国家科技攻关 305项目

国家三〇五项目系列丛书

总主编：涂光炽 孙 枢 肖序常 陈毓川 何国琦

中国新疆铅锌矿床

李博泉 王京彬 著



地质出版社

LEAD-ZINC DEPOSITS IN XINJIANG, CHINA

Li Boquan Wang Jingbin

Geological Publishing House

ISBN 7-116-04837-5

9 787116 048379 >

ISBN 7-116-04837-5

P·2679 定价：40.00 元

国家三〇五项目系列丛书

矿产系列　主　编：涂光炽　**副主编**：陈毓川　张良臣

中国新疆铅锌矿床

李博泉　王京彬　著

地质出版社

·北　京·

内 容 提 要

本书是近年来对中国新疆铅锌矿床类型、成矿规律和成矿预测方面较全面、系统的研究总结。书中简述了新疆铅锌矿勘查研究和开发历史和现状、铅锌资源现状和特点，全面论述了新疆铅锌矿床主要类型和重点成矿区带的特征，重点研究了与海相火山作用有关的可可塔勒铅锌矿床、阿巴宫铅锌-铁矿床、阿克哈什铅(锌)矿床和沉积岩容矿的霍什布拉克铅锌矿床、卡兰古铅锌矿床、乌拉根铅锌矿床6个层控典型矿床的成矿条件、成矿特征及成矿模式，分析了矿床时空分布规律，开展了成矿预测，提出了大型-超大型铅锌矿找矿方向，为新疆的科研、勘查工作部署提供了科学依据。

本书可供地质勘查、科研和教学人员参考。

国家三〇五项目系列丛书矿产专著：

《中国新疆优势金属矿产成矿规律》　《中国新疆金矿床》
《中国新疆铜矿床和镍矿床》　《中国新疆铅锌矿床》
《中国新疆稀有及稀土金属矿床》　《中国新疆非金属矿床》

图书在版编目(CIP)数据

中国新疆铅锌矿床/李博泉等著. —北京：地质出版社，2006.5
ISBN 7-116-04837-5

Ⅰ.中… Ⅱ.李… Ⅲ.铅锌矿床—矿床成因论—新疆
Ⅳ.P618.430.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第041172号

ZHONGGUO XINJIANG QIANXIN KUANGCHUANG

组稿编辑：王大军　白　铁
责任编辑：邢瑞玲　白　铁
责任校对：黄苏晖
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)82324579(编辑部)
网　　址：http://www.gph.com.cn
电子邮箱：zbs@gph.com.cn
传　　真：(010)82310759
印　　刷：北京京科印刷有限公司
开　　本：787mm×1092mm 1/16
印　　张：12　彩页：1页
字　　数：290千字
印　　数：1—1000册
版　　次：2006年5月北京第一版·第一次印刷
审 图 号：GS(2006)642号
定　　价：40.00元
ISBN 7-116-04837-5/P·2679

(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)

国家三〇五项目系列丛书是
全体科技人员辛勤劳动的结晶！

国家三〇五项目：

"七五"国家科技攻关 75－56 项目"加速查明新疆矿产资源的地质、地球物理、地球化学综合研究"

"八五"国家科技攻关 85－902 项目"加速查明新疆黄金、有色金属大型矿产资源基地的综合研究"

"九五"国家科技攻关 96－915 项目"加速查明新疆优势金属矿产资源及大型矿床的综合研究"

主 持 部 门：

新疆维吾尔自治区人民政府

联合实施部门：

国土资源部(原地质矿产部)
中国科学院
中国有色金属工业总公司
国家教育委员会(教育部)
原冶金工业部
国家自然科学基金委员会

国家三〇五项目系列丛书得到：

新疆维吾尔自治区人民政府
中 国 科 学 院 特别资助
国家自然科学基金委员会

国家三〇五项目系列丛书

总 主 编：涂光炽　孙　枢　肖序常　陈毓川　何国琦

国家三〇五项目系列丛书编辑委员会

主　　任：涂光炽　孙　枢

副 主 任：肖序常　陈毓川　何国琦

委　　员：（按姓氏笔划）

马映军　马福臣　王宝林　王京彬　王金良

刘益康　孙　枢　孙肇钧　肖序常　李庆昌

吴乃元　何国琦　陈毓川　张良臣　张洪涛

涂光炽　徐　新　范蔚茗

执行委员：徐　新　郝　杰

丛书编辑组：白　铁　王大军　邢瑞玲　李凯明

沈　镭　郝梓国　佘宏全　朱明玉

王江海　刘建三

总　序

在20世纪80年代初期，为贯彻党中央提出的国家经济建设重点逐步西移的战略构想，提前为西部大开发作好矿产资源准备，国家专门在新疆设立了国家级地学科技攻关项目。国家计委、国家科委以计科(1985)305号文批复将新疆地质矿产综合研究列为“七五”国家科技攻关项目，从此“国家三〇五项目”就成为一个约定俗成而被正式使用至今的名称。

国家三〇五项目包括从1986年开始实施的一系列国家科技攻关项目，即75－56“加速查明新疆矿产资源的地质、地球物理、地球化学综合研究”、85－902“加速查明新疆黄金、有色金属大型矿产资源基地的综合研究”、96－915“加速查明新疆优势金属矿产资源及大型矿床的综合研究”和2001BA609A07“新疆优势矿产资源勘查评价研究”。

在国家科委(科技部)领导下，国家三〇五项目由新疆维吾尔自治区人民政府与国土资源部(原地质矿产部)、中国科学院、中国有色金属工业总公司、国家教育委员会(教育部)、原冶金工业部、国家自然科学基金委员会等部门联合实施并提供资金支持，在项目总体设计、攻关队伍的组织、目标管理与过程管理、研究网络的构建和科技经济一体化运行等方面进行了不断的探索和实践。全国21个省市、103个单位、1500余名科技人员先后参加了科技攻关。至2000年，共开展了24个课题、262个专题的研究工作，提交400多份研究报告，发表论文516篇(国内核心期刊210篇、国外刊物69篇)，出版地质矿产专著22部(未含此次出版的系列专著)；先后有40余项成果获得省(区)部级科学技术进步奖。

