拉洋向北俯冲作用，由于断裂向下切割较深诱导深部物质上涌，出现海底热水作用，并带来成矿物质，形成富含铜、钴、碳、钼等元素的热水沉积岩。由于海底喷出的热水具有强还原性，使喷流口附近成为强还原缺氧环境，铜、钴等多金属元素硫化物矿体；导致在热水沉积物中出现碳元素的聚集，长时间的、规模宏大的海底热水喷流作用，并在热水喷流口附近沉淀富集，形成初始层状矿体或矿源层。

2. 区域构造改造、变形、叠加

（1）早期变质阶段的动力热变质成矿方式：硫化物层内的“流化作用”、块状矿体的塑性变形、变质热液活化脉形成，多期构造运动的区域变质变形在使富含硼、碳的粘土岩发生变质作用的同时，还使初始矿层或矿源层中的钴、铜、金等元素或矿物发生重新结晶，形成层状矿石；区域变质期间的变质热液又使初始矿层或矿源层中的钴、铜、金等元素及硅发生活化、迁移，在有利的构造部位富集沉淀形成含钴、铜、铅、锌硫化物、砷化物矿体。

（2）晚期变形阶段改造成矿方式：许多 Sedex 矿床产于构造变形带中，构造样式为“褶皱 + 逆断层”系统。本区以钴为主的多金属矿床多具有这种特点，存在大量变形构造、改造热液脉以及透镜体的叠置现象。沉积物的“改造”成矿作用既可发生于成岩后的另一次或多次地质作用，也可发生于成岩阶段本身，且可发生成矿物质的重新分配和迁移富集。很明显，改造作用不是变质作用，且改造作用一般不包括后期岩浆作用的叠加。沉积—改造模式的矿床，从时间上来说可形成于成岩阶段或成岩后的地质事件；从空间上来看，金属在改造过程中发生了转移，不是原地成矿；在成矿方式上，主要是通过流体携

带金属运移而成矿。

五、鄂拉山地区成矿模式

(一) 区域成矿地质背景

该成矿带为青藏北特提斯造山系斜截东昆仑晚加里东造山带，并与之毗连的构造单位。由北面的兴海弧形体和南部沟里—苦海楔形体复合而成，是两期褶皱构造的叠加产物；早期石炭纪—早二叠世的活动型沉积，经过晚二叠世的整体隆升和期末的挤压造就成晚华力西褶皱基底（含同造山期闪长岩类和花岗岩类侵入体），相继整体沉降接受早、中三叠世活动型沉积，中三叠世晚期再次整体隆升和挤压褶皱，形成晚华力西、早印支复合造山亚带；造山期后的直接盖层是晚三叠世大陆型火山喷发活动形成的火山岩地层，以及与火山活动相伴的次火山或潜火山型印支期和燕山期的花岗岩类侵入体。

区内石炭系和下二叠统为碎屑岩、碳酸盐岩夹中基性—酸性火山岩的岩石组合，含超基性、基性侵入岩体和构造岩块；地层和岩石中有色金属元素的背景值普遍偏高，铜峪沟等铜矿床的成矿物源可能与此有关。

早—中三叠世的活动型沉积为浊流相碎屑岩夹少量碳酸盐岩和层凝灰岩，地层和岩石的含矿性不佳，但沉积区处于后加里东古陆的前缘，其浊流环境对金的聚集可能有利。

晚三叠世中酸性及酸性火山岩的产出，具有由爆发到溢流的韵律旋回和向次火山或潜火山过渡的演化特点，多处出现火山机构，其金、银、铜、铅、锌等背景值偏高，并有相应的矿化事实，此等均为值得深入剖析的成矿和聚矿的有利条件。

三叠纪盆地是在二叠世后由于地壳强烈拉张形成的裂陷型盆地，早—中三叠世裂陷型盆地达到高峰，中三叠世晚期进入造山阶段，前缘（赛什塘—日龙沟）地带甚至使古元古代基底岩系翻转在中三叠统之上，形成巨大的推覆岩席，并可能伴随着柴达木板块之下俯冲，晚三叠世火山岩和花岗岩类侵入体反映了地壳俯冲—滑脱作用诱发深部物质熔融形成的岩浆活动。哇洪山断裂在盆地裂陷期为同生张性断裂。

陆相火山喷发活动发育于晚印支期，主要受哇洪山—温泉断裂控制，呈北西西向展布，串珠状中心式喷发—喷溢。岩石为安山岩—流纹岩组合，火山碎屑岩特别发育，不整合于古元古界和中、下三叠统之上，有三个喷发旋回。岩石属钙碱性高钾系列。火山活动成为该区 Cu、Pb、Zn 热水成矿作用的重要促进因素。

该区以断裂为边界与东昆仑后加里东古陆毗邻，为弧形体与楔形体的组合面貌。北部和东部弧形构造的端部，是铜、铅、锌、锡等成矿和聚矿有利地段，形成了具有一定规模的矿床，其西翼有可能对金、银等成矿和聚矿起控制作用。南部和西部伸入东昆仑后加里东古陆的楔形体，具有与铜峪沟矿床形成的相似背景条件。

已知矿产地的成矿时代为印支期及华力西期，矿床成因以海相火山岩型及陆相火山岩型以及接触交代型为主，其他有热液型、渗滤交代型等。多数铜、铅、锌、金、银矿床（点）产于晚期三叠世陆相中—酸性火山岩及早二叠世海相碎屑岩—碳酸盐岩层中。控矿断裂则以区内发育的北北西、北西及东西向断裂为主，少量为东北和南北向断裂，以上各断裂派生的次级断裂所形成的节理、裂隙和较发育的破碎带，常决定着矿（化）体的空间位置与分布。带内印支中晚期岩浆岩较发育，但规模均较小，一些受断裂控制的脉状铜、金矿体，几乎全部形成于该成矿期。

在本成矿带南部的日龙沟锡矿床、铜峪沟铜矿床及赛什塘铜锌矿床，已构成了省内知名的铜峪沟矿田。目前已发现的分布在南东部的与华力西期侵入岩和早二叠世陆棚—浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩有关的铜、铅、锌、锡（铁）矿床（如铜峪沟、赛什塘铜矿床、日龙沟锡矿床）成矿系列为主；次为北部的与印支期侵入岩和晚三叠世中酸性火山—侵入岩有关的铅、锌、铜、金、银、砷、钼、钨、锡矿床（如鄂拉山口、卢毫秀玛、小山曲贡玛等矿点）成矿系列。

（二）鄂拉山地区成矿模式

据宋冶杰等（1995）研究，其成矿模式（图3-5）为：鄂拉山地区是在二叠纪裂陷型盆地西缘发展形成的构造—岩浆活动带，经历了拉张裂陷、推覆—滑脱造山演化阶段。其中铜多金属矿床是多阶段、多成因的产物，主要成矿期为中三叠世早期，成矿作用机制包括海底热水沉积、变质热液交代和岩浆气液交代—充填等方式。海底热水沉积成矿为铜峪沟铜矿床的主要成矿机制。矿体呈层状产于变基性火山岩系之下，含矿岩系为夹多层滑

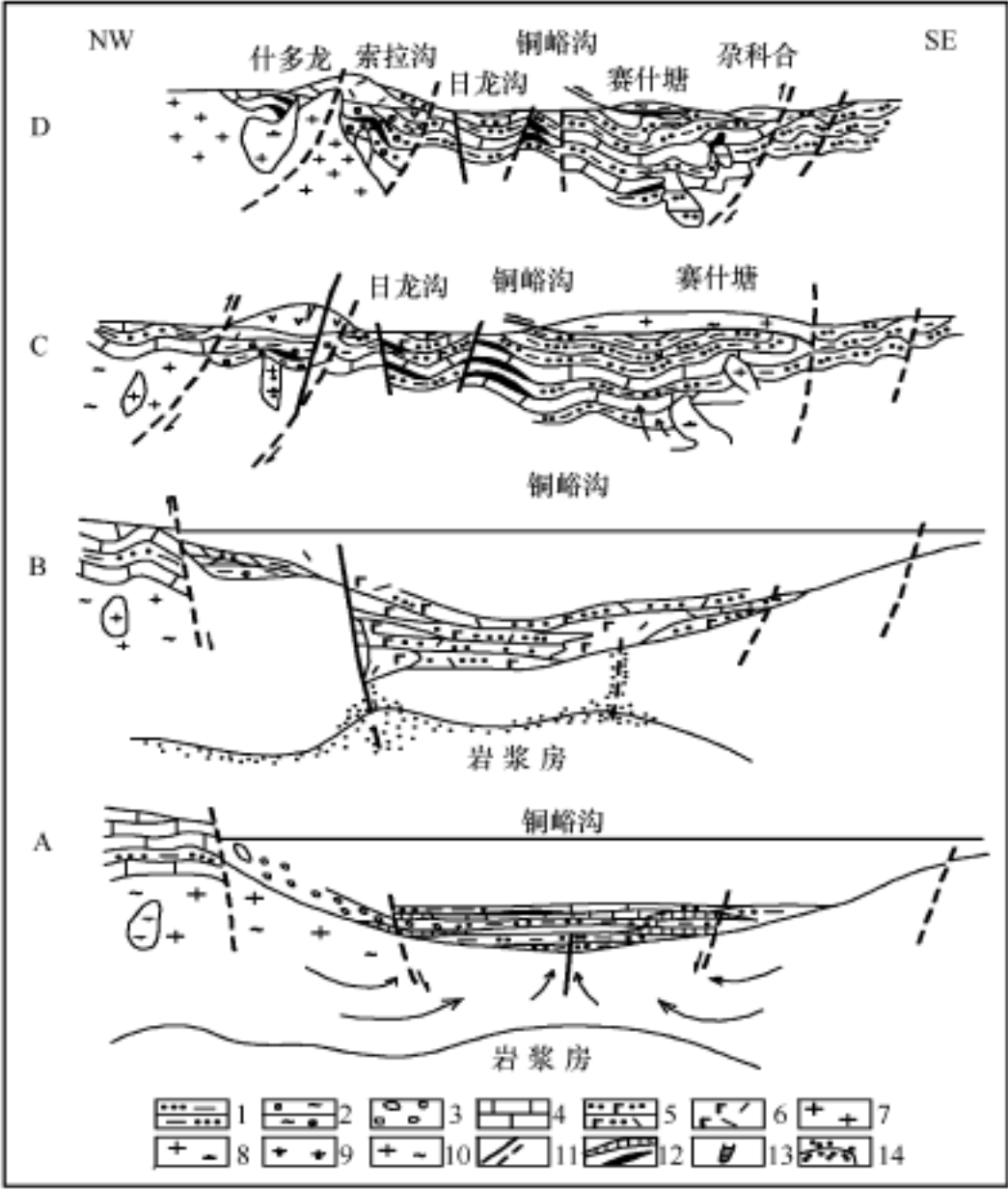


图3-5 鄂拉山地区铜多金属矿床成矿模式

（据宋冶杰改编，1995）

1~2—泥砂质、钙泥质沉积岩；3—滑塌堆积；4—碳酸盐岩；5~6—双峰式火山沉积岩；7~9—花岗岩、花岗闪长岩、石英闪长岩和英安斑岩；10—前石炭纪基底；11—断层或推测断层；12~13—矿体和含矿砂卡岩、石英脉；14—同化混染带

塌堆积的复理石沉积。因此，该区的热水活动仍是火山活动的先导，是盆地裂隙达到一定阶段时沿同生断裂或裂隙下渗的海水和地层水受岩浆房上部高热异常区加热，尔后又沿断裂向上运移形成的循环热水。其中 Cu、Pb、Zn、Sn 等金属成矿物质是循环热水与具有不同铅的源区的岩性层产生岩—水反应萃取来并被热水带入海盆，在有利于沉积的局部海底凹地与 H_2S 反应而富集形成矿床；如果沉积条件不利于形成富矿体，成矿物质则分散于砂泥质沉积，形成富含成矿物质的软泥或胶体沉积，并被火山岩覆盖，构成后成矿床的矿源层。

中晚三叠世之后，随着陆内俯冲—滑脱造山区内地层产生低级区域变质作用。在区域动热变质作用中，热水沉积矿床遭受变质作用，及变质淋滤矿层形成含矿流体。代表矿床为日龙沟、铜峪沟矿。

岩浆气液交代—充填成矿出现于造山作用的中、晚期，与石英闪长岩、英安斑岩、花岗闪长岩有关，通过岩浆气液交代或叠加交代、交代—充填作用形成。代表矿床为赛什塘铜矿、索拉沟多金属矿、尕科合含铜砷矿和什多龙铅锌矿。

六、三江北延地区成矿模式

三江地区地处青藏高原东南缘，特提斯—喜马拉雅构造域东部，是冈瓦纳大陆与古欧亚大陆的结合地带。该地区地质构造复杂，矿产资源丰富，是我国重要的贵金属和有色金属成矿带之一。三江地区以三叠系出露最为广泛，覆盖面积约占该地区的 55% 以上。同时三叠系地层是当地重要的赋矿层位，其所含沉积、层控矿产非常丰富，尤以铅锌矿为主的多金属矿最为重要。三叠纪时期是三江地区各主要块体聚合形成统一陆壳，由海相沉积变为陆相沉积的关键转折时期（罗建宁等，1992；程裕淇，1994）。

通过以往工作，在青海省南部的三江北延地区，已发现一批金属矿产地。近年来的地球化学研究表明，在二叠系中 Cu、Pb、Be、Sr 元素趋势值均高于其他各时代的地层，其余六种元素趋势值也略高于其他地层；上巴颜喀拉山群中 Ti、V、Ni、Cr 元素处于中高趋势值区；在结扎群砂板岩、块层状灰岩中元素趋势值均低于其他时代地层；在巴塘群中东段为 Cr、Ti、Ni、Mn、V 五种元素的高背景及 Cu、Pb、Ba、Sn 四种元素低缓隆起的中高趋势值区，西段为 Cu、Pb、Ba、Sr 四种元素的高背景区。

（一）成矿动力学演化

中国大陆存在众多的造山带，而南北向三江造山带更为令人瞩目。根据骆耀南，俞如龙（2001）研究结果，三江地区成矿演化不是由一次陆—陆碰撞造山完成的，而是先后经历多岛海、陆内俯冲和陆内转换三次不同类型造山过程，最终在新生代“横空出世”，形成独具特色的南北向陆内造山带及其各阶段相应的成矿时空分布特征。

1. 晚古生代中生代早期多岛海造山阶段及其成矿分布

多岛海造山模式（Archipelago model of orogenesis）是由许靖华（1998）首次提出的，现实的例子就是现今东南亚多岛海地区。它由弧后扩张（back-arc spreading）导致众多岛弧（残余弧或微大陆）与弧后盆地相间错列分布，构成复杂的边缘海体系，并可通过弧后盆地衰缩引发洋壳俯冲或仰冲，弧—弧碰撞、弧—微大陆碰撞、弧—大陆碰撞等不同类型的构造，如研究较详细的义敦岛弧西侧的“中咱地块”，应是由东面扬子陆块分裂而来的弧基底，其上三叠系义敦群火山—沉积层序，则是相邻甘孜—理塘弧后盆地衰缩引起再活

化造山作用的结果。

晚古生代，在古北特提斯发展的总体背景下，三江地区应属多岛海构造格局，弧后扩张的同时伴随不同类型的造山作用。伴随着阿尼玛卿裂陷海槽的发展，唐古拉—巴颜喀拉地区形成了浅海相稳定—活动型沉积物，反映出由南到北的大陆增生。在阿尼玛卿裂谷生成的同时，沿唐古拉陆块边缘产生裂陷带，有大量中—基性火山岩浆的喷发，并在裂谷边缘地带形成铁的沉积，为晚三叠世通天河裂谷带的深化发展奠定了前期基础。晚二叠世经华力西运动（阿尼玛卿运动）裂陷槽全面收缩和褶皱隆起，形成了沱沱河—杂多晚古生代断褶带，甘孜—理塘弧后盆地也随之封闭。在三叠纪末，义敦弧与扬子陆块西缘沿甘孜—理塘带发生弧—陆碰撞造山作用。

本区原本并不稳定的古生代基底开裂，石炭纪形成巨厚的杂多群碎屑岩及碳酸盐岩系，二叠纪拉张活动进入高潮，形成近东西向裂陷槽，并伴有海相中基性火山活动。该环境中的成矿系统即以火山活动为前提，但沉积作用又与之不可分割并显得十分重要。由于在不同的地段具有不同的地质环境，表现出不同的成矿方式，就形成了不同类型但又密切相关的矿床或矿体，由火山岩浆型—火山热液型—火山沉积型—沉积型构成一个完整的成矿系列，相应的矿石组成则表现为磁铁矿—赤铁矿（镜铁矿）—菱铁矿或黄铁矿。

从早三叠世开始，构造演化的重点从北（阿尼玛卿）转移到本区，西金乌兰湖—歇武（—甘孜—理塘）深断裂在早二叠世断裂活动的基础上进一步发展并形成再生性陆间裂谷——通天河裂谷带，有人认为该裂谷带曾一度达到相当规模。裂谷作用引发了本区海底火山喷发，形成碎屑岩、中基性火山岩夹碳酸盐岩，局部有放射虫硅质岩，并有大量基性、超基性岩体侵入，构成蛇绿混杂岩带。火山岩系中赋存有铁、铅、锌、银矿，部分基性岩具钛铁矿化。南部的唐古拉古陆基本为剥蚀环境，北部陆缘在中三叠世沉积了半深海（弧后盆）环境的结隆群以粘板岩为主的地层。唐古拉山北部由通天河蛇绿混杂岩带—巴塘火山岩带—结扎群分布区构成沟—弧—盆体系，与之对应的金属成矿系统也发育完整，包括裂谷带火山—岩浆作用成矿系统、岛弧火山作用成矿系统、弧后盆火山作用成矿系统、陆缘滨—浅海沉积成矿系统。其中以岛弧及弧后盆地的火山喷气—喷气沉积成矿作用占优势；雁石坪地区为西藏境内怒江北侧活动大陆边缘的组成部分，本区相当于弧后盆地，因而发育与弧后盆地有关的火山喷气—沉积作用。

晚三叠世受南部冈底斯板块影响，转为南北向挤压，通天河裂谷提早夭折由扩张转为收缩、闭合、汇聚俯冲。裂谷带（混杂岩）及其南侧古陆边缘的乌兰乌拉—下拉秀陆缘带构成了完整的沟—弧—盆体系，反映了活动大陆边缘的性质。岛弧火山岩中有火山——喷气型铜、铅、锌、银矿床；弧后盆区的结扎群为碎屑岩、页岩与碳酸盐岩互层夹膏岩及煤层，其中出现菱铁矿—黄铁矿层或含铜砂岩。

乌兰乌拉—下拉秀晚三叠世弧后盆地外侧（北侧）活动性较强，发育中、晚三叠世火山岩带即巴塘群，其中产有赵卡隆矿床、征毛涌矿点，虽属喷气—沉积型，并以铅锌银为主要成矿元素，但不表现为块状硫化物矿床，而有大量菱铁矿的生成；在盆地的内侧边缘则发育晚三叠世结扎群，沉积相上表现为陆地边缘相区特点，火山岩很少，其中产有阿夷则马赛矿床，也属喷气—沉积矿床，表现为含铁碳酸盐—铁硫化物—硫酸盐组合。两者中矿床均以沉积岩为容矿岩石，其中赵卡隆矿床是贯穿“三江”北段的矿床类型的典型代表。

中侏罗世成矿则发生于雁石坪陆缘带内，中侏罗统雁石坪群中有少量火山岩产出，成矿以沉积岩容矿的喷气—沉积型铁矿为主，其中共（伴）生有铅银矿化，典型实例为雁石坪铁铅矿。

2. 中生代中—晚期陆内俯冲造山阶段及其成矿分布

印支造山后的早侏罗世，由于地块碰撞后的应力反弹及地壳物质均衡作用，出现总体上升背景下的局部拉张环境，沿断裂形成一些陆相山间盆地，早期发育有中酸性火山岩，待陆相火山喷发宁静后的一段时期，形成煤炭堆积。晚侏罗世本区气候变得干旱炎热，不利植物生长，部分湖泊变成咸水湖，并有石膏生成，沉积物显示强氧化环境，形成红色河流或河湖相碎屑沉积物。唐古拉山南侧中、晚期由于受藏北抬升的影响海水进入三江源地区，形成有别于北部的海陆交互相沉积。其中在杂色碎屑岩上部见有砂岩型铜矿；在白云质灰岩或石膏层下部产有菱铁矿及铅锌银矿。晚侏罗世末期受燕山运动影响引发了一次中—酸性岩浆活动，在唐古拉山地区沿温泉断裂形成规模较大的花岗岩基，其中形成水晶、铁、铜、铅、锌等矿（化）体。

西金乌兰—玉树复合造山带（蛇绿混杂岩带）中有代表洋壳的地质体产出，可归入大洋裂谷（或洋中脊）环境，其中的镁铁质—超镁铁质岩中有石棉矿化和钛铁矿化出现，构成大洋裂谷环境中的成矿系统，但没有成型矿床形成，可能与裂谷发育不完全、中途夭折有关。

西金乌兰—玉树裂谷带南缘显示强烈的印支期火山活动。其中成矿活动以海相火山—喷气成因的铜铅锌银为主，可与黑矿型矿床相类比。本区已知有尕龙格马多金属矿和挡拖矿点，产地不多。

晚三叠世，裂谷带北侧的可可西里—南巴颜喀拉带自始至终为被动大陆边缘，其内的补偿添加，沉积了一套巨厚的类复理石建造，具有浊流沉积特点，已知呈北北西向展布的一系列花岗岩体侵入于上三叠统地层，具备浊积岩型金矿成矿的条件。晚三叠世晚期爆发的晚印支运动（巴颜喀拉运动）使三叠纪特提斯海全部封闭，进入陆内构造发展的新阶段。

晚侏罗世本区大部分褶皱回返、上升为陆，三叠系分布区遭受强烈剥蚀。而在雁石坪一带仍残留有部分海域，沉积物底部为海陆交互相碎屑岩；向上为滨海相紫色、杂色碎屑岩，其间有多层含铜银砂岩；上部为蒸发相为主的碳酸盐岩、石膏，其中间有分布广泛的菱铁矿，局部见铅银矿赋存于菱铁矿之下，从而与喷气—沉积型矿床（小唐古拉山）具有侧向上的配套关系，构成大陆边缘成矿系统组合的一个端元，典型实例有解嘎铜银矿等。

白垩纪初，全域进入陆内演化阶段。晚白垩世在坳陷或断陷盆地（如风火山）中沉积紫红色陆相复碎屑岩、泥岩，上部紫红色夹灰绿色碎屑岩中产砂岩型铜矿化。

3. 新生代陆内转换造山阶段

新生代时期，由于新特提斯洋闭合和印度板块碰撞，亚洲大陆南缘板块构造格局出现变化。西面印度大陆南连印度洋，显示被动大陆边缘性质，其北为喜马拉雅陆—陆碰撞造山带及其相关的青藏高原，总体上呈东西向延伸。东段南为东南亚多岛海构造格局，基本上呈向南凸出的东西向弧形展布，其北为稳定的扬子克拉通。显而易见，两侧的构造差异决定南北向三江地带起着重要的构造调节作用。西段（三江地区）该阶段转换造山作用

形成醒目的构造—岩浆—成矿带，产生广泛的铜多金金属成矿作用，全省主要的斑岩型铜钼矿形成期，构成新的一次重要成矿期，中新世末期陆内推覆作用强烈，同时引发了大规模的大陆碱性火山岩喷发，不但对前期矿化起着明显的富集改造作用，而且由于地幔物质上升引起下地壳熔融，钙碱性或弱碱性岩浆活动应运而生，沿主要边界断裂带附近产生的富碱斑岩侵入，可发生铜、金矿化。

本阶段上新统碳酸盐岩夹层中含有菱铁矿层（富含金银），是我国成铁时代最新的矿层。

(二) 三江北延地区成矿模式

三江地区成矿作用和矿产分布，一般受各造山阶段构造地质背景控制。特定的构造单元可以形成矿集区，以下探讨不同构造背景下的成矿模式（图3-6）。

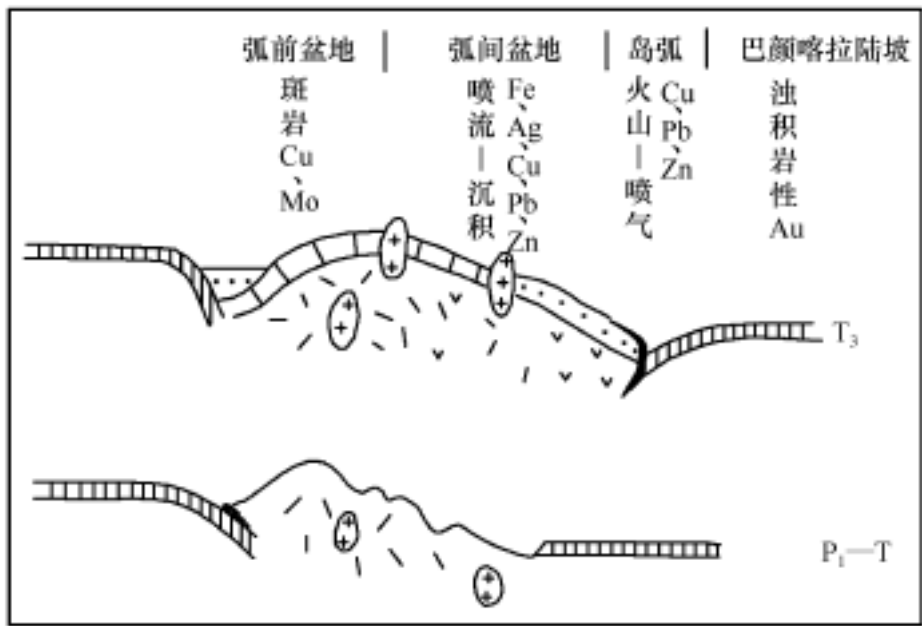


图3-6 三江北延成矿模式

1. 火山岛弧成矿作用

南巴颜喀拉地块向唐古拉陆块俯冲的产物，西金乌兰—玉树裂谷带南缘显示强烈的印支期火山活动。其中成矿活动以海相火山—喷气成因的铜铅锌银为主，可与黑矿型矿床相类比。

2. 弧后扩张盆地成矿作用

弧后盆地或边缘海是聚敛板块边缘的组成部分，盆内特别是盆边仍具有较大的活动性，包括断陷、拗陷及某种程度的火山活动。该环境中最重要的成矿活动是与盆外缘火山作用有关的喷气—沉积型矿床。

以沱沱河—杂多断褶带为中心，北东侧是晚三叠世弧后盆（即乌兰乌拉—下拉秀陆缘带），南西侧则是中侏罗世弧后盆（即雁石坪陆缘带）。

3. 弧后扩张成矿作用

在具洋壳基底的弧后盆地中，形成火山—沉积型铜矿；在具陆壳基底的弧后盆地中，分布有碳酸盐岩铅锌矿。

石炭纪早期由于地幔上隆，地壳处于拉张阶段，本区原本并不稳定的古生代基底开裂，石炭纪形成巨厚的杂多群碎屑岩及碳酸盐岩系，二叠纪拉张活动进入高潮，形成近东

西向裂隙槽，并伴有海相中基性火山活动。相应的矿石组成则表现为磁铁矿—赤铁矿（镜铁矿）—菱铁矿或黄铁矿，由火山岩浆型—火山热液型—火山沉积型—沉积型构成一个完整的成矿系列。

丁青—临沧成矿带，弧后扩张导致二叠纪玄武岩喷溢和晚古生代基性—超基性岩侵入，产出玄武岩型铜矿，如旦荣铜矿。

4. 陆内转换成矿作用

印支晚期唐古拉陆块与可可西里—南巴颜喀拉造山带拼合之后，本区除小唐古拉山地区以外，进入陆内发展阶段。拼合后统一的大陆板块显得并不稳定，沿一些古老断裂带等构造薄弱带发生活化，产生不同的构造—岩浆活动。

（喜马拉雅期）以花岗岩类浅成侵入活动为主，受断裂控制岩体呈串珠状分布。岩石类型主要为钙碱性系列的花岗斑岩和碱性系列的碱性岩。前者为同熔型，直接控制斑岩型铜钼矿的形成。

第四章 成矿系统及找矿方向

第一节 成矿系统理论

一、成矿理论发展的回顾

为了更好地应用成矿系统理论，让我们对成矿理论的发展作一个简要的回顾。

早在 16 世纪中叶，阿格里戈拉就提出矿床是通过矿物质从天水（地表水）中沉淀于地壳裂隙形成的。近百年后，笛卡儿又提出矿床是地球内部喷出的物质沉淀于地壳外部裂隙的产物。1665 年，伍德瓦尔德认为，现在见于地层垂直裂隙中的金属和矿质全部来源于这些地层本身，这些金属和矿质从地层中被提取出来转移到裂隙中，这些裂隙在地层未形成之前是不存在的。18 世纪，这些矿床成因观点发展成为“水成论”和“火成论”大论战。并以“火成论”的岩浆-热液成矿理论建立而告终。随着各类矿床成矿机理研究的不断深入，一些新的成矿理论不断推出。内生矿床的多源成矿理论，代替了唯玄武岩浆成矿理论；成矿物质不仅来自大陆剥蚀区，也来自地球深部的多源沉积成矿理论，代替了唯陆源沉积成矿理论；叠加成矿和改造成矿概念的建立，冲破了内生成矿、外生成矿、变质成矿的界线。层控矿床、剪切带型矿床、喷流热水沉积矿床、大型—超大型矿床等成矿理论应运而生。特别是层控矿床理论的兴起，对矿床成因认识有了突破性进展，使矿床研究中关于水成与火成、内生与外生、同生与后生的长期争论逐步地基本统一起来，这极大地开阔了研究视野，也给找矿工作带来生机（翟裕生，2001）。

20 世纪 80 年代以来，成矿理论的应用受到重视。国内外地质工作者，根据矿床的勘查、研究成果，运用成矿理论，创立了各类矿床的成矿模式。1986 年，美国学者出版了《矿床模式》一书，结合我国实际情况，裴荣富等（1995）编写《中国矿床模式》一书，使矿床模式的建立和应用，在很大程度上，提高了矿床预测的找矿效果。同时，随着找矿区域不断扩大，新矿床的不断发现，矿床及成矿规律研究成果的不断积累，在总结区域成矿规律的基础上，地质学家提出了区域成矿学的概念，形成不同学派的区域成矿理论。如地台-地槽成矿理论、板块成矿理论等。特别是板块成矿理论的运用，对板块边界金属矿带的成因作了较全面的解释，开拓了用活动论观点研究全球成矿背景的新途径（翟裕生，2001）。区域成矿理论为成矿区带的划分、重新评价矿床、成矿区带的找矿潜力提供理论依据。

1979 年，程裕淇等在我国铁矿成矿规律研究过程中，提出“成矿系列”的概念，使区域成矿理论研究迈上一个新台阶。矿床成矿系列是在一定地质历史时期和一定地质环境中，在一定的主导地质成矿作用下形成的，在时间、空间和成因上都有密切联系，但其具体生成条件是有差别的一组（两个以上）矿床类型的组合（程裕淇等，1983）。翟裕生等

(1997) 认为成矿系列是与同一建造有成因联系的各种成因类型矿床构成的四维整体。

长期以来, 矿床研究的重点主要是矿体及其附近围岩, 通过对控制矿床的有关地质因素, 即地 (岩) 层、构造、岩石、矿物和地球化学等特征进行描述和总结, 探讨矿床的成因与形成过程, 进而得出相应的理论、假说或模型 (贾跃明, 1996)。矿床学发展到今天, 单纯地以矿论矿的研究方法已不能适应矿床学发展的需要 (翟裕生, 1999d)。而成矿系统概念的提出, 不仅是系统科学方法在矿床学研究中的一种创新性应用, 而且也给矿床学的研究注入了活力, 体现了现代矿床学向系统化、全球化发展的一种趋势 (翟裕生, 1999a; 李人澍, 1996; 胡云中等, 1998; 翟裕生, 1999b)。

运用成矿系列理论, 根据勘查区已有矿床类型, 可以预测可能存在相关的其他矿床类型。在盲矿床的找矿工作中, 运用成矿系列理论, 已经取得显著效果。事实证明, 成矿系列理论的提出, 是区域成矿理论的一个重大突破。近几十年来, 运用系统科学方法来进行成矿规律研究和成矿预测已成为当前地质科学研究的一种趋势。为此, 我们尝试运用成矿系统理论, 分析青海省各成矿带的金属矿产的成矿作用, 并进行成矿预测。

二、成矿系统理论的建立

20 世纪 90 年代初期, 李人澍在秦巴成矿区带研究中, 首先用成矿系统这一崭新的思路来分析秦巴地区的成矿规律, 1996 年提出了成矿系统理论。1999 年, 翟裕生在《区域成矿学》一书中, 对成矿系统理论作了系统的论述, 使成矿系统理论得到进一步的充实和完善。成矿系统理论的提出, 是我国区域成矿理论研究领域中, 继成矿系列理论之后又一重大进展, 并成为矿床学研究的一个趋向。

成矿系统是指在一定的时空域中, 控制矿床形成、变化和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程, 以及所形成的矿床系列、矿化异常系列构成的整体, 是具有成矿功能的一个自然系统 (翟裕生, 1999c)。从成矿系统的定义可以看出, 它体现了与矿床形成有关的物质、运动、时间、空间、形成、演化的统一性、整体性和历史观。如果说成矿系列是研究有成因联系的矿床类型组合, 成矿系统就是研究矿床组合 (矿床系列) 和有关地质异常 (异常系列) 之所以形成的原理。成矿系统产于一定的地质环境。因此, 研究成矿环境是认识成矿系统和划分成矿系统类型的基础和前提 (翟裕生, 1999c)。成矿系统是成矿区带的组成部分, 研究成矿系统的生成环境, 分析成矿系统的成矿过程, 确定成矿系统类型, 是进行成矿预测的重要环节。

成矿系统的成矿过程是一个极其复杂的动力学过程, 可归纳为成矿作用的孕育、成矿作用的发生、成矿作用的持续、成矿作用的结束。

成矿作用的孕育: 成矿系统属开放系统, 开放系统通过消耗环境中的物质和能量同时又向环境散发物质和能量 (即物质和能量的交换) 而维持非平衡定态。“耗”和“散”两者相互依存, 导致耗散结构的动态演变, 使之从无序向有序转化 (於崇文, 1998)。这个物质和能量交换的过程就是成矿作用的孕育阶段, 它包括从矿源地萃取矿质 (溶解、溶蚀、吸附、风化剥蚀、自变质作用等), 并形成成矿流体和矿质的输运 (成矿流体呈溶液、胶体、悬浮液等以淋滤、渗滤、径流、水岩反应等方式输运到有利成矿流体聚集场所), 并在运输过程中不断产生物质和能量交换。

成矿作用的发生: 成矿作用孕育活动演化到特定阶段、在特定环境中发生成矿作用。

大量的矿床成因研究成果表明，当成矿流体本身的温度、压力、浓度发生突变阶段（由量变到质变），成矿流体到达成矿环境转换地带（岩相转换带、构造转换带、氧化还原界面、地下水界面等）是成矿作用发生的时空条件。成矿流体物理化学条件的突变和成矿环境的转换是相辅相成的。

成矿作用的持续：成矿作用是一种复杂的动力学过程，也是一个漫长的地质作用过程。在成矿系统中，矿床的形成是持续发生成矿作用的结果。特别是大型矿床，其成矿过程需要矿质、流体、能量源源不断的供应，成矿作用不断发生；也要求成矿系统本身具有维持成矿作用持续进行的条件和功能（即成矿系统的聚矿功能）。

成矿作用的结束：在成矿系统中，成矿过程演化至成矿物质（包括成矿流体）消耗殆尽再没有新的补给时，成矿作用宣告结束。成矿作用结束的另一个原因是成矿系统中的成矿能量过大，或聚矿功能减退，虽然尚有成矿物质，因系统中发生过度的震荡或涨落，由有序状态进入“混沌”的无序状态，成矿作用终止。

成矿系统的成矿作用产物是矿床组合（成矿系列）和异常组合（系列）。

一个成矿系统的成矿作用过程结束以后，其生成的矿床（矿点、矿化点）、异常又进入一个新的地质作用阶段——叠加改造阶段。主要叠加改造作用有构造变形、流体的溶解、溶蚀、蚀变、变质作用、地表风化剥蚀、搬运和掩埋作用等。其结果是矿床变型、矿体变形、变大、变富或变小、变贫、消失。

因此，源（矿源场）、运（输运网络）、聚（岩浆分凝、结晶分异、过饱和、蒸发、沉淀等）、储（矿质沉淀场所）、保或变（矿床的保存或变化）就成为成矿系统的五大要素。

翟裕生先生（1999）以成矿的构造动力学体制作为依据，划分出伸展构造成矿系统大类、挤压构造成矿系统大类、走滑构造成矿系统大类、隆升构造成矿系统大类、沉降构造成矿系统大类、大型韧性剪切成矿系统大类、陨击构造成矿系统大类，又按成矿机理划分成矿系统类，按含矿建造及成矿空间划分成矿系统（表4-1）。

表 4 -1 主要成矿系统类型

I. 岩浆成矿系统类	
1. 铁镁质-超铁镁质岩类成矿系统	—— Cr、Cu、Ni、 Σ Pt、Ti、V、Fe……
2. 幔壳源花岗岩类成矿系统	—— Fe、Cu、Au、Pb、Zn、Mo、Sn……
3. 壳源花岗岩类成矿系统	—— W、Li、Be、Sn、Nb、Ta、REE……
4. 碱性岩-碳酸岩类成矿系统	—— 金刚石、Nb、P、REE……
5. 火山-次火山岩类成矿系统	—— Cu、Au、Sn、U、Ag、非金属……
环境：台区、槽区；陆相、海相；深部、浅表	
II. 热液（水）成矿系统类	
6. 斑岩热液成矿系统	—— Cu、Mo、Au
7. 火山热液成矿系统（含 VHMS 型）	—— Cu、Pb、Zn、Fe、S、Au、Ag
8. 浅成低温热液成矿系统（含 MVT、卡林型）	—— Pb、Zn、Ag、Au、U、Hg、Sb
9. 动力热液成矿系统	—— Au、Ag、Pb、Zn
10. 热水沉积成矿系统（含 SEDEX 型）	—— Pb、Zn、Cu、S
环境：台区、槽区；陆相、海相；以浅表环境为主	

III. 沉积成矿系统类

- 11. 滨海-浅海相沉积成矿系统——Fe、Mn、P、Al……
- 12. 深海相沉积成矿系统（含黑色页岩相）——V、U、Ni、Co、Mn……
- 13. 陆相及潟湖相蒸发沉积成矿系统——钾盐、岩盐、石膏……
- 14. 陆相及滨海相砂矿成矿系统——Sn、Au、金红石……
- 15. 陆相砂岩型成矿系统——Cu、Pb、Zn、U……

环境：陆区、海区、海陆过渡带

IV. 生物成矿系统类

- 16. 陆相及海陆交互相成煤系统——煤、煤层气……
- 17. 陆相及海相成油气系统——石油、天然气（也有无机成因的）……
- 18. 生物岩类成矿系统——礁灰岩、磷块岩

环境：各类盆地

V. 改造成矿系统类（或叠加改造成矿系统类）

- 19. 变质改造成矿亚系统（含 BIF 建造）——Fe-Si 建造、Fe、Au……
- 20. 动力改造成矿亚系统（含剪切带金矿）——Au……
- 21. 岩浆（热液）改造成矿系统——Cu、Fe、Pb、Zn……
- 22. 风化改造成矿系统——Ni、Al、Cu、Fe、Mn……

环境：古陆、古陆活化区、低纬度带

注：①此分类以金属成矿为主；②每一系统中还可按主岩、矿源、元素组合类型的不同划分为亚系统；③各系统间有一些过渡、转化或复合类型。——引自翟裕生，1999c

三、成矿系统概念及对成矿预测意义

在进入 21 世纪之初，我们开展青海省金属矿产的成矿规律和找矿预测研究，以加快金属矿产的找矿勘探步伐，适应西部大开发战略的需要。为使找矿预测更具前瞻性，一方面，要广泛收集、运用区内矿床及各种成矿信息（地质、物探、化探、遥感资料）；同时还要尽可能地应用近年来区域成矿理论研究的新成果来分析区域成矿规律，进行找矿预测。翟裕生（1999b）曾经指出，近年来成矿系统概念的提出并引起人们的关注，就体现了矿床学发展的一种趋势。建立成矿系统的概念，认识某一个成矿系统的全局，对于可能产生在这个成矿系统中的有关矿床类型、矿床形成过程的控制因素等形成一个整体概念，这对于找矿勘探工作可以起到举一反三、由此及彼、驾驭全局的作用。