国家三〇五项目在一个地质研究和矿产勘查程度很低的大区域启动，为查明大型矿床成矿的地质背景，在现代大陆地质与成矿学理论指导下，进行了大量的野外调查和室内测试分析，结合运用高精度的地球化学、地球物理、航天航空遥感、计算机数据模拟等现代技术，把新疆地质矿产研究提高到新的水平。15年地学科技攻关取得的丰硕成果，可以概括为以下几个方面。

在新疆地壳结构与地质演化方面，研究了多期次蛇绿岩、基性－超基性杂岩、高压变质岩、不同类型花岗岩、海相与陆相火山岩、广泛发育的富碱岩带和多处深源岩石包体，揭示了新疆古生代洋陆格局变迁和地壳增生过程，提出了陆间洋盆、多块体聚合、显生宙地壳增生、后造山伸展、陆内造山和盆山耦合的“中亚型造山带”演化框架，碰撞后地壳垂向增生在中亚岩石圈演化过程中具有重要意义。多条贯通全区的地球物理综合剖面，初步显示出造山带与盆地的岩石圈、软流圈的结构特征与耦合关系。十多年地学科技攻关表明，新疆及中亚地质构造具有显著的区域特色，其古生代洋陆格局、造山带演化与陆壳增生机制比环太平洋、喜马拉雅-阿尔卑斯等世界级造山带更为复杂多样。

在中亚造山带成矿作用方面，初步完成了新疆主要地质和成矿事件年表，揭示中新元古代、早古生代和晚古生代有多次重要成矿期，特别是提出了石炭纪末至二叠纪初存在着大规

模的成矿事件。与环太平洋带及特提斯带以中—新生代为主要成矿期不同，中亚造山带以晚古生代为主要成矿时期。大型－超大型矿床多期多阶段富集特征明显，基底的成矿预富集作用对大型－超大型矿床的形成具有重要意义，块体边缘与缝合带是成矿元素大规模聚集的有利场所，古陆壳多次裂解时期和挤压构造的伸展部位有利于大规模成矿物质的聚集。特色矿床类型主要与陆壳裂解伸展作用有关，如基性－超基性铜镍硫化物矿床、海相火山岩有关的块状硫化物矿床、陆相火山岩浅成低温热液金矿床、与含炭碎屑岩有关的穆龙套型金矿床和与富碱岩系有关的稀有(金)矿床等。中亚造山带成矿类型丰富，成矿机制多样，成矿过程复杂，不能被其他造山带成矿模型所涵盖。由此，提出“中亚成矿域”的概念，初步揭示了中亚成矿域的全球构造背景和成矿作用特点，为大陆成矿理论创新提供了条件。

对加速查明新疆矿产资源做出了开拓性的贡献。先后发现和圈定了41条重要矿带、200余处找矿靶区和50多处评价基地，特别是阿尔泰南缘金多金属矿带、吐拉苏金矿带、天格尔金矿带、察汗萨拉锑银矿带、康古尔塔格金矿带等成矿带的发现更具有开拓性意义。提交科研预测储量(333～334资源量)：金895吨、铜镍698万吨、铅锌1080万吨、钾盐2.5亿吨。地球化学研究圈出地球化学单元素异常36947个、综合异常2423个，在快速查证中发现数百处可供地勘部门开展工作的普查基地。

与地勘部门合作推进科技成果转化，形成可供开发的大型矿产地10余处，有力地推动了新疆矿业经济的发展，并为矿产普查开辟了广阔前景。在阿尔泰南缘和东天山－伊犁地区，一系列重要矿产地先后发现和陆续开发，包括多拉那萨依、赛都、萨尔布拉克、萨尔阔布、阔尔真阔腊、康古尔塔格、马头滩、马庄山、望峰、萨口达拉、阿希、伊尔曼得、京西、恰布坎卓它等大中型金矿，喀拉通克、阿舍勒、科克塔勒、黄山、喇嘛苏、土屋等大型有色金属矿床，初步形成两条黄金－有色金属产业带。罗布泊超大型钾盐矿床的发现，是我国继察尔汗钾盐矿之后钾盐勘查的最重要的进展，首选开发的罗北矿区，KCl资源量在2.5亿吨以上，资源保证程度高，卤水可采性好，可生产高质量的硫酸钾，将成为我国的大型钾盐开发基地。

国家三〇五项目为适应成矿靶区筛选与评价的需要，先后引进和开发了38种矿产勘查新方法、新技术，与常规的技术方法相结合，形成了项目研究方法组合模式和快速评价新技术系列，在“区域选带、带中选段、段中求矿”的连续跟踪、高效勘查中发挥了重要作用。此外，在金属矿采矿选冶技术工艺开发方面有应用实绩，如高纯金属锂试制成功，技术工艺达到世界先进水平；非金属矿产(膨润土、蛭石、高岭土、沸石、地开石等)应用研究和深加工工艺技术开发取得系列成果。

国家三〇五项目野外工作地区，在新疆的三大山系和戈壁荒漠，环境艰险，有些地方被称之为“生命禁区”。攻关队伍履险如夷，有不少可歌可泣的事迹。在艰苦卓绝的奋斗拼搏中，老一辈地质学家亲自担纲、言传身教，一批青年地质科研人员成长为学术带头人和技术骨干，形成了一支大陆地质科学与中亚成矿域研究的跨世纪人才梯队。根据对62个专题的调查，在读的研究人员210人，培养出硕士87人、博士56人、博士后10人；晋升技术职称的359人，晋升教授、研究员和教授级高级工程师的98人，晋升副教授、副研究员及高级工程师的151人，晋升讲师、助理研究员和工程师的110人。据此推算，总计培养博士、硕士和晋升高级技术职称者应在千人以上。

从当今我国西部大开发战略的实施，回顾国家三〇五项目的科技攻关，人们不能不敬佩我国地质界巨子和国家科技计划决策者的远见卓识。国家三〇五项目的持续实施，在165

万平方公里的广袤国土上成长起一项先导性科技工程，对加速新疆矿产资源勘查、引导矿产资源合理开发产生了重大作用，对促进我国矿产资源接续基地建设、维护我国资源安全将有深远影响。人们不会忘记那些为国家三〇五项目实施做出过杰出贡献的发起者、组织者和领导者，国家三〇五项目的成功实施会给他们带来由衷的喜悦和欣慰。对曾经为国家三〇五项目呕心沥血的先逝者，我们愿以这套系列专著作为对他们的纪念。

即将付梓的系列专著，是国家三〇五项目1986～2000年研究工作的结晶，是千余名地质科学工作者近20年辛勤劳动和共同奋斗的结果。在编辑委员会领导下，系列专著的撰写者和编审者付出了巨大的辛劳，积锲而不舍之功，完成著作16部、论文集3本、图件及说明书3册。其书目如下：《中国新疆地壳结构与地质演化》、《中国新疆优势金属矿产成矿规律》、《中国新疆金矿床》、《中国新疆铜矿床和镍矿床》、《中国新疆铅锌矿床》、《中国新疆稀有及稀土金属矿床》、《中国新疆非金属矿床》、《中国新疆花岗岩》、《中国新疆地壳演化主要地质事件年代学和地球化学》、《中国新疆北部富碱火成岩及其成矿作用》、《中国新疆阿尔泰成矿带矿床地质、成矿规律与技术经济评价》、《中国新疆阿尔泰晚古生代火山作用及成矿》、《中国新疆地质概要》、《中国新疆区域成矿作用年代学》、《中国新疆南部(青藏高原北缘)盆山构造及其演化》、《中国新疆阿尔泰-准噶尔-天山地学断面综合探测与研究》、《中国新疆阿尔泰山地质与矿产论文集》、《中国新疆天山地质与矿产论文集》、《中国新疆昆仑-阿尔金地质与矿产论文集》、《中国新疆及邻区大地构造图》及说明书、《中国新疆天山-塔里木-昆仑山地学断面》及说明书、《中国新疆阿尔泰-准噶尔-天山地学断面》及说明书。

系列专著的出版，得力于国家科技部、新疆维吾尔自治区人民政府、中国科学院、国土资源部、国家自然科学基金委员会等部门的鼎力支持，也得到有关方面专家、学者的热诚关怀。在此，一并表示衷心的感谢。

国家三〇五项目系列丛书编辑委员会

2003年3月20日

前　言

中国新疆铅锌矿床主要集中在阿尔泰山南缘和塔里木盆地西缘两个带上。前者为与泥盆纪海相火山作用有关的层控铅锌矿床，后者主要为泥盆纪-石炭纪沉积岩容矿的层控铅锌矿床。这两个巨型铅锌成矿带，均拥有一批中型—特大型或中型—大型矿床和一大批小型矿床、矿点及铅锌综合异常，显示了新疆铅锌巨大的找矿前景。

新疆位于中亚腹地，兼有造山带和克拉通的地质成矿环境和条件，铅锌矿产资源丰富，成矿很有特色。由于新疆铅锌矿床主要地处中亚成矿域，有着区别于世界其他巨型成矿域的重要成矿特征，极具科学研究价值。因此，对新疆铅锌矿床的研究，不但对指导地勘工作有着重要的现实意义，而且对丰富和发展矿床学理论有重要的科学意义。

本书是在“新疆铅锌矿成矿规律与成矿预测”（编号 96-915-07-02-04）科研子题研究成果的基础上编写而成的。该子题是“九五”国家科技攻关项目“新疆优势金属矿床主要类型、成矿规律及成矿区划研究”专题中的第四个子题。其主要目的与任务是：通过新中国成立以来至“九五”期间新疆铅锌矿产地质资料的全面系统研究，总结新疆铅锌矿床的类型和成矿规律，进行成矿预测，指明大型—超大型矿床的找矿方向，提出进一步工作建议，以有效地指导地质矿产勘查和科研工作，为新疆和我国社会主义现代化建设与社会发展服务。具体任务是：

1）以大型—超大型铅锌矿床为目标，总结、研究新疆铅锌矿床的主要类型和成矿规律，进行成矿预测，指明找矿方向，提出进一步工作建议，并为专题的研究和“新疆铅锌矿床”专著的编写打下基础；

2）编制 1∶150 万新疆铅锌矿成矿规律与成矿预测底图，为专题编图提供基础资料；

3）编制 1∶700 万新疆铅锌矿成矿区带略图；

4）1999 年 10 月底以前提交子题研究报告。

子题研究时限为 1997 年 4 月至 1999 年 12 月。为完成本子题研究任务，新疆有色地质勘查局总工程师杨有明聘请李博泉高级工程师承担研究任务。

本子专题工作始终是在涂光炽院士和陈毓川院士的具体指导下进行的。他们不辞辛苦多次亲赴野外现场调研，亲自主持专题组重要的工作会议，及时提出指导意见，对协调全组工作起到了关键作用。

在 305 项目办公室和专题组以及新疆有色地质勘查局的领导和支持下，通过近 3 年的努力，圆满完成了各项研究任务，是专题全体参加人员的集体劳动成果。专题报告承蒙翟裕生、裴荣富、汪贻水、王鸿祯、马宗晋等评审，他们给予了充分肯定，并建议作适当加工后以专著形式出版。

为促进新疆地质科技发展，扩大地质科技的广泛交流，2002 年 4 月新疆维吾尔自治区

人民政府国家305项目办公室决定，在“新疆铅锌矿成矿规律与成矿预测”研究成果的基础上，出版《中国新疆铅锌矿床》一书。同时，决定由李博泉、王京彬执笔编写。

由于原子题报告的文字部分达30余万字之多，并有若干附件，为适应出版工作的需要，2002年6月12日和19日先后两次在乌鲁木齐市国家305项目办公室，由副主编张良臣、编委刘德权、周汝洪、唐延龄、王有标、李博泉、王京彬共同研究商定，将原子题报告的六章二十一节内容合并删减为五章十三节。本书着重阐述新疆铅锌矿床的主要类型和重点成矿区带、典型铅锌矿床和成矿模式、铅锌矿床成矿规律以及成矿预测和找矿方向。另外，自1999年以来，新疆地勘单位和国家305项目在新疆对铅锌矿的地质勘查和科学研究中取得的一些新进展和新成果，也在本书中得到体现。

在本书编写过程中，增加了阿巴宫铅锌-铁矿床和阿克哈仁铅(锌)矿床内容，补充了霍什布拉克、卡兰古和乌拉根3个铅锌矿床的资料，精简了成矿地质背景和预测区综述等部分内容，以形成新疆铅锌矿床较完整的学术性研究成果。本书编写采用集体研究、分工撰写完成。具体分工为：前言、第一章、第二章、第五章和结束语，由李博泉撰写；第三章和第四章，由王京彬撰写。第三章第二节卡兰古式铅锌矿床部分由祝新友协助完成。全书最后由李博泉、王京彬统编定稿。