成矿系统的概念成矿系统一词最早于 20 世纪 70 年代初见于俄文地质辞典（卷二）（1973），被解释为“由成矿物质来源、运移通道和矿化堆积场所组成的一个自然系统”。之后，不少学者从不同的角度对成矿系统提出了不同的定义。M. И 马祖洛夫（1985）提出：“成矿系统是导致矿床形成的地质体、地质现象和地质作用的总和”，强调成矿系统还包括地质作用这个动态过程。B. M 契克夫（1987）在成矿系统的概念中强调了构造、流体的作用，指出“成矿系统是在一定空间（现在的或地质历史时期的）导致成矿物质高度浓集的构造-物质因素相互作用的总和”。Jasques A. L.（1994）提出“成矿系统可定义为控制矿床的形成和保存的全部地质要素，着重成矿物质从源区的活化、运移，并以高度富集的形式堆积，以及在以后地质历史中将它们保存下来的作用。”强调矿源、运移、富集及保存的成矿作用过程。於崇文（1998）则从成矿作用动力学的角度，认为“成矿

系统是一个多组成耦合和多过程耦合的动力学系统，多组成包括‘多组分’和‘多个体’的双重涵义”。李人澍（1996）认为：“成矿系统可定义为特定时空域中从矿源到矿质定位全过程所形成的工业与非工业矿化，与矿体生成有联系的中间产物，反映成矿作用的各种指示物，以及卷入成矿系统空间的自然体系的总和。”翟裕生（1999）提出“成矿系统是指在一定的时-空域中，控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程，以及所形成的矿床系列、异常系列构成的整体，是具有成矿功能的一个自然系统”。这个定义包括了控矿要素、成矿作用过程、形成的矿床系列和异常系列，以及成矿后变化和保存等4方面基本内容，体现了矿床形成有关的物质、运动、时间、空间、形成、演化的统一性、整体性和历史观。

成矿系统是近年来逐渐被人们所认识并关注的一个新概念。中国学者对成矿系统进行了不少开创性的研究。程裕淇先生（1979，1983）倡导的成矿系列的理论，蕴藏着系统科学的一些原则和合理因素，他们都是把系统科学思想引入地球科学的先驱者。李人澍（1996）建立了成矿系统框架，对成矿系统的研究方法进行了初步总结，并以陕西秦巴地区为例进行了区域含矿性评价和成矿预测，探索了成矿研究的新途径。於崇文（1997，1998）从成矿作用动力学的角度对成矿系统的形成过程和机理作了深入分析。翟裕生（1999）对成矿系统的概念、要素、结构、类型以及成矿系统的作用过程及作用产物进行了系统的论述，对促进成矿系统的研究起到了积极的推动作用。与此同时，一些学者也运用成矿系统的概念进行了不同系统层次的研究，如流体成矿系统与成矿作用研究（於崇文，1997）、古大陆边缘构造演化和成矿系统（翟裕生，1998）、试论幔柱构造与成矿系统（侯增谦、李红阳，1998）、论剪切带构造成矿系统（邓军等，1998）、SEDEX型矿床成矿系统（韩发、孙海田，1999）、火成岩构造组合与壳幔成矿系统（邓晋福等，1999）、变质岩区金矿成矿系统（肖荣阁等，1999）、成矿系统自组织-新金属成矿论（於崇文，1999）、生物成矿系统理论（殷鸿福，1999）。从成矿系统的研究现状上看，其研究仍处在起步阶段。一个成矿系统是一定的地质历史阶段的产物，古老成矿系统因受后来地质变动而难以完整保存，很难全面认识其形成要素和作用过程。已有的对古老成矿系统的认识不少是推测的，还需要做深入研究。此外，一些学者将成矿系统与成矿体系或矿床相等同，缺乏对系统的真正含义的理解。尽管如此，成矿系统研究的观点和方法，成矿系统概念模型的建立，都有助于将矿床地质研究工作建立在极为完整的科学理论基础之上，将会提高找矿勘探工作的成效（朱创业，2000）。

成矿预测是指根据一定的成矿预测理论、成矿地质环境、成矿条件、控矿条件和找矿标志对未来可能的成矿远景区、靶区和矿床（体）所作出的推断、解释和评价。成矿预测理论则是在成矿预测实践中所形成的方法和认识的理论总结。

传统的成矿预测是根据地质人员掌握的地质理论和找矿经验在成矿规律图上圈出不同的成矿远景区作为预测的成果。目前成矿预测是在传统预测的基础上发展起来的，有一套完整的理论、技术和方法。可归纳为三个方面：①就矿找矿；②按成矿理论和模式找矿；③运用新技术新方法综合找矿。对一般在构造、地层层位或其他方面具有一定规律或具有明显成矿标志的浅部矿床而言，做出成矿预测相对较为容易。而隐伏矿床（体）的预测则是一个相当复杂的系统科学工程，其关键是寻找隐伏矿床（体）预测的理论和技术的研究，它是当前地质找矿工作迫切需要且又有可能创造巨大社会经济价值的热点之一。由

于自然界物质组成和表现形式的千变万化，寻找隐伏矿床（体）的理论和方法具有多样性和综合性，它构成了一个完整的找矿体系，包括科学找矿理论体系和科学找矿技术体系。

在目前的成矿预测工作中，常用几种重要的理论有综合信息评价理论、相似类比理论、地质异常理论、矿床成矿系列理论、矿床成因模型理论和成矿系统理论等。以下概述成矿系统理论预测的意义。

由于成矿系统分析是从事物的联系性和整体性出发，以系统科学方法将成矿地质环境、控矿因素、成矿作用的动力、过程、演化、成矿作用的产物及其变化等作为一个自然作用整体加以系统研究，从而能够比较全面地认识成矿动力机制、矿床形成和演变的历程、矿床的时、空分布规律。提高成矿、找矿预测的科学性。

成矿系统作为一个自然体系，有其时、空边界（一定的时、空域）。即在一定的地质历史时期发生的成矿作用，其成矿系统所占的空间包括直接矿源场、运矿通道、矿石堆积场、矿化异常场等。地质成矿演化历史表明，一定的成矿系统产于一定的地质构造环境；一个地质构造域的演化过程中常常形成多个成矿系统。具有多个成矿系统的、不同级别的地质构造单元，称之为成矿区（带）。因此，研究成矿地质构造环境是认识成矿系统和划分成矿系统类型的基础和前提（翟裕生，1999）。研究成矿系统的形成规律，又使对成矿区（带）的成矿地质环境、控矿因素的认识，更为全面和系统，使成矿、找矿预测更具系统性。

成矿系统的产物包括矿化带、矿化区等，它们由多个矿床（点）和各类异常组成（翟裕生，1999）。有成因联系的不同类型的矿床组成的整体称为成矿系列或矿床系列。矿床（点）、矿致异常构成成矿系统的矿化-异常网络。运用成矿系统理论，对成矿区（带）中的成矿地质条件以及矿床（点）和各类异常等各种成矿信息，进行系统的分析研究，建立成矿区（带）内的成矿系统，预测可能出现的矿床和矿床系列，使成矿、找矿预测更具前瞻性。

第二节 主要成矿系统及其成矿系列

根据上述成矿系统的分类，结合省内地质特征分析，省内各成矿带中，金属矿床的主要成矿系统有基性-超基性岩成矿系统、中-酸性岩成矿系统、火山岩-次火山岩成矿系统、沉积成矿系统、火山喷流（气）沉积成矿系统、喷流沉积成矿系统、叠加改造成矿系统。还有一些可能出现的成矿系统（如碱性-碱性超基性岩-碳酸岩成矿系统）。现将这些成矿系统的主要特征及其成矿系列简述如下。

一、基性—超基性岩成矿系统及其成矿系列

基性—超基性岩成矿系统是来源于地幔的基性、超基性岩浆，在封闭环境中逐渐降温、结晶、分异成矿的全部要素和过程。由于不同矿物的结晶温度的差异，在岩浆降温、晶出过程中，有用的矿物组分分离（结晶分异），金属矿物从基性、超基性岩浆中晶出、堆积成矿。当有用的金属矿物组分早于或与造岩矿物（硅酸盐）同时结晶，形成早期岩浆矿床，如铬铁矿矿床；当成矿物质受挥发组分的影响，形成残余的含矿熔融体，在造岩

矿物（硅酸盐）结晶后期仍然留在岩体内，在早结晶的硅酸盐矿物晶隙、或岩体上部、边部已凝固的岩石裂隙中结晶成矿，也可运移到围岩，贯入其裂隙成矿，形成晚期岩浆矿床，如钒钛磁铁矿矿床等；在特定的岩浆条件和地质构造条件下，岩浆可以分熔为金属浆和硅酸盐浆，两者互不混熔，此种现象即称为熔离现象。由熔离作用形成熔离矿床，如基性、超基性岩中的铜镍矿床。基性、超基性岩浆活动的规模和结晶环境又与基性、超基性岩浆活动的构造环境有关，基性、超基性岩产出的构造境主要有大洋扩张、裂谷活动或有深达上地幔的断裂活动的构造环境。太古宙绿岩带、古元古代中深变质火山岩系中，有着大量基性、超基性岩分布。

在一些规模大、岩相、岩性复杂的岩体或岩带的不同部位，有不同类型矿床产出，构成该成矿系统的成矿系列。例如南非的布什维尔岩体（包括大岩墙），按岩石结构层序，自下而上分为下部带（亦称冷凝带）、临界带、主带、上带和罗伯特组等5个基本岩石旋回单元。下部带厚1100m，由含少量纯橄岩的斜辉橄榄岩和古铜辉石岩组成；临界带为互层状辉石岩、斜长岩、苏长岩和铬铁岩旋回单元，厚1500m；主带为辉长岩、橄长岩、苏长岩和斜长岩岩石单元，厚3500m；上带为含磁铁矿辉长岩、橄长岩、橄长苏长岩和磁铁矿旋回单元，厚2000m；罗伯特组主要为霏细岩和花岗岩。其中含铂铬铁矿体（层）主要赋存于临界带上部，即UG2铬铁岩层；含铂铜镍硫化物的梅林斯基层（或普拉特层）赋存于主带之下的临界带顶部；钒钛磁铁矿或磷灰石矿体，产于上带的底部，主带的顶部（杨星等，1993），上述矿床组合，可以看成是成该岩体侵入活动形成的基性—超基性岩成矿系统含铂铬铁矿→含铂铜镍硫化物→钒钛磁铁矿或磷灰石成系列。

二、中—酸性岩成矿系统及其成矿系列

不同成因的中—酸性岩浆侵入活动过程中，通过与围岩的物质、能量交换、富含气液组分的岩浆进一步分异而成矿的全部要素和全过程，称为中—酸性岩成矿系统。属成矿物质主要来源于地球内部的成矿系统类。能够成矿的中—酸性岩的重要特征是，岩浆中富含气液组分。气液来源，可以是岩浆结晶晚期分异出来的气液（岩浆水），也有从围岩萃取的气液，部分可能是通过断裂及其裂隙系统下渗到岩浆房的地表水。这些气液具有强大的聚矿功能，它将成矿物质聚集在残余岩浆中，经过缓慢的结晶分异和强烈的交代作用，形成伟晶岩（锂、铷、铍、铌、钽）矿床；气液组分将成矿物质聚集在岩体顶部，交代岩体形成斑岩型（铜、钼、金等）矿床（壳幔型中酸性岩）或蚀变花岗岩型（稀有、稀土元素、钨、锡）矿床（壳型中酸性岩）；在岩体接触带交代围岩（碳酸盐岩），形成各种矽卡岩型矿床；气液与成矿物质组成活跃的成矿流体，贯入围岩裂隙，形成各种脉状矿床。影响中—酸性岩成矿系统成矿作用的主要因素为中—酸性岩浆的成因（岩浆来源）和岩浆中的气液组分的多寡。由幔源岩浆演化而来的中—酸性岩浆，在其侵入活动过程中，又混入地壳岩石组分，形成壳幔型中—酸性岩成矿亚系统，其成矿组分为壳幔源成矿组分——铁、铜、钼、金等；由地壳岩石发生重熔形成的中—酸性岩浆成矿亚系统，其成矿组分为壳源成矿组分——钨、锡、锂、铍、铌、钽等。不同成因的中—酸性岩侵入活动所形成的中—酸性岩成矿系统的各亚系统，具有不同的成矿系列。壳幔型中—酸性岩成矿亚系统有岩体内的斑岩型铜（钼）矿床，岩体接触带的矽卡岩型铁铜金矿床，岩体围岩构造裂隙中的热液脉型铜铁金或多金属矿床。一个壳幔型中—酸性岩成矿亚系统，在许多

情况下只出现 1~2 类矿床；也有一些地区的壳幔型中—酸性岩成矿亚系统出现较完整的成矿系列，如西藏玉龙铜矿，有斑岩体中的细脉浸染型矿化构成的贫矿体、斑岩体与碳酸盐岩接触带上的矽卡岩型矿化构成的富矿体、岩体与碎屑岩接触带中的细脉浸染型矿化构成的矿体、围岩构造裂隙中的脉状矿体和富含成矿组分的矿源层中的层控改造型矿体。组成壳幔型中—酸性岩成矿亚系统的斑岩矿床→矽卡岩型矿床→热液脉型和层控改造型矿床成矿系列。壳型中—酸性岩成矿亚系统有富含气液组分的残余岩浆在岩体顶部、边部或围岩裂隙构造中缓慢结晶和自交代形成的花岗伟晶岩型（铍钨铌钽）矿床、岩体上部蚀变花岗岩型（铍钨铌钽稀土）矿床、岩体接触带中的矽卡岩型（含铌钽的铍钨锡）矿床、岩体或围岩裂隙构造中的热液脉型铍钨锡（高温）矿床和铅锌（低温）矿床。构成壳型中—酸性岩成矿亚系统的伟晶岩型矿床→蚀变花岗岩型矿床→矽卡岩型矿床→热液脉型矿床成矿系列。一些地区的壳型中—酸性岩成矿亚系统，可以看到较完整的成矿系列，如柿竹园地区的中酸性岩成矿系统中，花岗岩体边部（与泥盆系灰岩接触的内接触带）有云英岩—矽卡岩型钨钼铋矿体；沿岩体与泥盆系灰岩接触的外接触带的不同地段分别有矽卡岩型钨铋矿体、铜锡矿体、磁铁矿锡铋矿体；岩体的围岩（寒武系碎屑沉积变质岩）构造裂隙中，有大脉及细脉型钨锡铋矿体（近岩体）和脉状黄铁矿铅锌矿体（离岩体稍远）（裴荣富，1995）。

三、火山岩—次火山岩成矿系统及其成矿系列

不同构造环境的岩浆活动，都有火山喷发（溢）活动和次火山岩浆侵入活动，分别具有火山岩成矿亚系统和次火山岩成矿亚系统。

火山岩成矿亚系统是指火山喷发（溢）活动过程中的成矿作用。即火山岩浆从地下往地表喷发（溢）过程中，通过岩浆的流动分异作用，矿物质从岩浆中分离出来形成矿浆，并喷发（溢）到地表，在火山口附近的火山洼地堆积成矿。决定火山岩成矿亚系统成矿作用的主要因素为火山岩浆的成矿物质丰度、火山岩浆分异程度，以及影响火山岩浆分异活动和成矿物质聚集的气液组分。这类矿床极为少见，著名的智利拉科铁矿，属新生代陆相火山喷发（溢）—堆积的火山矿浆型矿床；也有人认为，我国安徽姑山铁矿床、云南大红山铁矿床属火山喷溢—堆积的火山矿浆型矿床。

次火山岩成矿亚系统是与火山活动的岩浆同期、同源的浅成岩浆侵入活动过程中发生物质、能量交换，形成的成矿亚系统。属成矿物质主要来源于地球内部的成矿系统类。次火山岩产于火山机构及其附近，是火山岩浆活动的浅成、超浅成侵入岩（潜火山岩）。海相火山活动和陆相火山活动都有其次火山岩。海相火山活动的火山岩浆多属幔源或壳幔源，陆相火山活动的火山岩浆多属壳源，其次火山岩与其同源。因此，与海相火山活动有关的次火山岩成矿亚系统与陆相火山活动有关的次火山成矿亚系统的矿床组合（成矿系列）有显著差别。海相火山活动多以裂隙喷溢活动为主，局部有中心式喷发，具火山机构；陆相火山活动则多为中心式喷发，与海相火山活动比较，与陆相火山活动有关的火山机构更为发育。火山机构是次火山岩成矿作用的最有利场所。这是因为火山机构具有次火山岩浆和次火山热液上侵并与途经围岩进行能量、物质交换，形成成矿流体的通道、成矿流体聚集的空间，以及成矿流体充填、交代成矿的构造条件。因此，与陆相火山活动有关的次火山岩成矿亚系统比与海相火山活动有关的次火山岩成矿亚系统发育。

富含气液组分的次火山岩浆在上侵过程中发生岩浆分异，形成次火山矿浆，次火山矿浆在次火山岩体顶部、边部结晶或贯入围岩张性裂隙，形成次火山矿浆型矿床（如玢岩铁矿）；古火山机构中富含气液组分的次火山岩筒发生隐爆活动成矿，形成隐爆角砾岩型矿床；次火山岩浆结晶以后，次火山热液在次火山岩体顶（上）部交代次火山岩成矿，可形成浅成—超浅成低温热液型（或斑岩型）矿床；次火山热液交代围岩，可形成矽卡岩型矿床；含矿的次火山热液充填围岩的张性裂隙成矿，为次火山热液脉型矿床。上述几类矿床中，有两类（或两类以上）的矿床，在一个次火山岩的火山机构出现，构成该次火山岩成矿系统的次火山岩成矿系列。

次火山岩成矿亚系统的成矿要素主要有：①次火山岩浆的含矿性。次火山岩浆中成矿物质丰富，是次火山岩成矿亚系统成矿的物质基础，如与次火山岩有关的铁铜矿床，多产于中基性次火山岩成矿系统。②次火山岩浆中气液组分的丰度。气液组分丰富，有利于成矿物质从次火山岩浆中分异出来并形成次火山矿浆或成矿流体，是形成次火山岩成矿亚系统的重要条件，如玢岩铁矿的围岩中，出现大量的伟晶状透闪—阳起石等富含气液组分的铁镁硅酸盐矿物。③次火山岩的发育程度和次火山岩分布的集中程度。一个火山机构中具多期、多种次火山岩体（脉），说明该系统内次火山岩浆分异演化好，并具多期成矿作用；次火山岩体（脉）分布越集中，成矿作用也集中，容易形成大、中型矿床（耿文辉等，2004）。④火山机构的构造发育程度。次火山岩集中分布的火山机构，往往是多组断裂构造发育地段。如果这些断裂、裂隙在次火山岩浆热液活动过程中持续活动，可为次火山岩浆及成矿流体活动提供通道和矿体就位空间。

四、碱性岩—碱性超基性岩—碳酸岩成矿系统

碱性岩、碱性超基性岩、碳酸岩，是产于特殊的地质环境的、少见的岩石类型。省内有关岩浆岩的资料中，有苦橄岩、霞石正长岩、金伯利岩的报道。说明，省内具有形成这些岩石的地质环境。该成矿系统有碱性岩浆分异型矿床。岩浆成因的碳酸岩中的烧绿石矿床（俄罗斯、北欧、非洲等地的碳酸岩型烧绿石矿床；也有人认为我国白云鄂博富稀土的碳酸岩属岩浆成因，该矿床是世界上最大的稀土矿床）。金伯利岩中的金刚石矿床（如南非的金刚石矿床、俄罗斯的亚库梯、我国山东等地的金刚石矿床）。与碱性岩浆侵入活动有关的碱性伟晶岩型稀有元素矿床（俄罗斯科拉半岛稀宾碱性岩体及围岩中的碱性伟晶岩、我国川西的碱性伟晶岩型铌矿点）；与碱性花岗岩浆侵入活动有关的碱性交代岩型矿床（我国东秦岭陕西华县黄龙铺、河南卢氏黄水庵等地的铌、稀土、铀、钍矿点）等。由于该成矿系统的各类矿床资料少，不再分析其成矿系列。

五、沉积成矿系统及其成矿系列

出露于地表的岩石（包括矿石、含矿岩石、一般岩石），在大气、水、生物等营力的作用下，发生物理风化、化学风化、生物风化，使地表岩石发生矿物组分和化学成分的改组。在岩石被改组过程中，稳定的矿物组分留在原地，或以碎屑形式被水、风及其他营力搬运，在地表的不同部位沉积成矿；不稳定的矿物组分分解、溶解、形成有用金属的真溶液或胶体溶液随地表水运移到地表的不同部位沉积（或沉淀）成矿。这种成矿作用的全过程及其全部产物，称为沉积成矿系统。根据成矿系统成矿作用（沉积）方式，可分为：

(一) 风化残积 (余) 成矿亚系统及其成矿系列

地表岩石遭受各种风化作用, 发生岩石矿物组分和化学成分的改组, 岩石中的不稳定矿物分解, 部分溶解流失, 部分形成新矿物; 稳定的矿物组分或新形成的矿物组分, 在原地或附近聚集 (堆积、沉积、沉淀)。聚集物中的有益组分的质和量都达到工业要求, 形成矿床。这一成矿作用全过程及产物, 称为风化残积 (余) 成矿亚系统。如含锡石花岗岩, 原岩质地坚硬, 锡品位低, 不能利用, 其出露地表或近地表部分, 遭受各种风化作用, 岩石疏松, 部分不稳定组分流失, 锡品位相对提高, 达到工业利用要求, 形成风化残积型锡矿床; 出露地表或近地表的含金岩石或低品位金矿体, 遭受各种强烈的风化作用, 部分组分流失, 金品位相对提高, 矿石疏松, 易于利用, 形成沉积成矿系统的风化残积型金矿床 (即“铁帽型金矿”); 受强烈化学风化、生物风化的硅铁建造 (BIF), 二氧化硅流失, 形成风化残积型富铁矿床 (即风化壳型富铁矿); 如铝硅酸盐岩石 (霞石正长岩、玄武岩等), 受强烈的化学、生物风化作用, 二氧化硅流失, 三氧化二铝、三氧化二铁等原地凝聚, 形成残余型铝土矿床; 稀有 (稀土) 元素花岗岩, 受强烈的化学、生物风化作用, 花岗岩中的硅酸盐类矿物分解, 其中的二氧化硅等流失, 形成大量的粘土矿物, 稀土元素被粘土吸附, 富集成矿, 形成吸附型稀土 (钇族) 矿床。

部分出露于地表的矿床或含矿岩石, 遭受各种风化作用, 其中的有益组分从矿物中分解出来, 呈胶体或真溶液随地表水搬运, 在离原生矿体或含矿岩石远近不同地段沉积成矿, 构成该成矿亚系统的成矿系列。如出露地表 (或近地表) 的铅锌硫化物矿床或含铅锌硫化物的岩石, 遭受各种风化作用, 铅锌从硫化物中分解出来, 铅形成新矿物——白铅矿, 在原地或附近聚集, 形成铅的氧化矿矿体; 锌则随地表水搬运到碳酸盐岩发育地段沉淀 (积) 成矿, 形成菱锌矿矿体。构成风化残积 (余) 成矿亚系统的白铅矿→菱锌矿成矿系列。

(二) 机械沉积成矿亚系统及其成矿系列

出露于地表的岩石, 受物理风化为主的风化作用, 发生崩解所形成的碎屑 (岩屑和矿物碎屑), 经水、冰川和风的搬运, 在地表的不同地段沉积成矿。其成矿作用的全部要素和全过程及其全部产物, 称为沉积成矿系统的机械沉积成矿亚系统。不同性质的矿物, 在地表的不同部位 (江河的阶地、河漫滩、三角洲、湖滨、海滨等) 沉积成矿, 形成不同类型的矿床, 构成该成矿系统的成矿系列。地质历史上的各个时期, 都有机械沉积成矿亚系统的各种矿床。第四纪以前的机械沉积成矿亚系统的矿床有古砾岩型 (铀、金) 矿床 (著名的维特瓦特兰德金-铀矿床, 其含金、铀的变质砾岩建造, 是太古宙沉积的含金铀砾岩, 因变质较深, 放在叠加改造成矿系统的变质改造成矿亚系统论述)、砂岩型矿床 (砂岩型金矿)。第四纪的河流、湖滨、海滨等地, 机械沉积成矿亚系统发育。

应该指出的是, 关于砂岩型铜矿床成因类型的归属问题尚需分析。就砂岩型铜矿床的容矿主岩 (砂岩或砂砾岩) 而言, 无疑是机械沉积成因。其中的铜矿物 (辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿等), 可能是各种化学沉积作用的产物, 应统称为沉积型矿床为宜。

(三) 胶体化学沉积成矿亚系统及其成矿系列

地表岩石, 在化学、生物化学风化作用下, 成矿物质 (铁、锰、铝等) 从岩石中分解出来, 呈胶体状态随地表水搬运到海水盆地中或陆相水盆地, 沉积成矿, 形成沉积成矿

系统的胶体沉积成矿亚系统。由于不同元素的胶体沉淀的物理化学条件差异，在沉积盆地的不同部位，不同的沉积环境下，形成不同类型的金属矿床，构成该成矿亚系统的成矿系列。如大陆湖相胶体沉积成矿亚系统中，深部（下部）为沉积菱铁矿矿床，浅部（上部）沉积赤铁矿矿床，构成该成矿亚系统的菱铁→赤铁成矿系列；海相胶体沉积成矿亚系统中，浅海处为沉积铁矿床，深海处为沉积锰矿床，构成该成矿亚系统的铁→锰成矿系列。

六、火山喷流（气）沉积成矿系统及其成矿系列

海相、海陆交互相、陆相火山喷发（溢）活动之前、喷发（溢）活动间歇期间和喷发（溢）活动平静之后，都有喷气和喷流热水的喷流活动，在火山沉积盆地及其下部，形成火山喷流（气）沉积成矿系统。其中，陆相、海陆交互相火山喷发（溢）活动前夕、火山喷发（溢）活动间歇期间或火山喷发（溢）平静之后，控制火山活动的深断裂仍然不时活动，地表水（盆地水）通过火山机构的构造裂隙系统下渗，受火山岩浆、潜火山岩浆加热后形成的含矿气液从火山机构的构造裂隙系统喷出，在火山熔岩的气孔、原生裂隙或火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩中，因物理化学条件发生突变而沉淀（或沉积）成矿，当成矿环境缺硫（或硫早早逸出）、富氧时，形成自然铜型矿床，这类矿床的成矿条件独特，已发现的成型矿床不多，以美国基维诺玄武岩和凝灰砂岩中的自然铜矿床为典型代表，近年来，国内也有所发现。海相火山喷发（溢）活动前夕、间歇、平静之后，火山沉积盆地的地表水（海水）通过控制火山沉积盆地的同生断裂（层）下渗，受潜火山岩浆加热，所形成的热水（气）上涌，在同生断裂（层）的裂隙系统中，形成热水循环系统；热水在循环系统中不断萃取途经岩石的成矿物质，形成成矿流体，成矿流体在运移裂隙系统中发生物理化学条件突变，可沉淀成矿，形成非整合型矿体；成矿流体通过“烟囱”喷到沉积盆地底部沉积成矿，形成整合型矿体。这个与火山活动有关，又与火山喷发（溢）活动有一定的时间间距的喷流成矿系统，称为火山喷流（气）沉积成矿系统。其成矿作用包括补给系统的裂隙中成矿和盆地中沉积成矿。盆地基底岩石、火山喷发（溢）堆积的火山熔岩和快速沉积的火山碎屑岩，因同生断裂多次活动形成的裂隙系统，环流的成矿流（气）体在火山岩裂隙或火山碎屑岩裂隙、孔隙、层间沉淀、沉积成矿，为 VHMS 型矿床；火山沉积盆地中，随着距喷流口（“烟囱”）远近不同，成矿元素组合也不相同。一般说来，近喷流口部位往外（从含矿岩系的下部往上），依次为铜（锌）—锌（铅）—铅（锌）—铁、锰成矿系列。发生在洋中脊的火山喷流（气）沉积成矿系统形成的 VHMS 型矿床为以基性火山岩为容矿主岩的塞浦路斯型含铜黄铁矿矿床；产于弧前海沟的火山喷流（气）沉积成矿系统形成的 VHMS 型矿床为以中基性火山岩为容矿主岩的别子型铜—锌黄铁矿型矿床；弧后盆地的火山喷流（气）沉积成矿系统形成的 VHMS 型矿床，以酸性火山岩为容矿主岩的黑矿型多金属矿床等。同生断裂贯通深度大，活动持续时间长或活动频率高，火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿作用强烈，成矿物质来源广，聚集时间长。在这样的成矿系统中，VHMS 型矿床都发育，矿床规模大、矿富；反之，矿床规模小，矿贫。

应该指出的是，地质历史上各个时代火山喷流（气）沉积成矿系统所形成的 VHMS 型和 SEDEX 型矿床，历经多次造山活动叠加，受到区域变质和构造、岩浆（热液）的叠加改造。在古元古代及其以前的中深变质火山沉积岩中，未发现有火山喷流（气）沉积

成矿系统的 VHMS 型和 SEDEX 型矿床。有些因为受区域变质和多期构造、岩浆（热液）活动的叠加改造，当初形成的矿床已经“变型”或者消失。浅变质火山沉积岩中，火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型和 SEDEX 型矿床，虽受区域变质和多期构造、岩浆（热液）叠加改造，仍然保留有这些矿床的基本特征。均划归火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型和 SEDEX 型矿床。如果叠加改造作用比较强烈，叠加改造作用对矿床的形成，也有很大贡献，可划为过渡类型——火山喷流（气）沉积（改造）矿床，属成矿系统叠加的产物。

七、沉积喷流成矿系统及其成矿系列

人类对热水沉积的研究始于对现代洋底热液沉积的考察。1948 年，瑞典海洋考察船 Albatross 号在红海中部水深 1937m 的地方发现海水水温和含盐度异常，揭开了人类认识海底热液作用的序幕；20 世纪 60 年代中期，美国、英国和联邦德国证实了上述发现，确定存在两个彼此隔离的热卤水洼地，并发现富含 Fe、Mn、Zn、Cu、Cd、Pb 和 Ag 的热水沉积物堆积；20 世纪 70 年代中后期，美国在东太平洋，法国与美国联合在大西洋采用潜水方法进行海底考察，不但发现若干处富含金属热水沉积物，而且观察到了海底热液涌溢现象；20 世纪 80 年代以来，更多的现代洋底热水沉积被发现和研究，取得了丰富的成果（Rona P. A. , 1983; Rona P. A. , 1988; Rona P. A. , 1993; Meylan M. A. , 1986）。

1958 年，Ch Oftung 首次系统阐述了海底喷气-沉积成矿假说，并命名为“Exhalative sedimentary”，引起了地学界的极大反响和争议。20 世纪 70 年代后，对红海、太平洋、大西洋的海底考察，为这一假说提供了大量事实证据。1973 年，Rider 把海底喷气-沉积成矿由假说上升到理论，得到世界范围大多数学者的承认。在 1986 年第七届矿床成因讨论会上，将这类矿床称为 SEDEX 矿床。

翟裕生（1997）将与同生断层关系最密切的热水沉积矿床分成三类：喷气-沉积型块状硫化物矿床（SEDEX 型）、喷气-火山型块状硫化物矿床（VHMS 型）、密西西比河谷型多金属硫化物矿床（MVT 型）。事实上，过去称为“页岩型”的矿床，即是容矿主岩为砂页岩（包括硅质岩等）沉积岩的块状硫化物矿床（SEDEX 型）；密西西比河谷型多金属硫化物矿床（MVT 型）即是容矿主岩为碳酸盐岩的喷流热水沉积矿床。它们都属容矿主岩为不同沉积岩的 SEDEX 型矿床。VHMS 型（过去称 VMS 型）则为容矿主岩为火山岩的块状硫化物矿床，其成矿作用与火山活动有关。为了将与火山活动有关的和无火山活动或火山活动微弱的喷流热水沉积矿床区别开，刘建明等（2001）提出，产在大陆地壳基底之上，沉积岩容矿，火山岩可有可无的热水沉积矿床，称为沉积喷流型（Sedimentary Exhalative）矿床，与火山活动有关的喷流热水沉积矿床，称火山喷流型矿床。鉴于沉积喷流型矿床是在无火山活动或火山活动微弱环境下的热水喷流沉积系统中成矿，我们将其成矿作用的全部地质要素及成矿全过程，称之为沉积喷流成矿系统。

沉积喷流成矿系统的成矿作用，是通过控制沉积盆地的同生断裂（层）及其裂隙系统的热液循环活动，实现浅部、地表与深部的能量和物质交换，形成沉积喷流成矿系统。其成矿过程大致为：在有同生断裂（层）活动的海相或大型陆相沉积盆地中，盆地水通过同生断裂（层）及其裂隙系统下渗到地球深部，因地热增温或受深部潜岩浆房岩浆加热等原因而形成热水上涌，在同生断裂（层）及其裂隙系统中，形成热水循环系统。热

水循环活动过程中，从深部及其途经的岩石（层）萃取成矿物质，形成成矿流体。当成矿流体从喷流口喷出沉积盆地底部，发生物理化学条件突变，与沉积盆地的陆源物质一起沉积，形成层状的整合型矿体，具沉积矿床的基本特征；成矿流体在沉积盆地下部基底岩的补给系统裂隙或盆地中早期沉积物的孔隙中沉淀，形成非整合型矿体，具热液矿床的一些特征，但围岩蚀变很弱，且为低温蚀变，一般为褪色化。其成矿物质来源，既有循环热水从地球内部带来的成矿物质，也有地表岩石受风化、分解，由地表水搬运并汇聚于沉积盆地的成矿物质，属混源成矿系统类的一个成矿系统。

沉积喷流成矿系统成矿机制的主要因素为：同生断裂的规模、贯通深度、活动期次和活动频率；沉积盆地的规模；盆地基底及其深部岩石、盆地周围剥蚀区岩石的成矿元素丰度等。同生断裂规模大，沉积盆地范围也大；同生断裂贯通深度大，活动期次多、频率高，盆地基底深部岩石、盆地周围剥蚀区岩石的成矿元素丰度值高，该成矿系统的成矿物质来源丰富，形成的矿床规模大，矿石富、元素组合复杂；反之，矿床规模小，矿石贫、元素组合较简单。可见，同生断裂（层）是该成矿系统最重要的成矿要素。在沉积喷流成矿系统中，同生断裂（层）的主要功能是：①控制沉积盆地的形成与演化。大型断裂活动引起的快速拉张作用，形成断陷盆地，大型断裂继续活动，成为同生断裂（层）；同生断裂（层）活动停息，沉积盆地隆升、消亡；②同生断裂（层）的断裂、裂隙系统是盆地水下渗，在地壳岩石中环流，并萃取成矿物质，形成成矿流体，由各种热源驱动上升到地表成矿的流通网络；③同生断裂（层）活动产生的动力热，同生断裂（层）贯通到地球深部，诱发局部的岩浆活动，都为同生断裂及其裂隙系统中的环流热液活动提供热源。可以说，沉积喷流成矿系统是同生断裂（层）活动的产物。当同生断层（裂）贯通深度大，诱发岩浆活动，导致火山喷发。同生断层（裂）又与火山喷流（气）沉积成矿系统相伴。

应该指出的是，由于同生断裂（层）是与沉积作用同时且连续活动的断层，在沉积的岩石建造中，常有同生断裂（层）活动形成的同沉积构造标志，如同生砾岩、碎屑流、滑塌相等。

在沉积喷流成矿系统中，往往出现数个不同类型的矿床，构成该成矿系统的成矿系列（矿床组合）。盆地基底岩石裂隙和早期沉积的岩石孔隙（成矿物质的补给系统）中，形成具脉状、细脉状、网脉矿化的非整合型矿体（或矿床）；从补给裂隙系统喷流到盆地底部形成的矿床，矿石具层状构造，矿体与同期沉积的沉积岩整合的层状矿体。在一些多金属矿床中，可以看到非整合型矿体与层状矿体并存，构成上部为层状矿体，其下有成群出现，又不完全平行的脉状矿体，再往深部，上述脉体复合成大脉。自下而上，形成大脉状矿体→小脉群或网脉状矿体→层状矿体成矿系列（“三层楼”）；在沉积盆地中，离喷流口的远近不同，又有不同的成矿类型，一般说来，近喷流口（含矿岩系下部层位），为层状金属硫化物矿床，远离喷流口（含矿岩系上部），为层状金属氧化物（铁、锰）矿床，构成层状金属硫化物矿床→层状铁（锰）矿床成矿系列，如小唐古拉山铁多金属矿床。应该强调的是，由于同生断裂活动的多期性和脉动性，上述矿床的排序，会发生重叠或交错。省内各成矿带沉积喷流成矿系统的许多矿床，历经多次造山活动叠加，都受到不同程度的叠加改造。只要保留有该成矿系统各类矿床的基本特征，仍化归沉积喷流矿床。如果叠加改造十分明显，可称为沉积喷流（改造）矿床，属过渡类型。

八、叠加改造成矿系统及其成矿系列

地质历史上各时代形成的岩石和矿床都遭受到后期各种地质作用（构造活动、岩浆和热液活动、变质作用、各种风化淋滤作用）的叠加，早期形成的矿床和岩石，其矿物成分、化学成分都发生不同程度的变化，成矿组分重新聚集成矿，形成新的矿床类型。其全部成矿要素及成矿作用的全过程、全部产物，称叠加改造成矿系统。因为在地表发生的各种风化淋滤作用是沉积成矿系统的一个组成部分，其矿床的成矿物质来源都是来自地表岩石，成矿机理相似。故把地表发生的风化淋滤改造作用形成的矿床划归成矿物质来源于地表岩石的成矿系统类的沉积成矿系统。本书所讨论的叠加改造成矿系统是指发生在地球内部的变质作用、构造活动、岩浆（热液）活动叠加改造成矿作用，并就位于地球内部的矿床，并划归成矿物质来源于地球内部的成矿系统类。叠加改造成矿系统中，依其成矿机理的不同分为变质改造成矿亚系统、动力改造成矿亚系统和构造、岩浆（热液）复合改造成矿亚系统。

（一）变质改造成矿亚系统及其成矿系列

岩石和矿床形成以后，其所在的地质环境发生变化（如温度的增高、压力的增大），即发生区域变质作用，使岩石或矿石的结构、构造、矿物成分、化学成分、物理性质及岩石、矿体的形态、产状都发生不同程度的变化，形成新的矿床类型。这一成矿的全过程及全部成矿要素，称为变质改造成矿亚系统。

在变质改造成矿过程中，其成矿物质来源，基本上是来自受变质作用的岩石或矿床，只是其矿物相发生了变化。如赤铁硅质岩（或铁碧玉岩）受变质后变为磁铁石英岩型矿床（BIF）、炭质板岩受变质后变为石墨矿床。由于成矿作用发生在地球深部区域变质作用环境，成矿物质来自受变质地质体本身。在变质改造成矿作用过程中，原来矿物或岩石中的结晶水、粒间水、层间水等，受温度增高、压力增大的影响，转变为热液（变质水），并将原岩中的成矿物质运移、富集于岩石裂隙中，形成变质热液脉型矿床。一般说来，变质热液脉型矿体，规模不大。在混合岩化过程中发生的组分重组，可形成混合岩型矿床（王相，罗才让）混合热液脉型矿床，变质岩中的磁铁石英岩遭受混合热液的交代，还可以形成富矿体（如太古宇磁铁石英岩型矿床中的富矿体）。

（二）动力改造成矿亚系统及其成矿系列

剪切带型金矿床是典型的动力改造矿床。动力改造成矿亚系统中，在构造应力的作用下，受构造应力作用的地质体处于压力不断增大，温度不断升高的高温、高压环境，形成韧性剪切变质体。构造应力作用下形成的剪切带，还沟通了深源流体。动力变质作用形成的流体和矿质与深源流体及其从深部带来的矿质一起形成动力改造成矿流体。成矿流体在糜棱岩化带的片理中沉淀成矿，形成韧性剪切带型矿床；成矿流体运移到脆性剪切地带成矿，形成构造蚀变岩型矿床；成矿流体运移到减压、扩容的大裂隙中沉淀，形成石英脉型矿床。上述动力改造成矿作用的全部要素、全过程和全部产物，称为动力改造成矿亚系统。如果同一剪切带内，上述几种矿床一起出现，构成该成矿亚系统的韧性剪切带型

(金) 矿床→构造蚀变岩型 (金) 矿床→石英脉型 (金) 矿床成矿系列。不难看出, 动力改造成矿亚系统的成矿作用有两大要素: 处于构造应力作用下的地质体的岩石建造 (矿源层或矿源岩) 和韧性剪切带。矿源层 (岩) 的成矿物质丰富, 剪切带的贯通深度大、活动期次多, 对成矿有利。应该指出的是, 在剪切带型矿床中, 都有小侵入体或各类脉岩分布, 其成矿作用过程中, 有岩浆热液活动的一份贡献。但是, 动力作用是该成矿亚系统的主要成矿动力。