本子题的研究工作和本书的出版是在国家305项目办公室和新疆有色地质勘查局大力支持下完成的。涂光炽院士、陈毓川院士在百忙之中为本书的修改、出版提出了宝贵的意见，并亲自为本书撰写了序言；305项目办公室张良臣、李庆昌、吴乃元、王金良等，新疆地矿局刘德权、唐延龄、周汝洪等，新疆有色地质勘查局杨有明、申茂德、周小平等，北京矿产地质研究所汪东波、祝新友、王书来、王军升等，桂林矿产地质研究院蔡宏渊等有关领导和专家给予了具体的帮助和指导。王玉往同志翻译了英文摘要、英文目录，图件由资云英绘制。在此，对所有给予我们帮助的单位和个人深表谢意！

目　录

总　序
前　言
第一章　概论 …… (1)
一、新疆铅锌矿床勘查研究历史和现状 …… (1)
二、新疆铅锌矿开发历史和现状 …… (2)
三、新疆铅锌矿资源现状和特点 …… (3)
第二章　新疆铅锌矿床主要类型和重点成矿区带 …… (4)
第一节　铅锌矿床类型划分及主要成矿特征 …… (4)
一、铅锌矿床类型划分 …… (4)
二、与海相火山作用有关的层控铅锌矿床 …… (6)
(一) 概述 …… (6)
(二) 时空分布特征 …… (8)
(三) 矿床主要特征 …… (9)
三、沉积岩容矿的层控铅锌矿床 …… (11)
(一) 概述 …… (11)
(二) 时空分布特征 …… (12)
(三) 矿床主要特征 …… (13)
四、与花岗岩类有关的铅锌矿床 …… (15)
(一) 概述 …… (15)
(二) 矿床主要特征 …… (16)
第二节　重点铅锌成矿区带 …… (16)
一、阿尔泰山南缘铅锌成矿带 …… (17)
二、塔里木盆地西缘铅锌成矿带 …… (19)
第三章　新疆典型铅锌矿床 …… (22)
第一节　与海相火山作用有关的层控铅锌矿床 …… (22)
一、可可塔勒铅锌矿床 …… (22)
(一) 成矿环境与火山岩系特征 …… (23)
(二) 矿床地质特征 …… (26)
(三) 围岩蚀变 …… (31)

（四）矿床成因分析 …… (34)
二、阿巴宫铅锌-铁矿床 …… (35)
（一）矿区地质背景 …… (35)
（二）矿床地质特征 …… (38)
（三）矿床成因分析 …… (39)
三、阿克哈仁铅(锌)矿床 …… (40)
（一）矿区地质 …… (40)
（二）矿化特征 …… (41)
（三）围岩蚀变 …… (42)
（四）成因分析 …… (43)
四、可可塔勒式铅锌矿床成矿模式 …… (44)
（一）流体包裹体特征 …… (45)
（二）同位素地球化学 …… (46)
（三）成矿物质来源 …… (50)
（四）可可塔勒式矿床成矿模式 …… (54)
第二节　沉积岩容矿的层控铅锌矿床 …… (55)
一、霍什布拉克铅锌矿床 …… (55)
（一）矿区地质背景 …… (55)
（二）矿床地质特征 …… (57)
（三）围岩蚀变 …… (60)
（四）流体包裹体特征 …… (60)
（五）硫、铅同位素特征 …… (60)
（六）矿床成因 …… (60)
二、卡兰古式铅锌矿床 …… (63)
（一）成矿地质背景 …… (63)
（二）典型矿床地质特征 …… (65)
（三）矿化角砾岩及围岩蚀变 …… (70)
（四）矿石类型与矿物组合 …… (71)
（五）矿床地球化学特征 …… (72)
（六）成矿机制的讨论 …… (85)
三、乌拉根铅锌矿床 …… (87)
（一）矿区地质背景 …… (87)
（二）矿化特征 …… (89)
（三）围岩蚀变 …… (91)
（四）硫、铅同位素地球化学 …… (91)
（五）矿床成因 …… (91)

第四章　新疆铅锌矿床成矿规律 …… (93)
第一节　铅锌矿床时空分布规律 …… (93)
一、矿床空间分布规律 …… (93)
二、成矿的时控性 …… (94)
第二节　重要铅锌矿床类型的成矿规律性 …… (96)
一、与海相火山作用有关的铅锌矿床 …… (96)
(一) 有利聚矿部位及矿化型式 …… (98)
(二) 成矿的分区、分带性 …… (98)
(三) 成矿演化序列 …… (100)
(四) 构造控矿级序 …… (100)
(五) 区域成矿模式 …… (100)
(六) 与有关矿床比较 …… (102)
二、沉积岩容矿的层控铅锌矿床 …… (104)
(一) 有利聚矿部位及矿化型式 …… (104)
(二) 成矿的分带、分区性 …… (104)
(三) 成矿演化序列 …… (105)
(四) 构造控矿级序 …… (106)
(五) 区域成矿模式 …… (106)
(六) 与有关矿床的比较 …… (108)
三、与花岗岩类有关的铅锌矿床 …… (108)
第三节　与周边国家和地区的铅锌成矿对比 …… (110)
一、与前苏联山区阿尔泰和蒙古阿尔泰成矿带对比 …… (110)
二、与哈萨克斯坦阿尔泰成矿带对比 …… (111)
三、与哈萨克斯坦南准噶尔(捷克利)成矿带对比 …… (111)
四、与乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦南天山成矿带的对比 …… (113)
第五章　新疆铅锌矿床成矿预测 …… (114)
第一节　新疆大型铅锌矿床成矿条件 …… (114)
一、国内外大型-超大型铅锌矿床基本特征 …… (114)
二、大型-超大型铅锌矿床成矿条件 …… (115)
第二节　新疆铅锌矿床找矿评价准则,成矿远景区和找矿靶区 …… (117)
一、找矿评价准则 …… (117)
(一) 找矿评价的方法准则 …… (117)
(二) 铅锌矿主要成矿系列的区域找矿评价准则 …… (118)
(三) 主要类型铅锌矿床的找矿评价准则 …… (118)
二、成矿远景区和找矿靶区 …… (119)
(一) 成矿远景区 …… (119)
(二) 找矿靶区 …… (124)