(三) 构造—岩浆 (热液) 复合改造成矿亚系统及其成矿系列

构造、岩浆 (热液) 复合改造成矿亚系统, 是动力改造活动和岩浆 (热液) 改造活动都起重要作用的具两个主要成矿动力的成矿亚系统。构造—岩浆 (热液) 复合成矿亚系统有三大要素: ①强烈的构造 (断裂) 活动, 其作用一方面使围岩发生动力变质作用, 使岩石的结构构造、矿物、化学组分发生重大变化; 另一方面, 因断裂贯通到深部, 导致岩浆侵入活动。并为岩浆和成矿流体活动提供通道与就位空间; ②强烈的岩浆热液活动, 从深处带来大量的成矿物质, 并对其途经的围岩进行强烈的改造, 又将围岩中的成矿组分带入成矿系统; ③成矿组分丰富的矿源岩 (层), 为构造—岩浆 (热液) 复合成矿亚系统提供主要的成矿物质来源。构造—岩浆 (热液) 复合成矿亚系统成矿作用的产物: 成矿组分丰富的矿源岩 (层), 受后期构造—岩浆 (热液) 复合改造作用十分强烈, 原岩的矿物组成、化学成分、结构构造都发生根本的改变, 原岩特征基本消失 (如超基性岩变为石英菱镁岩), 原岩中高度分散的成矿元素和后期岩浆 (热液) 活动带来的成矿组分一起聚集成矿, 可形成改造—再造型矿床; 矿源层 (岩) 受后期构造—岩浆 (热液) 复合改造作用强烈, 原岩的矿物组成、化学成分都发生很大变化, 但仍然保有原岩的一些结构构造和矿物组成 (如变质的火山沉积岩夹碳酸盐岩, 受后期构造—岩浆热液复合改造以后, 仍保留有原岩的层状构造和原岩的一些硅酸盐、碳酸盐矿物组成), 原岩中的成矿元素和后期岩浆热液活动带来的成矿物质一起聚集在矿源层的构造有利部位成矿, 可形成层控改造型矿床; 构造—岩浆 (热液) 复合改造作用形成的成矿流体 (改造热液) 运移到围岩的张性裂隙成矿, 可形成改造热液脉型矿床。在一个成矿亚系统中有两类 (或两类以上) 矿床出现, 构成该成矿亚系统的成矿系列。如陕西煎茶岭基性、超基性岩中的改造—再造型矿床, 是煎茶岭新元古代超基性岩体在多次强烈的断裂构造活动作用下, 基性、超基性岩发生强烈的动力变质, 形成滑石片岩、滑镁片岩等动力变质岩, 原岩中的铁镁硅酸盐矿物分解, 硬绿泥石、镜铁矿、滑石等应力矿物发育; 华力西期花岗斑岩、印支期花岗斑岩脉、正长岩脉等中酸 (碱) 性岩浆侵入活动, 又发生强烈的热液交代作用, 基性、超基性岩强烈碳酸盐化, 形成菱镁岩、石英菱镁岩, 岩体外接触带白云岩强烈硅化, 铁、镍、金等成矿物质从原岩的铁镁硅酸盐矿物中析出, 与岩浆热液活动带来的成矿物质一起形成成矿流体, 自岩体向外运移, 在不同地段分别形成磁铁矿矿床、硫化镍矿床、金矿床。构成该成矿亚系统的铁、镍、金成矿系列 (罗才让, 1996)。我国东北和邻国 (朝鲜) 的元古宇变质火山沉积岩 (斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩夹大理岩等), 受多期构造—岩浆 (热液) 复合改造, 在角闪斜长片麻岩或角闪斜长片麻岩与大理岩过渡地带形成层控改造型铅锌矿床, 其构造裂隙中有改造热液脉型矿体, 构成层控改造型矿床→复合改造热液脉型矿床 (如朝鲜的检德矿床、辽宁的青城子矿床等)。

青海省内古元古界变质岩系中的“矽卡岩型”矿床的成矿作用具两个成矿力: 动力

改造活动和岩浆（热液）改造活动。动力改造活动使古元古界中、基性火山沉积岩中的成矿元素得到初步富集；后期的岩浆热液活动使这些成矿元素进一步富集，并与岩浆热液带来的成矿物质一起形成成矿流体，在矿源层中形成层控改造型矿床，或在矿源层及其附近的构造裂隙中形成改造热液脉型矿床。我们把省内古元古界变质岩中的“矽卡岩型”矿床及与其紧密相伴的多金属矿脉划归叠加改造成矿系统中构造、岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的层控改造型矿床→改造热液脉型矿床成矿系列。省内一些成矿带中，基性、超基性岩分布较广，在断裂构造发育、并有中酸性岩体（脉）产出地段，基性、超基性岩片理化强烈，并蚀变为滑石片岩、滑镁片岩、石英菱镁岩等。显示其受到强烈的构造—岩浆（热液）复合改造作用。已发现有构造—岩浆（热液）复合改造亚系统的改造—再造型矿床（如拉脊山成矿带的元石山铁镍钴矿床）。

上述情况表明，受多期构造—岩浆活动叠加的前寒武纪的地层和岩石建造中，构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统最发育。受构造—岩浆（热液）复合改造的岩石建造（矿源岩）不同，形成不同的矿床组合（成矿系列）。如陕西勉（县）—略（阳）—阳（平关）地带铜厂地区的元古界中基性火山岩、凝灰质千枚岩夹含铜白云岩、铁白云岩（含菱铁矿层）等火山沉积建造，受后期构造—中酸性岩浆（热液）的复合改造，形成改造—再造型铁（杨家坝铁矿床）→铜（铜厂铜矿床）成矿系列；煎茶岭元古代基性、超基性岩体，受后期构造及中酸性岩浆（热液）的复合改造，形成改造—再造型铁→镍→金矿床组合（成矿系列）。

第三节 青海省金属矿产成矿地质环境

如前所述，青海省地处古亚洲构造域和特提斯构造域交接部位，青藏高原的大地构造格局以南昆仑俯冲碰撞结合带和班公湖—丁青—碧土—昌宁—孟连结合带为界，自北东向南西划分为三大构造区，而青海省涉及两大构造区。其二级构造单元为泛华夏大陆早古生代秦祁昆构造系和泛华夏大陆晚古生代—三叠纪羌塘—三江构造系。

一、泛华夏大陆早古生代秦祁昆构造系（I）

早古生代昆仑山以北奥陶纪多岛弧盆系统的形成受原特提斯洋和古亚洲洋的双重制约。早古生代泛华夏大陆西部边缘存在近东西向的昆仑前锋弧，在其北侧的塔里木、柴达木、祁漫塔格、阿尔金、祁连山、拉脊山等地经历了早古生代多岛弧、弧后海底扩张与弧后盆地萎缩、俯冲消亡和弧—弧碰撞、弧—陆碰撞的演化历史；在石炭—二叠纪碰撞后的地壳伸展背景下又形成了裂陷或裂谷盆地。

青海省多岛弧构造演化格局和不同的动力学机制，除造成构造、岩石建造的差异外，各二级构造单元的成矿作用也有很大差异。

1. 北祁连早古生代结合带（北祁连多岛弧及弧后洋盆消减带）（I₂）

北祁连多岛弧及弧后洋盆消减带，由多条蛇绿混杂岩带与其间的海山或岛弧带组合而成。自北向南划分出四条蛇绿岩和火山弧带。其裂谷作用始于震旦纪末至早中寒武世，洋盆形成于晚寒武世至早奥陶世，洋盆俯冲消减、闭合于奥陶纪，海盆结束于志留纪，此间，发生强烈的火山喷发—沉积活动，并有地幔岩（基性、超基性岩）侵位。当时它们

统一的洋盆和弧盆系统，洋盆具有双向俯冲的特点。晚志留世至泥盆纪（主体为泥盆纪）的磨拉石堆积，标志着盆山转换的开始，表现为弧—弧、弧—陆碰撞作用的终结，石炭纪—三叠纪叠加了浅海相、滨海沼泽相的碳酸盐岩、碎屑岩沉积。

由于不同地段早古生代火山—喷流（沉积）活动的时间长短、强弱不同，基性—超基性岩分布多寡不一，多期造山活动的叠加作用强弱不均，造成成矿作用的差异。

走廊南山一带为陆缘裂陷盆地沉积，为一套双峰式火山岩组合，中寒武统火山沉积岩广泛发育、基性—超基性岩分布广泛、多期次活动的构造蚀变带规模大。形成中寒武世火山—喷流（气）沉积的 VHMS 型和 SEDEX 型铜铅锌矿床（点）（如弯阳河铜铅锌矿床、郭米寺铅锌矿床等）和铁锰矿点，以及加里东期基性—超基性岩成矿系统的岩浆分异型铬（铂）矿床（点）（如百经寺铬铁矿床等）。

托莱山一带早奥陶世火山沉积岩发育，以基性熔岩为主，与基性—超基性岩构成完整的洋脊蛇绿岩，形成早奥陶世火山喷气沉积成矿作用矿床，在洋中脊或弧间、弧后扩张脊的强烈拉张构造环境下形成于蛇绿岩套中，亦称之为蛇绿岩型 Cu（Zn）—S 矿床，如阴凹槽矿床。加里东期基性—超基性岩成矿系统的岩浆分异型含铂铬铁矿床，如玉石沟铬铁矿床。由于多期活动的断裂构造发育，局部有多期中酸性岩脉集中分布，形成规模较大的构造蚀变带。其中有叠加改造成矿系统的构造蚀变岩型金矿床，如川刺沟金矿床。

冷龙岭一带为岛弧的产物，以下一中奥陶统火山岩系为主体。形成早奥陶世海相火山岩型铜多金属矿，如银灿铜锌矿床、浪力克铜矿等。

大坂山一带晚奥陶世海相火山喷发（溢）沉积活动强烈，形成火山喷流（气）沉积成矿作用，如红沟铜矿床；中南沟铅、铜矿点等；次火山含矿热液活动的叠加，使红沟矿床变富。加里东期基性、超基性岩沿大坂山断裂北侧断续分布，有基性—超基性岩成矿系统的成矿地质条件。多期活动的断裂构造发育，并有多期中酸性小岩体（脉）分布，形成多个规模较大的构造蚀变带，形成构造蚀变岩型金矿床，如松树南沟金矿床等。

综上所述，该成矿带的成矿环境在早古生代为洋盆沉积环境。加里东造山期后，晚古生代早期演化为陆缘沉积环境，晚古生代晚期进入陆内演化，有陆相沉积环境。多次造山活动叠加，早期形成的矿床、矿源层受到叠加改造；矿床显多期成矿特点。

2. 中祁连—大通山早古生代岛弧隆起带（I₃）

岛弧隆起带由托来山岛弧、大通山岛弧、西宁—民和岛弧等组成，呈串珠状体延伸，岛弧隆起带的基底由中元古界湟中群。早古生代主要为一套海相碎屑岩和碳酸盐岩夹有岛弧型的火山岩沉积；晚古生代为海陆交互的碎屑岩和碳酸盐岩，其上与三叠系呈整合接触，三叠纪以后的年轻地层主要为陆相碎屑岩沉积。

该隆起带是祁连洋向塔柴板块俯冲过程中形成的岛弧隆起带。各地段成矿地质条件差别明显。早古生代期间，为岛弧隆起带成矿构造环境；早古生代末，岛弧隆起带褶皱造山，并有强烈的中酸性岩浆侵入活动，形成造山带成矿环境；其后，进入陆内演化，为陆相沉积成矿环境。成矿带历经多期造山活动叠加。

托莱南山一带古元古界变质岩比较发育，形成变质热液型铅矿化点，如三道沟西、一道沟铜铅矿化点；中酸性侵入岩、花岗伟晶岩广泛发育，形成蚀变花岗岩型铌、钽矿点，如南尔日岛矿点；矽卡岩型磁铁矿矿点，如三道沟脑磁铁矿点。

柴达尔一带有中、新元古界变质岩出露，有变质改造成矿亚系统的成矿地质条件。二

叠、三叠系、侏罗系陆相沉积岩发育，它们分布在同一地带表明，该地区为长期活动的继承性沉积盆地，有沉积喷流成矿系统的 SEDEX 型铜铅银钒铀矿（化）点（如刚察外力哈达含钒铀的铜铅银矿点等）。

大通—互助一带古元古界变质岩发育，发生变质改造成矿作用，如南门峡铁矿床、宝库大山铜矿化点；加里东期中酸性侵入岩比较发育，形成与中酸性岩有关的矽卡岩型钨钼矿点，如互助花石峡钨钼矿点。

3. 南祁连微陆块—党河南山岩浆弧带（I₄）

该地区早古生代中晚期北祁连洋壳向塔柴板块底部俯冲而产生的弧后盆地沉积环境，形成以早古生代的杂砂质碎屑岩夹安山质火山岩和少量硅质岩、碳酸岩为主的沉积岩，早古生代晚期以来一直处于较稳定的地块发展阶段，岩浆岩基本平行于弧后盆地的南北边界断裂。下古生界沉积岩和火山沉积岩系发育强烈褶皱。早古生代末，盆地隆起、造山，形成造山带成矿环境；加里东造山期后，演化为陆相沉积成矿环境。有多期造山活动叠加，局部地段具叠加改造成矿环境。

哈拉湖一带下奥陶统、下志留统火山沉积岩零星分布，具早奥陶世和早志留世火山喷流（气）沉积成矿地质条件；局部有上古生界（上泥盆统一石炭系、二叠系）陆相沉积岩，其中有陆相沉积成矿系统的砂岩型铜矿化点（野马沟上游南侧、克腾高勒北）。

哈拉湖—刚察一带，局部有下志留统火山沉积岩，有火山喷流（气）沉积成矿系统 SEDEX 型铁矿点多处（哈吉尔中游、娘哲涅嘎、多斯贡寺北、吉尔门河西侧）；下志留统火山沉积岩中，有少量基性岩侵位，形成岩浆熔离型铜矿点（刚察沙柳河）；加里东期中酸性岩浆侵入，有中酸性岩成矿系统的岩浆热液脉型铅矿床（天峻哲合隆）、多金属矿化点（日阿乔合公玛）。多期活动的断裂构造发育，断裂带中有多种岩脉分布，具叠加改造成矿系统类的各成矿系统的成矿地质条件。邻省在下志留统火山碎屑岩中发现大型构造蚀变金矿（黑刺沟金矿）。

4. 宗务隆山晚古生代—早中生代（C—P—T）裂陷槽（I₅）

该区是在晚古生代古特提斯洋扩张活动期间，控制早古生代弧后盆地的断裂复活并发展成为大陆裂陷槽，晚古生代（石炭—二叠纪）期间，成矿带为裂谷成矿构造环境；沉积了海相碎屑岩、碳酸盐岩，并有中基性火山喷发，以石炭系、二叠系基性火山沉积岩系发育，具有晚古生代火山喷流（气）沉积成矿地质条件，发生喷流—沉积成矿作用 SEDEX 型铅矿床（德令哈蓄积山）、铁矿点（曲公马西、马久尔）；基性—超基性岩浆侵入。晚古生代晚期，随着古特提斯洋的消亡，裂谷闭合褶皱成山，并有华力西期中酸性岩浆侵入，形成矽卡岩型磁铁矿矿点（红岭）。华力西造山期后，特提斯洋扩张，成矿带的局部地段发生海侵，演化为早中生代陆缘活动带成矿构造环境；中三叠世以后，进入陆内演化，有陆相沉积成矿环境。成矿带历经华力西、印支、燕山等多期造山活动叠加，早期形成的矿床受到不同程度的叠加改造，或形成动力改造成矿亚系统。

5. 拉脊山陆间裂谷带（I₆）

拉脊山陆间裂谷带位于西宁盆地与化隆隆起之间，呈东西向“S”型的展布。

在早古生代早期的祁连洋扩张活动，大洋板块向塔柴板块俯冲在弧后盆地东段的拉脊山形成陆间裂谷—小洋盆—造山带的演化，在其发展演化的鼎盛时期，裂谷深达地幔，致使幔源岩浆活动强烈，形成了百余处基性—超基性岩体的侵入和大量海相基性—中基性火

山岩的广泛分布。同时，在洋盆环境下还沉积形成了一套深海相的硅质岩、碳酸盐岩及与其相关的多金属矿产的生成。早古生代后期，随着拼合、碰撞，拉脊山裂谷也随着闭合，并发生强烈挤压，新元古界火山沉积岩强烈褶皱，并有加里东期中酸性侵入活动。受多次造山活动叠加，演化为叠加改造成矿构造环境。

该区中寒武统、上寒武统、下奥陶统、中—上奥陶统的中—基性火山沉积岩发育，形成与中酸性岩有关的岩浆热液脉型铜矿点(玉石台)；多期活动的断裂构造发育，断裂带中中酸性岩脉发育，围岩蚀变强烈，形成与构造—岩浆(热液)有关的改造—再造型铁镍钴矿床(平安元石山)、铜(镍钴)矿化点(黑沟峡)，与基性火山岩有关的动力改造成矿亚系统的构造蚀变岩型金矿床(平安天重峡、化隆尼旦沟)、矿(化)点(乐都横山、哇沟)。

6. 日月山—化隆断隆带 (I₇)

该断隆带的成矿地质环境为受多期造山活动叠加强烈的基底隆起带成矿构造环境，成矿带历经多次造山活动叠加，基底含矿建造和矿床受后期构造岩浆活动的强烈叠加改造，导致该成矿带的矿床有多个成矿期的特征。

该区古元古界变质火山沉积岩发育，具变质改造的成矿条件；在古元古代时，地壳的固结程度很低，受地球内部物质的上涌作用，在基底频繁发生火山活动和基性—超基性岩浆侵入活动。古元古界变质岩中有顺层产出的基性、超基性岩，其中产有基性—超基性岩成矿系统的岩浆熔离型含铂铜镍矿床(拉水峡、裕龙沟)、矿点(官庄沟)和镍矿床(贵德阿什贡)；古元古代以后多次造山活动叠加，有多期中酸性岩浆侵入，形成有中酸性岩成矿系统的岩浆热液脉型铅矿化点(阿龙寺)。早中生代，由于祁连洋壳向塔柴板块俯冲作用的加剧，南缘局部地段发生海侵，并有海相火山沉积活动，这些地段为早古生代陆缘活动带成矿构造环境；印支造山期后成矿带又一次隆升进入大陆演化，形成陆相沉积成矿环境。

7. 欧龙布鲁克微陆块 (I₈)

欧龙布鲁克地区在古元古代是多岛洋环境下的结晶基底，沉积有新元古界的碎屑岩、硅镁质碳酸盐岩沉积建造，伴随发生了较大规模的海相中基性火山活动和基性—超基性岩浆侵入；中、新元古界浅变质岩广泛发育，具有变质改造成矿亚系统的铁矿点(红铁沟、欧龙布鲁克山南坡、阿里特克山南侧)、铁(铜)矿点(察汗森)、铁(钴镍锰)矿点(乌兰县高特拉蒙)。局部有寒武系海相沉积岩和寒武—奥陶系滨海相火山沉积岩，有海相胶体沉积成矿系统的赤铁矿矿点(石英梁)；中—新元古代，塔柴板块裂解，局部发生海侵，形成浅海相沉积的成矿环境。早古生代，受柴北缘裂谷活动的影响，该区中西段和东段的局部地区又发生海侵，中西段为浅海相沉积的成矿环境；东段的沉积盆地有火山沉积活动，形成陆缘活动带成矿构造环境。火山喷流(气)沉积成矿系统的SEDEX型含铜磁铁矿矿点(布赫特山中段南坡)。加里东造山期后，成矿带再次隆升成陆，形成有晚古生代陆相或海陆交互相沉积的成矿环境。特提斯洋扩张，成矿带东段的局部地区发生海侵，形成浅海相沉积的成矿环境。印支造山期后，进入陆内演化的成矿环境。成矿带历经多期造山活动叠加，各时代的岩石建造和矿床(点)，受到不同程度的叠加改造，叠造成矿系统的各成矿亚系统(变质改造成矿亚系统、动力改造成矿亚系统、构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统)都比较发育；也导致成矿带的矿床往往有多个成矿期；一个矿床又具多个成矿类型和复杂的元素组合特征。

新元古代—早古生代祁连洋扩张，隆起带的局部地段发生海侵，沉积了新元古代—早

古生代的沉积建造，随着祁连洋的消亡，隆起带全区隆升成陆。陆内造山活动，晚古生代断陷盆地，有泥盆系陆相碎屑岩沉积，有晚泥盆世陆相机械沉积成矿系统的砂岩型铜矿化点（阿沙打、高特拉蒙、求绿特南）。石炭系、下二叠统陆相、海陆交互相沉积岩中有石炭纪、早二叠世胶体化学沉积成矿系统的菱铁矿结核和生物化学沉积的煤层。成矿带东端，有下三叠统滨海相沉积岩，其中有胶体化学沉积成矿系统的铁锰矿点（红旗岭）。

元古宇变质岩中有基性、超基性岩产出，有基性—超基性岩成矿系统的晚期岩分异型铁矿点（乌兰王家琪）。兴凯期、加里东期、华力西期、印支期中—酸性侵入岩广泛分布，中酸性岩成矿系统发育，有花岗伟晶岩型铌钽矿床（沙柳泉）；矽卡岩型铁（金）矿床（霍德森沟）、铁矿点（哈日格莉山）；岩浆热液脉型铁矿点（弯音山、乌兰察汗诺）、铜矿化点（察汗诺西）。成矿带历经多期造山活动的叠加，各时代岩层（特别是元古宙变质岩）中，多期活动的断裂构造发育，岩层强烈揉皱、破碎、片理化，并有多期岩体（脉）侵入，形成规模大、围岩蚀变强的构造蚀变带，有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的层控改造型钨锌矿床（尕子黑）、铁（镍钴）矿点（敖包娃）、铁矿点（阿母内可山、沙柳河西）、铜化矿点（布赫特山北东）；动力改造成矿亚系统的构造蚀变岩型金矿点（大柴旦东山）。

古元古界变质岩中，有钨锌矿床（尕子黑矿床）和铁、铜矿点分布；花岗伟晶岩中有铌钽矿床（沙柳泉矿床）；中酸性岩体接触带和围岩中，有一系列铁矿点。

8. 柴北缘奥陶纪消减带（I₉）

基底由古元古界达肯大坂群的混合岩化黑云片麻岩、角闪斜长片麻岩；震旦系滨—浅海相粗碎屑岩夹白云岩、碳酸盐岩组成；该消减带新元古界浅变质岩（碳、硅、泥建造）中，多期活动的断裂构造挤压带发育，岩石强烈揉皱、破碎、片理化、糜棱岩化，并有华力西期、印支期等多期侵入体和脉岩分布，动力改造成矿作用发育，形成韧性剪切带型金矿床（大柴旦滩间山、青龙沟、细晶沟）、矿点（大柴旦金龙沟）。古生代早期，为基底隆起带成矿环境，北部受柴北缘裂谷活动的影响，局部发生海侵，并有火山活动，具陆缘活动带的成矿环境；受北祁连洋壳俯冲的影响，中晚奥陶纪扩张裂陷，下古生界火山沉积岩发育，其中锡铁山地区具有喷流（气）沉积 SEDEX 型铅锌矿床，如锡铁山、大柴旦双口山铅矿床、红灯沟铜金矿点；有火山喷流（气） VHMS 型铜硫矿床（大柴旦青龙滩）、铜矿点（联合南沟）。在大陆边缘裂谷。形成蛇绿岩带。该蛇绿岩带主要分布于赛什腾山、绿梁山及锡铁山一带，主要由纯橄岩、斜辉辉橄岩、单斜辉石岩、橄榄辉长岩、辉长岩及蛇纹岩、变拉斑玄武岩及硅质岩组成，超基性岩主要为镁质超基性岩（ $m/f = 8.1 \sim 12.5$ ）。在大柴旦南胜利口—镜铁山一带，可见明显的蛇绿混杂岩带，在强片理化的碎屑岩基质中混杂有超基性岩、变基性火山岩、碳酸盐岩及硅质岩的构造岩块。受加里东期基性—超基性岩侵位，产有早期岩浆分异型铬（铂）矿床（大柴旦绿梁山）、铬铁矿矿点（黑石山、沙柳河）、矿化点（绿梁山南山三号岩体）。晚古生代裂谷闭合，上泥盆统陆相或海陆交互相火山喷发—沉积岩发育，其中阿木尼克地区，有晚泥盆世火山喷流（气）沉积成矿作用铜矿点（阿木尼克山主峰北沟牛首山）、铜银金矿点（达达肯乌拉山西）。晚古生代中后期，成矿带中部发生石炭纪海侵，形成滨海沉积环境，其沉积岩建造中，硅质岩发育，显示沉积喷流成矿环境。消减带东南发生早二叠世海侵，并有火山活动，形成陆缘活动带成矿环境；特提斯洋扩张，成矿带东部发生早—中三叠世海侵活动，其沉积建

造中有少量火山岩，显示陆缘活动带成矿环境；自晚三叠世开始，成矿带全区进入大陆演化，局部有大陆火山喷发—沉积—一次火山侵入成矿环境和陆相沉积成矿环境。成矿带历经多次造山活动叠加，早期形成的矿床和岩石建造，受到强烈的叠加改造，局部地带形成叠加改造成矿环境。导致成矿带内，动力改造成矿亚系统、构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统发育，矿床常显多期成矿特征。

加里东期、华力西期、印支期中酸性侵入岩发育，以华力西期中酸性侵入岩分布最广，中酸性岩成矿作用发育，形成斑岩型铜矿床（小赛什腾山）、矽卡岩型铁矿点（噉唠河）、岩浆热液脉型铜矿点（乌笼滩东山）、铜矿化点（锡铁山北沟）、铅矿点（哇沿河）。该区东段的各种岩石建造中，特别是华力西、印支期中酸性岩体中，多期活动的断裂构造多，形成构造蚀变岩型金矿床（乌兰赛坝沟）。

9. 柴达木陆块（晚古生代弧后残留盆地）（ I_{10} ）

柴达木盆地位于青藏高原北部，北以阿尔金山脉和祁连山脉为界，南以昆仑山脉为界，是印支期造山运动之后圈闭在昆仑前锋弧后面的残留弧后盆地，是幸存于古特提斯洋消亡的晚三叠纪弧—陆碰撞过程中的残留盆地（许靖华等，1998）。柴达木周缘山脉中的泥盆纪和石炭纪地层为一套古特提斯活动边缘层序的陆相和浅海相火山沉积，广泛分布于昆仑山脉的晚古生代至三叠纪的花岗岩类岩基与二叠纪—三叠纪时期布尔汗布达山—鄂拉山的火山弧也是活动边缘。因此，柴达木盆地晚古生代是以布尔汗布达山—鄂拉山火山—岩浆弧为前锋弧的弧后盆地，其基底可能为古元古界深变质岩，侏罗系至第四系均为巨厚的河湖相至山麓堆积相，其中白垩系至第四系为红色含膏盐碎屑岩组合，夹多层砾岩。

10. 都兰—鄂拉山晚古生代—三叠纪火山—岩浆弧及弧前增生楔（ I_{11} ）

都兰—鄂拉山地区是在早古生代之前形成的结晶基底，早古生代早期祁连洋扩张活动，区内局部发生海侵接受早古生代碎屑沉积，古元古代变质岩分布广泛，有变质成矿地质条件；其北部寒武系、石炭系、二叠系火山沉积岩出露较广，有火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿地质条件；中西部有石炭系沉积岩零星出露，金属成矿作用不发育。东南部（日龙沟—赛什塘一带）下二叠统火山沉积岩分布广泛，早二叠世火山喷流（气）沉积成矿系统发育，有该成矿系统的 SEDEX 型锡（铜铅锌）矿床（日龙沟）、铜（铅锌）矿床（铜峪沟）、铅锌（铜）矿床（赛什塘）。成矿带东部，下、中三叠统滨海相沉积岩较广，鄂拉山断裂两侧，上三叠统陆相火山喷发沉积岩发育，其中有晚三叠世次火山岩成矿系统：浅成—超浅成次火山侵入岩（斑岩）体中的次火山热液型银铅锌铜矿床（兴海索拉沟）、铜矿点（哈次谱山）；次火山岩体接触带中的矽卡岩型铁铅锌矿点（都兰希龙沟）、磁铁矿矿点（大海滩西、夏日哈山北）、铁铜矿点（孤山）、铅锌金矿点（兴海西岭秋喝）、铅锌矿点（隆统北）、铜钴矿点（都兰柯柯赛、都兰柯柯赛东—赛钦）、铜矿（化）点（尼玛龙、关角牙合、马里木吾卡）；次火山热液脉型铜铅锌（银）矿床（兴海鄂拉山口）、金矿床（兴海满丈沟）、金铜矿点（共和过群沟）、铅锌银矿点（兴海在日沟）。

其中多期活动的断裂构造发育，断裂构造带中有多期小岩体（脉）侵入，岩石破碎、蚀变强烈，形成构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的层控改造型钨锡矿床（都兰沙柳河南区）、矿点（沙柳河本区）；铅锌矿床（吉给申沟）、矿点（沙柳河、沙柳河西区、沙那黑沟口）；铜钨钨锡矿点（小通突尔沟西）、铅矿点（沙那黑沟脑）。并有中基性海相火山活动。早古生代后期祁连洋壳俯冲时形成基底隆起带，加里东造山期伴有中酸性

岩浆侵入活动；下古生界火山沉积岩中有基性—超基性岩侵位，基性—超基性岩成矿系统比较发育，产有早期岩浆分异型铬铁矿矿点（黑石山、沙柳河）。晚古生代，宗务隆山裂谷带活动也波及本区，有石炭系碎屑岩和碳酸盐岩沉积；华力西期造山运动叠加其上使该区隆升成陆，并有同期中酸性岩浆的侵入，多期中酸性岩浆侵入，以印支期中酸性侵入岩分布最为广泛，其次为华力西期。中酸性岩成矿系统十分发育，有中酸性侵入体接触带的矽卡岩型铁（钴金）矿床（都兰海寺）、铁（多金属）矿床（都兰南戈滩）、磁铁矿矿点（下西台、石灰窑）、铅锌矿点（直沟）、铜矿点（英特尔、那日马拉黑西南），其中元古代变质火山沉积岩（斜长角闪片麻岩等）的断裂构造带中，多期中酸性岩体（脉）发育，形成构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的层控改造型铁锡矿床（都兰小卧龙）、铅锌银矿床（兴海什多龙）、磁铁矿矿床（柯柯赛沟口北山）。早中生代，南边藏滇板块向北部欧亚古陆的碰撞焊接，导致该地区力藕不均，发生挤压扭滑运动，形成了以北西向为主的鄂拉山构造体系，有大量印支期中酸性岩浆侵入；晚三叠世，形成哇洪山—温泉大型转换断裂，同时引起该地区张性断裂系统形成，并在拉张较深的断裂部位发生了晚三叠世陆相火山活动，形成了该地区陆相火山岩，上三叠统陆相火山喷发—沉积岩零星分布，形成矽卡岩型铁铜矿点（都兰大海滩）；侏罗系、白垩系、第三系陆相沉积岩，在成矿带各地段均有出露。其中侏罗系沉积岩中，有胶体化学沉积成矿系统的菱铁矿矿点（扎布萨尕秀、东大沟）。

11. 祁漫塔格弧后盆地（I₁₂）

该区地处塔柴大陆板块南部边缘活动带，该区出露有古—中元古界中深变质岩（片麻岩、混合岩、大理岩、石英岩等）；寒武系片岩、变质砂岩、碳酸盐岩及硅质岩；奥陶系海相碎屑岩、基性—中酸性火山岩及碳酸盐岩；泥盆系海陆交互相碎屑岩夹碳酸盐岩，陆相中—酸性火山岩；石炭系滨—浅海相碎屑岩、生物灰岩夹碳酸盐岩；二叠系浅海相碎屑岩、生物灰岩及含燧石白云质灰岩；三叠系陆相中酸性火山岩；区内加里东—印支期中—酸性侵入岩发育。局部有基性—超基性岩体出露。

在早古生代由于受南部特提斯洋壳俯冲的影响，致使东昆仑北坡地区呈岛弧隆起，并在祁漫塔格地区形成了弧后裂隙带，并有较大规模的中基性火山喷发活动，形成了寒武—奥陶系海相碎屑岩、碳酸盐岩和中基性火山岩建造。火山喷流（气）沉积成矿系统发育，有晚奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统的 SEDEX 型铁钴铋金铅锌矿床系列（格尔木肯德可克）、铁（钴）矿床（格尔木尕林格）、铁矿点（吕堆夏努沟努、克停哈尔西南）、铁钴金矿化点（茫崖宽沟）等。随着昆仑洋向北俯冲作用的加剧，盆地裂隙加深，局部达下地壳底部，导致少量基性—超基性岩的侵入。早古生代晚期随着昆仑洋的消亡，塔柴板块与华南板块的陆陆碰撞及造山活动，裂隙盆地闭合、隆升成陆，并伴有大量加里东期中酸性岩浆侵入，晚古生代北特提斯洋扩张波及本区，并形成有泥盆系、石炭系、二叠系海陆交互相、浅海相沉积，间有陆相火山喷发，华力西期造山活动使本区整体隆升，中生代早期发生中酸性侵入活动和叠加改造活动，局部发生了陆内裂隙和较大规模的中酸性陆相火山喷发活动；华力西造山期后进入陆内演化，有晚三叠世火山喷发—沉积—一次火山侵入活动的成矿环境和陆相沉积成矿环境。上三叠统陆相火山喷发沉积岩中已发现有晚三叠世次火山岩成矿系统的矽卡岩型铁铜矿点（哈雅克登塔格北坡）、铁（铅锌）矿点（尕羊沟）、铁矿点（小灶河）；次火山热液脉型铜铅银矿点（哈德尔甘南）等。

该区历经加里东、华力西、印支等多期造山活动叠加，有多期中酸性岩浆侵入，中酸性岩成矿系统发育，形成矽卡岩型铁锡（钴）矿床（格尔木五一河）、铁锌（铜）矿床（格尔木野马泉）、铁（钴）矿床（格尔木群力）、铅锌矿床（格尔木巴克特）等矿产。

12. 东昆仑北坡岩浆岛弧带（I₁₃）

近东西向展布的昆仑山火山—岩浆弧带，构成了泛华夏大陆早古生代前锋弧，亦即昆仑—祁连弧—盆系的前锋弧。除三叠纪早中期仍有海相层外，中新世主要为陆相的沉积物，属造山期后的山前或山间盆地型沉积。昆仑山脉的前寒武纪基底残片，是泛华夏大陆克拉通分裂出来的岛弧型陆块块体。为与洋壳俯冲密切相关，属于典型的多期或至少两期叠加而成的岛弧型岩浆弧。

早古生代昆仑洋向塔柴板块俯冲，本区为岛弧隆起带成矿地质构造环境；华力西造山活动的强烈叠加，有大量的中酸性岩浆侵入，形成岩浆弧带成矿环境；华力西造山期后，进入陆内演化，形成大陆火山喷发—沉积—一次火山侵入的成矿环境（晚三叠世）和陆相沉积成矿环境。多次造山活动叠加，具叠加改造成矿构造环境。早期矿床和含矿建造受到强烈改造，导致矿床具多期成矿特征，成矿类型复杂，叠加改造矿床发育。

该区在元古宙时为多岛洋环境，由于前兴凯运动的影响，在东昆仑南山口及五龙沟一带形成古裂隙槽，沉积了中—新元古界泥砂质碎屑岩、硅镁质碳酸盐岩及炭硅质岩夹中酸性火山碎屑岩建造，并伴随有前兴凯期的超基性—基性—中酸性岩浆侵入。早古生代，昆仑洋向北俯冲，塔柴板块南部边缘的东昆仑北坡隆起成岛弧区，加里东造山活动本区形成有中酸性侵入岩；晚古生代古特提斯洋扩张活动，区内局部地段（格尔木南山口）发生海侵，沉积了泥盆系海陆交互碎屑岩，石炭系滨—浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩，并发生基性—中酸性火山喷发。随着古特提斯洋消亡，本区发生陆内造山，有大规模中酸性岩浆侵入；印支—燕山期陆内造山活动的叠加，使该区不断隆升，有较多的中酸性岩浆和晚三叠世陆相火山喷发，东昆仑山北坡的岩浆岛弧带形成。

古元古界中深变质火山沉积岩、中—新元古界浅变沉积岩分布较广。在古元古界中深变质岩的构造蚀变带中，有金矿床（五龙沟）、矿点和多金属矿点；中元古界浅变质岩中，有铁矿床（格尔木磁铁山）、铁（钴）矿床（清水河）；与中酸性侵入岩有关的铁铜金锑铌钽等多金属矿点广泛分布；也有与晚三叠世次火山岩有关的铜钼多金属矿点。

古元古界变质火山沉积岩中，多期活动的断裂构造发育，并有多期中酸性岩浆侵入，动力改造成矿亚系统、构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统比较发育。有动力改造成矿亚系统的韧性剪切带型金矿床（都兰五龙沟）；构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的层控改造型铁矿点（别里赛北、塔克特自然、夏拉尕诺、查干尕诺查可勒图），改造热液脉型铅（银）矿点（大格勒三道沟、诺木洪五龙沟）等。中、新生代浅变质岩中，有变质改造成矿亚系统喷流沉积变质型磁铁（赤铁）矿床（格尔木磁铁山）、铁矿点（白日其利沟）等。成矿带内，兴凯、加里东、华力西、印支期等多期中酸性侵入岩分布非常广泛，中酸性岩成矿系统发育，有岩体接触带的矽卡岩型铜矿点（索拉吉尔）、铁铜矿点（乌腊德夏拉郭勒）、磁铁矿点（道班沟）。

13. 昆仑前锋弧南缘古生代消减杂岩带（I₁₄）

夹持于东昆仑中断裂与昆仑南缘断裂之间的构造带，实际上是一个由不同时代的构造岩块或岩片、蛇绿岩与火山—沉积岩系构成的昆仑前锋弧南缘的古生代消减杂岩带。它包

括由块状超基性岩相堆晶岩、席状辉绿岩床（墙）及变基性火山岩为主的东昆仑中南缘蛇绿岩带，纳赤台—小南川一带的复理石砂板岩、变基性火山岩、辉长岩、大理岩、薄层泥质灰岩等的火山—沉积岩系，都是消减杂岩带中的组成部分。已发现下古生界火山沉积岩中有 SEDEX 型钴金矿床（驼路沟）、铜（钴）矿床（督冷沟）及多处铜铅锌矿点。这个消减杂岩带形成的时代从早古生代一直延续到晚古生代末至早中生代初，以早古生代为主，向东经苦海、托素湖及其以北一带，急剧向北折转，围绕柴达木东端形成向东突出的弧形构造带，尤以南东侧瓦洪山断裂表现最为明显。在都兰—茶卡、乌兰—天峻之间均可见到发育较好的蛇绿混杂岩带，它们由超基性岩、堆晶辉长岩和变基性火山岩、硅质岩、灰岩等构造岩块混杂组成，它显然是消减杂岩带向东围绕柴达木陆块东端向北—北西折转后的延伸。基性—超基性岩中有含铂铬铁矿矿点产出，晚三叠世开始进入陆内演化阶段，多次造山活动叠加，早期矿床受到较强烈的叠加改造，形成构造蚀变型金矿床（如果洛龙洼金矿），成矿作用有多期、多类型特点。

二、泛华夏大陆晚古生代—三叠纪羌塘—三江构造系（Ⅱ）

从昆仑前锋弧和康滇陆缘弧以“日本群岛裂离型”裂离出唐古拉他念他翁残余弧，构成泛华夏大陆西南缘的晚古生代前锋弧。夹持于该前锋弧与早古生代昆仑前锋弧之间的羌塘、澜沧江、昌都、兰坪、金沙江、中咱、义敦、甘孜理塘等地的广大区域记录了晚古生代—中生代弧后扩张、多岛弧盆系发育、弧—弧碰撞、弧—陆碰撞的地质演化历史。碰撞之后该区的大部分地区于晚三叠世转化为陆地，并形成碰撞后地壳伸展背景下的裂陷或裂谷盆地。

1. 共和三叠纪残余盆地（Ⅱ₁）

共和盆地位于华北陆块（北侧），柴达木陆块（西侧）和扬子陆块（南侧）交接处的中央地带，加里东期拼合成为泛华夏陆块群的组成部分。在盆地西北部，二叠系碎屑岩、碳酸盐岩不整合于志留系之上。成矿环境主要是晚二叠世、早—中三叠世陆缘活动带沉积成矿环境；晚三叠世开始，本区进入陆内演化，形成大陆火山喷发—沉积—次火山侵入成矿环境和陆相沉积成矿环境。青海南山—瓜什则一带，下二叠统碳酸盐岩分布较广，其中有中酸性岩侵入体产出，其接触带上有矽卡岩型铁铜金矿床（双朋喜、谢坑）；二叠纪（可能包括石炭纪）—三叠纪裂离形成洋盆，早三叠世共和盆地（洋盆）北侧为南祁连山障壁的陆表浅海及青海橡皮山、青海湖南山、华北陆块南缘斜坡，西侧为都兰—鄂拉山基底隆起带，南侧为扬子陆块西北缘台地—台缘斜坡。秦祁昆交接区中央地带的共和盆地为深水盆地，其标志在天峻县南山三叠系中可见蛇绿混杂岩带。中晚三叠世时由于巴颜喀拉洋盆地俯冲消减闭合，而演变为残留洋（残留海）的残余盆地，晚三叠世中晚期残余盆地充填消亡。青海南山—瓜什则一带，下、中三叠统沉积岩中有铅锌矿矿床（哇家）、火山沉积岩中有 SEDEX 型铜矿床（恰东）；多次活动的构造蚀变带中有金（铜）矿床（德合隆洼）、铋金矿点等。中三叠世因南边藏滇板块和北边欧亚古陆的陆陆碰撞，导致强烈的中酸性岩浆侵入和陆内造山，拉张断陷盆地中有强烈晚三叠世陆相火山活动；在多禾茂地区还有白垩纪陆相火山活动。