第三节　新疆大型-超大型铅锌矿床找矿方向与建议 …… (125)
一、新疆大型-超大型铅锌矿床找矿方向 …… (125)
（一）新疆铅锌矿找矿潜力分析 …… (125)
（二）新疆铅锌矿床主攻类型 …… (126)
（三）新疆铅锌矿找矿主攻地区 …… (127)
二、新疆铅锌矿勘查工作建议 …… (128)
结束语 …… (130)
参考文献 …… (133)
英文摘要 …… (135)
附录 1　国家三〇五项目“七五”、“八五”、“九五”期间项目委员会、专家委员会名单 …… (142)
附录 2　国家三〇五项目专题承担单位和主要研究人员 …… (145)

Contents

General Preface

Foreword

Chapter I Introduction …… (1)

1. Exploration history and situation on Pb-Zn deposits in Xinjiang …… (1)

2. Mining history and situation on Pb-Zn deposits in Xinjiang …… (2)

3. Situation and characteristics of Pb-Zn resources in Xinjiang …… (3)

Chapter II Main Types and Important Metallogenic Belts of Pb-Zn Deposits in Xinjiang …… (4)

Section 1 Classification and major metallogenic characteristics of Pb-Zn deposits … (4)

1. Classification on Pb-Zn deposits …… (4)

2. Stratabound Pb-Zn deposits related to marine volcanism …… (6)

2.1 Generality …… (6)

2.2 Space-time distribution …… (8)

2.3 Main features on the deposits …… (9)

3. Stratabound Pb-Zn deposits hosted in sedimentary rocks …… (11)

3.1 Generality …… (11)

3.2 Space-time distribution …… (12)

3.3 Main features on the deposits …… (13)

4. Pb-Zn deposits related to granitoids …… (15)

4.1 Generality …… (15)

4.2 Main features on the deposits …… (16)

Section 2 Important Pb-Zn metallogenic belts …… (16)

1. Pb-Zn metallogenic belt in southern margin of the Altay mountains …… (17)

2. Pb-Zn metallogenic belts in western margin of the Tarim Basin …… (19)

Chapter III Typical Pb-Zn Deposits in Xinjiang …… (22)

Section 1 Stratabound Pb-Zn deposits related to marine volcanism …… (22)

1. Koktal Pb-Zn deposit …… (22)

1.1 Geological setting and volcanic rocks …… (23)

1.2 Geology of the deposit …… (26)

1.3 Wall-rock alteration …… (31)

1.4 Discussion on genesis …… (34)

2. A bagong Fe-Pb-Zn deposit …… (35)

2.1 Geological setting …… (35)

2.2 Geology of the deposit …… (38)
2.3 Discussion on genesis …… (39)
3. Akeharen Pb (Zn) deposit …… (40)
3.1 Geological setting …… (40)
3.2 Mineralization characteristics …… (41)
3.3 Wall-rock alteration …… (42)
3.4 Discussion on genesis …… (43)
4. Metallogenic model of the Koktal-style Pb-Zn deposits …… (44)
4.1 Fluid inclusion …… (45)
4.2 Isotopic geochemistry …… (46)
4.3 Origin of ore-forming fluid …… (50)
4.4 Genetic model of the Koktal-style Pb-Zn deposits …… (54)
Section 2 Stratabound Pb-Zn deposits hosted in sedimentary rocks …… (55)
1. Huoshibulake Pb-Zn deposit …… (55)
1.1 Geological setting …… (55)
1.2 Geology of the deposit …… (57)
1.3 Wall-rock alteration …… (60)
1.4 Fluid inclusion …… (60)
1.5 Sulfur and Lead isotopic geochemistry …… (60)
1.6 Discussion on genesis …… (60)
2. Kalangu-style Pb-Zn deposits …… (63)
2.1 Metallogenic setting …… (63)
2.2 Geology of typical deposits …… (65)
2.3 Mineralization breccia and wall-rock alteration …… (70)
2.4 Ore type and mineral assemblages …… (71)
2.5 Geochemistry of the deposits …… (72)
2.6 Discussion on metallogenic mechanism …… (85)
3. Wulagen Pb-Zn deposit …… (87)
3.1 Geological setting …… (87)
3.2 Mineralization characteristics …… (89)
3.3 Wall-rock alteration …… (91)
3.4 Sulfur and Lead isotopic geochemistry …… (91)
3.5 Discussion on genesis …… (91)
Chapter IV Metallogenic Regulation of Pb-Zn Deposits in Xinjiang …… (93)
Section 1 Space-time distributing of Pb-Zn deposits …… (93)
1. Spatial distribution …… (93)
2. Time-bound characteristics of mineralization …… (94)
Section 2 Metallogenic regularity of important Pb-Zn types …… (96)
1. Stratabound Pb-Zn deposits related to marine volcanism …… (96)

1.1 Favorable mineralized position and styles …… (98)
1.2 Divisional and zoning features of mineralization …… (98)
1.3 Metallogenic evolution sequence …… (100)
1.4 Structure-controlling features on mineralization …… (100)
1.5 Regional metallogenic model …… (100)
1.6 Comparison with other related deposits …… (102)
2. Stratabound Pb-Zn deposits hosted in sedimentary rocks …… (104)
2.1 Favorable mineralized position and style …… (104)
2.2 Divisional and zoning features of mineralization …… (104)
2.3 Metallogenic evolution sequence …… (105)
2.4 Structure-controlling features on mineralization …… (106)
2.5 Regional metallogenic model …… (106)
2.6 Comparison with other related deposits …… (108)
3. Pb-Zn deposits related to granitoids …… (108)
Section 3 Comparison of Pb-Zn mineralization with neighboring countries and regions …… (110)
1. Comparison with Northern Altay metallogenic belt of former USSR and Mongolia Altay metallogenic belt …… (110)
2. Comparison with Kazakhstan Altay metallogenic belt …… (111)
3. Comparison with Kazakhstan southern-Junggar metallogenic belt …… (111)
4. Comparison with southern Tien-Shan metallogenic belts of Uzbekistan and Kirghiz …… (113)
Chapter V Metallogenic Prognosis …… (114)
Section 1 Metallogenic condition of large scale Pb-Zn deposits in Xinjiang …… (114)
1. Essential characteristics of large-super large Pb-Zn deposits in China and the world …… (114)
2. Metallogenic condition of large-super large scale Pb-Zn deposits …… (115)
Section 2 Evaluating criteria, potential area and targets on the prospecting of Pb-Zn deposits in Xinjiang …… (117)
1. Prospecting evaluating criteria …… (117)
1.1 Method and criteria for prospecting …… (117)
1.2 Regional prospecting criteria for main Pb-Zn metallogenic series …… (118)
1.3 Prospecting evaluating criteria for main Pb-Zn metallogenic types …… (118)
2. Potential area and prospecting targets …… (119)
2.1 Potential area …… (119)
2.2 Prospecting targets …… (124)
Section 3 Prospecting suggestion on large-super large scale Pb-Zn deposits in Xinjiang …… (125)
1. Prospecting direction on large-super large scale Pb-Zn deposits in Xinjiang …… (125)