多福屯—同仁一带上三叠统陆相火山岩、次火山岩发育，印支—燕山期中酸性岩体较多，与次火山岩、中酸性侵入岩有关的铅锌矿床（泽库老藏沟、同仁夏布楞）、金铋银

(铂) 矿床 (泽库夺确壳)、矿点广泛分布; 构造蚀变带中也发现有金砷矿点。

同德—泽库一带印支期中酸性侵入岩发育, 形成与中酸性侵入岩有关的天银矿床 (兴海尕科合)、金砷矿床 (泽库多朗尕日寨)。

2. 西倾山晚古生代台地 (II₂)

该区北以缝合带为界, 南至阿尼玛卿山北侧断裂; 西起苦海地区, 经军功到宁木特, 往东进入甘肃境内。西倾山晚古生代台地向东可延伸至白龙江—西汉水, 在白龙江—西汉水一带出露的最老地层为碧口群, 其时代可与蓟县系及青白口系相当 (刘增乾等, 1990), 向上为与其呈不整合接触的震旦系与扬子地块相同。在西倾山, 原奥陶系白衣沟群中和酸性火山岩系中的英安质凝灰岩铷锶等时线年龄值为 739Ma, 可与扬子西缘的下震旦统相对比, 志留系为浅海至次深海相次稳定型碎屑岩夹碳酸盐岩、硅质岩组合。上古生界不整合于志留系之上, 基本为浅海相的稳定台型沉积, 泥盆系为碳酸盐—碎屑岩组合, 石炭系—二叠系以碳酸盐岩为主, 三叠系分布在南北两侧, 为浅海相稳定台型的碎屑岩—碳酸盐组合, 侏罗纪、白垩纪及第三纪发育小型陆相盆地沉积。

成矿环境主要为大陆棚沉积环境, 下、中三叠统滨海相沉积岩广泛分布, 局部有上古生界滨海相沉积岩。多次活动构造蚀变带比较发育。中三叠世以后进入陆内演化。

已发现下、中三叠统沉积岩的构造蚀变带中, 产有汞矿床 (穆黑、沙尔诺)、钨铋矿床 (克穆达)、汞铋矿床和金矿床 (石藏寺)。

3. 阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂带 (II₃)

阿尼玛卿洋内弧及玛积雪山混杂岩带东起玛沁, 向西经玛积雪山、花石峡至布青山, 本区在石炭纪发生大陆裂陷, 演化为裂谷并出现火山活动。到早二叠世裂谷活动强烈阶段, 有大量的火山喷发, 形成巨厚的下二叠统火山岩建造, 伴有基性—超基性侵入岩, 已发现有产于上古生界火山沉积岩中的铜 (钴) 矿床 (德尔尼)、铜 (钴) 铁矿点以及基性—超基性岩中的铜 (钴) 矿点分布。华力西造山期后, 有多次造山活动叠加, 早期形成的矿床受到一定程度的改造, 具多期成矿特征。蛇绿岩主要由超镁铁质岩、堆晶辉长岩、均质辉长岩、辉长辉绿岩墙、基性熔岩 (枕状和块状)、放射虫硅质岩等组成, 多呈构造岩块与其他类型岩石块体混杂在复理石砂板岩中。超镁铁岩在布青山、下大武、玛积雪山和玛沁地区较为发育, 以斜辉辉石岩为主, 次为纯橄岩、辉石岩和少量二辉橄榄岩, $m/f=8 \sim 11$, 属镁质超基性岩, 堆晶辉长岩主要见于玛积雪山的千里瓦里玛, 厚可达千余米。在玛积雪山蛇绿混杂岩带内的下大武一带发育有玄武岩—安山岩—流纹岩组合的钙碱性洋内岛弧型火山岩。蛇绿岩形成于石炭纪—二叠纪, 岛弧火山岩则形成于早中三叠世, 玛积雪山蛇绿岩带为扬子陆块和柴达木陆块间巴颜喀拉洋盆向北俯冲消减作用的产物。

4. 巴颜喀拉晚古生代—中三叠世弧后盆地 (II₄)

巴颜喀拉盆地位于扬子陆块、柴达木陆块、北方陆块及羌塘—昌都陆块之间, 成为一倒三角形, 盆地几乎全为三叠系复理石沉积所覆盖。震旦系和早古生界为被动边缘, 发育浅海相碎屑岩—碳酸盐岩和深海相复理石的沉积, 晚古生代为弧后盆地, 泥盆纪—石炭纪开始了碳酸盐缓坡、台地的发育, 石炭纪—二叠纪开始发生巴颜喀拉盆地的弧后扩张形成巴颜喀拉洋盆, 中三叠世弧后洋盆向南、向北双向俯冲, 盆地在不断收缩过程中演化为残留海洋, 沉积一套陆源碎屑浊积岩。中三叠世晚期至晚三叠世 (主体为晚三叠世) 巴颜喀拉残留海因前陆隆起 (泸州隆起) 挠曲而迅速沉降, 结束了饥饿盆地 (残留海/洋

盆, T_1-T_2) 沉积状态, 转入饱和充填的弧后前陆盆地阶段, 充填了上万米厚的细碎屑浊积岩和复理石, 在三叠系浊流沉积岩中发现有韧性剪切带型金矿床 (大场)、及一批金 (锑、砷) 矿点; 印支期岩体周围的花岗伟晶岩中有锂铍铌钽矿床 (卡亚吉); 晚三叠世末, 前陆盆地充填消亡。

成矿地质环境主要为早中生代湖后盆地。印支造山期后本区进入陆内演化, 有陆相沉积和陆相火山喷发—沉积—一次火山侵入的地质环境。

5. 西金乌兰—义敦晚三叠世岛弧 (II_5)

位于西金乌兰湖—歇武断裂以南, 乌兰乌拉湖—玉树深断裂以北; 西起青藏边界, 东延进入四川。是义敦岛弧的西延, 义敦岛弧是甘孜—理塘洋盆向西俯冲消减作用的产物, 是在具堑—垒系构造特征的薄陆壳上发展起来的岛弧 (侯增谦等, 1995), 主要为晚三叠世的火山—沉积岩系和印支晚期、燕山期花岗岩基所占据。外弧火山—侵入杂岩由第一亚旋回中性火山岩和与其相邻的中酸性深成岩—一次火山岩构成, 以安山岩和安山质火山碎屑岩为主体的外弧火山岩是晚三叠世首次造弧活动的产物。岛弧裂谷盆地的火山—侵入杂岩由“双峰”式火山岩和与之共生的辉绿岩墙群构成, 是继外弧火山—侵入杂岩之后的第二亚旋回火山活动的产物 (晚三叠世卡尼中晚期)。内弧火山—侵入杂岩由第三亚旋回 (晚三叠世诺利期) 中酸性火山岩和与之共生的闪长岩—闪长玢岩及黑云母花岗岩—花岗斑岩构成, 以英安岩—安山英安岩及其火山碎屑岩为主体的内弧火山岩。弧后扩张盆地中, 为一套滨、浅海相碎屑岩、碳酸盐岩和高钾的“双峰”式火山岩组合。上三叠统火山沉积岩中, 有 VHMS 型铜铅锌矿床 (尕龙格玛)。

印支造山期后, 进入陆内演化阶段, 控制裂谷活动的北西西向断裂局部复活, 形成北西西向白垩纪断陷盆地和新生代断陷盆地, 具有陆相沉积和陆相火山喷发—沉积—一次火山侵入的成矿环境。白垩系陆相沉积岩中有砂岩型铜、多金属矿床 (扎麻西孔、姜浪、二道沟)、矿点。在印支期基性—超基性岩中, 也有钛铁矿矿化点。

6. 德格—年吉错弧间盆地 (II_6)

位于乌兰乌拉湖—玉树深断裂以南, 玛曲河断裂以北, 呈北西向展布, 是特提斯洋向华南板块俯冲期间形成的弧间盆地。

昌都盆地从泥盆纪—石炭纪开始进入较为稳定的地块发展阶段, 金沙江早二叠世晚期俯冲消减, 导致江达—德钦—维西火山—岩浆弧的形成, 该盆地转化为汇聚边缘体系下的弧后盆地, 晚三叠世由于金沙江洋的闭合发生弧—陆碰撞, 昌都二叠纪弧后盆地转化为弧后前陆盆地。由于其东西两侧均为晚古生代晚期—早中生代火山弧。它是岛弧地区差异性隆升和沉积中形成的。接受沉积了中三叠世滨—浅海相碎屑岩、生物碎屑灰岩、碳酸盐岩沉积。从岛弧隆起带裂解下来的晚古生代火山沉积岩建造, 弧间盆地沉积地层以线状褶皱变形为特征, 呈复式向斜形式出现。

该成矿环境因地段不同而有异。小苏莽—赵卡隆一带具岛弧隆起带特征, 晚三叠世港湾为火山喷发沉积环境, 喷流—沉积岩中的 SEDEX 型铅锌铜铁银矿床 (赵卡隆); 隆起带周围为弧间盆地沉积环境。晚三叠世以后本区进入陆内演化, 并有燕山、喜马拉雅期陆内造山叠加。

7. 开心岭—杂多岛弧带 (II_7)

位于乌兰乌拉湖—玉树深断裂和玛曲断裂以南、当曲河断裂以北, 西起青藏省 (区)

界，东达西藏境内。开心岭—杂多岛弧—盆地系内，前寒武纪—早古生代变质岩，原岩为一套复理石砂板岩夹中基性火山岩，构成残余古岛弧带的基底。泥盆系为台型碎屑岩—碳酸盐岩沉积，石炭系为拉张型盆地中的复理石砂板岩夹基性火山岩，石炭系火山沉积岩中有铅、铜矿点产出；二叠纪为开心岭—杂多岛弧—盆地系发育的主体，弧火山岛可见由下往上为玄武岩、玄武安山岩—滩礁相灰岩—含煤碎屑岩的层序序列，类似于台湾到菲律宾之间的巴坦群岛的岩石组合序列的特点。其隆起区有晚古生代的火山喷气（沉积）成矿作用，洼地区则有晚三叠世火山喷流（气）沉积成矿作用。下二叠统玄武岩中，有自然铜型矿床（旦荣），弧火山岛之间仍有深水盆地沉积物，为复理石砂板岩、硅质岩、碳酸盐岩夹中基性火山岩，空间上构成一岛链体分布的岛弧构造古地理格局。中上三叠统碎屑岩夹碰撞型中基性、中酸性和酸性弧火山岩，缺乏下三叠统，侏罗系—白垩系为海陆交互相至陆相红色碎屑岩，其下缺乏下侏罗统，第三系为陆相红色碎屑岩分布局限。

印支造山期后，进入陆内演化，有陆相沉积成矿系统和陆内造山期的中酸性浆侵入活动有关的成矿系统。有与印支期中酸性岩体有关的铁多金属矿床（冶金山）、矿点，有与喜马拉雅期中酸性浅成岩体有关的斑岩型铜矿床（纳日贡玛）。

8. 小唐古拉山弧前盆地（Ⅱ₈）

晚三叠世特提斯洋扩张期间，小唐古拉山地区接受上三叠统浅海相火山沉积；印支造山期后的侏罗纪，南特提斯洋沿丁青—澜沧江一线向北俯冲，小唐古拉山地区形成弧前盆地，接受了以中侏罗统为主的海陆交互相碎屑岩、碳酸盐岩的沉积，岛弧边缘的一些石炭系、二叠系呈孤岛状，零星分布在盆地北部。沉积物中很少见到火山物质，基本具有弧沟间隙区建造特征。

已发现中侏罗统沉积岩中有 SEDEX 型铁多金属矿床（小唐古拉山）、矿点和与中酸性小侵入体有关的铜铁矿点。成矿带的成矿环境，总的看来属中生代弧前盆地构造沉积环境。

第四节 成矿系统划分与成矿预测

在一个地区开展找矿勘查工作之前，矿产勘查者都必须有一个比较明确的找矿思路，即“明确在什么地方找矿？找什么矿？找什么类型的矿？”对于这些问题的回答，在没有系统的地质理论之前，古人是就矿找矿，或凭经验预测和找矿，为经验找矿阶段；随着人们对探、采过的矿床地质特征、矿床成因、找矿经验等进行总结，形成成矿理论并类比到地质条件相似地区进行成矿、找矿预测，找矿勘查进入理论找矿阶段。理论找矿阶段和经验找矿阶段没有明显的界线。成矿理论也有一个从简单到复杂、从低级到高级的发展过程，初期是矿床主要地质特征的对比，即流行多年的“类比找矿”；进而建立各种矿床模式，“模式找矿”又风行一时，至今仍然广泛应用；区域成矿规律的总结、研究成果的积累，形成区域成矿理论（区域成矿学），根据区域成矿理论和区域地质、矿产资料，划分成矿区、带，使理论找矿上升到一个新的高度。20 世纪末以来，地质科学正朝着系统化、信息化、全球化发展，找矿勘查技术突飞猛进，许多国家扩大找矿的广度与深度，获得了大量的地、物、化、遥（感）资料和各种成矿、找矿信息，找矿勘查进入成矿理论 + 综合信息的成矿、找矿预测阶段，运用系统科学方法来进行成矿规律研究和成矿预测就成为当前地质科学研究的一种趋势。为此，我们尝试运用成矿系统理论，分析青海省各成矿带

的金属矿产成矿作用，并进行成矿预测。

从成矿理论不同学派的地质学家所总结的区域成矿规律和各类矿床的成矿特征可以看出，有成矿作用发生在地球内部，定位于地球内部的矿床（内生矿床）；成矿作用发生在地球的表面，定位于地表的矿床（外生矿床）；成矿作用发生在地球内部，定位于地表的矿床（火山喷溢矿床）；既有发生在地球内部成矿作用，又有发生在地球表面成矿作用（两者是一个连续的成矿作用），定位于地表和地球内部的矿床（与火山活动有关或与火山活动无关的喷流沉积矿床）；还有一些外星向地球坠落过程中形成，定位于地表或地表下部不深部位的矿床（冲击岩浆矿床）；以及各类矿床及富含成矿组分的岩石建造形成之后，被后期各种地质作用叠加改造形成的矿床。上述发生在地球不同部位的成矿作用，其成矿物质来源也千差万别。发生在地球内部成矿作用，定位于地球内部的矿床，其成矿物质来源于地球内部，如与岩浆侵入活动（包括次火山岩浆侵入活动）有关的各种矿床；成矿作用发生在地表，定位于地表的矿床，其成矿物质来源于地表岩石，如各类沉积矿床；成矿作用发生在地球内部，定位于地表的火山喷溢矿床，其成矿物质主要来源于地球内部；成矿作用既发生在地球内部，也发生在地表并定位地表和沉积盆地基底岩石的各种喷流沉积矿床，其成矿物质既来源于地球内部，也来源于地表岩石；冲击岩浆矿床的成矿物质，来源于外星（宇宙）；叠加改造形成的各类矿床，其成矿物质主要来源于被改造的矿床和含矿岩石建造，部分来源于叠加改造活动从深部带来的成矿物质。矿床学家就是通过研究、阐明矿床的成矿物质来源，来认识矿床成因和矿床分布规律的。一些学者就以矿床的成矿物质来源作为矿床分类的重要依据（郑明华，1993）。应该指出的是，除成矿物质来自宇宙的冲击矿床以外，产于地球内、外的所有矿床都是地质构造演化的产物，不同的地质构造环境形成不同的成矿系统。虽然同一类成矿系统可以出现在不同的地质构造环境，其成矿特征也不尽相同。

我们在参考翟裕生（1999b）的成矿系统类型划分的基础上，把青海省构造环境看作一个成矿系统，进一步划分出离散（拉张）型构造动力体制和汇聚（挤压）型构造动力体制。根据前述成矿系统的分类，结合青海省的成矿构造背景、金属矿产的成矿特征及成矿物质来源划分为：成矿物质来源于地球内部成矿系统类的基性—超基性岩成矿系统、壳幔源或壳源中酸性岩成矿系统、壳幔源或壳源火山—次火山岩成矿系统；成矿物质主要来源于地表岩石成矿系统类沉积成矿系统（包括风化残积、机械沉积、胶体沉积、化学沉积、蒸发沉积等成矿亚系统）；成矿物质来源于地球内部和地表岩石的混源成矿系统类的火山喷流（气）沉积成矿系统、沉积喷流成矿系统；叠加改造成矿系统类的叠加改造成矿系统（包括区域变质改造成矿亚系统、动力变质改造成矿亚系统、构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统等）（表4-2）。现将各成矿系统的主要特征及在此基础上的找矿预测分述如下：

一、基性—超基性岩成矿系统的成矿预测

1. 基性、超基性岩的分布及矿化概况

省内基性、超基性岩分布较广，主要产于离散型构造动力体制的大洋盆地和裂谷带；基底隆起带的中深变质火山岩中，也有元古宙的基性、超基性岩产出；在弧后盆地的局部地段有少量基性小岩体。构成省内十个基性、超基性岩带，即北祁连岩带、阿尔金岩带、

表 4-2 成矿系统类型表

I. 成矿物质主要来自地球内部的成矿系统类
1. 基性—超基性岩成矿系统——早期岩浆矿床（含铂族元素的铬铁矿矿床）、晚期岩浆矿床（钒钛磁铁矿矿床、磷灰石磁铁矿矿床）、岩浆熔离矿床（含铂族元素的铜镍矿床）；
2. 中酸性岩成矿系统
（1）壳幔型中酸性岩成矿亚系统——斑岩型（铜、钼、金等）矿床、矽卡岩型（铁、铜、金）矿床、热液脉型（铜多金属等）矿床；
（2）壳型中酸性岩成矿亚系统——蚀变花岗岩型（铌、钽、稀土、铍等）矿床、伟晶岩型（锂、铍、铌、钽等）矿床、矽卡岩型（含铌、钽、铍的钨锡）矿床、热液脉型（高温的钨锡、中低温的铅锌）矿床；
3. 火山—次火山岩成矿系统
（1）火山岩成矿系亚统——火山喷浆型（铁）矿床；
（2）次火山岩成矿亚系统——次火山岩浆（玢岩）型（铁）矿床；斑岩（次火山岩体中浅成、超浅成热液）型（铜、铅、锌、银、金等）矿床、次火山热液脉型（铅、锌、银等）矿床；
4. 碱性—碱性超基性岩—碳酸岩成矿系统——霞石正长岩中的岩浆型（铌、稀土、锆钨）矿床、碳酸岩中的岩浆型（铌、稀土）矿床、金伯砾岩中的隐爆角砾岩型（金刚石）矿床；
II. 成矿物质来源于地表岩石的成矿系统类
5. 沉积成矿系统
（1）风化残积成矿亚系统——残积型（铁、铝、稀土、镍钴等）矿床；
（2）机械沉积成矿亚系统——古砂砾岩型（金、金刚石等）矿床、现代坡、洪、冲积型（金、金刚石等）矿床和滨海砂矿型（铌钽铁矿、锆石、独居石、锡石等）矿床；
（3）蒸发岩（萨布哈成矿作用）成矿亚系统——盐类矿床和富含稀有轻金属的盐水矿床；
（4）胶体化学沉积成矿亚系统——沉积型（铁、锰、铝）矿床；
（5）生物化学沉积成矿亚系统——沉积型（磷块岩、煤、石油、天然气等）；
III. 成矿物质来源于地球内部和地表岩石的混源成矿系统类
6. 火山喷流（气）沉积成矿系统——玄武岩中的自然铜型矿床、VHMS 型（铜、铅、锌、金、银）和 SEDEX 型（铜、铅、锌、金、银、铁、锰）矿床；
7. 沉积喷流成矿系统——SEDEX 型（铜、铅、锌、金、银、铁）矿床；
IV. 成矿物质来源于宇宙陨石的成矿系统类
8. 冲击岩浆成矿系统——冲击岩浆熔离型（铜、镍、铂族元素）矿床；
V. 叠加改造成矿系统类
9. 叠加改造成矿系统
（1）变质改造成矿亚系统——磁铁石英岩型矿床（BIF 建造）、变质砾岩型（铀、金）矿床、变质火山岩型（铁、块状硫化物）矿床、含磷变质岩型（磷）矿床、含硼变粒岩型（硼）矿床、变质热液脉型矿床；
（2）动力改造成矿亚系统——韧性剪切带型（金、砷等）矿床、构造蚀变岩型（金）矿床；动力改造热液脉型（金）矿床；
（3）构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统——改造—再造型矿床、层控改造型（多金属）矿床、改造热液脉型（铜、铅、锌、金、银、砷等）矿床。

注：①此分类是以金属矿床、内生矿床为主；②各类之间有过渡现象；③当几个成矿系统重叠时，以那一类成矿系统特征保存最多者命名。

拉脊山岩带、宗务隆山—青海南山岩带、布赫特山岩带、日月山—化隆岩带、柴北缘岩带、布尔汗布达山岩带、阿尼玛卿山岩带、通天河岩带。而在南祁连的木里地区、祁漫塔格西段、巴颜喀拉山的特合土—莫坝等地有基性岩体零星出露，且面积较小。

基性、超基性岩产出时代有元古宙（日月山—化隆岩带、布赫特山岩带）、早古生代

(北祁连岩带、阿尔金岩带、柴北缘岩带、布尔汗布达山岩带、拉脊山岩带和南祁连木里、祁漫塔格西段的小基性岩体)、晚古生代(宗务隆山—青海南山岩带、阿尼玛卿山岩带、通天河岩带中的北岩带)、早中生代(通天河岩带的南岩带和可可西里—巴颜喀拉山弧后盆地的特合土—莫坝的小基性岩体)。不同时代、不同构造环境下的基性、超基性岩,形成各具特色的成矿系统及其成矿系列。

元古宙的日月山—化隆岩带的超基性岩为铁质超基性岩,形成元古宙铁质超基岩成矿系统,有含铂铜镍矿床产出(拉水峡矿床、裕龙沟矿床)。布赫特山岩带则以基性岩为主,有少量超基性岩,尚未发现有进一步工作意义的地段。

早古生代基性、超基性岩分布最广,其中北祁连岩带、柴北缘岩带、布尔汗布达山岩带和阿尔金岩带,超基性岩发育,基性岩次之。含铂铬铁矿矿床(点)发育,也有铜镍钴(铂)矿点分布。构成铬(铂)—铜镍钴(铂)矿床成矿系列。拉脊山岩带中超基性岩、基性岩都比较发育。超基性岩分布于拉脊山岩带东段,岩带西段基性岩发育。超基性岩中,含铂铬铁矿矿点分布较广;基性岩中有铁镍钴矿床(元石山)、磷铁矿床(上庄)。构成该成矿系统的铬(铂)—铁镍钴(铂)—磷铁成矿系列。其中,元石山铁镍钴矿床是基性岩中的岩浆熔离型矿床和富含铁、镍的基性岩受后期构造—岩浆(热液)复合改造而发生“型变”形成的叠加改造型矿床。南祁连木里、祁漫塔格西段的基性岩出露面积小,尚未发现有进一步工作价值的矿点。

晚古生代基性、超基性岩分布也比较广泛。其中阿尼玛卿山岩带以超基性岩为主,有少量基性岩。有基性—超基性岩成矿系统的成矿作用,岩带西段发现有铬铁矿矿点(堆堆大哦),中段和东段有一系列铜矿点(扎喜拉让西、扎崩沟、德尔尼西、蛙格马)、铜钴矿点(恰格弄统、扎喜拉让东)。构成该成矿系统的铬—铜钴—铜成矿系列。宗务隆山—青海南山岩带是以基性岩为主,有少量超基性岩。尚未发现有矿点出露。通天河岩带北带有较多的华力西期基性—超基性岩侵位于石炭—二叠系火山沉积岩中,西部以超基性岩为主,东部以基性岩为主。该岩带的找矿工作程度低,已发现基性岩中有让娘贡钛铁矿矿点。显示该岩带有基性—超基性岩成矿系统的成矿作用。

中生代基性—超基性岩主要分布在通天河岩带的南带。在巴颜喀拉山晚古生代—中三叠世弧后盆地的特合—莫坝一带基性岩体出露。由于该带找矿工作程度低,仅在特土合—莫坝有钛铁矿矿化点(都娘山、则弄嘎玛),显示该地段有基性岩成矿系统的成矿作用。

2. 基性—超基性岩成矿系统的成矿预测

(1) 北祁连成矿带,早古生代基性—超基性岩成矿系统发育,成矿带西段的走廊南山—托莱山一带,基性、超基性岩体分布多,个别岩体规模较大,基性—超基性岩成矿系统发育,已发现有含铂族元素的铬铁矿矿床(祁连玉石沟、祁连百经寺)和一系列铬铁矿矿点;基性岩中有铜(金、镍)矿点(天宝河西侧)。黑河流域有较多的铂族金属的矿物重砂异常点、高值点。显示该成矿带有基性—超基性岩成矿系统的成矿事实和大量的找矿信息。是基性—超基性岩成矿系统成矿最有利地段,具有进一步找矿的潜力。成矿带东南段,大坂山断裂北侧,有基性、超基性成矿系统的成矿地质条件,也具有一定的找矿潜力。

(2) 柴北缘成矿带,早古生代基性、超基性岩发育,主要分布在成矿带的西段和东段。西段赛什腾山—锡铁山一带,有大、小岩体40多个。已发现有大柴旦绿梁山含铂族

元素的铬铁矿矿床和一些矿点、矿化点，显示该地段的基性—超基性岩成矿系统比较发育，并具有进一步找矿的潜力。成矿带东段沙柳河一带，基性、超基性岩体分布较广，在这些岩体中，有许多铬铁矿矿点分布，显示本区具基性—超基性岩成矿系统的成矿地质条件、成矿信息和成矿事实，是柴北缘成矿带基性—超基性岩成矿系统的成矿、找矿远景区。

(3) 拉脊山成矿带，有基性、超基性岩体近百个，整体呈近东西向分布。自东向西，岩石组合类型和矿化特征为中坝、马阴山等地的橄榄岩、纯橄岩、辉长岩等岩石组合，具铂、铬铁矿矿化；元石山一带的纯橄岩、透辉石岩、辉长岩等岩石组合，具镍钴矿化；上庄岩体为透辉橄榄岩、透辉石岩、次透辉石岩等岩石组合，具磷、铁矿化。也可以把这一矿床组合，看成是该岩带基性—超基性岩成矿系统的铬（铂）→铁镍钴→磷铁成矿系列。

(4) 东昆南成矿带，基性—超基性岩带（布尔汗布达山岩带）长达 400 km，以乌妥沟、清水泉一带和诺木洪上游，基性、超基性岩体最多。其中东部（清水泉）超基性岩体多，岩体规模较大，有清水泉铬铁矿矿点产出，是该成矿系统的铬、铂族金属矿床的成矿、找矿有利地段；中部乌妥沟脑，基性、超基性岩体规模较大，有乌妥沟镍矿化点、巴力根特铜镍矿化点分布，是该成矿系统岩浆熔离矿床的成矿、找矿有利地段；诺木洪一带的基性、超基性岩体较多、规模颇大，岩体中已获得较好的铜、镍化探异常，是该成矿系统铜、镍、铂族金属矿床的又一成矿、找矿有利地段。

(5) 欧龙布鲁克成矿带，布赫特山一带元古宙基性、超基性岩比较发育。以基性岩为主，有少量超基性岩。该地带工作程度低，仅在乌兰王家琪的基性岩中，发现有铁矿点产出。显示该地区有基性—超基性岩成矿系统的晚期岩浆矿床的成矿作用。

(6) 日月山—化隆成矿带，前兴凯期基性、超基性岩比较发育。基性、超基性岩在古元古界变质火山岩中顺层产出，受第三系广泛覆盖影响，基性、超基性岩体出露面积都很小。已发现有岩浆熔离型矿床，如裕龙沟铜镍（金、银、铂）矿床、拉水峡铜镍钴（铂）矿床和官藏沟铜镍矿点。显示带内基性—超基性岩成矿系统岩浆熔离成矿作用强烈。但该地区基性、超基性岩体出露规模较小，一些矿床的矿体规模与其赋矿岩体规模不成比例，推测其深部可能有较大的隐伏岩体。该成矿带的基性、超基性岩发育地段是基性—超基性岩成矿系统岩浆熔离型铂、铜、镍矿床的成矿远景区。

(7) 布青山—阿尼玛卿山成矿带，晚古生代基性、超基性岩发育。西段的布青山和东段的玛积雪山一带是该成矿带的两个基性、超基性岩集中分布区。西段的基性、超基性岩体中，已发现有堆堆大哦铬铁矿点，阿拉克湖一带有铂族金属矿物重砂异常点，显示该地段是基性、超基岩成矿系统铬（铂）矿床的成矿有利地段；东段的基性、超基性岩体中，则发现有一批岩浆熔离型铜（扎喜拉让西、扎崩沟、德尔尼西、蛙格马）、铜钴（恰格弄统、扎喜拉让东）矿点和铜多金属元素化探异常，显示成矿带东段是基性—超基性岩成矿系统岩浆熔离矿床的成矿、找矿远景区。

(8) 西金乌兰—玉树成矿带，东段（扎河西南以东）基性、超基性岩发育。以拉迪欧玛北—拧克北断裂为界，分南、北两个基性、超基性岩带。北带为晚古生代基性、超基性岩带，有让娘贡巴钛铁矿矿化点产出，显示该岩带有基性—超基性岩成矿系统的成矿作用。南岩带为早中生代基性、超基性岩带，有钒、钛、铁、铂族金属的找矿潜力。两基性、超基性岩带的勘查程度低，有待进一步工作。

省内基性—超基性岩带分布特征表明，大洋裂谷、陆缘（陆间）裂谷是基性—超基性岩成矿系统的主要成矿构造环境，其成矿类型主要为早期岩浆分凝矿床（含铂铬铁矿矿床），其次为晚期分凝矿床（磷灰石磁铁矿矿床），岩浆熔离型矿点少；另一重要成矿构造环境是基底隆起带，其成矿类型为岩浆熔离型矿床（含铂铜镍矿床）；它们构成青海省主要的基性—超基性岩成矿带。弧后盆地的局部地断裂陷较深，有少量基性小岩体侵位，只发现一些钛铁矿矿（化）点，是基性—超基性岩成矿系统的次要成矿构造环境。元古宙、早古生代、是基性—超基性岩成矿系统的主要成矿时期，其次是晚古生代。

省内各基性、超基性岩带的找矿工作程度不同。北祁连岩带、柴北缘岩带、拉脊山岩带、日月山—化隆岩带的找矿工作程度稍高；布尔汗布达山岩带、阿尼玛卿山岩带、通天河岩带的找矿工作程度低。特别是通天河岩带，工作程度很低。与上述岩带比较，工作程度低的这些岩带具有基性—超基性岩成矿系统铬（铂）→铜镍钴（铂）成矿系列的成矿地质背景。

找矿工作程度稍高的岩带，已出露的岩体和矿床外围，具有寻找隐伏岩体和隐伏矿床的地质条件。

应该指出的是，基性—超基性岩中，幔源成矿物质丰富，是成岩后叠加改造成矿作用的重要矿源岩。

二、中酸性岩成矿系统的成矿预测

青海省中酸性侵入岩分布广泛，华南板块与塔柴板块拼合地带（柴南缘）和中朝板块与塔柴板块拼合地带（柴北缘）、多次造山活动叠加强烈的基底隆起带及陆缘活动带（都兰—鄂拉山基底隆起带及共和—同仁边缘活动带），中酸性侵入岩尤为发育。

省内各复合造山带内，具有多旋廻的中酸性岩浆侵入活动。元古宙中酸性侵入岩主要分布于各基底隆起带，其次是早古生代的岛弧隆起带。加里东期中酸性侵入岩北祁连和东昆仑加里东造山带，其次是早古生代的基底隆起带。省内华力西期中酸性侵入岩特别发育，分布在晚古生代裂谷闭合形成的各华力西期造山带和受华力西期造山活动叠加的加里东造山带、基底隆起带及陆缘活动带。以东昆北岩浆岛弧带、都兰—鄂拉山基底隆起带等所形成的复合造山带华力西期中酸性侵入岩最发育。印支期中酸性侵入活动特别强烈，主要分布在藏滇板块与华南板块碰撞形成的各印支期造山带和受印支期造山活动叠加的各复合造山带。以东昆北岩浆岛弧带、都兰—鄂拉山基底隆起带、共和—同仁陆缘活动带等所形成的复合造山带最发育。燕山期中酸性侵入岩分布不甚广泛，主要分布在受燕山期造山活动叠加较强烈的华力西造山带（如已形成造山带的唐古拉—杂多早中生代岛弧隆起带、早中生代可可西里—巴颜喀拉山弧后盆地），少量分布于已形成复合造山带的东昆北岩浆岛弧带、都兰—鄂拉山基底隆起带、共和—同仁陆缘活动带。喜马拉雅期中酸性岩浆侵入活动较微弱，其侵入体零星分布于已隆升、褶皱为印支造山带的可可西里—巴颜喀拉山早中生代弧后盆地、唐古拉—杂多早中生代岛弧隆起带和已成为燕山期造山带的小唐古拉山弧前盆地西段。

省内有壳幔源和壳源两种中酸性侵入岩。构成壳幔型中酸性岩成矿亚系统和壳型中酸性岩成矿亚系统。

1. 中酸性岩成矿系统的矿化概况

省内茫崖—阿卡滕能山有岩浆热液型铜、金、银、铁矿点；欧龙布鲁克有矽卡岩型铁及铁金矿床（点）、柴北缘成矿带有斑岩型铜矿床（小赛什腾山）、矽卡岩型铁矿床；拉脊山成矿带有岩浆热液型铜矿点分布；共和—同仁成矿带北部刚察岩体周围的矽卡岩型铁铜金矿床（双朋喜等）、矿点；祁漫塔格成矿带中段和东段有矽卡岩型铁多金属矿床（野马泉等）、矿点；都兰—鄂拉山成矿带有矽卡岩型铁钴（都兰海寺）多金属矿床（点）；东昆北成矿带西段和中段有矽卡岩型铁多金属矿床（点）；唐古拉—杂多成矿带的纳日贡玛斑岩型铜钼矿床、冶金山铁多金属矿床和岩浆热液型矿点；年吉错成矿带下拉秀—小苏莽一带有多个铜多金属矿点；小唐古拉山成矿带西段的铁、多金属矿点等。成矿元素组合特征表明这些矿床属壳幔型中酸性岩成矿亚系统成矿作用的产物。也说明上述成矿带中壳幔型中酸性岩成矿系统的成矿作用比较强烈。

中祁连成矿带的南尕日岛岩体中有蚀变花岗岩型铌钽矿点（南尕日岛）、互助北山花石峡矽卡岩型钨钼矿点；欧龙布鲁克沙柳泉花岗伟晶岩型铌钽矿床；日月山—化隆成矿带，东昆北成矿带，可日沟花岗伟晶岩型铌钽矿点、格尔木东大水沟热液型钨矿化点；可可西里—巴颜喀拉山成矿带卡亚吉花岗伟晶岩型锂铍钽矿床、杂朵气成高温热液型钨矿点等。这些矿床、矿（化）点的成矿组合特征表明，它们属壳型中酸性岩成矿亚系统成矿作用产物。可见，省内部分成矿带中，壳型中酸性岩成矿亚系统比较发育。

上述表明，青海省中酸性岩成矿系统比较发育，在具早古生代洋盆、裂谷带、弧后盆地等构造环境的成矿带（如柴北缘成矿带），是以壳幔型中酸性岩成矿亚系统成矿作用为主；在早中生代弧后盆地构造环境的成矿带（如可可西里—巴颜喀拉山），主要是壳型中酸性岩成矿亚系统发育。而具基底隆起带、岛弧隆起带（包括岩浆岛弧带）、陆缘活动带构造环境的成矿带，壳幔型中酸性岩成矿系统和壳型中酸性岩成矿亚系统都很发育。

2. 中酸性岩成矿系统的成矿预测

（1）北祁连成矿带，加里东造山期中酸性侵入岩较发育。华力西、印支、燕山期的叠加造山活动不甚强烈。只有一些中酸性小岩脉产出。到目前为止，该带内，仅发现有少数与中酸性岩有关的脉状多金属矿点。说明该成矿带的中酸性岩成矿系统不甚发育。但是，各期中酸性岩浆侵入活动，对早期形成的矿床、矿源层（岩）的叠加改造，起到了重要作用。

（2）茫崖—阿卡滕能山成矿带，加里东期中酸性侵入岩较为发育，并有华力西、印支、燕山期中酸性侵入岩。柴水沟一带发现有热液脉型铜金银铅铁矿点，并有物、化、遥（感）异常。显示该地段，是壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿远景区。

（3）牛鼻子梁—俄博梁成矿带，元古宙、加里东、华力西、印支期中酸性侵入岩分布广泛，该地区找矿工作程度低，只发现有伟晶岩型稀土矿点。属壳型中酸性岩成矿亚系统的成矿远景区。

（4）中祁连成矿带，元古宙加里东期中酸性侵入岩发育，并有华力西、印支期中酸性岩脉产出。在托莱南山一带，已发现有蚀变花岗岩型铌钽矿点（南尕日岛）；互助北山地区，有矽卡岩型钨钼矿点及热液脉型多金属矿点。上述矿点及其外围有多金属化探异常分布，是壳型中酸性岩成矿亚系统的成矿远景区。

（5）南祁连成矿带，加里东期中酸性侵入岩较为发育，并有华力西、印支期中酸性

小岩体或岩脉。该成矿带内，对与中酸性侵入岩有关的矿产找矿工作程度较低，目前尚未发现与中酸性岩有关的矿床（点），但具有形成中酸性岩成矿系统的地质条件。

（6）拉脊山成矿带，加里东期中酸性侵入岩发育，有华力西、印支期小岩体（脉）零星出露。在成矿带东段，发现有与中酸性侵入岩有关的热液脉型铜矿点。该地段有金元素化探异常分布，可能与中酸性小侵入岩体（脉）有关。可作为中酸性岩成矿系统各类矿床的找矿远景区。

（7）日月山—化隆成矿带内，前兴凯、加里东、华力西、印支、燕山期中酸性侵入岩体（脉）发育。成矿带南缘发现有与中酸性岩有关的热液脉型铅锌矿点（阿龙寺）。显示该成矿带内，中酸性岩发育地段具有形成中酸性岩成矿系统的地质背景。

（8）欧龙布鲁克成矿带，前兴凯、加里东、华力西、印支等多期侵入体和岩脉发育。成矿带东段布赫特山一带中酸性侵入岩尤为发育，已发现有花岗伟晶岩型铌钽矿床（乌兰沙柳泉）、锡矿点（察汗河沟东侧）；矽卡岩型铁（金）矿床（霍德森沟）、铁矿点（黑水河）；热液脉型铁矿点（关角日沟）等。上述成矿事实说明该地段既有壳型中酸性岩成矿亚系统，又有壳幔型中酸性岩成矿亚系统。具有中酸性岩成矿系统各类矿床的良好找矿前景。

（9）都兰—鄂拉山成矿带，各期中酸性侵入岩都很发育。以印支期中酸性侵入岩分布最为广泛，其次是燕山期中酸性侵入岩，局部有华力西期中酸性侵入岩。中酸性岩成矿系统的各类矿床广泛分布。都兰—什多龙一带印支、燕山期中酸性侵入岩发育，已发现有矽卡岩型铁（钴）矿床（海寺）、铁铅锌矿床（白石崖）及多个矽卡岩型多金属矿点、岩浆热液脉型多金属矿点。加哈谱沟—什多龙南，有与华力西、印支期中酸性侵入岩有关的热液脉型钼（6503点）、铜钼（加哈谱沟）矿点。东北部牦牛沟—满丈沟一带，印支、燕山期中酸性岩广泛分布，有许多与中酸性岩有关的矽卡岩型金铜（共和牦牛沟）、金（占顺）、银铅（加当）、铅砷（那让）矿点等。是省内中酸性岩成矿系统最发育的地带之一。既有壳幔型中酸性岩成矿亚系统，也有壳型中酸性岩成矿亚系统的成矿事实。成矿带的上述各地段是中酸性成矿系统的成矿、找矿最有利地段。