1.1 Analysis on prospecting potential on Xinjiang Pb-Zn deposits …… (125)
1.2 Main prospecting types of Pb-Zn deposits in Xinjiang …… (126)
1.3 Main prospecting area of Pb-Zn deposits in Xinjiang …… (127)
2. Suggestion on exploration works of Pb-Zn mineral resources in Xinjiang …… (128)
Conclusion Remarks …… (130)
References …… (133)
English Abstract …… (135)
Appendix 1 Name list of the National 305 item committee and specialist committee during "the seventh, eighth and ninth five years plan" …… (142)
Appendix 2 Name list of main researching units and researchers undertaken task from the National 305 Item …… (145)

第一章　概　　论

一、新疆铅锌矿床勘查研究历史和现状

(一) 铅锌矿产勘查

人类社会的发展与矿产发现和开发密切相关。考古发掘表明，早在战国时代，新疆铅矿和铜矿、铁矿、金矿、银矿等矿产的找矿、开采和冶炼技术处于当时领先水平。

19 世纪近代地质学兴起后，新疆这块资源宝地引起了人们广泛的注意。1856～1914 年，抱着各种目的的外国探险家和学者数十人进入新疆探险，所发表的考察报告引起了世界注意。辛亥革命后，中国地质工作者开始对新疆地质矿产进行调查。1928～1930 年丁道衡在吐鲁番、喀什等地调查，撰写了《新疆矿产志略》。进入 20 世纪 40 年代以后，一批前苏联的地质工作者在塔里木西缘进行了地质矿产调查工作，发现了沙里塔什、吐斯塔克、乌拉根等铅锌矿。

新中国成立以后，在党和人民政府领导下，随着国民经济的飞速发展，区内开展了大规模的区调、矿产普查勘探、物化探、科研等工作，大大提高了区内的地质矿产研究程度，使区内地质资料日益完善。

总结新疆 50 年特别是近 15 年来的铅锌矿产勘查研究工作，发现不同时期在地区、勘查技术方法和矿床类型划分等方面均有较大差异。因此，我们可将铅锌矿产地质工作主要划分为两个阶段，分述如下。

1. 塔里木盆地西缘铅锌矿起步和中等规模勘查阶段(1952～1961 年)

1949 年以前，该区铅锌矿就已进行了民采。1949 年以后，尤其是在中苏金属公司成立以后，该区铅锌矿开发有了较大的发展。1952～1954 年，新疆有色金属公司 702 队对乌恰县沙里塔什铅锌矿进行初勘，拉开了新疆铅锌矿产勘查工作的序幕。在该阶段，为满足和扩大喀什矿管处所属矿山生产的需要，新疆有色金属公司 702 队在塔里木盆地西缘的西南天山、柯坪、乌拉根和铁克里克地区的铅锌矿进行了中等规模中大比例尺的地质测量和以钻探和硐探工程为主的勘查工作。通过勘查工作发现铅锌矿带 4 个、中型铅锌矿床 6 个、小型矿床和矿点 30 余处。至 1961 年底，工程控制铅锌储量达 100 万吨，成为新疆重要的铅锌勘查开发区。进入 90 年代，国家 305 项目 96-915-06-02-01 和 96-915-04-03-03 两个子题研究成果表明，该区内既产出喷流沉积型(SEDEX)铅锌矿床，又分布有众多的密西西比河谷型(MVT)和砂(砾)岩型铅锌矿床，显示该区铅锌找矿有巨大潜力。

由于该区有相当一部分区调工作为 20 世纪 70 年代及更早的第一轮 1:20 万概查，基本没有区域物探和化探成果，勘查技术方法陈旧，以及该阶段矿产勘查工作重点相继放在石油、煤、铀、铁、铬铁矿、云母、稀有金属等方面，对这个时期区调和普查中发现的大量铅锌矿点基本没有进行检查评价，所以新疆铅锌矿产勘查工作长期处于徘徊局面。

2. 阿尔泰山南缘铅锌矿突破和大规模勘查阶段(1984 年至今)

该阶段在火山成矿、层控成矿、多源多期多成因等新成矿理论和阿尔泰山南缘是哈萨克斯坦矿区阿尔泰东延区等新的找矿思路推动下,1977 年至"305"项目实施前期间,新疆地勘单位在阿尔泰山南缘开展了大规模的中、大比例尺地物化探综合找矿和铁、金、铜镍、铅锌矿等普查工作。1984 年新疆地矿第四地质大队发现哈巴河县阿舍勒铜锌矿床,新疆有色 706 大队发现阿勒泰市铁木尔特铜多金属矿床。自此,新疆铅锌矿产地质工作进入了一个崭新的时期。由于在铅锌矿的找矿思路上有了新的认识,从而相继发现了克因布拉克铜锌矿、红墩铅锌矿(1985)、可可塔勒铅锌矿、阿巴宫铅锌矿(1986)、阿克哈仁铅矿(1987)等一批矿床,出现了一个发现铅锌矿的高潮。在"七五"、"八五"期间,由于地勘单位与"305"项目科研单位进行了勘查-科研一体化的联合攻关,阿尔泰山南缘铅锌成矿带地质工作取得了丰硕成果,铅锌找矿取得重大突破,发现铅锌矿带两个、矿田 4 处、大型矿床 2 处、中型矿床 5 处、小型矿床、矿点和铅锌综合异常 30 余处。至 1995 年底,工程控制铅锌储量达 500 万吨。使新疆阿尔泰地区成为我国的重要铅锌基地之一。进入 20 世纪 90 年代中期以来,又有阿舍勒矿田桦树沟和东大沟(Ⅱ号矿化带)铜矿点,大桥铅锌矿床和阿什勒萨依铅锌矿床、萨热阔布金矿床(1995)等矿床(点)的发现,其中一些具大—中型远景。