（10）柴北缘成矿带，有加里东、华力西、印支等多期中酸性岩浆侵入岩产出，以华力西期中酸性岩分布最广。规模较大的中酸性侵入体主要分布在成矿带的西段和东段。西段的赛什腾山—绿梁山一带中酸性岩比较发育，与中酸性岩有关的矿床有小赛什腾山小型斑岩型铜矿床、噶喇河矽卡岩型铁矿点等。显示该地段有壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿作用。东段阿尔茨托山一带中酸性岩体分布广，与中酸性岩有关的矿床有矽卡岩型铁铜矿床（都兰大海滩）、热液脉型铜矿点（乌龙滩东山）。显示该地段壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿作用较强烈。上述地段多金属元素化探异常较多，是成矿带内壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿、找矿有利地段。

（11）祁漫塔格成矿带内，加里东、华力西、印支期中酸性侵入岩都比较发育，以华力西、印支期中酸性岩分布最为广泛。其中成矿带西段乌兰乌珠一带，各期中酸性侵入体分布较集中，在华力西期岩体及其接触带上有热液型锡矿脉、铜矿脉以及锡、铜、铅为主的化探异常；景忍山一带印支期中酸性侵入岩发育，岩体接触带及其围岩中矽卡岩型铜矿点、热液脉型铜铅锌矿点，个别小斑岩体中见有斑岩型铜矿化（如景忍山矽卡岩型铜矿点内接触带的斑岩体），并有多金属分散流异常；野马泉一带华力西、印支期中酸性

侵入岩发育，有矽卡岩型矿床（野马泉中型铁铅锌铜矿床、群力小型铁钴矿床）、矿点，热液脉型矿点（野牛沟铜矿点等），多金属分散流异常多；那陵郭勒河—拉陵灶火一带是成矿带的又一中酸性侵入岩集中分布区，该地段自然条件差，工作程度低，已发现有一系列矽卡岩型铁（拉陵格勒河）、铁铅锌（尕羊沟）、铜铅锌（拉陵格勒河东）矿点。显示，上述地区具有较多的壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息，可以作为中酸性岩成矿系统的成矿、找矿有利地段。

（12）东昆北成矿带，元古宙、加里东、华力西、印支期中酸性侵入岩发育，以华力西、印支期中酸性岩体分布最为广泛。成矿带西段，伯喀里克—拉陵灶火上游，华力西期中酸性岩体分布广、规模大，且在大岩体边部，印支期中酸性岩小岩体、岩株发育。小岩体或岩株接触带有矽卡岩型铁、铜矿点（索拉吉尔—又称卡尔却卡、乌兰拜兴西、乌腊德夏拉郭勒）、热液型铁（金）、铜矿点（嘎顺达乌、浑德伦阔同勒），并有金多金属的化探异常、重砂异常。格尔木南山口—诺木洪上游，元古宙、加里东、华力西、印支期中酸性侵入岩都很发育，分布有矽卡岩型铁铜（跃进山）、铁（道班沟）矿床（点），热液型锑（道班沟）、钼（五龙沟）、铜（大格勒沟）、多金属（托拉沟）、铅（稀土）矿点、矿化点，并有多金属化探异常及多金属矿物的重砂异常。多宗加—香日德一带，华力西、印支期中酸性侵入岩发育。已发现有托克妥斑岩型铜（金）矿床、山根果勒岩浆热液脉型多金属矿点、都兰乌妥沟铅锌矿点；可日沟伟晶岩型铌钽矿点，多金属分散流异常和多金属矿重砂异常发育。显示上述地段既有壳幔型中酸性岩成矿亚系统成矿事实和成矿信息，又有壳型中酸性岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息。是中酸性岩成矿系统各类矿床成矿、找矿良好前景区。

（13）东昆南成矿带内，华力西、印支期中酸性侵入岩广泛分布，局部有加里东和燕山期中酸性侵入岩。其中成矿带西段额尔滚赛埃图中游—黄土小平山一带，华力西、印支期中酸性岩发育，有少量加里东期岩体，已发现有巴隆夏勒郭花岗伟晶岩型铌矿化点、铜矿化点（乌腊德西沟脑、乌腊德西沟南侧），多金属化探异常、多金属矿物重砂异常面积大；中段野牛沟—纳赤台一带，加里东和燕山期中酸性侵入岩发育，该地段尚未发现与中酸性岩有关的矿床（点），但中酸性岩体分布区多金属和金元素化探异常较多；东段诺木洪上游—智玉一带，华力西、印支期中酸性侵入岩发育，局部有加里东期岩体，已发现有诺木洪三通沟矽卡岩型铁、哈拉尔吐白钨矿矿点，没确桑昂热液脉型铅、哈图沟铜矿点、矿化点，多金属化探异常也比较发育。显示上述地段，既有壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息，也有壳型中酸性岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息。是成矿带中最具中酸性岩成矿系统各类矿床找矿前景的地段。

（14）共和—同仁成矿带，中酸性侵入岩发育，主要为印支、燕山期中酸性侵入岩。其中成矿带北部青海南山—瓜什则一带，同位侵入的印支、燕山期中酸性复式岩体比较发育（如岗察岩体、江格尔岩体等）。在这些复式岩体的接触带中，有矽卡岩型铁铜金矿床（双朋喜、谢坑、铁吾等矿床（点））、矿点和一批热液脉型矿点，并获得一批与矿化有关的物、化、遥感异常。成矿带中部多福屯—同仁一带，印支期中酸性侵入岩发育，多产于古火山机构或几组断裂交汇处，岩体多为等轴状（如多福屯岩体、过马营岩体、阿羊沟岩体等），这些岩体的接触带，有矽卡岩型铜矿点（孔察）、岩体及围岩的构造裂隙中有热液脉型矿床（如多朗尕日寨金砷矿床）、矿点，并获得一批多金属化探异常及重砂异

常。南部的同德—泽库一带，印支期中酸性岩株发育，岩株内外，有较多的脉状金砷银矿体产出，规模大者可构成矿床（如夺确壳矿床），在这些岩体及其周围，获得一批多金属化探异常和多金属矿物重砂异常。显示上述地区有大量的壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息，是壳幔型中酸性岩成矿亚系统的各类矿床（特别是斑岩型矿床）的成矿远景区和找矿有利地带。

（15）宗务隆山成矿带，华力西期中酸性侵入体较为发育，局部有印支期岩脉分布。目前，只发现一些热液脉型多金属矿化。在区测工作中也获得一批多金属化探异常和多金属矿物重砂异常。具有较好的找矿信息。这些异常区内的中酸性岩体（脉）发育地段，是中酸性岩成矿系统各类矿床的找矿远景区。

（16）苦海东—西倾山成矿带，中酸性侵入岩不甚发育，零星分布有印支期小岩体或岩脉群。已发现有壳幔型中酸性岩成矿亚系统的热液脉型铜（龙特）、金铜（多嗖郎日）矿点；壳型中酸性岩成矿亚系统的热液脉型钨铋矿床（克穆达）、矿点（赛欠）、钨矿点（赛欠狼麻、拉擦痒）、钨金矿点（直亥买）。显示该成矿带既有壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿事实，也有壳型中酸性岩的成矿事实，成矿带内中酸性侵入岩体规模虽小，其成因复杂，成矿作用较强，具有较好的成矿、找矿远景。应该指出的是，成矿带内的多组断裂交汇区，往往是中酸性岩体（脉）群产出部位。这些地区不仅中酸性岩成矿系统发育，也是叠加改造成矿系统成矿作用强烈地段。可以作为中酸性岩成矿系统各类矿床以及与中酸性岩浆活动有关的其他成矿系统的矿床找矿远景区。

（17）布青山—阿尼玛卿山成矿带中，华力西、印支、燕山期中酸性小侵入岩体（脉）比较发育。已发现有壳幔型中酸性岩成矿亚系统的矽卡岩型铜矿化点（托和龙）、热液脉型铅锌矿化点（雪前）。这些矿化点分布区，有规模较大的多金属化探异常。显示这些地区是该成矿带壳幔型中酸性岩成矿亚系统的成矿有利地段。

（18）太阳湖—玛多—甘德成矿带东段的昌麻河—久治一带分布有一系列近等轴状的燕山期中酸性岩体；西段的布喀达坂峰—雷克达格一带，有华力西、燕山期中酸性岩体产出。多组断裂构造发育地段，中酸性岩脉发育。该成矿带勘查工作程度不高，其西段发现有壳幔型中酸性岩成矿亚系统的热液脉型铜（金）矿点（克其克孜）；东段有壳幔型中酸性岩成矿亚系统的热液脉型铜（银、金）矿点（龙格日）、铜矿化点（沙勒）。显示该成矿带有壳幔型中酸性岩成矿亚系统的铜等多金属成矿作用。中酸性岩体发育地段，如果有多金属化探异常、多金属矿物的重砂异常出现，可以看作是成矿带的找矿远景区。

（19）可可西里—巴颜喀拉山成矿带东段的岗纳格玛错—班玛一带，有一系列印支期中酸性小岩体分布；中南部的曲麻莱—称多一带，印支期中酸性岩体发育；西段的勒斜武担错—霍通诺尔一带，有印支期中酸性岩体、喜马拉雅期偏碱性的酸性小侵入岩体产出。其中称多地区，印支期花岗岩发育，花岗伟晶岩广泛分布。已发现有伟晶岩型锂铍铌钽矿床（卡亚吉）、矿点（杂朵）、铍铌钽矿点（扎朵巴干）及热液脉型钨矿点，沿通天河分布的中酸性岩体周围有多处多金属化探异常；西段可比湖—大雪峰一带有热液型白钨矿矿点（大雪峰）和四处金多金属化探异常；东段达日县一带的中酸性岩体周围有金多金属化探异常。显示这些地段是壳型中酸性岩成矿亚系统各类矿床的找矿远景区。

（20）西金乌兰—玉树成矿带东段的扎河—玉树带，印支、燕山期中酸性岩体较多，多为近等轴状小岩体或岩株。已发现有热液型多金属矿点（加及科）及一些多金属化探

异常，是中酸性岩成矿系统的成矿有利地段；西段西金乌兰—二道沟一带喜马拉雅期偏碱性的中酸性侵入岩较发育，呈小岩株状产出。该地段找矿工作程度低，在二道沟一带中酸性岩体周围有多金属化探异常，是中酸性岩成矿系统的各类矿床（特别是斑岩型矿床）的成矿有利地段。上述地带是该成矿带的中酸性岩成矿系统各类矿床，特别是斑岩型矿床的找矿远景区。

(21) 年吉错—赵卡隆成矿带，印支、燕山期中酸性侵入岩比较发育，局部有喜马拉雅期偏碱性的中酸性小岩株产出。其中玉树达东色地区，印支、燕山期中酸性侵入体发育，有热液型铁铜矿点和多金属矿点产出；色的日—杂多穷日弄一带，喜马拉雅期小侵入体发育，并有斑岩型铜钼矿点（色的日）、铜矿点（杂多众根涌）、矽卡岩型铜锌矿点（杂多乌葱察别、穷日弄）和多处多金属化探异常。这些地段是中酸性岩成矿系统各类矿床（特别是斑岩型矿床）的成矿、找矿有利地段。

(22) 唐古拉—杂多成矿带东段的纳日贡玛一带，印支、燕山、喜马拉雅期中酸性小岩体发育，有斑岩型铜钼矿床（纳日贡玛）产出；成矿带东南段的东坝—冶金山一带，印支、燕山期中酸性小岩体发育，有矽卡岩型铁多金属矿床（冶金山）、银铜（灯虽卡）和锡铅锌（囊谦日阿吓嘎）矿点；唐古拉山口以西，喜马拉雅期偏碱性的中酸性小岩体较发育，该地段勘查程度很低，尚未发现该成矿系统的矿点、异常。从成矿带各期中酸性岩产出地质特征以及与相邻地带成矿地质条件对比，认为上述地区是该成矿带壳幔型中酸性岩成矿亚系统的各类矿床（特别是斑岩型矿床）的成矿、找矿有利地段。

(23) 小唐古拉山成矿带，燕山期中酸性小岩体较发育，西段零星分布有喜马拉雅期偏碱性的中酸性小岩体。其中雁石坪西南的燕山期中酸性岩发育地段，有矽卡岩型铁（切苏美曲西侧）、铜（切苏美曲东支沟）、铜铅锌（玛渠）矿点、热液脉型铁矿点（吴美通冬、加夯曲西侧、岗失那扎、雁石坪）；雁石坪东南有燕山期中酸性侵入岩分布，岩体附近有热液脉型铁矿（扫加格曲、扫白曲、日阿刀龙巴）矿点、铜（克玛日南西）矿点。成矿带西段喜马拉雅期偏碱性的中酸性小侵入体零星分布。显示出上述地段壳幔型中酸性岩成矿亚系统比较发育。由于成矿带的勘查程度很低，成矿带的中酸性岩成矿系统的成矿事实和成矿信息不多。根据成矿带的中酸性侵入岩的产出地质特征、岩性特点分析，并与其他地段中酸性岩成矿系统的矿床（点）发育的岩体比较，认为本区中酸性岩发育地段是中酸性岩成矿系统的各类矿床（特别是斑岩型矿床）的成矿、找矿有利地段。

从上述中酸性岩成矿系统各类矿床的分部情况可以看出，省内壳幔型中酸性岩成矿亚系统比壳型中酸性岩成矿亚系统发育。说明本区各期造山（叠加造山）活动，深源岩浆活动强烈。壳型中酸性岩成矿亚系统主要发育在岛弧隆起带（岩浆岛弧带）和基底隆起带；只有可可西里—巴颜喀拉山成矿带属早中生代弧后盆地形成的造山带中壳型中酸性岩成矿亚系统发育，它们是印支期造山活动产物。壳幔型中酸性岩成矿亚系统在基底隆起带、陆缘活动带、岛弧隆起（或岩浆岛弧）带、弧后盆地、弧前盆地等不同沉积环境所形成的造山带（或复合造山带）都比较发育。就成矿时代而言，华力西—印支期中酸性岩成矿系统最发育（如祁漫塔格成矿带、共和—同仁成矿带、都兰—鄂拉山成矿带中的壳幔型中酸性岩成矿亚系统）。其次是燕山—喜马拉雅期中酸性岩成矿系统（如唐古拉—杂多成矿带、小唐古拉山成矿带中的壳幔型成矿亚系统）。元古宙中酸性岩成矿系统则为壳型中酸性岩成矿亚系统。浅成岩体中斑岩型铜钼矿床主要与喜马拉雅期中酸性岩浆活动

有关。省内自北而南，自东而西，中酸性岩侵入时代有由老到新的变化趋势，其成矿系统的成矿作用也随着演变。

综上所述，省内中酸性岩成矿系统发育，是许多成矿带的重要成矿系统。造山活动、叠加造山活动是中酸性岩成矿系统的主要成矿构造环境。华力西—印支期、燕山—喜马拉雅期是中酸性岩成矿系统的主要成矿期，前兴凯期是次要成矿期。主要成矿类型有斑岩型、矽卡岩型、伟晶岩型。岛弧隆起带、基底隆起带等各构造带中，有多次叠加造山活动地段，是中酸性岩成矿系统的成矿有利地段。具中酸性岩成矿系统的岩体，规模小，往往产于两组或多组断裂交汇处或古火山机构中。因此，各成矿带中多组断裂发育地段，特别是多组断裂交汇处、古火山机构发育地区，是形成中酸性岩成矿系统有利地区。

省内各成矿带及各成矿带的不同地段，勘查程度高、低不一。总的看来，中、北部勘查程度相对较高，南部相对较低。在已发现矿床或矿点的地区，往往只出现中酸性岩成矿系统的成矿系列中 1~2 类矿床或矿点，应注意寻找该成矿系列中的其他类型矿床。勘查程度低的地带，要注意叠加造山活动强烈地段的找矿。

三、火山岩-次火山岩成矿系统的成矿预测

1. 省内火山岩-次火山岩成矿系统的矿化概况

省内各成矿带中，火山喷发（溢）活动频繁而强烈，形成多个火山岩带，其中有与火山岩浆同源、同时代的次火山岩分布。省内火山喷发（溢）-次火山侵入活动时代有早古生代、晚古生代、中生代（早期、中期、晚期）、新生代。早古生代为海相火山喷发（溢）活动；晚古生代既有海相火山活动，也有陆相、海陆交互相火山活动；三叠纪的海相和陆相火山活动都很强烈；侏罗纪、白垩纪、新生代陆相火山岩发育。它们都有其相应的次火山侵入岩。有着形成火山岩-次火山岩成矿系统的地质背景。

省内各成矿带的火山岩、次火山岩分布区，与次火山岩有关的矿床（点）较多，可见次火山岩成矿系统比较发育。如北祁连成矿带的早古生代次火山岩或围岩中有火山岩浆型铁矿点（托莱山南），次火山热液型铜矿床（浪力克）、次火山热液脉型铜铅矿点（大二珠龙）。茫崖—阿卡滕能山成矿带早古生代古火山机构中有次火山热液型金矿点（采石沟）。中祁连成矿带有早古生代次火山热液脉型铜铅矿点（二珠龙）。拉脊山成矿带有早古生代次火山热液脉型铅矿点（双疙瘩）。宗务隆山成矿带有次火山岩成矿亚系统的矽卡岩型磁铁矿点（红岭），热液脉型铜矿点（野牛沟南）。柴北缘成矿带有早古生代火山岩浆型铁矿点（海河沟脑、二旦沟、二旦沟南）、火山热液脉型铁矿点（锡铁山地区）。都兰—鄂拉山成矿带，晚三叠世次火山成矿亚系统非常发育，有次火山岩体中的浅成—超浅成热液型（斑岩型）多金属（索拉沟）、铜矿点（哈茨谱山）；矽卡岩型铜钴多金属矿点（赛钦、孤山、尼马龙、西岭秋喝）；次火山热液脉型金多金属矿床（鄂拉山口、满丈岗）、铜矿点（鄂拉山 15 号）。祁漫塔格成矿带，有晚三叠世次火山岩成矿亚系统的矽卡岩型铁（铅锌）矿点（小灶河、尕羊沟）；次火山热液脉型铜铅银矿点（哈德尔干）。东昆北成矿带有晚三叠世次火山成矿亚系统的矽卡岩型铁铜矿床（都兰大洪山、双庆）。共和—同仁成矿带有晚三叠世次火山岩体中的浅成—超浅成岩浆热液型（斑岩型）多金属矿床（老藏沟）、金铜钼汞多金属矿点（台乌龙、沙尔日、阿羊沟、纳棍、直贡龙洼）；矽卡岩型铅锌矿床（老藏沟矿床的部分矿体）、金矿点（直贡龙洼的部分矿体）；热液脉

型铅锌、铅砷或铜矿点（策多隆瓦、莫根且力莫曲、拉海藏、扎毛南山、古浪堤）。东昆南成矿带有早古生代次火山热液脉型铜矿（化）点（埃肯叠特、胡晓钦大洼）；石炭纪次火山热液脉型铅铁矿点（阿不特哈打北东）。年吉错—赵卡隆成矿带的晚三叠世次火山岩中有铜钼矿化（查日弄）。唐古拉—杂多成矿带有早石炭世次火山热液脉型铜矿（化）点（栋弄乡）；二叠纪次火山热液脉型铜铅矿（化）点（赛月拉、尕尼涌曲、大宗云卡、尕茸曲、德群弄）。

从各成矿带的火山岩—次火山岩成矿系统各类矿床（点）分布情况可以看出，基底隆起带、陆缘活动带中次火山岩成矿亚系统的成矿作用最为强烈。与陆相火山活动有关的次火山岩成矿亚系统又比与海相火山活动有关的次火山岩成矿亚系统更发育，并以晚三叠世次火山岩成矿亚系统的各类矿床最发育。

2. 次火山岩成矿亚系统的成矿预测

由于火山喷发（溢）活动形成矿浆的条件特殊，省内火山岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息较少，因此本文对火山岩成矿亚系统暂时不作成矿预测。但省内次火山岩成矿亚系统发育，成矿事实和成矿信息多，有关资料颇丰，具有作成矿预测的条件。

（1）北祁连成矿带，早古生代海相火山活动强烈，与其有关的次火山侵入岩发育。具次火山岩成矿亚系统的成矿地质条件。在托莱山一带有托莱山南次火山矿浆型铁矿点、大二珠龙次火山热液脉型铜铅矿点；冷龙岭一带有次火山热液型铜矿床（浪力克矿床）。大坂山一带红沟地区的早古生代火山机构中有次火山岩（闪长岩）侵入，次火山热液活动强烈，使其围岩（基性火山岩）中的 VHMS 型矿床受次火山岩成矿亚系统成矿作用（次火山热液活动）叠加，形成富铜矿床（红沟矿床）。早古生代次火山岩发育地段，特别是具古火山机构特征（如火山集块岩、集块熔岩、火山角砾岩、角砾熔岩等发育）地段，有多金属化探异常分布，显示该成矿带内与早古生代海相火山活动有关的次火山岩成矿亚系统的成矿地质条件较好，并有较多的成矿事实和成矿信息。因此，成矿带内次火山岩发育地段，特别是具古火山机构特征地段，可作为次火山岩成矿亚系统各类矿床的成矿、找矿远景区。

（2）茫崖—阿卡滕能山成矿带，早古生代海相火山活动强烈，并有次火山岩浆侵入。在古火山机构中有次火山热液型金矿床产出（采石沟），有次火山岩成矿亚系统的成矿作用和成矿事实。该地段还有多金属化探异常和遥感信息分布，具较好的成矿、找矿信息，显示为次火山岩成矿亚系统的成矿、找矿有利地段。

（3）中祁连成矿带和南祁连成矿带的局部地段，有早古生代的海相火山活动，并有相应的次火山岩浆侵入。其中在中祁连成矿带已发现有祁连二珠龙次火山热液脉型铜铅矿点。说明该成矿带的局部地段有次火山岩成矿亚系统的成矿事实。南祁连成矿带虽未发现次火山岩成矿亚系统的矿床和矿点，但具该成矿系统的成矿地质条件。因此，上述两成矿带的火山岩、次火山岩发育地段，可作为次火山成矿系统的成矿远景区。

（4）拉脊山成矿带，早古生代海相火山活动非常强烈，并有相应的次火山岩侵入。其中双疙瘩地区，有次火山热液脉型铅矿点；在火山岩、次火山岩发育地段，多金属化探异常、多金属矿物的重砂异常也比较发育。显示这些地段具有次火山成矿系统的成矿事实和成矿信息。具次火山岩成矿亚系统的成矿远景。

（5）宗务隆山成矿带，晚古生代海相火山活动非常强烈，并有次火山岩浆侵入活动，

已发现有野牛沟南的次火山热液脉型铜矿点和红岭地区与次火山岩有关的矽卡岩型磁铁矿矿点。说明该成矿带内具有次火山岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息，次火山岩发育地段，可作为次火山成矿系统的和成矿远景区。

(6) 柴北缘成矿带的中西段和东段，早古生代海相火山活动强烈，并有次火山岩浆侵入。其中西段的次火山岩发育地段，有次火山矿浆型铁矿点（海河沟脑、二旦沟、二旦沟南等）、次火山热液脉型铁矿点，并有多金属化探异常分布，具次火山岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息；中段阿木尼克山一带和旺尕秀地区，晚泥盆世陆相或海陆交互相火山活动强烈，也有相应的次火山岩浆侵入，在次火山岩发育地段，多金属化探异常规模较大，成矿信息较好，可作为次火山岩成矿亚系统各类矿床的成矿、找矿远景区。

(7) 都兰—鄂拉山成矿带，晚三叠世陆相火山活动非常强烈，火山机构发育，在火山机构中有次火山岩体或岩脉分布。火山机构的环形断裂、放射状断裂发育，并具多期活动特征，是次火山岩浆（热液）活动的有利场所。次火山岩成矿亚系统非常发育，已发现有产于次火山侵入岩体中的浅成、超浅成岩浆热液型（斑岩型）矿床（如索拉沟银铅锌铜矿床、哈茨谱山铜矿点等）；产于次火山侵入岩体与围岩接触带的矽卡岩型矿床（如都兰赛钦铜钴矿点、孤山铁铜矿点、尼玛龙铜矿点、兴海西岭秋喝铅锌金矿点等）；产于围岩（火山熔岩、火山碎屑岩、碎屑沉积岩）或次火山岩体（脉）中的次火山热液脉型矿床（如鄂拉山口铜铅锌银矿床、满丈沟金矿床、鄂拉山15号铜矿点）等。该地带不仅多金属矿床（点）多，并有一系列物、化探异常和遥感异常。上述晚三叠世次火山岩成矿系统的各类矿床（点）和与其有关的物、化、遥感异常，主要分布在鄂拉山断裂带的两侧，构成一个北西向的多金属矿化—异常带。显示该成矿带次火山成矿系统的成矿作用强烈，具次火山岩成矿亚系统各类矿床的成矿事实和成矿信息。上述北西向矿化—异常带，是省内次火山岩成矿亚系统各类矿床成矿远景最好的地带之一。应该强调指出的是，在晚三叠世次火山岩发育的地段，如果出现该成矿系统中的某一类矿床，应注意寻找该成矿系统矿床（成矿）系列的其他类型矿床，不断扩大该地段的找矿效果。

(8) 祁漫塔格成矿带，早古生代海相火山岩发育，局部有晚泥盆世陆相（或海陆交互相）火山岩和晚三叠世陆相火山岩，它们都有相应的次火山岩浆侵入，具有次火山岩成矿亚系统的成矿地质条件。已发现的哈德尔甘南铜铅银矿，为晚三叠世次火山热液脉型矿点、尕羊沟铁（铅锌）矿，为晚三叠世次火山岩成矿亚系统的矽卡岩型矿点。上述各时代次火山岩发育地段，特别是上述矿点外围，有物化探和遥感异常分布，显示该成矿带内，有次火山岩成矿亚系统的成矿事实和较多的成矿信息，该成矿带具有次火山岩成矿亚系统各类矿床的成矿远景。

(9) 东昆北成矿带的地层、岩石分布特征表明，成矿带的局部地段有晚泥盆世陆相（或海陆交互相）火山活动、石炭纪海相火山活动、晚三叠世陆相火山活动，并有相应的次火山岩产出。次火山岩成矿亚系统的成矿地质条件颇为优越。该成矿带东段已发现有晚三叠世次火山岩成矿亚系统的矽卡岩型矿床（都兰大洪山铁铜矿床、双庆铁铜矿床），具有次火山岩成矿亚系统的成矿事实。上述各时代次火山岩发育地段，特别是已有矿床（点）外围，可作为次火山岩成矿亚系统各类矿床的成矿、找矿远景区。

(10) 共和—同仁成矿带的地层和岩石建造特征表明，晚三叠世陆相火山活动特别强烈，局部有白垩纪陆相火山活动。火山机构及其周围次火山侵入岩体和岩脉也特别发育。

次火山岩成矿亚系统的成矿地质条件十分优越，以晚三叠世次火山岩成矿亚系统最发育。同仁—泽库一带的晚三叠世火山机构及其周围已发现有次火山岩体内的浅成、超浅成次火山岩浆热液型（或斑岩型）矿床（如老藏沟铅锌矿床、泽库沙尕日金铜矿点、阿羊沟铜钼矿点、台乌龙锡铅铜锌矿点、纳棍汞矿点、直贡龙洼地区的金矿点等）；次火山岩体与围岩接触带中的矽卡岩型矿床（如老藏沟地区次火山岩体外接触带矽卡岩中的铅锌矿体、直贡龙洼地区次火山岩体外接触带矽卡岩中的金矿点等）；次火山岩及其围岩断裂带中的次火山岩浆热液脉型矿床（如策多隆瓦铅锌矿点、莫根且力莫曲和拉海藏铅砷矿点、扎毛南山和古浪堤铜矿点等）。在老藏沟等地的晚三叠世火山机构中，出现多种矿床（化）类型，构成该成矿系统的浅成、超浅成次火山热液型（或斑岩型）矿床（化）→矽卡岩型矿床（化）→次火山岩浆热液脉型成矿系列。该地带与次火山岩有关的多金属矿床（点）多，多金属化探异常、重砂异常以及反映古火山机构的遥感异常明显。可以认为，该地区是省内次火山岩成矿亚系统各类矿床（特别是斑岩型矿床）成矿远景最佳的地区之一。

（11）东昆南成矿带的沉积环境，早古生代海相火山活动十分强烈，局部有石炭纪、早—中三叠世海相火山活动和晚三叠世陆相火山活动，它们都有相应的次火山岩浆侵入活动。次火山岩成矿亚系统的成矿地质条件较好。诺木洪上游—哈图沟上游一带，已发现有早古生代次火山岩成矿亚系统的次火山热液脉型铜矿（化）点（埃肯叠特和胡晓钦大哇）；石炭纪次火山成矿系统的次火山热液型铅铁矿点（阿不特哈打北东）。上述地段多金属化探异常、矿物重砂异常也发育，显示该地带有次火山岩成矿亚系统的成矿事实和成矿信息，是次火山岩成矿亚系统的成矿远景区。

（12）布青山—阿尼玛卿山成矿带，晚古生代海相火山活动十分强烈，并有相应的次火山岩浆侵入。具有次火山岩成矿亚系统的成矿地质条件。在成矿带西段，已发现该成矿系统的次火山热液脉型铜矿点（亚门乌拉河东），显示该地段具有次火山岩成矿亚系统的成矿远景。

（13）太阳湖—玛多—甘德成矿带，东段局部地区有早侏罗世陆相火山活动；西段的局部地区有新生代陆相火山活动。它们都有相应的次火山岩浆侵入，具有次火山岩成矿亚系统的成矿地质条件。由于该成矿带地质工作程度低，在这些中、新生代陆相火山岩分布区，尚未发现次火山岩成矿亚系统的成矿事实。从相邻地区找矿成果可以看出，中、新生代次火山侵入岩发育地段（特别是成矿带西段的新生代陆相火山岩—次火山岩发育地段），具有斑岩型矿床的成矿远景。

（14）可可西里—巴颜喀拉山成矿带，东段桑日麻地区，有早侏罗世陆相火山岩零星分布，西段可可西里湖以西，新生代陆相火山岩分布较广。它们都有相应的次火山侵入岩。由于上述地区属高海拔区，交通不便，人烟罕至，地质工作程度很低，尚未发现次火山岩成矿亚系统的成矿事实和直接的成矿信息。从成矿地质条件分析，该成矿带地处喜马拉雅期造山活动叠加强烈地带，新生代火山喷发—次火山岩浆侵入活动比较强烈，具有次火山岩成矿亚系统各类矿床（特别是斑岩型矿床）的成矿地质条件。

（15）西金乌兰—玉树成矿带，晚古生代、海相火山活动、晚三叠世海相火山活动都非常强烈；西段乌兰乌拉山一带，局部地段新生代陆相火山喷发活动强烈。上述各个时期的火山喷发（溢）活动，都有相应的次火山岩浆侵入。该成矿带地处高海拔区，勘查工

作程度低，仅在成矿带东段尕斯库勒地区的霏细斑岩中发现有铜矿点，为晚三叠世次火山岩成矿亚系统的次火山热液型矿化，该地区的次火山热液活动也对晚三叠世火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型和 SEDEX 型铜铅锌矿床有叠加作用，导致这些矿床的局部地段有富矿。西段乌兰乌拉山一带的新生代次火山岩分布区有斑岩型矿床的成矿远景。

（16）年吉错—赵卡隆成矿带晚三叠世海相火山活动比较强烈，其东南侧的娘拉北西的局部地段，有早石炭世海相火山活动和早二叠世海陆交互相火山活动，下拉秀地区的局部地段有新生代陆相火山喷发。上述各期火山岩浆喷发（溢）活动，都有相应的次火山岩浆侵入。具有次火山岩成矿亚系统各类矿床的成矿地质条件。已在查日弄地区的晚三叠世次火山岩中发现有次火山岩成矿亚系统的斑岩型铜钼矿化，显示该地区有次火山岩成矿亚系统的成矿信息，具有进一步找矿前景。

（17）唐古拉—杂多成矿带，早石炭世海相火山活动、二叠纪海陆交互相火山活动、晚三叠世海相火山活动都比较强烈；成矿带西段与西藏交界地带的局部地段、成矿带东段囊谦县东南的局部地段，有新生代陆相火山喷发活动。上述各期火山活动，都有相应的次火山岩浆侵入。已在成矿带东段的扎青—昂赛一带，发现有二叠纪次火山成矿系统的次火山热液脉型铜矿点（赛月拉、尕斯库曲、大宗云卡）、铅矿化点（尕斯库曲、德群弄）；囊谦县西有早石炭世次火山岩成矿亚系统的次火山热液脉型铜矿化（栋乡弄）。显示有次火山岩成矿亚系统的成矿事实和较多的成矿信息，是该成矿带次火山岩成矿亚系统的成矿远景区。新生代次火山岩发育地段，具斑岩型矿床找矿潜力。

（18）小唐古拉山成矿带的北侧和西段，零星分布有晚古生代海相、海陆交互相火山岩和晚三叠世海相火山岩，显示这些地段有晚古生代海相、海陆交互相火山活动和晚三叠世海相火山活动；成矿带西段的局部地区，零星分布有新生代陆相火山岩，说明这些地段喜马拉雅期陆陆碰撞叠加造山活动强烈。上述各期火山岩浆喷发（溢）活动的后期都有相应的次火山岩浆侵入，具有次火山岩成矿亚系统各类矿床的成矿地质条件和找矿远景，特别是新生代次火山岩中有隐爆角砾岩和斑岩分布，具斑岩型矿床、隐爆角砾岩型矿床的找矿远景。

四、碱性岩—碱性超基性岩—碳酸岩成矿系统及其成矿预测

直到现在，省内尚未发现与碱性岩—碱性超基性岩—碳酸岩有关的矿床或矿点的报道。但局部地区有具金伯岩特征的超基性岩墙、岩筒（柴北缘胜利口—锡铁山一带的似金伯岩），显示省内局部地段有金伯岩型矿床的间接找矿信息。有关省内岩浆侵入岩的资料中，列出唐古拉山、巴颜喀拉山等地有 6 个出露面积 $4 \sim 12 \text{ km}^2$ 的碱性侵入岩岩株。其中乌兰乌拉湖以南的两个岩体为霓辉石霞石金云母斑岩、含云母霞石白榴岩。说明青海省南部，有形成碱性岩的地质条件。区域地质资料告诉我们，昆中断裂、阿尼玛卿断裂以南的青海省南部，地壳厚度大，喜马拉雅期陆陆碰撞叠加造山活动强烈，深大断裂发育。具有从深部（上地幔）上侵，途经厚层地壳，并萃取地壳物质形成碱性岩—碱性超基性岩—碳酸岩的地质构造条件，是省内可能出现的成矿系统。

五、沉积成矿系统及其成矿预测

青海省域内自中、新元古代以来，各时代的地层中都有沉积岩（指正常沉积岩）分

布，沉积成矿系统发育，形成有各种类型的沉积矿床。

沉积成矿系统的成矿环境主要有大陆棚沉积环境；陆缘活动带中无火山活动、无同生断裂活动的沉积带；弧后（前）盆地中无火山和同生断裂活动的沉积带；洋盆、裂谷发育初期和末期，同生断裂强烈活动和火山活动之前，以及同生断裂活动、火山活动平息之后的沉积环境；无同生断裂和火山活动的断陷盆地。其含矿建造为无喷流（沉积）岩（如硅质岩、铁硅质岩、重晶石岩）。

1. 省内沉积成矿系统成矿作用概况

如前所述，省内各地质时代都有正常沉积岩分布，沉积成矿系统及其亚系统的各类矿床都比较发育。省内各成矿带及其不同地段，或多或少都有地层缺失的情况看来，省内地质历史上的不同时期，有受风化剥蚀区，有些是长期受风化剥蚀区（如基地隆起带的长期隆起区），具有风化残积（余）成矿亚系统的成矿地质条件。虽然省内有关风化残积（余）矿床的报道甚少，省内许多金矿床的地表和浅部，由于受到物理、化学、生物风化作用，形成次生富集带（即风化残积（余）型矿床），给矿业开发带来的巨大经济效益是显而易见的。

省内有多个古侵蚀面，古砂砾岩发育；现代河流、湖泊密布，洪积、冲积、湖积、坡积、冰积物非常发育，其上游有含矿（主要是金，局部有铂）的岩石建造出露。具有机械沉积亚系统的成矿地质条件。在中生代正常沉积的砂岩、砂砾岩建造中，有砂岩型铜矿点分布，有中生代机械沉积成矿系统的成矿作用；在青海省境内，河不分东西，地不分南北，都有砂金矿床和矿点，局部地段有砂（铂）矿点（北祁连黑河流域、拉脊山北坡溪流和乐都—民和一带的河流阶地）。金的重砂异常、高值点更是星罗棋布，而且重砂异常面积大。显示出第四纪机械沉积成矿亚系统的成矿作用特别发育。

青海省地处青藏高原北部，气候干旱，盐湖密布，第四纪蒸发岩成矿亚系统非常发育，各种盐类矿床中，稀有金属（锂、铷、铯等）丰富，这些盐湖盆地已成为我国的“聚宝盆”。

晚古生代以来的沉积盆地中，生物化学沉积成矿亚系统比较发育，形成石炭系煤层、侏罗系煤层和中、新生代油田等。

青海省内各时代的正常沉积盆地中，胶体化学沉积成矿亚系统也比较发育。有晚元古代滨海相沉积的石英岩（如欧龙布鲁克隆起带边缘震旦系石英岩）、早古生代滨海相沉积的碳酸盐岩（如柴北缘成矿带中部的寒武系碳酸盐岩）等非金属矿床；晚古生代滨海相沉积的铝土矿（北祁连成矿带西北部和祁连成矿带西北部的石炭系沉积岩系中的铝土矿矿点）和侏罗纪陆相沉积的赤铁矿（如青海省北部多个成矿带中的侏罗系煤系地层中的赤铁矿矿点）等。

2. 沉积成矿系统的成矿预测

由于本项目的成矿预测重点是内生（或内外生复合成因）金属矿床。所以本章只对沉积成矿系统的铝土床进行初步预测。

省内各时代沉积岩中，已发现祁连成矿带西段有石炭纪胶体化学沉积成矿亚系统的铝土矿点（托莱南山西端的其他大坂等）；祁连成矿带中段、柴北缘成矿带中段有早—中侏罗世胶体化学沉积成矿亚系统菱铁矿矿点、赤铁矿矿点（热水三矿、热水四矿等）。这些矿点产于以较老地层为基底，既无火山活动，也无同生断裂活动的稳定型沉积盆地。

中祁连成矿带西段以元古宇为基底的泥盆—石炭纪沉积盆地、中段和东段以元古宇为基底的早—中侏罗世沉积盆地、北祁连成矿带西段以下古生界火山沉积岩为基底的石炭纪沉积盆地、柴北缘中段以上古生界火山沉积岩为基底的早—中侏罗世沉积盆地，均具有类似的沉积环境。有胶体化学沉积成矿系统铁、铝矿床的成矿地质条件，可示为胶体化学成矿系统铁、铝矿床的成矿远景区，其中以遭受风化剥蚀时间最长的元古界为基底的晚古生代、中生代沉积盆地，是胶体化学沉积成矿亚系统铝土矿和铁矿床最有利地区。

省内第四系沉积物中砂金矿床（点）多，分布广，规模大，不仅具巨大的经济意义，对寻找原生矿床也有指示作用。由于本项目研究重点是内生矿床，因此本章不对青海省内砂金矿进行预测。

六、火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿预测

（一）青海省火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿系列

我省地质历史上有多个时代的海相火山沉积活动，火山喷流（气）沉积成矿系统非常发育。不同构造地质环境、不同时代的火山喷流（气）沉积成矿系统，具有不同的矿床组合（成矿系列）。

我省海相火山沉积岩的沉积环境（即火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿地质环境）主要有大洋盆、裂谷、弧后（前）盆地、弧间盆地、岛弧隆起带的岛间海、陆缘活动带。主要成矿时代为早古生代、晚古生代和早中生代。不同时代、不同沉积环境的火山喷流（气）沉积成矿系统，形成各有特色的成矿系列。

1. 早古生代火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿系列

早古生代火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿地质环境有洋盆、裂谷、弧后盆地和岛弧隆起带的岛间海。

早古生带洋盆沉积环境的火山喷流（气）沉积成矿系统产于北祁连成矿带和东昆南成矿带。

北祁连洋盆西段的走廊南山一带的中寒武世火山沉积岩中，有容矿主岩为火山岩（中基性、中酸性火山碎屑岩、熔岩）的 VHMS 型矿床（香子沟黄铁矿矿床、下柳沟铜铅锌矿点、柏树台铜矿点等）；容矿主岩为沉积岩（包括喷流岩—重晶石岩、已变为石英片岩的硅质岩等）的 SEDEX 型矿床（弯阳河铜铅锌矿床、郭米寺铜铅锌矿床、小沙龙铁矿床、大沙龙铁矿床、上留沟锰矿点、清水沟锰矿点等），构成该地段中寒武世火山沉积喷流（气）成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床（Cu—Pb、Zn—Fe—Mn）成矿系列。托莱山一带的早奥陶世火山沉积岩中，有以火山岩为容矿主岩的 VHMS 型矿床（阴凹槽铜锌矿床等）；容矿主岩为沉积岩的 SEDEX 型矿床（龙孔铁矿床、小水沟铁矿床、大水沟铁矿点等），构成该地段早奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床（Cu、Zn—Fe）成矿系列。冷龙岭一带早奥陶世火山沉积岩中有以火山岩为容矿主岩的 VHMS 型矿床（银灿铜锌矿床、直河铜矿点、门源阿潘铜矿点等）；以沉积岩为容矿主岩的 SEDEX 型矿床（门源哇尔玛铜矿点、红腰仙铜矿点等）。构成该地段早奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床（Cu、Zn—Cu）成矿系列。祁连扎麻什东沟—大坂山一带晚奥陶世火山沉积岩中，有红沟铜矿床、中南沟铅锌矿点的部分矿体、扎麻什克东沟铜矿点、老日根河东铜矿化点等是以细碧凝灰岩、石英角斑质凝灰岩