上述两个阶段的勘查工作,令铅锌储量有了大幅度增长,使新疆成为我国产铅锌省区之一。

(二) 铅锌矿床研究工作

1952~1961 年,塔里木盆地西缘铅锌矿的研究工作,以矿床和单一的手段为主,认为该区铅锌矿床属岩浆热液成因。进入 20 世纪 70 年代以后,尤其是在 80 年代中期至 90 年代阿尔泰山南缘铅锌矿的研究工作,已摆脱了传统地质学理论的束缚和单个矿床的研究思路,而是以火山成矿理论为指导并运用成矿带的研究思路,这一观点的研究成果反映在王京彬等(1998)著的《阿尔泰山南缘火山喷流沉积型铅锌矿床》专著中。

自 80 年代中期起,新疆地勘单位和国家"305"项目在专题研究方面做了大量工作,获得了一批高水平的研究成果,大大提高了新疆铅锌矿床的研究程度。其中主要成果有:1985 年新疆地矿局编制的 1:200 万新疆地质图,1:200 万新疆矿产图及说明书,涂光炽等(1995)《新疆北部主要矿产成矿规律及找矿方向研究》,肖序常等(1995)《新疆北部大地构造演化及其成矿作用关系研究》,何国琦、刘德权等(1993)《新疆古生代地壳演化与成矿研究》,刘德权等(1996)《中国新疆矿床成矿系列》,陈哲夫等(1997)《新疆开合构造与成矿》,姜齐节、刘英等(1990)《阿尔泰南缘铁、铜多金属成矿带地物化综合研究及找矿靶区优选》,陈毓川等(1995)《阿尔泰阿舍勒铜锌成矿带成矿条件及重点矿床综合研究》,王京彬等(1995)《可可塔勒铅锌成矿带成矿条件及重点矿床综合评价研究》,李天德、X·A 别斯帕耶夫等(1994)《中哈阿尔泰多金属矿带地质及成矿对比研究报告》,蔡宏渊等(2000)《南天山铜、铅锌矿床成矿条件、靶区优选和评价研究》,汪东波、祝新友等(2000)《塔木-卡兰古铅锌矿带成矿条件及评价研究》。

二、新疆铅锌矿开发历史和现状

1949 年前,新疆只有几处民采小铅锌矿。新中国成立以后,新疆有色金属公司在沙里

塔什、乌拉根、霍什布拉克等铅锌矿区建立了勘、采、选一体的国营矿山联合企业。后由于国家经济调整，该区铅锌矿于20世纪60年代中期停采。目前新疆境内所需要的铅锌全由内地调入。90年代以来，新疆正依托新发现的阿舍勒铜锌矿床和可可塔勒铅锌矿床，积极建设现代化铅锌矿山。

三、新疆铅锌矿资源现状和特点

（一）铅锌矿资源现状

新疆铅锌矿分布较广泛，矿床成因类型有利找矿，资源比较丰富，到1998年止已知铅锌矿产地约215处，其中已查明大型矿床2处、中型矿床12处、小型矿床25处，分布于哈巴河、布尔津、阿勒泰、福海、富蕴、阿克陶、阿图什、乌恰、柯坪、伊宁、和静、哈密、托克逊等县（市），主要集中分布在阿尔泰山南缘和塔里木盆地西缘两个带上。至1998年底，工程控制铅锌储量达600万吨，为新疆优势金属矿产之一。

（二）矿锌矿资源主要特点

1．铅锌矿分布广泛，储量却很集中

铅锌分布广泛，储量相对集中，是新疆铅锌矿分布的规律之一。在前述的13个县（市）中虽都有铅锌矿，但是铅锌矿储量主要集中在富蕴、阿勒泰、阿克陶和阿图什4个县（市）。就单个矿床而言，可可塔勒铅锌矿床储量占全疆铅锌储量的50%，所以铅锌资源格局的变化，关键是探明几个大型矿床。

2．矿床成因类型有利找矿

新疆铅锌矿以与海相火山作用有关的层控型、碳酸盐岩亚类型和细碎屑岩亚类型3种类型铅锌矿床为主。这些类型是国内外铅锌的主要成因类型，也分别是阿尔泰山南缘和塔里木盆地西缘两个带的铅锌矿主要类型。

3．新疆铅锌矿大-中型矿床比率较高

按新疆铅锌矿床初步统计资料，大-中型矿床比率较高，是新疆铅锌矿床的第三个特点。如全疆大-中型以上铅锌矿床有14处，占统计矿床总数的32%。

4．新疆铅锌矿床富矿比率较大

已有的成果显示，新疆铅锌矿床的第四个特点是富矿比率较大。如可可塔勒铅锌矿床富矿比率约占30%，霍什布拉克、沙里塔什及乌拉根等中型铅锌矿床富矿比率大于30%。

第二章　新疆铅锌矿床主要类型和重点成矿区带

第一节　铅锌矿床类型划分及主要成矿特征

一、铅锌矿床类型划分

关于铅锌矿床的分类问题，尤其是矿床的成因分类，正如涂光炽院士(1989)所指出的那样"由于铅锌成矿作用的多样性和复杂性，铅锌矿床的分类原则与类型划分一直是争论的问题。另外，由于强调的方面不同，分类也各异"。

在国内外，早在20世纪40～60年代，成矿温度被视为是划分矿床类型的唯一依据。据涂光炽等(1989)中国铅锌矿床资料，当时有代表性的铅锌矿床分类有：a. 在1950年出版的《铅锌矿地质、共生组合与储量》一书中(主编K·Cdunhain根据Niggli与Lindgren的矿床分类原则)，把铅锌矿床分为5类，即：①高温矿床；②热液交代-中温矿床；③中温矿床；④亚中温矿床；⑤远温矿床。b. 1959年郭文魁等认为"中国铅锌矿床在成因上可分为内生与外生两大类。内生矿床大致可按照其生成温度下降的顺序分为8个建造"。其中建造1～3为高中温矿床，建造4～7为中温矿床，建造8为低温矿床。外生矿床只有一种建造，即菱锌矿-白铅矿-铅矾建造。