等火山碎屑岩为容矿主岩的 VHMS 型矿床；中南沟矿点的部分铅锌矿体、小八宝铁三、四铁矿点、扎隆河北侧铁矿点等是以喷流岩、沉积岩（硅质岩、重晶石岩、碳酸盐岩等）为容矿主岩的 SEDEX 型矿床。构成该地带晚奥陶世火山喷流（气）成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床（Cu—Pb、Zn—Fe）成矿系列。上述情况表明，北祁连洋盆的不同地段，有早古生代多期火山喷发（溢）沉积活动，形成多期火山喷流（气）沉积成矿系统和各具特色的成矿系列。

东昆南洋盆中段纳赤台—驼路沟一带，寒武纪、早奥陶世火山沉积岩都很发育，其中寒武纪火山沉积岩中的纳赤台铜矿点，有产于安山质火山凝灰角砾岩中的 VHMS 型铜矿（化）体和产于碳酸盐岩的 SEDEX 型铜矿体，构成该成矿系统的 VHMS、SEDEX 型矿床系列；早奥陶世火山沉积岩中，有产于浅变质喷流—沉积岩（含碳硅泥质岩、含碳菱铁绢云石英片岩、已变为钠长方解石石英片岩的硅质岩）的 SEDEX 型矿床（驼路沟钴金矿床）和产于碳酸盐岩的 SEDEX 型矿床（东大滩又叫忠阳山的铜矿点），构成该成矿系统的 Cu—Co、Au 成矿系列；洋盆东段的督冷沟地区的寒武纪火山沉积岩中，有产于喷流沉积岩（阳起绿泥绢云母千枚岩夹薄层硅质岩、含炭绿泥绢云母千枚岩）中的督冷沟铜（钴）矿床、产于碳酸盐岩中的铁矿点（督冷沟东），构成该成矿系统 SEDEX 型矿床的 Cu（Co）—Fe 成矿系列。洋盆西段石子山—雪鞍山一带寒武纪、中—晚奥陶世火山沉积岩发育，但由于找矿工作程度低，在寒武纪火山沉积岩中只发现有多多个 VHMS 型铜矿点（石子山、高雪西二八二、高雪二八五、雪山河西支沟脑、雪山河上游、雪山河东支沟脑等）、铜金矿点（雪峰沟），构成该地段寒武纪火山喷流（气）沉积成矿系统的铜—铜金成矿系列；中—晚奥陶世火山沉积岩中有 VHMS 型铜矿点（雪鞍山和拉陵灶火矿点）。可以看出，东昆南洋盆有多期火山喷发（溢）沉积活动，在不同地段，有不同时期的火山喷流（气）沉积成矿系统，形成不同的成矿系列。

早古生代弧后盆地沉积环境的火山喷流（气）沉积成矿系统产于祁漫塔格弧后盆地和南祁连弧后盆地。

祁漫塔格弧后盆地中晚古生代火山沉积岩发育。中段肯德可克地区的晚奥陶世火山沉积岩中有产于灰白色硅质岩、泥钙质硅质岩夹石榴子石透辉石岩、透辉石石榴子石等喷流岩中的银铅矿床（肯德可克北），产于灰白色硅质岩、泥钙质硅质岩夹碳酸盐岩扁豆体、含炭泥硅质板岩和硅质岩、石榴子石透辉石岩、透辉石石榴子石岩互层等喷流岩中的钴、铋、金矿床（肯德可克）、产于碳酸盐岩中的磁铁矿矿床（肯德可克），构成该地区晚奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统 SEDEX 型矿床的 Ag、Pb—Co、Bi、Au—Fe 成矿系列。显示该弧后盆地晚古生代的多期火山喷发（溢）沉积活动中，以晚奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统最发育。

南祁连弧后盆地东部的早志留世火山沉积岩中的硅质岩等喷流岩发育，其中有铁矿点（卓亥乔克北、娘哲涅嘎等），为该地区火山喷流（气）沉积成矿系统的 SEDEX 型矿床。可以看出，南祁连弧后盆地中，有早古生代中、晚期的火山喷发（溢）沉积活动，但火山喷流（气）沉积成矿系统不甚发育。

早古生代裂谷沉积环境的火山喷流（气）沉积成矿系统发育在柴北缘成矿带和拉脊山成矿带。

柴北缘裂谷带中段锡铁山地区的晚奥陶世火山沉积岩中，有产于黑绿色含炭绿泥绢云

片岩、绢云石英片岩等和条带状大理岩等浅变质喷流—沉积岩建造中的整合型铅锌矿体（锡铁山矿床的主要矿体）；产于中基性火山碎屑岩中的含铜石英脉和细脉浸染状矿化构成的不规则状铅锌矿体（非整合型矿体）。构成该成矿系统的非整合型（铜、铅锌）矿床—整合型矿床（铅锌）成矿系列。西段的赛什腾山东段—双口山一带晚奥陶世火山沉积岩中，有产于火山岩中的 VHMS 型矿床（大柴旦青龙沟铜硫矿床、联合沟南铜矿点等）；产于沉积岩（含硅质岩、重晶石岩等喷流岩）的 SEDEX 型矿床（双口山铅矿床、青龙滩北多金属矿化点、分水山铁矿点、南山锰矿点等）。构成该地带晚奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS、SEDEX 型矿床（铜—铅—铁、锰）成矿系列。东段阿尔茨托山一带的寒武纪火山沉积岩中，有产于火山岩中的 VHMS 型矿点（阿里根刀若含铜黄铁矿点）和产于泥硅质岩中的 SEDEX 型矿点（哈莉哈德山锰矿点）。构成该地区寒武纪火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS、SEDEX 矿床（铜—锰）成矿系列。可以说，柴北缘裂谷带中，有多期火山喷发（溢）—沉积活动，以晚奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统最发育。

拉脊山裂谷带西段三岔—元石山一带，有产于中—晚奥陶世火山岩中的 VHMS 型矿床（玉石沟铅锌矿点、西岔沟铜矿点等）和产于中—晚奥陶世喷流—沉积岩中的 SEDEX 型矿床（马蹄沟铜矿化点、刺湾铜铅矿点、多宗峡铜矿化点等）。构成该地段中—晚奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床（铜—铅锌）成矿系列。中段的洛巴沟一带，有产于早奥陶世喷流—沉积岩中的 SEDEX 型矿点（洛巴沟铜矿点）。东段金源沟一带的晚寒武世火山沉积岩系中，有产于火山岩中的 VHMS 型矿床（金源东沟铜矿点、阿吾布及金矿化点等）和产于喷流—沉积岩中的 SEDEX 型矿化点（侯尔石金矿化点、里东峡金矿化点等），构成该地区晚寒武世火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床（铜—金）成矿系列。拉脊山裂谷带，具有多期火山喷流（气）沉积成矿系统和多个成矿系列。

早古生代岛弧隆起带沉积环境的火山喷流（气）沉积成矿系统的各类矿床发现甚少，仅在中祁连早古生代岛弧隆起带东段的早古生代火山喷流、沉积岩（硅质岩、铁硅质岩等）中有一些 SEDEX 型矿点分布（如互助北山一带的铁铜多金属矿点）。东昆北早古生代岩浆岛弧带中，至今尚未发现该成矿系统的矿床。

2. 晚古生代火山喷流（气）沉积成矿系统及其成矿系列

青海省晚古生代火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿地质环境有裂谷、陆缘活动带和岛弧隆起带。

省内晚古生代裂谷有布青山—阿尼玛卿山裂谷带、宗务隆山裂谷带、西金乌兰—玉树裂谷带。其中布青山—阿尼玛卿山裂谷带的早二叠世火山喷发（溢）沉积活动，火山喷流（气）沉积成矿系统最发育。裂谷带东段德尔尼地区已发现有 VHMS 型矿床（德尔尼大型铜钴金银矿床），矿床下部为角砾状、网脉状铜、钴矿石，显示喷流沉积活动的补给系统的矿化特征，上部为块状铜、锌硫化物矿石，具盆地底部喷流沉积成矿特点。构成该地区火山喷流（气）沉积成矿系统的铜钴—铜锌成矿系列。裂谷带西段树维门科—乌苏屋矮一带的硅质岩、铁硅质岩等喷流岩中有 SEDEX 型铜矿点（乌苏屋矮）、铁矿点（树维门科），构成该成矿系统 SEDEX 型矿床铜—铁成矿系列。宗务隆山裂谷带晚古生代火山喷发（溢）沉积活动强烈，火山喷流岩（硅质岩、铁硅质岩等）比较发育，至今未发

现有火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 和 SEDEX 型矿床（点），但在火山喷流沉积建造中，有层控改造型多金属矿床（点）（如蓄积山铅矿床、勾山铜矿点、察汗森铁铜矿点），显示该裂谷带的火山喷发（溢）沉积活动过程中，有火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿作用，所形成的矿床或矿源层，被后期构造—岩浆（热液）叠加改造而变型。西金乌兰—玉树裂谷带，晚古生代火山沉积岩发育，该地带找矿工作程度低，尚未发现火山喷流（气）沉积成矿系统的矿床（点）。

晚古生代陆缘活动带的火山喷流（气）沉积成矿系统比较发育，其中都兰—鄂拉山基底隆起带的东南缘，早二叠世演化为陆缘活动带，有较强烈的滨海相火山沉积活动，火山喷流（气）沉积成矿系统发育。早二叠世火山喷流岩（已变质为绿泥石英片岩的绿泥硅质岩和层砂卡岩等）、沉积岩（粉砂岩、千枚岩、大理岩）建造中有日龙沟中型锡（铜铅锌）矿床、铜峪沟大型铜（铅锌）矿床、赛什塘中型铅锌（铜）矿床等 SEDEX 型矿床，构成该成矿系统的锡—铜—铅锌成矿系列。东昆南洋盆闭合后形成的加里东造山带隆升成陆，晚古生代的海侵活动使该造山带东段演变为晚古生代的陆缘活动带，有晚二叠世火山沉积活动，在晚二叠世的硅质岩、炭质板岩等喷流热水沉积岩和碳酸盐岩中有 SEDEX 型矿床（苦海汞矿床）。唐古拉—杂多早中生代岛弧隆起带的隆起区，晚古生代海陆交互相火山沉积岩发育，形成晚古生代各个时期的火山喷流（气）沉积成矿系统。例如囊谦的高涌—高钦弄一带的早石炭世火山沉积岩中有 VHMS（高钦弄）和 SEDEX（高涌）型铜矿点产出，构成该地段早石炭世火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床成矿系列；二叠纪火山喷流（气）沉积成矿系统在该构造带的许多地段都比较发育，有火山喷气沉积的自然铜型矿床（旦荣）、VHMS 型矿床（东补涌铅矿点等）、SEDEX 型矿床（尕牙先卡铅矿点）等。其中旦荣地区的早二叠世海陆交互相火山沉积岩中，有产于玄武岩气孔、原生裂隙中的自然铜、辉铜矿矿化（火山喷发中心）、火山碎屑沉积岩中的自然铜、辉铜矿矿化（近火山喷发活动中心）和凝灰质砂板岩中的 SEDEX 型层状含铜黄铁矿矿化（离火山喷发中心较远），构成该地区火山喷流（气）沉积成矿系统的自然铜型—层控型铜矿成矿系列；在杂多扎青北部的晚二叠世（乌丽群）海陆交互相火山沉积岩中，有 VHMS 型铜矿点（杂多吉那）和 SEDEX 型铅矿点（尕牙先卡）、菱铁矿矿点（加毛日索、扎拉尕否），构成该地区晚二叠世火山喷流（气）沉积成矿系统的 VHMS 型、SEDEX 型矿床（铜—铅—铁）成矿系列；共和—同仁陆缘活动带和小唐古拉山中生代弧前盆地，零星出露有晚古生代火山沉积岩，因工作程度低，尚未发现有矿点分布。

3. 早中生代火山喷流（气）沉积成矿系统及其成矿系列

华力西造山后，已经成陆的东昆南早古生代洋盆、宗务隆山晚古生代裂谷带的局部地段又发生早中生代海侵并有比较强烈的火山喷发（溢）沉积活动；早中生代陆缘活动带、裂谷和岛弧隆起带的岛间海，火山喷发（溢）沉积活动强烈，火山喷流（气）沉积成矿系统发育。

东昆南早古生代洋盆成陆后，其东南缘有早、中三叠世滨海相火山喷发（溢）沉积活动；宗务隆山晚古代裂谷带成陆后，其东段也发生早、中三叠世滨海相火山沉积，具火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿地质条件，但尚未发现该成矿系统的矿床和矿点。

西金乌兰—玉树早中生代裂谷带，晚三叠世海相火山沉积岩发育。其中已发现有

VHMS 型矿床 (尕龙格玛铜铅锌矿床、拧克铜矿点)、SEDEX 型矿床 (拉迪欧玛铜矿点)。构成该地区晚三叠世火山喷流 (气) 沉积成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床 (铜—铅锌) 成矿系列。

早中生代岛弧隆起带岛间海, 晚三叠世火山沉积岩也比较发育。其中赵卡隆地区的晚三叠世火山沉积岩中, 自上而下有产于火山碎屑岩、碳酸盐岩 (白云岩) 夹炭质板岩中的铜、铅锌、铁 (菱铁矿) 或含铅银菱铁矿矿体; 含炭凝灰质板岩、夹火山岩、白云岩的岩石建造中的铜、铅锌银、含铜铅锌银菱铁矿矿体; 产于含炭凝灰质板岩夹火山岩或砂板岩与中厚层灰岩互层的岩石建造中的铜矿体 (为主)。构成该地区晚三叠世火山喷流 (气) 沉积成矿系统 SEDEX 矿床的铜—铅锌银—铁成矿系列。由于晚三叠世火山喷流 (气) 沉积活动持续时间长, 并具多个喷流沉积旋回, 金属硫化物矿床和菱铁矿矿床相互叠加。在唐古拉—杂多成矿带东段和下拉秀—赵卡隆一带。还有 VHMS 型矿床 (杂多阿夷则玛赛含铜硫铁矿床、玉树挡拖铅锌矿点、玉树叶刀陇铜矿化点)、SEDEX 型矿床 (杂多卡特赛铅矿点、尕牙根铅矿点等)。构成该成矿系统的 VHMS 型—SEDEX 型矿床成矿系列 (铜—铅锌银成矿系列)。小唐古拉山弧前盆地的局部地段, 零星出露有上三叠统火山沉积岩, 尚未发现火山喷流 (气) 沉积矿床 (点)。

(二) 喷流 (气) 沉积成矿系统的成矿预测

青海省板块构造活动演化过程中, 各个时代的沉积盆地, 都有强烈的海相火山喷发 (溢) 沉积活动; 喷流 (气) 沉积成矿系统发育, 火山喷流 (气) 沉积成矿系统的各类矿床是许多成矿带的重要组成部分。对该成矿系统的成矿预测, 为继续深入开展海相火山岩分布区的找矿工作, 具有重要意义。

(1) 北祁连成矿带, 为早古生代大洋盆沉积环境, 早古生代海相火山沉积岩发育。在该成矿带的不同地段, 有早古生代的不同阶段海相火山沉积活动, 形成各具特色的火山喷流 (气) 沉积成矿系统。走廊南山一带, 中寒武世火山喷流 (气) 沉积成矿系统发育。已发现有弯阳河、郭米寺等 SEDEX 型多金属矿床及一系列矿点。根据该成矿系统的矿床组合 (成矿系列) 特征, 上述矿床的下部火山岩有 VHMS 型矿床成矿地质条件; 矿床外围的围岩蚀变及物化探异常特征也显示有 VHMS 型矿床的找矿潜力。清水沟以西有一系列 SEDEX 型铁、锰矿点 (或小型铁矿床) 产出, 蚀变带发育, 多金属化探异常规模较大, 显示这些地段有 VHMS 型和 SEDEX 型矿床的找矿前景。托莱山一带, 早奥陶世火山喷流 (气) 沉积成矿系统发育, 已发现有 VHMS 型铜锌矿床 (阴凹槽小型铜锌矿床) 和一系列 SEDEX 型铅铜重晶石和铁矿点, 矿床 (点) 外围蚀变带发育, 多金属化探异常较多, 显示该地区是该成矿系统的成矿、找矿的有利地段。冷龙岭一带, 早奥陶世火山喷流 (气) 沉积成矿系统发育。已发现一系列 VHMS 型和 SEDEX 型矿床 (点)。这些矿床 (点) 及其外围都有进一步找矿潜力。以银灿矿区为例, 蚀变石英角斑岩中有 VHMS 型铜锌矿体; 泥硅质岩夹硅质岩中有铅锌矿体; 铁硅质岩中有赤铁矿体。这些矿体的地表产状北倾, 构成向斜构造的南翼 (倒转翼)。矿区北有物探异常, 显示向斜核部 (深部) 有较大找矿潜力。该矿床以西的直河一带有铜多金属矿点分布, 硅质岩发育, 是该成矿系统的 SEDEX 型矿床的成矿、找矿有利地段。大坂山一带, 晚奥陶世火山喷流 (气) 沉积成矿系统发育。有 VHMS 型铜 (金) 矿床 (红沟矿床) 和 SEDEX 型铅锌、多金属矿床 (中南沟多金属矿点等)。围岩蚀变及物化探异常显示, 红沟矿床外围到大坂山一带, 是该成矿

系统的 VHMS 型和 SEDEX 型矿床成矿、找矿有利地段。

(2) 柴北缘成矿带，为早古生代陆缘裂谷环境，早古生代火山沉积岩发育，已发现有锡铁山大型铅锌（铜）矿床（SEDEX 型）。该矿床的整合于矿体的下部层位火山岩中，有非整合型铜铅锌矿（化）体，显示该矿床 SEDEX 型矿体的下部层位火山岩中有 VHMS 型矿床的找矿前景；遥感、物化探异常也显示，锡铁山矿床的深部，具进一步找矿潜力。赛什腾山东段的绿梁山一带，有青龙滩铜（硫）矿床、双口山铅矿床、联合沟南铜矿点等一系列 VHMS 型、SEDEX 型矿床（点）产出，多金属化探异常较多，是该成矿系统成矿、找矿的又一有利地区。成矿带东段，早古生代火山沉积岩发育，已发现有 VHMS 型含铜黄铁矿矿点（阿里根刀若）和 SEDEX 型锰（含锰硅质岩）矿点（哈莉哈德山）显示，该地段具较多的火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿信息，可作为该成矿系统的成矿远景区。

(3) 祁漫塔格成矿带，为早古生代弧后盆地沉积环境，早古生代海相火山沉积岩发育。已发现有肯德可克等 SEDEX 型矿床（点）。其中肯德可克矿区，有含炭泥质板岩、硅质岩夹细晶透辉石石榴子石岩建造中的层状铅锌矿床；含炭泥质、泥硅质岩、硅质岩夹层状细晶透辉石岩或石榴子石建造中的整合型钴铋金矿床；碳酸盐岩中的铁（锌）矿床。为该成矿系统的铅锌—钴铋金—铁成矿系列。由于该地区第四系覆盖面积大，含矿火山喷流沉积岩的延伸边界尚未完全控制，含矿岩系中盲矿体的分布规律尚未完全查明，火山喷流沉积岩下部层位的火山岩中是否存在 VHMS 型矿床的成矿条件尚未查清。上述情况表明，该地区仍有较大的找矿潜力。遥感、物、化探异常特征也显示该地区成矿信息多，是火山喷流（气）沉积成矿、找矿最有利地段。尕林格铁（钴）矿床、球路噢窝特铅锌矿床等属该成矿系统的 SEDEX 型矿床，其下部层位及外围有 VHMS 型矿床的找矿潜力。是该成矿带的火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的找矿有利地段。成矿带西段乌兰乌珠尔一带及中段黑山一带，火山沉积岩发育，并有化探异常，显示这些地段，不仅具该成矿系统的成矿地质条件，也有较多的成矿信息，可作为火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的一个找矿远景区。

(4) 东昆南成矿带，为早古生代大洋盆沉积环境，早古生代海相火山沉积岩非常发育。成矿带中段纳赤台—驼路沟一带，寒武纪、早奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统都比较发育，VHMS 型、SEDEX 型矿床（点）多，多金属化探异常规模大；东段督冷沟地区，寒武纪火山喷流（气）沉积成矿系统发育，有督冷沟 SEDEX 型铜钴金矿床及其外围铁铅矿点和较多多金属化探异常。显示火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿地质条件良好，并具有多处 VHMS 型矿床和 SEDEX 型矿床的成矿事实和大量的成矿信息，是火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的成矿、找矿有利地段。成矿带西段石子山—雪鞍山一带，寒武纪、中、晚奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统发育，有 VHMS 型铜矿点等多处成矿事实；规模大、数量多的多金属重砂异常等大量的成矿信息，显示该地段是火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的成矿、找矿远景区。

(5) 拉脊山成矿带，为早古生代陆缘裂谷环境，早古生代海相火山沉积岩发育。成矿带东段金源东沟一带，晚寒武世火山喷流（气）沉积成矿系统发育，有多处 VHMS 型、SEDEX 型铜金矿点等成矿事实和多金属化探异常等成矿信息，显示该地段火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿地质条件好，是火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的成矿、找

矿有利地段。成矿带西段三岔—元石山一带，中、晚奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统较发育，有 VHMS 型铜矿点和 SEDEX 型铁矿点等多处成矿事实，并有铜铅锌化探异常和遥感异常等较多的成矿、找矿信息，是 VHMS 型、SEDEX 型铜铅锌矿床成矿、找矿有利地段；中段洛巴沟一带，有早奥陶世火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿显示（洛巴沟 SEDEX 型铜矿点），可作为火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿、找矿远景区。

（6）中祁连成矿带，为早古生代岛弧隆起带沉积环境，局部地段早古生代海相火山沉积岩发育。成矿带东段北侧的互助北山一带，寒武、奥陶系火山沉积岩中有 SEDEX 型铁矿点（铁硅质岩）、铜多金属矿点等成矿事实和多金属化探异常等较多成矿信息。显示该地段是火山喷流（气）成矿系统各类矿床的成矿、找矿远景区。

（7）南祁连成矿带，早古生代为弧后盆地沉积环境。中、新生界分布广，局部有奥陶系、志留系火山沉积岩出露。其中志留系火山沉积岩中有 SEDEX 型铁矿点（铁硅质岩）等成矿事实，可作为火山喷流（气）成矿系统金属矿床的成矿、找矿远景区。

（8）茫崖—阿卡滕能山成矿带，早古生代，为裂谷沉积环境。火山沉积岩发育，其主体在省外，省内的火山沉积岩分布区有多金属化探异常等成矿、找矿信息，可作为火山喷流（气）沉积成矿系统金属矿床的成矿、找矿远景区。

（9）宗务隆山成矿带，为晚古生代裂谷带。石炭、二叠纪海相火山沉积岩比较发育。晚古生代海相火山沉积活动阶段，有较强烈的火山喷流（气）沉积成矿作用，在火山沉积的硅质岩、铁硅质岩建造中，有层控改造型矿床（如蓄积山铅矿床、勾山铜矿点、察汗森东铁（铜）矿点等）产出。说明该成矿带，有晚古生代火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿作用，在构造—岩浆（热液）改造微弱地段，具火山喷流（气）沉积成矿系统金属矿床的找矿潜力。

（10）布青山—阿尼玛卿成矿带，为晚古生代裂谷带，石炭、二叠纪海相火山岩发育。成矿带东段已发现有德尔尼 VHMS 型铜钴金银（大型）矿床这一巨大成矿事实，其外围多金属化探异常分布广，成矿、找矿信息较多，是火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的成矿、找矿最有利地段；西段树维门科—乌苏屋矮一带，有 VHMS（树维门科）、SEDEX（乌苏屋矮）铜矿点等成矿事实，矿点及外围的多金属化探异常又提供较多的成矿、找矿信息，显示该地段是成矿带内火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的又一成矿、找矿有利地段。

（11）西金乌兰—玉树成矿带，是晚古生代（石炭、二叠纪）、早中生代（晚三叠世）两次活动的裂谷带，石炭—二叠纪海相火山沉积岩、晚三叠世海相火山沉积岩都很发育。其中石炭—二叠纪（西金乌兰群）火山沉积岩中，有拉迪欧玛 SEDEX 型铜矿点成矿事实，其外围有多金属化探异常等成矿信息，显示该地段有晚古生代火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿作用，该成矿带具有火山喷流（气）沉积成矿系统成矿、找矿有利地段。尕龙格玛—拧克一带，晚三叠世（巴塘群）火山沉积岩中，有 VHMS 型铜铅锌矿床（尕龙格玛）和铜矿点（拧克）等多个成矿事实；矿区和外围都有多金属化探异常等较好的成矿、找矿信息，是火山喷流（气）沉积成矿系统各类多金属矿床的成矿、找矿有利地段。

（12）年吉错—赵卡隆成矿带，晚三叠世（结扎群）海相火山沉积岩比较发育。其中赵卡隆—挡托一带有 SEDEX 型铜铅锌银铁矿床（赵卡隆）和 VHMS 型铜（玉树叶刀陇）、

铅锌（玉树挡拖）矿点等许多成矿事实；并有多金属化探异常、遥感异常等大量的成矿、找矿信息。都显示该地段是火山喷流（气）沉积成矿系统各种多金属矿床的成矿、找矿有利地段。而赵卡隆矿床的火山沉积岩系中，自上而下有碳酸盐岩中的菱铁矿矿体、铁矿体下部碳酸盐岩中的铅银矿体、含炭泥质板岩、泥硅质板岩夹碳酸盐岩中的铅锌银矿体、含炭泥硅质板岩夹碳酸盐岩中的铜矿体。构成该地区火山喷流（气）沉积成矿系统的铜—铅锌银—铅银—铁成矿系列。显示出该矿床具有复杂的喷流沉积成矿作用和大量的成矿事实；矿区及外围的物、化、遥（感）异常也提供了大量的成矿信息，说明该矿床的矿区及其外围有进一步找矿的潜力。

（13）唐古拉—杂多成矿带，为早中生代岛弧隆起带，有石炭世（杂多群）火山沉积岩、二叠纪（开心岭群和乌丽群）海陆交互相火山沉积岩、晚三叠世（结扎群）海相火山沉积岩零散分布于构造带的隆起区。其东段的旦荣地区早二叠世海陆交互相火山沉积岩发育，近火山喷发中心的玄武岩和凝灰砂岩中有自然铜矿点分布，离火山喷发中心较远部位的沉积岩中有 SEDEX 型铜矿点产出，矿区及其外围有多个面积较大的物、化、遥（感）异常分布。大量的成矿事实和成矿、找矿信息显示，该地区是火山喷流（气）沉积成矿系统各种矿床的成矿、找矿有利地段。杂多扎青北部一带，早二叠世火山沉积岩（开心岭群）、晚二叠世火山沉积岩（乌丽群）中有 VHMS 和 SEDEX 型矿点分布，矿点及其外围也有多金属化探异常，成矿事实和成矿信息显示，该地段也是火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的成矿、找矿有利地段。高涌—高钦弄一带的早石炭世火山沉积岩（杂多群）比较发育，有高涌（SEDEX）型铜矿点和囊谦高钦弄（VHMS 和 SEDEX）型铅矿点等，其中高钦弄矿区内有两种成矿类型（VHMS 和 SEDEX），显示早石炭世火山沉积活动过程中伴有火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿作用；二叠纪海陆交互相火山沉积岩中有旦荣地区玄武岩和凝灰质砂岩中的自然铜型矿点和凝灰质板岩中的 SEDEX 型黄铜黄铁矿矿点、东补涌的 VHMS 型铅矿点等，显示二叠纪海陆交互相火山沉积活动期间，伴有较强烈的火山喷流（气）沉积成矿作用；晚三叠世海相火山沉积岩中，有 SEDEX 型含铜硫铁矿矿床（杂多阿夷则玛赛）、菱铁矿矿点（加毛日索）和 VHMS 型黄铁矿矿点（南岸作），说明晚三叠世火山沉积活动，伴有火山喷流（气）沉积成矿作用。上述地段，多金属化探异常较发育，是火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的成矿、找矿有利地段。其他地段零散出露有晚古生代、早中生代火山沉积岩，因找矿工作程度低，成矿事实和成矿信息少，可作为找矿远景区。

（14）小唐古拉山成矿带为中—上侏罗世弧前沉积盆地，局部地段石炭—下二叠统海相火山沉积岩、下二叠统开心岭海陆交互相火山沉积岩、上三叠统结扎群海相火山沉积岩零星出露，有火山喷流（气）沉积成矿系统的成矿地质条件。青藏公路以东、布曲东南的上三叠统火山沉积岩分布区，有多金属化探异常，显示该地区具火山喷流（气）沉积成矿系统各类矿床的找矿前景。

七、沉积喷流成矿系统的成矿预测

（一）沉积喷流成矿系统的成矿地质环境

如前所述，沉积喷流成矿作用的环境是既无火山活动（或火山活动微弱），又有同生断裂强烈活动的沉积盆地。为准稳定型地质环境。省内属此类地质环境的有：陆缘活动

带、大陆棚、弧前（后）盆地的局部地段和进入陆内演化形成的大型断陷盆地。

1. 陆缘活动带的沉积喷流成矿系统

共和—同仁成矿带、都兰—鄂拉山成矿带东南缘、东昆南成矿带东端，有陆缘活动沉积的下、中三叠统杂砂岩、杂砂砾岩、砂板岩夹多层砾状灰岩和具硅质条带（或团块）灰岩等沉积岩石建造。该沉积建造属低成熟度杂砂岩夹砾状灰岩，显示沉积盆地中同生断裂活动较强烈。已发现有产于下三叠统含细砾杂砂岩、杂砂岩夹多层砾状灰岩建造的哇家铅（银）矿床。其中有杂砂岩中的脉状方铅矿矿化，形成富铅矿体；含砾杂砂岩中的尘点状矿化，未发现有工业富集矿体。前者可能为受后期改造作用形成的改造热液脉型矿体（附近有中酸性岩体（脉），也可能是补给系统中形成的非整合型矿体；后者是喷流活动前沉积的碎屑岩空隙中的矿化。围岩蚀变不强（褪色化、弱硅化等），两类矿化均产于一定层位，可能是产于补给系统的非整合型矿床。

2. 大陆棚沉积岩中的沉积喷流成矿系统

西倾山成矿带，有大陆棚沉积的下、中三叠统石英砂岩与板岩互层夹灰岩，上部有砾状灰岩；中三叠统灰岩、白云质灰岩、砾状灰岩与砂质板岩、长石石英砂岩间互层。在中三叠统沉积建造中，有产于碎屑状灰岩、角砾状硅质岩夹层中的汞锑矿床（赫格楞），产于中三叠统碎屑岩中的穆黑汞矿床（穆黑、沙尔诺）。

3. 弧前盆地中的沉积喷流成矿系统

小唐古拉山弧前盆地中，沉积有中、上侏罗统石英砂岩、粉砂岩、砂质泥岩间互层、灰岩夹砾状灰岩、岩屑砂岩等。在杂色砂岩、泥质灰岩、砾状灰岩沉积建造中，已发现有小唐古拉（雁石坪地区）镜铁矿矿床和多金属硫化物矿点。镜铁矿矿体主要产于该岩石建造上部的碳酸盐岩层，其次是中部的杂色砂岩夹灰岩或砂岩与灰岩互层岩段；以铅为主的多金属矿化带主要产于下部杂色细砂岩层，其次为中部泥灰岩层。构成铁—多金属矿床组合（成矿系列）。

区内铁矿体多金属矿带，都赋存于杂色碎屑岩夹碳酸盐岩建造的一定层位，显示同生矿床的基本特征；含矿建造为一套成熟度低的杂色碎屑岩夹碳酸盐岩建造，其中砾状灰岩发育，矿体中又有同质（镜铁矿）的角砾岩（角砾状铁矿石）等都显示，含矿建造和铁氧化物、多金属硫化物沉积过程中，有同生断裂活动；含矿建造中有多个赋矿层，矿体较厚（单个铁矿体厚 1.5 ~6.4 m），矿石组分复杂、有益组分品位高，说明成矿物质丰富、复杂；围岩褪色化明显而无其他类型蚀变，说明成矿流体温度不高，具热水沉积特点。可以认为，该矿床、矿带为沉积喷流成矿系统中具整合型矿体的 SEDEX 型矿床。

4. 陆相沉积盆地的沉积喷流成矿系统及其成矿系列

中祁连成矿带内，沉积有二叠系杂色长石石英砂岩、砂岩、粉砂岩、页岩、泥灰岩，偶见流纹质凝灰岩透镜体；三叠系杂色岩屑砂岩等。低成熟度碎屑岩发育，有极少量火山岩分布表明，沉积盆地中有同生断裂活动。具沉积喷流成矿系统的成矿地质条件。已发现的登陇沟铜矿点、外力哈达铜、铅、银（含钒、铀）矿点、外力哈达—热水一带的菱铁矿点等，属该成矿系统的铜—铜铅锌（银）—铁成矿系列。

南祁连成矿带，二叠系杂砂岩夹泥灰岩；三叠系砂岩、灰岩夹角砾状灰岩。有铜（多隆恰如等）、多金属（日阿乔合公玛北西）矿点。为铜—多金属成矿系列。

西金乌兰—玉树成矿带、唐古拉—杂多成矿带中，有大型白垩纪陆相沉积盆地，沿盆

地北西西走向长几百千米。沉积有巨厚（最厚可达两千多米）的杂色长石岩屑砂岩夹砾岩、粉砂岩、砂质泥岩；中部夹不稳定的灰色、杂色含铜砂岩、沉积凝灰岩。为一套成熟度低、线性分布的杂砂岩类。显示沉积盆地有同生断裂活动。已发现有铜（风火山、风火山北坡）、金铜（姜浪）、多金属（扎西尕日）等一批矿床（点）。构成该成矿系统的铜—铜金—多金属成矿系列。

（二）沉积喷流成矿系统的成矿预测

沉积喷流成矿系统的成矿作用，是成矿流体通过同生断裂的裂隙系统运移到盆地底部沉积成矿；或在补给系统的裂隙中沉淀成矿。前者为具层状构造的层状矿体，后者为具脉状、网脉状构造的穿层矿体。在一些沉积喷流成矿作用发育地区的不同地段，出现其矿石具层状构造的层状矿体；其矿石具细脉状、网脉状构造，又明显受层位控制的扁豆状、不规则状矿体；由于含矿层大角度斜交或垂直、但不穿透含矿层的小脉组成的穿层矿体；与含矿层垂直或大角度斜交的脉状矿体，构成一个完整的沉积喷流成矿系列。由于一个沉积喷流成矿系统的沉积喷流成矿活动往往具多次、多阶段性特点，上述成矿系列受到叠加和破坏；不同地区的沉积喷流成矿系统，该成矿系列的不同类型矿体的发育程度，也各不相同。

地质历史上，各个时代形成的沉积喷流成矿系统的 SEDEX 型矿床，受到区域变质和构造—岩浆（热液）的叠加改造，发生不同程度的变化。只要具有该类矿床的基本特征，均化划归沉积喷流成矿系统 SEDEX 型矿床。

1. 中祁连成矿带和南祁连成矿带沉积喷流成矿系统的成矿预测

加里东造山期后，中祁连、南祁连成矿带有二叠、三叠纪陆相或海陆交互相沉积盆地，两个时代的沉积盆地位置基本一致。显示控制沉积盆地的同生断裂多次复活，长期活动。目前所发现的 SEDEX 型矿床（点）的层状铜多金属矿体规模小。这可能是由于沉积盆地规模不大所致。考虑到这些盆地中的同生断裂活动的长期性和多阶段性，喷流活动中心的补给系统中可能有穿层矿体。

2. 共和—同仁成矿带、东昆南成矿带东段、都兰—鄂拉山成矿带东南缘沉积喷流成矿系统的成矿预测

东昆南成矿带东段、都兰—鄂拉山成矿带东南缘和共和—同仁成矿带下一中三叠统的低成熟度杂砂岩、砾状灰岩发育，除哇家铅（银）矿床外，其西南的常牧地区、都兰—鄂拉山成矿带的兴海县东、布尔汗布达山南缘的下一中三叠统中，局部地区有铜、多金属化探异常分布，是该成矿系统的成矿、找矿有利地段。对于哇家矿床，既要沿异常带走向（即地层走向）追索矿带的延展情况，又要在矿床的下部层位，注意寻找补给系统中的脉状矿体。

3. 西倾山成矿带和太阳湖—玛多—甘德成矿带沉积喷流成矿系统的成矿预测

西倾山成矿带下一中三叠统浊积岩发育。除已发现的矿床（点）外，在直亥买东南、日西哥 SEDEX 型金铅锌矿点及其西部的多金属化探异常，都是该成矿系统的成矿、找矿有利地区；成矿带西段下一中三叠统分布区，多金属重砂异常发育，局部有砂金、铂矿点（东倾沟）。这些异常区，也是该成矿系统的成矿、找矿远景区。穆黑、沙尔诺汞矿床是产于该成矿系统补给系统中的脉状矿体，其上部层位可能有层状矿体。赫格楞汞锑矿床，为产于补给系统中的小脉、网脉状矿化，其上部层位可能出现层状矿体；下部层位，可能

有脉状矿体。

太阳湖—玛多—甘德成矿带，下一中三叠统浊积岩广泛分布，昌马河东边、岗龙北、下藏科南、门堂南、哇尔依东北等地，有一系列多金属化探异常。是该成矿系统的成矿、找矿有利地段。

4. 可可西里—巴颜喀拉山成矿带沉积喷流成矿系统的成矿预测

该成矿带中，三叠系浊积岩发育，其中角砾状灰岩夹层较多。有多处多金属化探异常分布在成矿带东段的达日县城附近、特合土—莫坝一带、达日上红科北；中段的治渠—曲麻莱县一带，德拉松水以北；西段的可比湖以北，黄土岭以南。这些地段是该成矿、找矿有利地段。

5. 西金乌兰—玉树成矿带沉积喷流成矿系统的成矿预测

该成矿带中，下、中三叠统浊积岩分布较广，其中夹有较多的砾状灰岩；白垩系低成熟度的杂砂岩发育。结隆西北下一中三叠统分布广，有一系列多金属化探异常；苟鲁山克错—青藏公路以东，白垩系发育，并有一系列矿床（点）和多金属化探异常。是该成矿系统的成矿、找矿有利地段。对已发现的矿床（点），要注意在层状矿体的下部层位中寻找脉（或网脉）状矿体。

6. 唐古拉—杂多成矿带和年吉错—赵卡隆成矿带沉积喷流成矿系统的成矿预测

年吉错—赵卡隆成矿带中，有中三叠统浊积岩出露，其中巴塘南，有多金属化探异常；唐古拉—杂多成矿带，白垩系杂砂岩分布较广，莫云、旦荣西北有铜矿点和多金属化探异常，是该成矿系统的成矿、找矿有利地段。

7. 小唐古拉山成矿带沉积喷流成矿系统的成矿预测

该成矿带中侏罗统杂色砂岩、泥质灰岩、砾状灰岩发育。雁石坪一带镜铁矿矿床（点）、铅锌等多金属矿点较多，航磁异常、多金属化探异常面积大；布曲河东有一系列多金属化探异常，都是该成矿系统的成矿、找矿有利地段。

八、叠加改造成矿系统及其成矿预测

（一）变质改造成矿亚系统及其成矿预测

省内地质历史上，元古宙的变质岩建造，有变质改造成矿亚系统的成矿地质条件。已发现有磁铁石英岩型矿点（鱼卡河、细流沟、红铁沟等）、变质火山喷流（气）沉积矿床（小东索）。其中小东索矿床为古元古代角闪片麻岩中的铁、铅矿床。是元古宙火山活动形成的 VHMS 型矿床（其中的铅矿体）、SEDEX 型矿床（其中的铁矿体）组合经变质形成的变质火山喷流（气）沉积矿床。VHMS 型和 SEDEX 型矿床的主要特征基本消失，仍保持其铁上、铅下的特点。省内基底隆起带、岛弧隆起带的隆起区，都有变质改造成矿亚系统的成矿地质条件。

（二）动力改造成矿亚系统及其成矿预测

省内各成矿带的构造蚀变带发育，动力改造成矿亚系统的成矿作用强烈，分布有一批剪切带形金矿床，是许多成矿带的重要成矿系统。

（1）北祁连成矿带，富含金等成矿物质的基性、超基性岩，基性、中基性火山岩分布广泛。黑河断裂、托莱山—大坂山断裂、拿子海山—托拉河断裂等北西西向大断裂带的两

侧，多期活动的北西西向断裂带发育，并具韧性剪切断裂特征。由于这些断裂贯通较深，形成规模较大的构造蚀变带，局部地段脉岩比较发育。已发现黑河断裂两侧有祁连红土沟金矿床、川刺沟金矿床、铜厂沟金矿床、天朋河金（铜）矿点、骆驼河金矿点、铁帽沟金矿点等；托莱山-大坂山断裂北侧有门源中多拉金矿床、松树南沟金矿床、巴拉哈图金矿点等；拿子海山-托拉河断裂南侧有门源团结沟金矿床、彩龙金矿点、拉加金矿化点等。这些断裂带两侧的沟谷、阶地中有砂金矿床（祁连天朋河）和一系列砂金矿点及金的重砂异常。显示上述断裂带两侧，是剪切型金矿床的成矿、找矿有利地段。

（2）中祁连成矿带，分布有古元古界斜长角闪片麻岩、新元古界炭硅泥质岩、下古生界火山沉积岩等成矿元素较丰富的岩石建造。托莱山-大坂山断裂南侧、疏勒南山北坡断裂北侧，与其平行的多期活动断裂带发育。断裂带中有多种脉岩产出，说明这些断裂贯通较深，具有剪切带型金矿床的成矿地质条件。已在托莱山-大坂山断裂南侧，发现有门源扎麻图金矿点及一系列金重砂异常。成矿带的河谷、阶地中，有砂金矿床（乐都高庙）、矿点分布。上述断裂带是动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿、找矿有利地段。

（3）南祁连成矿带，下古生界火山沉积岩分布较广，局部有基性岩体出露，西部有古元古界斜长角闪片麻岩，属金丰度值较高的岩石建造。中祁连南缘断裂南侧、宗务隆山-青海南山断裂北侧，与其平行的多期活动的断裂发育。其中宗务隆山-青海南山断裂北侧（居洪图一带），砂金矿床（德令哈卡克图、雅沙图）、矿点、金的重砂异常多。这些地段具动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿地质条件。

（4）拉脊山成矿带，下古生界中—基性火山沉积岩发育，基性、超基性岩广泛分布。它们均属金丰度值高的岩石建造。成矿带内呈“∞”形的断裂构造发育，显示剪切断裂特征。两条近东西向断裂两侧，有平安天重峡、化隆尼旦沟、松安丫豁、乐都中坝沟脑、石坡沟脑、峡门、横山等金矿床（点）分布。这些矿床（点）及其外围，化探异常较多，下游河谷、阶地，有砂金矿点及重砂异常，显示该成矿带的动力改造成矿亚系统发育。上述矿点、异常集中区，是动力改造成矿亚系统各类金矿床的成矿、找矿有利地段。

（5）茫崖—阿卡滕能山成矿带，下古生界中、基性火山岩分布广，局部有古元古界斜长角闪片麻岩、基性、超基性岩体出露，它们属金等成矿元素丰度值较高的岩石建造。成矿带内与阿尔金走滑断裂平行的多期活动的北东向断裂发育，局部有华力西、印支期的小岩体和岩脉，形成多个构造蚀变带。已发现柴水沟构造蚀变岩型金（银）矿点，矿区及其外围有金化探异常，具动力改造成矿亚系统的成矿地质条件。牛鼻子梁—俄博梁成矿带，元古宇变质岩、多期中酸性侵入岩分布广，阿尔金走滑断裂的次级断裂发育，并具多期活动特征。该地区工作程度低，尚未发现金矿床（点）。从成矿地质条件分析，该成矿带有动力改造成矿亚系统的成矿地质条件。

（6）柴北缘成矿带，新元古界的炭硅质板岩、泥砂（粉砂）质板岩、碳酸盐岩中金等成矿元素丰度值较高，下古生界中、基性火山岩，加里东期基性、超基性岩等岩石建造，分布较广，局部有古元古界斜长角闪片麻岩。北西西—近东西向断裂、北西向、北东向断裂等多方位断裂构造发育，并具多期活动特征。断裂带的局部地段，华力西、印支期小侵入岩体（脉）发育。形成规模大的、多方位的构造—蚀变复杂的韧性剪切带。成矿带西段，新元古界炭硅泥建造中的韧性剪切带型金矿床有滩间山矿床（大型）、青龙沟矿床（中型）、细晶沟矿床（小型）；下古生界中—基性火山岩中有苏干湖南野骆驼泉和赛

什腾山结绿素韧性剪切带型金矿点。成矿带中西段，中酸性岩体中有构造蚀变岩型金矿点（大柴旦倒向沟）。成矿带东段的下古生界火山沉积岩及侵入其中的中酸性岩体，有多个糜棱岩化带，分布有拓新沟、赛坝沟金矿床、嘎顺金矿点、阿里根刀诺金矿点，显示该成矿带的动力改造成矿亚系统发育。上述地段不仅矿化集中，金的化探异常也较多，是动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿、找矿有利地段。

（7）欧龙布鲁克成矿带，金等成矿元素丰度值较高的岩石建造广泛分布的古元古界角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩，中—新元古界炭硅泥质岩和局部出露的基性、超基性岩，下古生界火山沉积岩。成矿带西段北西西向断裂发育，并具多期活动特征；成矿带东段北西向断裂发育，断裂带里有多期小侵入岩体和岩脉产出。成矿带西段（怀头他拉以西）古元古界片麻岩中有剪切带型金矿点（大柴旦东山）；东段中、新元古界浅变质岩及基性、超基性岩中，有剪切带型金矿点（乌兰沙柳泉）。这些地段金化探异常、重砂异常较发育。显示成矿带具动力改造成矿亚系统的成矿地质条件。矿化、异常集中区是动力改造成矿亚系统成矿条件较好地段。

（8）宗务隆山成矿带，上古生界基性火山沉积岩、下—中三叠统中—基性火山沉积岩、基性—超基性岩等富含金及多金属成矿元素的岩石建造比较发育。近东西向断裂构造规模大，且具多期活动特征。成矿带西段（察汗森以西），上古生界火山沉积岩分布广，近东西向断裂带发育，有多个规模较大的金化探异常；中段（宗务隆—阿里特克山）上古生界火山沉积岩、基性—超基性岩分布较广，近东西向断裂带发育，其中有砷（银金）矿点（沙石岱海）和多个金化探异常，是动力改造成矿亚系统的成矿有利地段。

（9）东昆北成矿带，古元古界金水口群斜长角闪片岩、角闪片岩，中—新元古界炭硅泥质岩等金及多金属成矿元素丰度值较高岩石建造分布较广，华力西、印支期中酸性侵入体发育。近东西向、北西西向、北西向、北东向断裂构造发育，并具多期活动特征。在多期活动的韧性剪切带中，有多期小岩体（脉）产出。形成规模大、糜棱岩化强、围岩蚀变复杂的构造蚀变带。成矿带中段（格尔木—清水河一带）多组断裂发育，其中大格勒沟—诺木洪一带有规模较大的北西向韧性剪切带。剪切带中各种脉岩发育，围岩蚀变强烈，分布有五龙沟大型金矿床和五龙沟上游东侧、都兰二道梁东金矿点，金化探异常规模大；成矿带东段巴隆—瓦勒尕一带，近东西向、近南北向多期活动的断裂带较发育，其中有多种脉岩产出，围岩蚀变较强，有巴隆、瓦勒尕构造蚀变岩型金矿点和金化探异常分布；成矿带西段伯喀里克—那陵郭勒河上游一带，古元古界变质岩分布较广，北西西向断裂发育，有一系列金化探异常分布，显示该地段具动力改造成矿亚系统的成矿地质条件，是东昆北成矿带动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿、找矿有利地段。

（10）祁漫塔格成矿带，有下古生界中—基性火山沉积岩、中元古界变质岩（局部）、基性侵入岩（局部）等金丰度值较高的岩石建造分布，近东西向、北西西向的大型断裂比较发育。其中成矿带西段乌兰乌珠尔小盆地一带，构造挤压破碎带规模较大，有金重砂异常分布；成矿带东段那陵郭勒河—拉陵灶火一带，古元古界变质岩发育，多期中酸性侵入岩分布广泛，近东西向的大型断裂发育，具动力改造成矿亚系统的成矿地质条件和较好的找矿前景。

（11）都兰—鄂拉山成矿带，古元古界角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩分布甚广，局部有寒武系基性火山岩、中三叠统浊积岩等，它们都是金的丰度值较高的岩石建造，多方位

断裂发育。其中成矿带东南部，古元古界变质岩、中三叠统浊积岩分布较广，多期活动的北东向断裂发育，并有金的化探异常、金重砂异常分布，是动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿远景区。

(12) 日月山—化隆成矿带，古元古界角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩分布较广，并有顺层产出的基性、超基性岩，均为金丰度值高的岩石建造。近东西向断裂发育，有动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿地质条件。但该成矿带中，第三系覆盖面积大，成矿带北部有金重砂异常和金（铂）砂矿点。显示该地段有动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿远景。

(13) 共和—同仁成矿带，金丰度值高的下—中三叠统浊积岩发育，其中有近东西向的构造挤压破碎带分布。挤压破碎带中的多方位断裂发育部位，有各种岩脉或小岩体产出，围岩蚀变强烈，形成规模较大的构造蚀变带，并有金矿床（点）分布。如成矿带东段北侧同仁瓜什则—江格尔一带，有德合隆洼（金）、江格尔（金碑）矿点；东段中部官秀寺地区，有官秀寺金矿点；成矿带南侧兴海社羊恰恰沟—同德一带，有社羊恰恰沟（金铜）、西克加（金）、西克加日（金）矿点和金的化探异常或重砂异常分布，是动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿远景区。

(14) 东昆南成矿带，下古生界中—基性火山沉积岩、石炭系中—基性火山沉积岩、下—中三叠统中—基性火山沉积岩、基性—超基性侵入岩等金及多金属成矿元素丰度值高的岩石建造发育。多方向的挤压破碎带发育，规模大，并具多期活动特征。成矿西段的额尔滚赛图中游—乌腊德西沟一带，下古生界中、基性岩分布广，北西西向断裂发育，华力西、印支期中酸性侵入岩较多，有砂金矿点及金的化探异常分布；巴隆夏勒郭—哈西亚图一带，下古生界火山沉积岩、中三叠统浊积岩（局部有火山沉积岩）分布广，多期活动的近东西向断裂规模大，中酸性侵入岩发育，金化探、重砂异常面积大。成矿带中段的野牛沟—雪水河一带，下古生界火山沉积岩、石炭系火山沉积岩、下—中三叠统火山沉积岩广泛分布，北西西和北东向断裂规模较大，华力西、印支等多期中酸性侵入岩发育，在构造蚀变带中有金矿床（小干沟、纳赤台）和金化探、重砂异常；开荒北—清水河一带，下古生界火山沉积岩、下—中三叠统火山沉积岩分布广，加里东、华力西、印支等多期中酸性侵入岩比较发育，多方位断裂破碎、挤压带规模较大，下—中三叠统火山沉积岩中的构造蚀变带，有金矿床（开荒北）产出，金的化探、重砂异常发育。成矿带东段的督冷沟—果洛龙洼一带，下古生界中—基性火山沉积岩、石炭系火山沉积岩（其中有较多的炭硅泥岩）分布较广，有加里东期基性—超基性岩产出，加里东、华力西、印支等多期中酸性岩体（脉）比较发育，近东西向、北东向挤压、破碎、蚀变带规模较大，石炭系火山岩、炭硅泥质岩中的构造蚀变带，有金矿床（果洛龙洼）产出，并有规模较大的金化探异常。这些地段都是动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿有利地段。

(15) 苦海东—西倾山成矿带，三叠系浊积岩广泛分布，浊积岩金丰度值较高；北西西向断裂挤压、破碎带比较发育；构造挤压破碎带的局部地段有印支、燕山期小岩体（脉）产出，形成复杂的构造蚀变带，并有动力改造成矿亚系统的各类矿床产出。成矿带西南段下大武—雪山一带，下三叠统浊积岩大面积出露，北西西向断裂发育，局部地区有燕山期小侵入体和各类脉岩集中分布，有动力改造成矿亚系统的成矿地质条件，已发现有纳晴金矿化点，并有雪山乡砂金矿点、东倾沟砂金铂矿点和金的重砂异常。成矿带中部的

大武—宁木特一带，下三叠统浊积岩分布广泛，多期活动的北东向、东西向断裂发育，断裂带的局部地段，有燕山期小侵入体及各种脉岩集中分布，其围岩强烈揉皱、破碎，且蚀变强烈，并有金矿化。已发现有构造蚀变岩型尕血日（金）、特日根（金铅锌）等矿点和砂金矿点（嘎可合），该地段金化探异常多、规模大。成矿带东南部额尼日杂—赫格楞一带，下三叠统浊积岩大面积出露，近东西向断裂发育，断裂带的局部地段有燕山期中酸性小岩体，形成含金的构造蚀变带，已发现有构造蚀变岩型金矿点（河南莫尔藏）。该成矿带是甘肃白龙江成矿带的西延部位，具有相似的成矿地质条件。苦海东—西倾山成矿带具有动力改造成矿亚系统的成矿地质条件，并有成矿事实依据，是动力改造成矿亚系统各类矿床，特别是剪切带型金矿床的成矿远景区。

（16）布青山—阿尼玛卿山成矿带，上古生界基性—中基性火山沉积岩、下—中三叠统浊积岩分布广泛，华力西期基性—超基性岩比较发育。北西—北西西向断裂密集、规模大，并具多期活动特征，断裂带中有印支、燕山期中酸性小岩体及岩脉产出，形成蚀变强烈的破碎带、糜棱岩化带。成矿带西段的红云鄂博—牧羊山一带，下二叠统基性—中基性火山沉积岩、华力西期基性—超基性岩发育，多期活动的北西西向断裂密集，断裂带中有中酸性小岩体（脉）产出，围岩蚀变强烈，已发现有扎莫托砂金铂矿点及多个金化探异常。中段花石峡—扎喜拉让东一带，下二叠统基性—中基性火山沉积岩、中三叠统浊积岩广泛分布，华力西期基性—超基性岩体呈北西向展布，北西向断裂密集，断裂带中有各种岩脉分布，多金属化探异常较多，显示有动力改造成矿亚系统的成矿地质条件。东段德尔尼—真吉一带，石炭—二叠系的基性—中基性火山沉积岩分布广，基性—超基性岩比较发育，北西西—近东西向断裂密集，并具多期活动特征，断裂带的局部地段，有中酸性小岩体和各种脉岩，在基性火山岩的构造片理化带中有甘德恰那格弄金（钨）矿点，德尔尼铜钴矿区内也有构造蚀变岩型金矿体，表明该成矿带的动力改造成矿亚系统的成矿地质条件良好，是动力改造成矿亚系统各类矿床的成矿远景区。

（17）太阳湖—玛多—甘德成矿带，三叠系浊积岩分布非常广泛，其中多期活动的北西西向断裂发育，构成多个剪切带。剪切带的局部地段，有中酸性脉岩产出。成矿带东段，燕山期中酸性岩体分布。成矿带西段的克其克孜苏—稳流河一带，大面积出露下二叠统杂砂岩、板岩互层，灰岩夹砾状灰岩、砂砾岩、砂岩、板岩等，北西西向断裂发育，局部有中酸性侵入岩体产出。该地段有红金台、黄土岭、稳流河等砂金矿点和金的重砂异常、化探异常，显示该地段金的成矿地质条件良好。成矿带西段东部东大滩—西藏大沟一带，三叠系浊积岩广泛分布，近东西向断裂发育，形成规模较大的近东西向的挤压破碎带、糜棱岩化带。这些构造带中，各种脉岩比较发育，围岩蚀变强烈，并有强度大、峰值较高的金化探异常，金的重砂异常、多金属化探异常也比较发育，已发现有格尔木东大滩金（锑）矿床，显示该地段具剪切带型矿床的成矿地质条件。成矿带中段加给龙洼—扎陵湖鱼场一带，下三叠统浊积岩分布非常广泛，北西西、北东向断裂都比较发育，在这些断裂发育地带，有砂金矿床（玛多柯尔咱程、加给龙洼、多熊沟、玛多平顶山北）、矿点（扎拉依给陇哇、扎日尕拉压、扎木吐）和金的重砂异常，具有原生金矿床的成矿远景。成矿带东段昌麻河—索呼日麻一带，下—中三叠统浊积岩大面积出露，北西和北东向断裂比较发育，有燕山期中酸性小侵入岩体分布，金的重砂异常、化探异常分布较广，具原生金矿床的成矿远景。从成矿带不同地段的金矿床产出地质条件分析，具有动力改造成矿亚

系统各类矿床的找矿潜力。

(18) 可可西里—巴颜喀拉山成矿带，三叠系浊积岩大面积出露，局部有下二叠统灰岩夹砾状灰岩、砂砾岩、砂岩、板岩，多期活动的北西西—近东西向断裂发育，有印支、燕山期中酸性小岩体分布，局部零星分布有喜马拉雅期岩体。成矿带西段玛多—甘德断裂南侧兴军山—库赛湖—不冻泉一带，上三叠统巴颜喀拉山群浊积岩大面积出露，其中北西、北东、北东东等多方位断裂发育，有印支、燕山期和喜马拉雅期小侵入体零星分布，具有形成动力改造成矿亚系统的地质条件。该地段的第四系沉积物中，有砂金矿点（兴军山、长梁下、碎石沟）、金的重砂异常、化探异常，是动力改造成矿亚系统的一个成矿远景区。成矿带中段北部，玛多—甘德断裂南侧的曲麻莱大场—扎陵湖一带，下—中三叠统浊积岩分布广泛，局部有下二叠统碎屑岩、碳酸盐岩、火山岩，属金等成矿元素丰度值高的岩石建造，北西、北西西、北东及东西向断裂发育，其中北西、北西西向断裂带中，岩层揉皱强烈，具剪切带特征。剪切带中各种脉岩发育，围岩蚀变强烈，为动力改造成矿亚系统金矿床的成矿有利地区。已发现有大场剪切带型金矿床（大型）、大场砂金矿床（中型），矿区外围金的重砂异常、化探异常多、面积大，具有进一步找矿的潜力。成矿带中段南部的曲麻莱拉浪情—称多一带，三叠系浊积岩分布广，第四系覆盖面积大；北西、北北西向断裂发育，有较多的印支、燕山期侵入体出露，第四系沉积物中砂金丰富，有多个砂金矿床（治多多曲、折尔考、曲麻莱德曲、巴干、称多赛柴沟等中型矿床、曲麻莱拉浪情、称多年渣陇巴、玉树布曲等小型矿床）、矿点（莫洼涌），金的化探异常发育，显示有动力改造成矿亚系统金矿床的找矿潜力。成矿带东段江日呷马—班玛一带，三叠系浊积岩分布广泛，三叠系浊积岩中，北西向剪切带发育，有燕山期中酸性小侵入体分布，具剪切带型金矿床的成矿地质条件，已发现有剪切带型金矿床（达日上红科小型金矿床）、矿点（江日呷马砷金锑等矿点），第四系沉积物中有砂金矿床（班玛多卡、吉卡等中型矿床）、矿点（达卡），是动力改造成矿亚系统各类矿床成矿有利地段。总的看来，可可西里—巴颜喀拉山成矿带，动力改造成矿亚系统金矿成矿作用表现强烈，是省内金的重要成矿带。

(19) 西金乌兰—玉树成矿带，上古生界基性—中基性火山沉积岩，下—中三叠统浊积岩、上三叠统基性—中基性火山沉积岩分布广，并有华力西、印支两期基性—超基性岩构成的北、南超基性岩带；北西西、北西向断裂发育，并具多期活动特征；华力西、印支期中酸性侵入岩发育，燕山、喜马拉雅期小侵入体零星分布。成矿带中段阿西涌—征毛涌一带，上古生界火山沉积岩、上三叠统火山沉积岩广泛分布，其中北西西向断裂发育，并具多期活动特征；断裂带中有基性—超基性岩、中酸性岩体产出。其中阿西涌地区的西金乌兰湖—歇武断裂两侧金重砂异常、化探异常多、规模大，并有砂金矿点（阿西涌扎）；扎河—多彩一带，北西西向断裂密集地带，有金重砂异常分布。具动力改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿事实。成矿带东段的结隆—直门达一带，上古生界火山沉积岩、下—中三叠统浊积岩、上三叠统火山沉积岩分布广，华力西、印支期基性—超基性岩发育，印支期中酸性岩体零星分布；近东西向断裂发育，并具多期活动特征；断裂带中各种岩脉较发育，围岩蚀变强烈。沿近东西向断裂带有一系列金的重砂异常和直门达砂金矿点。显示该地带有动力改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿信息。是动力改造成矿亚系统的成矿远景区。成矿带西段（青藏公路以西）工作程度较低，但区内上古生界、上三叠统火山

沉积岩分布广，北西向、北东向断裂发育，并有印支、燕山、喜马拉雅等多期小岩体和脉岩分布，有形成动力改造成矿亚系统的地质条件。

(20) 年吉错—赵卡隆成矿带，主要有中三叠统浊积岩、上三叠统火山岩、炭泥硅质岩，局部有下古生界碎屑岩夹炭硅质岩、下二叠统火山沉积岩等金及多金属成矿元素丰度值较高的岩石建造；在这些岩石建造中，北西向断裂发育，并具多期活动特征；断裂带的局部地段，印支、燕山期（有时有喜马拉雅期）小侵入体及岩脉产出，围岩蚀变强烈，形成多个构造蚀变带。其中下拉秀—达东色一带金的重砂异常规模大，显示该地段有动力改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿信息。

(21) 唐古拉—杂多成矿带的纳日贡玛西—昂赛一带，分布有下石炭统炭硅泥质岩、下二叠统海陆交互相火山沉积岩、上二叠统陆相火山沉积岩、上三叠统海相火山沉积岩（有炭硅泥岩）。它们属金等成矿元素丰度值较高的岩石建造。其中北西向断裂发育，并具多期活动特征。断裂带的局部地段，有小岩体（脉）集中分布。沿北西向断裂带，有多个金重砂异常分布。显示该断裂带，具动力改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿信息。

(22) 小唐古拉山成矿带的北缘当曲河流域，当曲河断裂南侧，中侏罗统杂砂岩、砂质泥岩、砾状灰岩广泛分布，北西向断裂发育。沿北西向断裂带，有规模较大的金化探异常。显示该地段有动力改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿信息。

（三）构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统及其成矿预测

1. 构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统及其成矿系列

省内古元古界变质岩中，斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩夹大理岩等变质火山沉积建造比较发育。其中分布有多个铁、钨、锡、铜、铅锌矿床和一批矿点。以往将其中的大部分矿床（点）划归矽卡岩型矿床。据以往矿床资料分析，这些“矽卡岩型矿床”与典型的矽卡岩型矿床（如双朋喜金矿、谢坑铁铜金矿床）有非常明显的差别。主要为：

(1) 古元古界变质岩中的“矽卡岩型矿床”的矿体不是产于中酸性侵入岩体的接触带附近，而是产于远离接触带数百米的矽卡岩带，并具有一定的层位，如产于欧龙布鲁克基底隆起带的尕子黑钨锌矿床，钨锌矿体产于达肯大坂群下岩性段大理岩夹黑云石英片岩、黑云斜长片岩中，距该区的华力西期花岗闪长岩体 600m，矿体产状与围岩产状一致，也与矿区主要控矿断裂（ F_2 ）一致，其矿体既受层位控制，又受断裂构造控制。

(2) 古元古界变质岩中的矽卡岩多为层状矽卡岩，常有远离岩体围岩的矽卡岩化比岩体接触带的围岩矽卡岩化强的现象（如尕子黑矿区），说明该矿区的矽卡岩化主要受地层中的岩石类型和断裂构造控制；而典型矽卡岩矿床的矽卡岩是以岩体接触带最发育为特征，岩体接触带构造是形成矽卡岩的主要控制因素。

(3) 产于古元古界变质岩中的“矽卡岩型矿床”成矿元素组合复杂，高温成矿元素（钨、锡）和中低温成矿元素（铜、锌、铅）在同一矿体共存，如尕子黑钨锌矿床（有闪锌矿、白钨矿矿石）、小通突尔沟西铜锌钨锡矿点等；典型矽卡岩型矿床的矿区（田）中，钨锡与铅锌矿体是分离的。这说明古元古界变质岩中“矽卡岩型矿床”的成矿过程是，古元古界变质中—基性火山沉积岩富含铜锌铅等成矿元素，受后期构造—岩浆（热液）复合改造作用后从火山沉积岩中析出，与岩浆热液活动带来的成矿物质（钨锡等）一起聚集在矿源层及其附近构造裂隙中成矿，属构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系

统的层控改造型矿床。矽卡岩化只是构造—岩浆（热液）复合改造作用过程所形成许多蚀变岩中的一种。

2. 构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿预测

省内的基底隆起带、早古生岛弧隆起带，古元古界变质的中基性火山岩建造分布广泛；基底隆起带中还有前兴凯期形成的基性—超基性岩。早古生代的沉积岩带中中—基性火山岩发育，加里东期基性—超基岩等岩石建造分布较广，局部有古元古界变质火山岩。晚古生代的沉积岩带中，中—基性火山岩、华力西期基性—超基性岩发育，局部有古元古界变质火山岩。这些岩石建造，都是成矿元素丰度值高的岩石建造。基底隆起带和早古生代岛弧隆起带，历经多期造山活动叠加，多期活动的断裂构造发育，并有多期中酸性岩浆侵入。在古元古界变质火山岩、基性—超基性岩、中基性火山岩中，形成多个、多期活动的构造蚀变带，具有构造—岩浆（热液）复合改造成矿系统的成矿地质条件。

（1）北祁连成矿带西段龙孔、中段的祁连县东南、红沟铜矿北、东南缘的加定等地段，有古元古界变质岩组成的微地体嵌布。这些微地体中，有斜长角闪片麻岩、斜长角闪岩等金及多金属成矿元素丰度值高的岩石建造，多期活动的断裂构造发育，有多期侵入的中酸性岩体和岩脉，其围岩蚀变强烈，具构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。成矿带西段黑河断裂两侧、托莱山—大坂山断裂北侧，基性—超基性岩体断续分布，构成北西向基性—超基性岩带。在多期断裂构造发育、后期中酸性岩体（脉）集中分布地段基性、超基性岩蚀变强烈，有滑镁岩化、石英菱镁岩化，显示基性—超基性岩受到强烈的构造—岩浆（热液）复合改造作用。在基性、超基性岩蚀变特别强烈地段，已发现有一系列改造—再造型金矿点（如祁连撒拉河金矿点等）；这些地段，金的化探异常和金（铂）重砂异常多，沿构造—岩浆岩带呈带状分布，表明基性—超基性岩的强烈蚀变地段和古元古界变质岩中的构造蚀变带，具构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿信息和成矿事实。是构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿有利地段和找矿远景区。

（2）阿尔金的牛鼻子梁—俄博梁成矿带，古元古界角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩分布广，其中断裂构造非常发育，并具多期活动特征，多期中酸性侵入岩也比较发育，具有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。茫崖—阿卡滕能山成矿带，下古生界基性火山岩、加里东期基性、超基性岩中金及多金属成矿元素丰度值高的岩石建造分布较广，多期活动的北东向断裂发育，并有加里东、华力西、印支期中酸性侵入岩体（脉）分布，具有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。只是因为地质工作程度低，尚未发现构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的矿床（点），可列为构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿远景区。

（3）中祁连成矿带西段托莱南山一带（尕河上游—牙马图），沿托莱山断裂南侧，古元古界斜长角闪片麻岩、斜长角闪岩等变质火山岩、中—新元古界炭硅泥质岩，分布广泛，并有基性—超基性岩出露，它们属金及多金属成矿元素丰度值较高的岩石建造；与托莱山断裂平行的北西西向断裂发育，并具多期活动特征；断裂带中有元古宙及其后的多期中酸性侵入岩体或岩脉产出。断裂带中的多种小岩体（脉）发育、围岩蚀变强烈地段，金锑汞等多元素异常发育，局部（牙马图）有砂金（铂）矿点。显示该地段具构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿信息。成矿带中段大坂山断裂南

侧外力哈达—塔湾一带，古元古界变质火山岩、中—新元古界炭硅泥岩分布较广，晚古生代中—基性火山岩发育，基性—超基性岩体断续出露；在这些成矿元素丰度值高的岩石建造中，北西西向断裂发育，且显示多期活动特征；断裂带中有多期中酸性小岩体（脉）分布，其围岩蚀变强烈。在基性—超基性岩、火山岩等岩石蚀变强烈地段，有金多金属化探异常分布，并有金的矿点（门源扎麻图），说明这些地段有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿信息。成矿带东段，大板山断裂南侧，边滩—互助尕什江一带，古元古界变质火山岩、中新元古界炭硅泥质岩等岩石建造分布广泛，其中北西西向断裂发育，断裂带的局部地段，有多期中酸性小岩体（脉）产出，有形成构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的地质条件。已在古元古界变质岩分布区的断裂构造发育、加里东及其以后多期中酸性岩体（脉）集中分布地段发现有层控改造型铜矿化点（宝库大山）及金钨钼等多金属化探异常（互助北山一带）。成矿带西段的元古宇变质岩中断裂构造、中酸性小岩体（脉）发育地段，有层控改造型铜矿点（洪合日河上游），处于同一构造带的甘肃省朱龙关地区的元古宇变质岩带中，有层控改造型钨多金属矿床（小柳沟矿床）。以上情况说明，成矿带的多个地段有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿信息。与邻区对比，这些地段可作为构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统各类矿床的找矿远景区。

（4）南祁连成矿带西段，宗务隆山—青海南山断裂北侧、达肯达坂—鱼卡河一带，古元古界变质火山岩分布较广，多期活动的北西、北东向断裂发育，局部有加里东期及其以后多期中酸性小岩体（脉）分布。达肯达坂一带还有金的重砂异常和多金属化探异常分布。显示该地段有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件和成矿信息，是构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统各类矿床的找矿远景区。

（5）欧龙布鲁克成矿带东段，古元古界变质火山岩、中—新元古界炭硅泥岩、基性—超基性岩分布较广，它们为金及多金属成矿元素丰度值高的岩石建造。其中有多期次活动的断裂构造和多期中酸性侵入岩体和岩脉，其围岩蚀变强烈，有矽卡岩化、透辉石化、绿泥石化、绿帘石化、金云母化、透闪石化、方柱石化、硅化等。具备构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。特别是成矿带东段北西向断裂带（鄂拉山断裂北延部位）两侧，古元古界变质岩、基性—超基性岩分布广，多期次活动的断裂构造、中酸性侵入岩发育，形成多个构造蚀变带。在元古宇变质岩的构造蚀变带中已发现有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的层控改造型矿床（如乌兰尕子黑钨锌矿床、乌兰县高特拉蒙铁钴镍锰矿床、乌兰大黑山铁矿点、布赫特山北东铜矿化点等）、改造热液脉型矿化（霍德森沟南侧铜矿化点、察汗河沟东侧铅矿化点等）。显示该地段有较多的构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿信息和成矿事实，可作为构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的找矿远景区。

（6）柴北缘成矿带东段都兰吉给申沟—沙柳河一带，局部有古元古界变质岩出露；近东西向、北西向等多方位断裂发育，并具多期活动特征；中酸性侵入岩体分布较广，其围岩蚀变强烈，有阳起石化、绿泥石化、矽卡岩化、碳酸盐化等，构成规模较大的构造蚀变带。具备构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。古元古界变质岩的构造蚀变带中已发现有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的层控改造型矿床（都兰沙柳河南区钨锡矿床、吉给申沟铅锌矿床、沙柳河本区钨锡矿点、沙那黑沟口、沙

柳河及沙柳河西区铅锌矿点、小通突尔沟西铜锌钨锡矿点等)；改造热液脉型矿点(沙那黑沟脑铅矿点等)；构造蚀变带中物探异常、多金属化探异常也比较发育。说明该地段构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统的成矿作用表现强烈，具有较多的成矿信息和成矿事实。是内构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统各类矿床的成矿有利地段和找矿远景区。

(7) 都兰—鄂拉山成矿带，元古宇变质岩分布广，多期次活动的断裂十分发育，并有多期中酸性侵入岩体和岩脉产出。在断裂构造发育，又有中酸性岩体(脉)分布的地段，围岩蚀变强烈，有阳起石化、矽卡岩化、蛭石化、碳酸盐化、硅化等。形成多个规模较大的构造蚀变带。具备构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。成矿带的西北部(都兰—什多龙一带)元古宇变质岩的构造蚀变带中，已发现有构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统的层控改造型矿床(都兰小卧龙铁锡矿床、柯柯赛沟口北山西磁铁矿床、兴海什多龙铅锌银矿床等)；改造热液脉型矿床(都兰大卧龙和一棵松铅锌矿点等)；构造蚀变带上物探异常和多金属化探异常也比较发育，显示出较多的成矿信息和成矿事实，是构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统各类矿床的成矿有利地段和找矿远景区。

(8) 祁漫塔格成矿带南侧，有元古宇变质岩断续出露，早古生代中—基性火山岩分布广，局部有加里东期基性侵入岩零星分布，在这些成矿元素颇丰的岩石建造中多期活动的北西西向断裂构造发育，断裂带中有多期中酸性侵入岩体或岩脉产出，形成多个构造蚀变带。具有构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。成矿带东端，古元古界变质岩的构造蚀变带中有层控改造型铁矿点(小孤山)、铜铅锌矿点(哈西亚图)，显示该地段有构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统的成矿信息，可作为构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统各类矿床的找矿远景区。

(9) 东昆北成矿带，元古宇变质岩分布广泛，近东西向、北西向、北东向等多方位的断裂发育，且具多次活动特征；多期中酸性侵入岩体(脉)非常发育，围岩蚀变强烈，有透闪石化、阳起石化、绿泥石化、帘石化、矽卡岩化、碳酸盐化、硅化等，形成规模较大的构造蚀变带，具备构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。成矿带西段索拉吉尔—乌腊德夏拉郭勒一带，古元古界斜长角闪片麻岩夹大理岩等变质火山沉积岩建造广泛分布；北西西向多期活动的断裂构造发育；多期次中酸性侵入岩出露面积大。具有构造—岩浆(热液)复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。但由于该地段地质工作程度低，只发现有层控改造型铁矿点(塔克特自然、别里赛北、夏拉尕诺、查干尕诺、查可勒图等)和面积较大的金及多金属化探异常。成矿带中段格尔木—宗加一带，古元古界变质岩断续分布；近东西、北西、北东向等多方位断裂构造发育，并具多期活动特征；兴凯期、加里东期、华力西期、印支期中酸性侵入岩体或岩脉都很发育。元古宙变质岩中，有中酸性侵入岩体或岩脉分布的断裂带上，围岩蚀变强烈，有矽卡岩化、绿泥石化、绿帘石化、透闪石—阳起石化、硅化、碳酸盐化等，构成多个构造蚀变带。并发现有多处改造热液脉型矿点：大格勒沟(三道沟)铅银矿点、诺木洪五龙沟铅矿点等；还有多个多金属化探异常和化探金异常。成矿带东段巴隆—瓦勒尕一带古元古界变质岩断续分布；多期活动的东西向、北西西向断裂发育；多期中酸性侵入岩大面积出露，各种岩脉发育。在古元古界变质岩中的断裂构造发育，又有中酸性岩体(脉)分布地段，围岩蚀变

强烈，并有层控改造型铁铜锡矿床（占卜扎勒）产出，是构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿有利地段和找矿远景区。

（10）拉脊山成矿带的局部地段有元古宇斜长角闪片麻岩出露，早古生代基性—超基性岩发育，下古生界中—基性火山岩分布广泛，均属于成矿元素丰度值高的岩石建造；多期活动的近东西向断裂密集，挤压、破碎带非常发育；加里东、华力西、印支、燕山等多期中酸性侵入岩体（脉）分布非常广泛，围岩蚀变强烈。形成规模较大的构造蚀变带。显示出该成矿带具有构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。成矿带北缘的基性—超基性岩带中断裂构造发育，又有后期中酸性岩体（脉）分布地段，基性—超基性岩蚀变强烈，有蛇纹石化、滑镁岩化、石英菱镁岩化、硅化。具有改造—再造型矿床的成矿地质条件。如基性—超基性岩带中段的元石山地区断裂构造非常发育，中酸性侵入岩体（脉）较多，以镁铁质岩为主的基性—超基性岩强烈破碎和蚀变（硅化、碳酸盐化、粘土化），形成有改造—再造型铁镍钴矿床。说明基性—超基性岩分布区，多期活动的断裂发育，又有多期中酸性岩体（脉）侵入地段，是构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿有利地段和找矿远景区。

（11）日月山—化隆成矿带，古元古界中深变质岩、基性—超基性岩比较发育；近东西向断裂规模大、并具多期活动特征，北东向、近南北向断裂也比较发育；加里东、印支等多期中酸性侵入岩体或岩脉分布广泛，其围岩蚀变强烈。具备构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。如拉水峡铜镍矿床，既有基性—超基性岩体中的岩浆熔离型矿体，也有产于围岩（片麻岩）断裂带中，具交代结构、角砾状构造矿石的热液脉型矿体；侵入于基性—超基性岩中的花岗岩的断裂带中，也有铂（族）、铜、镍矿化。说明该矿床不仅有岩浆熔离成矿作用，也有构造—岩浆（热液）复合改造成矿作用。上述成矿信息和成矿事实表明，基性—超基性（包括古元古界变质的基性火山岩）分布区，多期活动的断裂和多期中酸性岩体（脉）发育地段，是构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统各类矿床的成矿有利地段和找矿远景区。成矿带内的多个基性—超基性岩体及其中的岩浆熔离型含铂族元素的铜镍矿床（点）分布区，多期断裂构造发育，并有多期中酸性岩体（脉）产出，基性—超基性岩蚀变强烈。应注意在基性—超基性岩体、含铂族元素铜镍矿床外围寻找改造—再造型矿体。

（12）东昆南成矿带北缘，有古元古界斜长角闪片麻岩等变质基性火山岩零星分布；布尔汗布达山一带，加里东期基性、超基性岩发育，构成布尔汗布达山基性、超基性岩带；有多期活动的近东西向、北西向、北东向等多方位断裂，以近东西向断裂最发育，形成多个近东西向构造挤压破碎带；构造挤压破碎带的局部地段有加里东、华力西、印支期等多期中酸性岩浆侵入岩体（脉）产出，强烈的岩浆（热液）活动叠加，导致围岩破碎、蚀变强烈。其中，基性、超基性岩强烈蛇纹石化，并有碳酸盐化、硅化等，岩石普遍片理化；元古宇变质火山岩夹大理岩建造强烈破碎和蚀变，有强烈的矽卡岩化、透辉石化、绿泥石化、绿帘石化、金云母化、透闪石化、方柱石化、硅化、碳酸盐化等，形成多个构造蚀变带，显示出构造—岩浆（热液）复合改造作用。成矿带中段的洪水河地区的古元古界变质火山岩夹大理岩建造构造蚀变带中，有层控改造型铁金矿床（都兰洪水河）；纳赤台北东片麻岩夹大理岩建造构造蚀变带中，有层控改造型金矿床（小干沟）；成矿带东段沟里地区的古元古界变质岩构造蚀变带中，有改造热液脉型铜矿化点（得尔龙沟内）。蚀

变的基性、超基性岩分布区，虽未发现岩浆分异型和熔离型矿床或矿点，但在蚀变基性、超基性岩分布区，有多金属化探（镍钴等）异常分布。可作为构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的改造—再造矿床的成矿信息，是构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统各类矿床的成矿有利地段和找矿远景区。

（13）布青山—阿尼玛卿山成矿带，晚古生代中、基性火山岩发育；其东端，有古元古界变质岩出露。在这些成矿元素颇丰的岩石建造中，北西及近东西向断裂密布，并具多期活动特征。局部地段有华力西、印支期中酸性岩体（脉）分布。基性、超基性岩中的断裂构造发育、后期中小酸性侵入岩体或岩脉集中分布地段，基性、超基性岩片理化、破碎强烈，并发生较强蚀变，有蛇纹石化、碳酸盐化等。显示该成矿带具构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的成矿地质条件。西金乌兰—玉树成矿带，晚古生代、晚三叠世中、基性火山岩分布广；华力西期、印支期基性、超基性侵入岩发育；北西西向断裂密集，并具多期活动特征，形成有多个近东西向构造挤压破碎带；局部地段有华力西、印支、燕山、喜马拉雅期中酸（或偏碱）性小岩体（脉）产出。有形成构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统的地质条件。上述两成矿带的找矿工作程度很低，对成矿带内多期活动断裂发育、中酸性小岩体或岩脉集中分布、基性—超基性岩及中基性火山岩蚀变强烈地段，有发现构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统各类矿床的可能。

结 语

《青海省金属矿产成矿规律及成矿预测》是在各位作者经过一年的时间编写完成，并及早呈献给大家。本书从多岛弧地质构造环境、成矿系统入手，以分析典型金属矿床成矿地质背景为研究途径，以区域成矿规律、成矿预测为核心，深入探讨了青海省金属矿产成矿规律及成矿预测。取得的主要认识和成果如下：

(1) 对青海省的区域构造背景进行了重新总结；根据青藏高原大地构造最新研究成果及火山岩构造组合、沉积建造、成矿作用，按照多岛弧构造模式在青海省域内划分出两大构造系，二十二个一级构造单元。

(2) 对金属（包括黑色、有色和贵金属）矿产的时空分布规律进行了总结。其时间分布规律从早元古代到新生界均有显示，主要成矿作用集中在古生代、中生代，不同矿种有一定的差异。就空间分布而言，北祁连以中寒武世、早奥陶世火山沉积岩广泛分布为特征，形成与火山岩有关的块硫化物、喷流（气）沉积作用有关的矿床。早古生代火山活动，伴随大量超镁铁质上地幔侵位，形成岩浆分异型铬矿床；东昆仑西部地区，早古生代海相火山喷发（溢）沉积活动强烈，形成早古生代（加里东期）有喷流（气）—沉积改造型矿；柴北缘赛什腾山—绿梁山，晚古生代裂谷活动早期，镁铁—超镁铁质岩侵位，其成矿作用主要是火山喷流（气）沉积成矿作用和镁铁—超镁铁质岩岩浆分异或熔离型矿产，以上各区，由于多期的构造活动形成构造蚀变岩有关的金矿。鄂拉山地区，晚古生代，同生断裂活动的沉积盆地，印支期中酸性侵入活动强烈，形成沉积—喷流型矿产；阿尼玛卿地区，在裂谷扩张的海底，超镁铁质岩堆积，形成岩浆熔离型铜、钴矿床；可可西里—巴颜喀拉山早中生代弧后盆地，形成与浊积岩有关的金矿；三江北延地区，形成有火山喷气、沉积—喷流（气）型有色金属矿产，早二叠世裂隙海相活动，分布有与玄武岩有关的自然铜矿，喜马拉雅期的火山喷发（溢）活动，中酸性岩浆侵入活动，有斑岩型矿产。

(3) 深入研究了不同构造地质环境与矿产的关系，进而分析了动力学演化对矿床形成的控制作用。进一步认识到，前特提斯阶段是省内贵金属成矿作用的重要矿源层（岩），从震旦纪到三叠纪整体受特提斯构造活动的控制。

中寒武世—奥陶纪，省内早古生代大洋盆地、裂谷带、弧后盆地、岛弧隆起带的岛间海，有强烈的火山喷发沉积活动，形成 VHMS、SEDEX 型矿床，并伴有镁铁—超镁铁质岩侵位，形成岩浆结晶分异型含铂铬铁矿矿。

中石炭世—二叠纪，巴颜喀拉海槽中形成的浊流沉积岩为金矿的赋存层位，后经陆内汇聚碰撞造山活动，促使含金成矿溶液运移、聚集定位。

晚三叠世—中侏罗世，三江北延地区，在具陆壳基底的弧后盆地中，分布有碳酸盐岩铅锌矿和复理石建造金属预富集层。在岛弧地区，已知主要存在火山—喷气、喷流—沉积型铜、铅锌、银矿。

第三纪由于印度板块的向北俯冲，并伴有中—酸性火山喷发与岩浆侵入活动使冈底斯带隆升并形在岛弧型火山—深成岩带，形成斑岩型铜钼矿成矿作用。

各期造山活动，形成与脆韧性变形有关的构造蚀变岩型 Au、Ag、As、Pb、Sn 矿成矿系列。

(4) 依据青海省的动力学环境及青海省金属矿产的成矿作用，可归结有下列成矿系统大类：伸展（拉张）构造成矿系统类——有北祁连晚元古—早古生代洋盆沉积环境成矿系统大类、东昆南晚元古—早古生代洋盆沉积环境成矿系统大类、柴北缘晚元古—早古生代裂谷带成矿系统大类、拉脊山晚元古—早古生代裂谷带成矿系统大类、宗务隆山晚古生代裂谷带成矿系统大类、布青山——阿尼玛卿山晚古生代裂谷带成矿系统大类、西金乌兰湖—玉树晚古生代—早中生代裂谷带成矿系统大类；收缩（挤压）构造成矿系统类——有中祁连早古生代岛弧隆起带成矿系统大类、东昆北早古生代—早中生代岩浆岛弧带成矿系统大类、唐古拉—杂多早中生代岛弧隆起带成矿系统大类；成矿物质主要来源于地球内部成矿系统类的基性—超基性岩成矿系统、壳幔源或壳源中酸性岩成矿系统、壳幔源或壳源火山—次火山岩成矿系统；成矿物质主要来源于地表岩石成矿系统类的沉积成矿系统（包括风化残积成矿亚系统、机械沉积成矿亚系统、胶体沉积成矿亚系统、化学沉积成矿亚系统、蒸发沉积成矿亚系统）；成矿物质来源于地球内部和地表岩石的混源成矿系统类的火山喷流（气）沉积成矿系统、沉积喷流成矿系统；叠加改造成矿系统类的叠加改造成矿系统（包括区域变质改造成矿亚系统、动力变质改造成矿亚系统、构造—岩浆（热液）复合改造成矿亚系统）。

(5) 依据各成矿系统的主要特征，结合成矿物质来源进行了成矿物质丰富的基性—超基性岩成矿预测；省内各复合造山带内具有的多旋回中酸性岩浆侵入活动的中酸性岩成矿预测；各成矿带中火山喷发（溢）活动频繁而强烈地段与火山岩浆同源、同时代的火山—次火山岩成矿系统的成矿预测；自中—新元古代以来各时代形成的沉积岩（指正常沉积岩）中的沉积成矿系统的成矿预测；古生代火山喷流（气）沉积成矿地质环境（洋盆、裂谷、弧后盆地和岛弧隆起带的岛间海）中的火山喷流（气）沉积成矿预测；省内元古宇变质岩建造中的变质改造成矿亚系统的变质改造成矿预测；省内各成矿带中发育的构造蚀变带中的动力改造成矿亚系统的成矿预测。

Metallogenic Laws and Prospecting of Metal Deposits in Qinghai Province

Abstract

The Qinghai province is located in the northeast part of Qinghai-Tibet plateau, which is also situated in the junction between Palaeo-Asian tectonic domain and Palaeo-Tethyan tectonic one. There existed various types of orogenesis happened by subduction or overthrusting of oceanic plate and collision of arc-arc or arc-continent since Proterozoic. It formed complex tectonic-sedimentary setting.

Regional strata

The strata from Proterozoic to Quaternary were all developed in Qinghai, and mostly Mesozoic and Cenozoic ones. The strata of Qinghai province can be divided into two stratigraphic regions, i. e. southern one and northern one along the southern Kunlun fault. The northern stratigraphic regions consist of major Qilian and Eastern Kunlun, which included the south slope of Altyn and Caidam basin. There exist widespread Proterozoic and Paleozoic strata, which recorded geological history before late Paleozoic. And the southern one is composed of major Hohxili, Anyemaqen and Tanggula mountain. There are widespread Mesozoic-Cenozoic strata, which recorded geological history since Cenozoic.

The magmatism started from Proterozoic to Cenozoic in Qinghai, the volcanic eruption and magmatic intrusion happened alternatively for many times.

There exist various intrusive rocks in Qinghai, which are major intermediate-acidic rocks. According to distribution characteristics, intrusion epoch, isotopes dating as well as interluding relationship each other, the magmatic activities were divided into six epochs, i. e. Pre-Xingkaian, Caledonian, Variscan, Indosinian, Yanshanian and Himalayan.

The volcanic eruption occurred frequently from Proterozoic to Early-Cenozoic, especially the marine Early-Paleozoic. There were not only marine volcanic eruptions but also subaerial volcanic eruptions from Late Paleozoic to Early Cenozoic (Tertiary) . Then there were all marine eruptions from Tertiary to Early Cretaceous. And there was no volcanic activities after Quaternary. But there are prominent differences from scales, intensities of volcanic activities and volcanic characteristics.

Geotectonic settings

The Divisions of Geotectonic settings played an important role in metallogenic evolutions. Ac-

According to recognition of the evolution of Eastern Tethys, the evolution and orogenesis of Tethys were interpreted from the “two continents” (Laurasia and Gondwana) and “one ocean” (Tethys Ocean) model to “three continents” (Laurasia, Gondwana and Pan-Cathaysian) and “two oceans” (Tethys and Palaeo-Asian oceans) one, the latter is the oceanic-continental transformation model of Tethys multi arcs-basins system, i. e. the multi-island arc orogenesis is model. Based on the theory, analyzing the systematic, hierarchical and spatio-temporal principle of geotectonic division, the Qinghai province can be divided into two tectonic regions and 21 first-order units. The tectonic evolution can be divided into three stages: the Pre-Tethys stage, which appears as the basement and cover strata of microplates were formed; the Tethys evolution stage of multi arcs-basins, and the formation and uplift stage of Qinghai-Tibetan plateau. And the Tethyan evolution can be divided into three stages, i. e. Proto-Tethys evolution stage (Z—S), which appeared as the separation of the Pan-Cathaysian and Laurasia, the formation of Palaeo-Asian ocean, rifting between the Laurasia and Gondwana, the expansion of Palaeo-Tethys; Palaeo-Tethyan evolution stage (D—T₂), which appeared as convergence of Pan-Cathaysian and Laurasia, Palaeo-Tethyan evolution from expansion to compression; Tethys evolution stage (T₃—E₂), which appeared as convergence between the separated blocks (India-Australian plates) from breakup of Pan-Cathaysian and Pan-Cathaysian, and transformation of Tethys plate from oceanic crust to the continental one, and the stage of continent- continent collisional orogenesis.

Ferrous metal deposits

Ferrous metallogenic epochs varied from Proterozoic to Cenozoic, mostly in Mesoproterozoic and early Paleozoic. The sedimentary metamorphic ferrous deposits were formed in the Mesoproterozoic, and marine volcanic ferrous deposits were formed in early Paleozoic. The manganese deposit was formed primarily in Cambrian, late Ordovician and Permian, which were related closely with volcanism. Finally, the chromite deposits were formed in early Paleozoic, which were associated closely with magmatic differentiation.

Nonferrous metal deposits

Nonferrous metallogenic epochs were from early Paleozoic to Cenozoic. Copper deposits were formed mostly in Ordovician and Permian, which were associated with volcanism. Lead-zinc deposits were formed primarily in Ordovician, Carboniferous and Permian, whose genetic types were Sedex and skarn. Cobalt deposits were latest found in Ordovician, Carboniferous and Triassic, which were associated Sedex. Nickel mineralizations were formed in Cambrian, which were associated with magmatic fusion and infiltration metasomatism. Tungsten and Tin deposits came into being in Caledonian and Variscan, whose genetic types of mineralization were associated with contact metasomatism and hydrothermal ones. Mercury and stibium deposits were formed in Triassic and Permian, which belonged to infiltration metasomatism and contact metasomatism.

Noble metal deposits

Noble metal metallogenic epochs varied from late Proterozoic to Mesozoic, especially in late

paleozoic and ordovician. The metallogenesis belonged to Sedex and gold quartz vein. Silver deposits were distributed mostly in late Paleozoic and early Mesozoic, which belonged to associated deposits and related closely to volcanism.

Regional metallogenic laws

The controlling role of dynamic evolution to the formation of deposits

The Pre-Tethys stage, i. e. the formation stage of microplates or continental blocks, in which the pre-Cambrian metamorphic formation was the important ore sources for noble metal metallogenesis in the Qinghai province.

The ore-controlling epoch could be divided into follows according to the affection of Tethys tectonic action from Sinian to Triassic.

1) Sinian-early Cambrian

The Northern Qilian orogenesis was characterized by Huashugou-Liugouxia Fe metallogenic series, which belonged to Sedex type. The Caledonian metallogenic systems in the continental margin were characterized by Taiergou-Xiaoliugou W metallogenic series. And the Caledonian metallogenic systems were related to the “Northern type” tectonic basement, which were characterized by Baiyin-Qingshuigou Cu, Pb, Zn metallogenic series. This metallogenesis belonged to Sedex.

There are different gold mineralizations in the structural alteration belts and structural alteration type of Au, Ag, As, Pb, Sn metallogenic series related to brittle-ductile deformation in the Cambrian and Ordovician volcanic rocks in the northern Qilian orogenic belt.

2) Middle Cambrian-Devonian

In the middle Cambrian, there were many volcanic eruptions in early Paleozoic oceanic basin, rift valley, back-arc basin and inter-sea in the island arc belt. Many VHMS, Sedex type deposits were accompanied these. At the same time, many mafic-ultramafic rocks were intruded and formed many magmatic crystallization type Pt-bearing Cr-Iron deposits.

In Ordovician, there was another strong volcanic eruption, which were formed Ordovician volcanic-sedimentary rocks. They were the important ore-bearing strata in the Qinghai province, which were formed VHMS, Sedex type deposits. In the silent stage of volcanic eruption, there were subvolcanic activity, which formed subvolcanic hydrothermal deposits.

3) Early Devonian-late Triassic

In Bayan Har trench, some turbidite were formed, which were gold-bearing strata. After collision, the gold-bearing fluids migrated and deposited in the inner continental convergent stage.

In the back-arc basin with continental basement in the north extent of three-river region, there were carbonatite Pb-Zn deposits and metal enriched beds of flysch formation. And there existed VMS, Sedex type Cu, Pb-Zn, Ag deposits, and some basalt Cu deposits were formed in the Permian basalt flood due to back-arc expanding.

4) Eocene-Quaternary

The porphyry Cu-Mo metallogenesis happened in the island arc type volcanic-plutonic rocks

belt in Gangdese, which lifted because of northward subduction of India plate following intermediate-acidic volcanic eruption and magmatic intrusion.

The metal metallogenetic models in each important metallogenetic belts

Metallogenetic models in the northern Qilian area: the northern Qilian block began to rift in the end of Neoproterozoic, and extended to form Baiyinchang type Cu, polymetal VHMS deposits in Cambrian. In the middle Cambrian, the rift volcanic rocks were distributed along two sides of regional fault belt, and volcanic magmatic fluid circulated during strong eruption in advantage environment to form different type of VHMS metal deposits.

Metallogenetic models in western Qinling orogenic belt: this area became to rift strongly during affection of Paleo-Tethys. The sediments really developed in the late Paleozoic basin and disseminated gold deposits were formed in Triassic strata, which were affected by intermediate-acidic magmatism; and skarn and magmatic hydrothermal type of nonferrous metal deposits and associated gold deposits in Mesozoic.

Lajishan metallogenetic model: Middle-late Cambrian, mantle plume induced continental rift environment. In the extensional environment, mantle plume or hotspot were upwelled and formed high warm current background corresponding lithosphere thinning. It would induce to form magmatic liquation deposits and Fe-Ni, Fe-P, Cu-Ni, Cu-Polymetal deposits. Since late Paleozoic, structural and magmatic activities made deposits were formed in favorable location and became more enriched.

Metal metallogenetic model in Eastern Kunlun area:

1. Caledonian metallogenesis

In the early Caledonian, the abortive rift was formed in north part of Kunlun area, this metallogenesis made metallogenetic elements enriched firstly. The trench-arc system was formed in the oceanic basalt plateau in south part of Kunlun area. The long-playing and large scale of sedimentary exhalative deposits happened and abundance of Au, Cu, Co became higher to form industrious deposits.

In the late Caledonian, the North Kunlun underwent regional structural deformation, and then deep hydrothermal fluid migrated along the interbedded structural fracture zone to form skarn and enrich Co, Bi, Au etc. metallogenetic elements.

2. Hercynian metallogenetic stage

Late Paleozoic-early Mesozoic, the granitoid magmatic intrusive action and concerned hydrothermal fluid vein type deposits, which were related with oceanic subduction, happened in north, middle and south Kunlun belts during Bayan har ocean plate persisting in subduction.

3. Indosinian metallogenetic stage

The strong crust-mantle interaction happened and induced deep magmatic fluid migrated along the structural weak belt. It uplifted to form a series of hydrothermal types (vein type, skarn type) related with Indosinian intermediate-acidic intrusive rocks.

The Cobalt metallogenetic model was built in Eastern Kunlun Mountain, it underwent the fol-

lowing stages, i. e. the early Caledonian sedimentary exhalative stage that provided the source of Cobalt deposit, the late Caledonian deformation reconstruction stage that formed sedimentary exhalative- deformation reconstruction Cobalt deposit, Hercynian-Yanshanian magmatism stage that provided heat and ore source and formed hydrothermal vein and skarn cobalt deposits.

The metallogenic potential of cobalt was discussed by us. The potential of the dominant cobalt deposit types grade in the following turn, i. e. sedimentary exhalative-deformation reconstruction, sedimentary exhalative-hydrothermal fluid superposed, hydrothermal and skarn cobalt deposit. The major metallogenic stage of cobalt focus on Indosinian and Caledonian, and the major metallogenesis of it concentrate in the North belt and South belt of Eastern Kunlun. The prospecting symbols of cobalt in Eastern Kunlun mountain consist of geotectonic settings, geochemistry, geophysics, sedimentary exhalative rocks, black rock series and iron deposit and so on. It have scientific instructive meanings to instruct the theoretical investigation and the mineral exploration of cobalt deposit in Eastern Kunlun metallogenic belt.

Metallogenic model in the north part of three river region

Late Paleozoic-Mesozoic early multi-island-ocean orogenesis stage: volcanic island arc metallogenesis came into being marine VMS genetic Cu-Pb-Zn-Ag deposits. Then Sedex deposits were formed from volcanism in margin of back-arc basin. And back-arc extension formed VMS Cu deposits in back-arc basin with oceanic basement and carbonatite Pb-Zn deposits in that with continental basement. Back-arc extension induced Permian basaltic flood and late Paleozoic mafic-ultramafic intrusion to form basaltic Cu deposits.

The middle-Late Mesozoic is intracontinental subduction orogenic stage, it caused Yanshanian remelting granites and controlled the distribution of corresponding mineral resources.

The metallogenesis in Cenozoic intracontinental transformed stage were activated along paleo-fault belt to formed different structure and magmatism. They controlled the formation of porphyry Cu-Mo deposits.

Metallogenic model in Elashan: Elashan region was a structural-magmatic belt developed along southwest margin in the Triassic rift-type basin. It underwent extension rift and thrust-slipping orogenesis stage.

The sea water and strata water would be heated by the high-hot anomaly over magmatic source along syngenetic fault or fracture while the Basin rift developed. Then they migrated along the fault to form circulated hot water. In favorite local seafloor valley, they reacted with H₂S and enriched to form deposits; and in disadvantage sedimentary location, the metallogenic substance dispersed in sand-mud sediments to form metallogenic-substance-bearing sludge or colloid sedimentation, which were covered by volcanic rock and formed source bed of deposits.

After middle-late Triassic, the low-grade regional metamorphism happened in intracontinental subduction-slipping orogenesis. Sedex deposits underwent metamorphism and metamorphic drenched ore bed form ore bearing fluid. The metasomatism-infilling metallogenesis happened in the middle-late of orogenesis, which were formed by magmatic fluid metasomatism, superposed

metasomatism, or metasomatism-infilling.

Now, geoscience develops to systematic, informational and global direction. Prospecting information came into a stage of metallogenic and synthetic prospecting. Using scientific methods to study metallogenic laws and prospecting become a trend of geoscience. Based on reviews about genetic processes of mineral deposits, the metallogenic series was introduced by us.

Metallogenic system, often within a certain geological time-space realm, is a natural system with ore forming function. It includes geological factors controlling ore formation and preservation, ore forming processes and its products-ore deposit series and anomaly series. Based on the study of the genes of ore deposits, metallogenic system discusses regional metallogeny in a macroscopic way by combining metallogeny with time, space, substance and movement. Its meaning can help to know metallogenic dynamic genesis and to instruct ore prospecting. It is propitious to apply metallogenic information into other geoscience.

It was suggested to classify the principal types of metallogenic systems with different tectono-dynamic framework and to classify the secondary types with ore forming mechanism.

This is helpful to renew the traditional research of thoughts, to understand deeply metallogenic laws, and to raise the precision of metallogenic prognosis.

The Regional Metallogenesis is a complex branch of geosciences, which deals with the research of regional tectonic settings, metallogenic system and evolution. It can reveal the spatio-temporal laws of deposits and instruct ore prospecting.

The metallogenic system could be divided into the following classification according to the metallogenesis of metal mineral and dynamic setting of Qinghai province.

Extensional tectonic metallogenic system——North Qilian late Proterozoic-early Paleozoic oceanic sedimentary metallogenic system, south Kunlun late Proterozoic-early paleozoic oceanic sedimentary metallogenic system, north margin of Caidam rift metallogenic system, Lajishan late proterozoic-early Paleozoic rift metallogenic system, Zongwulongshan late Paleozoic rift metallogenic system, Buqingshan-Anyemaqen late Paleozoic metallogenic system, Xijinwulanhu-Yushu late Paleozoic-early Mesozoic rift metallogenic system.

Compressional tectonic metallogenic system——Middle Qilian early Paleozoic island arc metallogenic system, North Kunlun early Paleozoic-early Mesozoic magmatic island arc metallogenic system, Tanggula-Zaduo early Mesozoic island arc metallogenic system. The metallogenic systems which metallogenic materials came from inner crust, including mantle-derived mafic-ultramafic metallogenic system, mantle-crust-derived or crust-derived intermediate-acidic metallogenic system, mantle-crust-derived or crust-derived volcanic, subvolcanic metallogenic system. The metallogenic systems which metallogenic materials came from surface of the crust, including weathering eluvial metallogenic system, clastic sedimentary metallogenic system, chemical sedimentary metallogenic system, chemical sedimentary metallogenic system, evaporates metallogenic system. The mixed metallogenic systems which metallogenic materials came from inner and surface of the crust, including VMS, Sedex metallogenic system. The superposed reconstructed metallogenic systems consist of regional metamorphic metallogenic system, dynamic metamorphic metallogenic

system and structural magmatic (hydrothermal fluid) complicated reconstructed metallogenic system.

Basis on characteristics of every metallogenic series and metallogenic materials source. The prospecting direction were discussed as follows:

Whereas mantle materials are abundant and belong to important ore source, which often were superposed and reconstructed after diagenesis. We do the metallogenic prognosis about mafic and ultramafic rocks. There were intermediate-acidic metallogenic prognosis about multicircular intermediate-acidic intrusive activities in every complex orogenic belt. And in every metallogenic belt, the volcanic eruptions were frequent and strong and formed several volcanic belts. The metallogenic prognoses was volcanic and subvolcanic metallogenic system. And it had same source and same epoch volcanic and magmatic rocks with it.

In the geologic history of Qinghai province, there were sedimentary rocks, sedimentary metallogenic system and sedimentary metallogenic prognosis distributed in each epoch of strata since middle and Neoproterozoic. There oceanic basin, rift, back-arc basin and interisland sea among island arcs and VHMS metallogenic prognosis in Paleozoic VHMS sedimentary geologic metallogenic environment. There were metamorphic reconstructed metallogenic prognosis, metallogenic geological conditions of metamorphic reconstructed metallogenic system and Paleozoic metamorphic rocks in the Qinghai province. The structural altered belts developed in each metallogenic belt, where dynamic reconstructed metallogenesis were strong. There were dynamic reconstructed metallogenic system and prognosis.

参考文献

- 毕思文, 何国琦等. 1997. 地球系统科学与可持续发展 (0) 统一构造理论中的青藏高原大地构造特征与地质过程 [J]. 系统工程理论与实践, 9: 83 ~93
- 曹文虎等. 2004. 青海省矿产资源与产业发展战略研究 [M]. 北京: 地质出版社, 1 ~231
- 曹永清, 邓晋福. 2000. 东昆仑—柴达木盆地北缘岩浆活动、构造演化、深部过程与成矿 [J]. 现代地质—中国地质大学研究生院学报, 8
- 常承法, 郑锡澜等. 1982. 青藏高原地质构造 [M]. 北京: 科学出版社, 1 ~48
- 陈亮等. 2003. 古特提斯蛇绿岩的综合对比几起动力学意义——以德尔尼蛇绿岩为例 [D]. 中国科学, 33 (12): 1136 ~1143
- 程裕淇, 陈敏川, 赵一鸣等. 1979. 初论矿床的成矿系列问题 [J]. 中国地质科学院院报, 1 (1): 33 ~58
- 程裕淇, 陈敏川. 1983. 再论矿床的成矿系列问题 [J]. 地质评论, 29 (2): 127 ~139
- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 1979. 初论矿床的成矿系列问题 [J]. 中国地质科学院院报, 1 (1): 32 ~57
- 程裕淇主编. 1994. 中国区域地质概论 [M]. 北京: 地质出版社, 1 ~517
- 崔艳合, 张德全, 李大新等. 2000. 青海滩间山金矿床地质地球化学及成因机制 [J]. 矿床地质. Vol. 19, No. 3: 211 ~220
- 邓晋福, 莫宣学, 罗照华等. 1999. 火成岩构造组合与壳幔成矿系统 [J]. 地学前缘, 6 (2): 259 ~270
- 邓晋福, 莫宣学, 赵海玲等. 1999. 中国东部燕山期岩石圈—软流圈系统大灾变与成矿环境 [J]. 矿床地质, 18 (4): 209 ~315
- 邓军, 翟裕生, 杨立强等. 1998. 论剪切带构造成矿系统 [J]. 现代地质, Vol. 12, No. 4: 493 ~500
- 杜子图, 吴淦国, 吕古贤等. 1998. 西秦岭及周边地区构造体系划分与构造演化 [J]. 地质力学学报. 4 (3): 41 ~47
- 段国莲. 1998. 论德尔尼黄铁矿型铜 钴矿床的地质特征及其与塞浦路斯铜矿的区别 [J]. 化工矿产地质, Vol. 20, No. 4: 288 ~294
- 耿文辉等. 2004. 中国东部次火山岩型铜银多金属矿床找矿评价标志 [J]. 地质与勘探, No. 3
- 苟国朝, 田培昭, 周会武等. 1993. 祁连山蛇绿岩型超镁铁岩铬铁矿床成矿的主要特征. 甘肃地质学报. (1): 35 ~45
- 国家辉. 1998. 滩间山金矿田成矿作用演化及成因类型 [J]. 青海地质. Vol, No. 37 ~42
- 韩发, 孙海田. 1999. SEDEX 型矿床成矿系统 [J]. 地学前缘, 66 (1): 139 ~162
- 郝国杰等. 2004. 柴达木盆地北缘前泥盆纪构造格架及欧龙布鲁克古陆块地质演化 [J]. 地学前缘. Vol. 11, No. 3: 115 ~122
- 侯增谦, 侯立玮, 叶庆同等. 1995. 三江地区义敦岛弧构造—岩浆演化与火山成因块状硫化物矿床 [M]. 北京: 地震出版社
- 侯增谦, 李红阳. 1998. 试论幔柱构造与成矿系统 [J]. 矿床地质, 17 (2): 97 ~113
- 胡云中, 侯增谦. 1998. 当代主要金属矿产资源勘查与研究的发展态势 (上) [J]. 地质科技管理, (1): 1 ~7
- 贾跃明. 1996. 流体成矿系统与成矿作用研究 [J]. 地学前缘, 3 (4): 253 ~258
- 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵等. 1992. 昆仑开合构造 [M]. 北京: 地质出版社, 59 ~78
- 金性春, 严则. 1998. 板块构造理论与中国主要大地构造学派 [J]. 地质论评, 34 (1): 71 ~79
- 赖绍聪等. 1994. 青藏高原北缘火山作用与构造演化 [J]. 现代地质, No. 3: 323 ~324
- 李春昱. 1980. 板块构造是当今世界上最盛行的大地构造说 [A]. 中国地质学会构造地质专业委员会. 构造地质学进展 [C]. 北京: 科学出版社. 34 ~41.
- 李福东等. 1993. 鄂拉山地区热水成矿模式 [M]. 北京: 地质出版社. 165 ~170

- 李厚民, 沈远超, 胡正国等. 2001. 青海东昆仑驼路沟钴(金)矿床地质特征及成因探讨 [J]. 地质与勘探, 27 (1): 65 ~69
- 李厚民, 沈远超等. 2001. 青海东昆仑五龙沟金矿床成矿条件及成矿机理 [J]. 地质与勘探. Vol. 37, No. 1: 65 ~69
- 李人澍. 1996. 成矿系统分析的理论与实践 [M]. 北京: 地质出版社, 1 ~240
- 李如满, 汪树栋. 2003. 锡铁山铅锌矿地质特征、矿床成因及找矿标志 [J]. 矿产与地质. Vol. 17, No. 3: 218 ~221
- 李文渊, 夏林圻, 夏祖春等. 1999. 北祁连山早古生代弧后盆地火山作用与成矿——以石居里沟富铜矿床为例 [J]. 地质论评, 45 (增刊): 1047 ~1053
- 李文渊. 2004. 祁连山主要矿床组合及其成矿动力学分析 [J]. 地球学报. 25 (3): 313 ~320
- 李晓波. 1995. 大陆动力学——走向二十一世纪的中国地球科学 [M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 108 ~115
- 刘建明, 叶杰, 徐九华, 姜能, 应汉龙. 2001. 初论华北东部中生代金成矿的地球动力学背景——以胶东金矿为例. 地球物理学进展. Vol. 16, No. 1, 39
- 刘增乾, 徐宪, 潘桂棠等. 1990. 青藏高原大地构造与形成演化 [M]. 地质专报, 第 10 号. 北京: 地质出版社, 7 ~50
- 陆松年, 于海峰, 金巍等. 2002. 塔里木古大陆东缘的微大陆块体群 [J]. 岩石矿物学杂志, 21 (4): 317 ~326
- 罗才让. 1996. 陕西煎茶岭蚀变超基性岩的铁镍金改造—再造矿床成矿系列. 第三十届国际地质大会论文集. 北京: 地质出版社
- 罗建宁, 王小龙, 李永铁等. 2002. 青藏特提斯沉积地质演化 [J]. 沉积与特提斯. 22: (1), 7 ~15
- 罗建宁, 张正贵, 陈明等. 1992. 三江特提斯沉积地质与成矿 [M]. 北京: 地质出版社
- 骆耀南, 愈如龙. 2001. 西南三江地区造山演化过程及成矿时空分布 [J]. 矿物岩石, 21 (3): 153 ~159
- 马宗晋, 张家声, 汪一鹏. 1998. 青藏高原三维变形运动学的时段划分和新构造划分 [J]. 地质学报, 72 (3): 211 ~227
- 潘桂棠, 李兴振, 王立全, 丁俊, 陈智梁. 2002. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分. 地质通信 [J]. 21 (11): 701 ~707
- 潘桂棠, 王立全, 李兴振等. 2001. 青藏高原区域构造格局及其多岛弧盆系的空间配置 [J]. 沉积与特提斯地质, Vol. 21: 1
- 潘桂棠等. 1997. 东特提斯地质构造形成演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1 ~185
- 潘彤, 马梅生等. 1999. 门源县松树南沟金矿地质特征及成矿初探. 青海地质. Vol. 8, No. 2
- 潘彤. 2005. 东昆仑成矿带钴矿成矿系列研究 [M]. 北京: 地质出版社, 53 ~67
- 潘彤等. 2004. 美国卡林型金矿与我国西部卡林型金矿的异同 [J]. 地质与资源. 12 (4): 248 ~252
- 潘裕生, 孔祥儒. 1998. 青藏高原岩石圈结构、演化和动力学 [M]. 广州: 广东科技出版社, 3 ~71
- 裴荣富. 1995. 中国矿床模式 [M]. 北京: 地质出版社. 6 ~7
- 彭勇民, 潘桂棠, 罗建宁. 2000. 三江中北段弧—盆格架与地质构造演化 [J]. 四川地质学报. 20 (3): 176 ~182
- 钱壮志等. 1999. 东昆仑中带闪长玢岩脉与金矿成矿关系 [J]. 西安工程学院学报, (1): 1 ~4
- 邱家骧, 曾广策等. 1996. 拉脊山早古生代火山岩与成矿 [M]. 北京: 中国地质大学出版社, 96 ~102
- 任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚等. 1999. 从全球看中国大地构造—中国及邻区大地构造图及简要说明 [M]. 北京: 地质出版社, 1 ~50
- 宋治杰, 张汉文等. 1995. 青海鄂拉山地区铜多金属矿床的成矿条件及成矿模式 [J]. 西北地质科学. 16 (1): 134 ~144
- 宋志高. 1982. 白银厂块状硫化物矿床形成环境及其成因意义. 地质论评, 28 (4): 335 ~342
- 汤中立, 白云来. 2001. 北祁连造山带两种构造基底岩块及成矿系统 [J]. 甘肃地质学报, Vol. 0, No. 2: 1 ~12
- 王鸿祯. 1995. 全球构造研究的简要回顾 [J]. 地学前缘, 2 (1): 37 ~42
- 王集磊. 1983. 秦祁褶皱带的火山活动、火山岩产出构造环境及火山成矿作用中的几个问题. 西北冶金地质, (1): 32 ~44

- 王靖华, 张复新, 于在平等. 2002. 秦岭金属矿床成矿系列与大陆造山带构造动力学背景 [J]. 中质, 29 (2): 192 ~196
- 王渭清等. 2005. 青海省曲麻莱大厂金矿控矿因素分析及区域找矿意义 [J]. 青海国土经略, (3): 32 ~36
- 王玉柱, 秦克章. 1997. VAMSD 矿床系列最基性端员青海省德尔尼大型 Cu、Co 矿床的地质特征及成因类型. 矿床地质, (1)
- 夏林圻, 夏祖春, 任有祥等. 2001. 北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学 [M]. 北京: 中国大地出版社, 1 ~33
- 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 1996. 北祁连山海相火山岩岩石学成因 [M]. 北京: 地质出版社, 7 ~11
- 夏林圻, 夏祖春等. 1999. 北祁连山古海底火山作用与成矿 [J]. 地球学报, Vol. 20, No. 31: 259 ~264
- 肖荣阁, 龚羽飞, 翟裕生. 1999. 变质岩区金矿成矿系统 [J]. 地学前缘, 6 (2): 243 ~250
- 肖序常, 李廷栋等. 2000. 青藏高原构造演化与隆升机制 [M]. 广州: 广东出版社, 83 ~121
- 许靖华, 孙枢等. 1998. 1:4000000 中国大地构造相图 [S]. 北京: 科学出版社
- 许志琴, 卢一伦等. 1988. 东秦岭复合山链的形成 [M]. 北京: 中国环境科学出版社
- 杨森楠, 杨巍然等. 1985. 中国区域大地构造学 [M]. 北京: 地质出版社, 14 ~29
- 杨巍然, 邓清禄, 吴秀玲. 2000. 拉脊山造山带断裂作用特征与火山岩、蛇绿岩套的关系 [J]. 地质科技情报, 19 (2): 5 ~11
- 杨星, 李行等. 1993. 中国含铂基性超基性岩体与铂 (族) 矿床 [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 150 ~168
- 叶和飞, 罗建宁等. 2000. 特提斯构造域与油气勘探 [J]. 沉积与特提斯地质, 20 (1): 1 ~27
- 殷鸿福. 1999. 生物成矿系统论 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社
- 尹安. 2001. 喜马拉雅青藏高原造山带地质演化—显生宙亚洲大陆生长. 地质学报, 22 (3): 193 ~230
- 于浦生, 郭介人等. 2000. 北祁连山火山岩带金矿 [M]. 北京: 地质出版社, 1 ~86
- 於崇文, 岑况, 鲍征宇等. 1998. 成矿作用动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 1 ~23
- 於崇文. 1997. 成矿作用动力学—理论体系和方法 [J]. 地学前缘, 1 (3): 54 ~82
- 於崇文. 1999. 成矿系统自组织—新金属成矿论 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社
- 袁万明, 王世成, 王兰芬. 2000. 东昆仑五龙沟金矿床成矿热历史的裂变径迹热年代学证据 [J]. 地球学报, Vol. 21, No. 4: 389 ~395
- 翟裕生, 孔祥儒. 1998. 青藏高原岩石圈结构、演化和动力学 [M]. 广州: 广东科技出版社, 3 ~7
- 翟裕生. 1997. 大型构造与超大型矿床 [J]. 矿床地质, sup: 115 ~117
- 翟裕生. 1998. 古大陆边缘构造演化和成矿系统 [A]. 北京大学地质学系. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集 [C]. 北京: 地震出版社, 769 ~778
- 翟裕生. 1999b. 关于矿床学研究前景的探讨 [J]. 矿床地质, 18 (2): 146 ~152
- 翟裕生. 1999c. 论成矿系统 [J]. 地学前缘, 6 (1): 13 ~26
- 翟裕生. 1999d. 论成矿系统 [J]. 地学前缘, 6 (1): 13 ~26
- 翟裕生. 2001. 走向 21 世纪的矿床学 [J]. 矿床地质, 20 (1): 11
- 翟裕生等. 1999a. 区域成矿学 [M]. 北京: 地质出版社, 1 ~260
- 张复新. 1997. 南秦岭沉积岩型金矿成矿潜力与找矿前景分析 [J]. 西北地质, 18 (3): 64 ~69
- 张克信等. 1999. 东昆仑阿尼玛卿混杂岩带沉积地球化学特征 [J]. 地球科学—中国地质大学学报, 24 (2): 111 ~115
- 张旺定, 龙晓平, 张复新. 2000. 南秦岭地块构造背景与金矿类型 [J]. 西北地质科学, 21 (2): 28 ~36
- 张新虎, 苟国朝, 展积宝. 1997. 祁连地区主要金属矿床成矿系列及区域成矿作用 [M]. Vol. 12, No. 4: 331 ~339
- 章午生, 陈杰. 1996. 超基性岩中含铜钴块状硫化物矿床德尔尼铜矿成因新认识 [J]. 青海地质, (1): 37 ~52
- 郑明华等. 1993. 矿床学地质原理 [M]. 成都: 成都科技大学出版社
- 周会武. 1995. 玉石沟铬铁矿床的成因 [J]. 甘肃地质学报, Vol. 4, No. 1: 44 ~53
- 周维君. 1990. 秦祁昆褶皱带海底喷气块状硫化物矿床. 西北金属矿产地质, (1): 16 ~23
- 周显强等. 1996. 青海都兰地区矿田构造与控矿特征 [M]. 北京: 地质出版社, 124 ~139
- 朱创业. 2000. 成矿系统研究现状及发展趋势 [J]. 成都理工学院学报, Vol. 27, No. 1: 50 ~53

- 左国朝, 李志林. 2001. 拉脊山裂谷带特征及演化 [J]. 甘肃地质学报. 10 (1): 26 ~31
- 左国朝, 刘寄陈. 1987. 北祁连早古生代大地构造演化 [J]. 地质科学. (1): 14 ~24
- 左国朝, 吴茂炳, 毛景文, 张招崇. 1999. 北祁连西段早古生代构造演化史 [J]. 甘肃地质学报, Vol 8, No. 1: 6 ~12
- Bischoff J, Roserbauser R J. 1989. Salinity variations in submarine hydrothermal system by layered double-diffusive convection. Jour Geol., 97: 613 ~623
- Condie K C. 2001. Mantle Plumes and Their Record in Earth History [M]. Cambridge University Press, Oxford, UK, 1 ~306
- Double-diffusive convection. Jour Geol., 1989. 97: 613 ~623
- Hou Z, Mo X. 1996. Two stratigraphic alterations and double-diffusive convection system under the Kuroko-type massive sulfide deposits is the Gacun, S W China. Jour of Earth Science
- Hsu K J, Pan G T, Seng A M C. 1995. Tectonic evolution of the Tibetan Plateau: A working hypothesis based on the archipelago model of orogenesis [J]. International Geology Review, 37: 473 ~508
- Jasques A L. 1994. TheroleofGIS, empirical modeling and expertsy steminme tallogenicr research [J]. GSAAbstract. (3): 196 ~197
- Leeder M R 等. 1988. 拉萨至格尔木的沉积学、古生态学和古环境演化 [M]. 北京: 科学出版社
- Meylan M A. Glasby G P. 1986. 含金属深海沉积物 [A]. Wolf K H. 层控矿床和层状矿床 [M]. 北京: 地质出版社, (9): 207 ~279
- Nelson. K. D. 1992. Are crustal thickness variations in old mountain belt slike the Appal achiansa consequences of lithospherc delamination [J]. Geology, 20 (5): 498 ~502
- Rona P A. 1988. Hydrothermal mineralization at oceanic ridges. Journal of the miner alogical association of Canada. 26 (3): 431 ~465
- Rona P A. 1983. Hydrothermal Procermal at seafloor spreading centers [M]. N. Y.: Pleunm Press, 473 ~489
- Rona P A, Scott S D. 1993. A special issue of seafoor hydrothermal mine coralization: new perspectivie [J]. Economic Geology, 88 (8): 195 ~207
- Songer A. M C. Yilma. Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysic. 75: 181 ~241
- Yung J. Robinson P T. Jiang C. 1996. Ophiolites of Kunlun Mountains. China and their tectonic implications. Tectonophysic. 258: 215 ~231