20世纪70年代后，海相火山作用、层控理论和多成因观点引进了铅锌矿床分类中，加上过去已被确认的岩浆成矿与变质成矿作用，便构成了今日划分矿床类型的主要准则(涂光炽等，1989)。在这一时期，1979年麦肯齐(澳大利亚)汇总了世界资料[1]，把铅锌矿床划分为6大类型：①页岩中的沉积型硫化物矿床；②火山成因的块状硫化物矿床；③碳酸盐岩中的矿床；④安第斯型矿床；⑤红层矿床；⑥浅层矿床。1979年涂光炽对我国铅锌矿床作了下述成因分类：①与侵入岩浆活动有关的矿床；②与海、陆相火山活动有关的矿床；③与沉积作用、沉积改造作用及后成作用有关的铅锌矿床；④与区域变质、混合岩化作用有关的铅锌矿床；⑤砂铅矿床。

80～90年代，我国著名矿床地球化学家涂光炽院士(1989～1994)在对我国铅锌矿床进行了深入研究的基础上，1989年提出对我国铅锌矿床进行综合因素的分类，即尽可能全面考虑它们产出的地质背景、成矿环境、含矿岩系、物质组成、成矿的物理化学条件等。在以综合因素为基础的矿床分类中，采用了以含矿岩系和(或)主导成矿作用命名的方式，将我国铅

[1] (澳)麦肯齐，世界铅锌矿床的分类及勘探方法，见：冶金地质动态(内部资料)，1979年第6期。

锌矿床类型划分为以下6大类型:①与花岗岩类有关的铅锌矿床(可再分为花岗岩型、卡岩型及斑岩型3种矿床);②产于海相火山岩系中的铅锌矿床(简称海相火山岩型);③产于陆相火山岩系中的铅锌矿床(简称陆相火山岩型);④产于海相碳酸盐岩系中的铅锌矿床(简称碳酸盐岩型);⑤产于海相泥岩-细碎屑岩系中的铅锌矿床(简称泥岩-细碎屑岩型);⑥产于海相或陆相砂岩、长石砂岩和砾岩中的铅锌矿床(简称砂砾岩型)。1987年出版的《国外主要有色金属矿产》(中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所主编)一书中,将世界铅锌矿床归纳为沉积层状型、热液层状矽卡岩型、火山岩型(黄铁矿型)、热液脉状型、矽卡岩型、残余型等6类。上述分类反映了80～90年代成矿理论的主流趋势。其中,层控矿床占很大比重。海相火山岩、碳酸盐岩、泥岩-细碎屑岩、砂砾岩和部分陆相火山岩都是层控铅锌矿。层控矿床是世界铅锌的主要来源,属层控的前3类矿床的储量就约占世界铅锌总储量的2/3。从国内外来看,很多大型、超大型铅锌矿床都属于层控型。由于这类矿床实际上包括了不同成因、不同时代、不同围岩的矿床,它仅与一定的地层单位(群、组、段建造)有关,为铅锌的地质找矿扩大了领域。

另外,国内地质专家对新疆铅锌矿类型的划分也不一致(彭守晋,1989[1];何国琦等,1994;陈哲夫等,1997)。彭守晋以矿床围岩和成矿作用为主要划分依据,将新疆铅锌矿初步划分为如下6种成因类型:沉积型、沉积-改(再)造型、热液型、矽卡岩型、斑岩型及火山岩型。何国琦等以陆间褶皱带地壳演化5个阶段模式理论为基础,以含矿建造为主要依据,将新疆铅锌矿床分为:火山-沉积型、火山热液型、层控型、热液交代型、热液脉型及矽卡岩型。陈哲夫等采用含矿建造与成矿开合构造环境相结合的方法,将新疆铅锌矿类型划分为:热液充填型、矽卡岩型、斑岩型、火山喷流沉积型、沉积型、沉积变质及沉积改造型。

由上可见,铅锌矿床类型的划分,国内外至今还没有统一的分类方案。在新疆,由于开展了国家305科技攻关项目,特别是涂光炽等提出的以矿床产出的含矿岩系为主要因素的分类方案,在新疆实际运用中取得了很好的效果,对阿尔泰山南缘铅锌找矿的重大突破,丰富和发展矿床学理论起到了重要作用。

本书根据当代国内外矿床分类研究的新进展,采用涂光炽等(1994)的矿床分类原则,从铅锌矿地质找矿的实用角度,结合新疆铅锌矿床的特点,以铅锌矿床产出的含矿岩系和或主导成矿作用作为类型划分原则,在层控型铅锌矿床中按主要容矿岩系和矿化特征的差异又分为亚类和矿床式。由此,共划分出铅锌矿床3个类型、8个亚类型、6个矿床式。

(一) 与海相火山作用有关的层控铅锌矿床

1)火山-沉积岩容矿的块状硫化物亚类型铅锌矿床;

2)火山岩容矿的块状硫化物亚类型铅锌矿床。

(二) 沉积岩容矿的层控铅锌矿床

1)细碎屑岩亚类型铅锌矿床;

2)碳酸盐岩亚类型铅锌矿床;

---

[1] 彭守晋,1989,新疆主要有色和贵金属矿产及其找矿前景展望(未刊)。

3)砂砾岩亚类型铅锌矿床。

(三) 与花岗岩类有关的铅锌矿床

1)热液脉亚类型铅锌矿床;

2)矽卡岩亚类型铅锌矿床;

3)斑岩亚类型铅锌矿床。

上述类型中,与海相火山作用有关的层控铅锌矿床、细碎屑岩亚类型及碳酸盐岩亚类型这3类铅锌矿床,是世界铅锌矿床的主要类型,也是世界上重要的层控铅锌矿床类型。它们同样也是新疆铅锌矿床的主要类型。世界上重要的层控铅锌矿床在新疆发育,且类型齐全,是新疆铅锌矿床的重要特色。

各类型简况见表2-1。

二、与海相火山作用有关的层控铅锌矿床

(一) 概述

该类矿床简称为海相火山岩型铅锌矿床,大致相当于西方文献中的块状硫化物铅锌矿床及俄文文献中的黄铁矿型铅锌矿床。它是世界上铅锌矿床的主要类型,铅、锌储量分别占国外总储量的24%和42%。此类矿床也是新疆铅锌矿床的主要类型,为国内外研究得最多的铅锌矿类型之一。其主要特点有3:一是,该类矿床的成矿环境从大洋中脊到大陆裂谷及岛弧带和弧后盆地等均有产出;二是,矿床规模多为中-大型,部分矿床为大型-超大型(如加拿大的基德克里克、布伦瑞克,挪威的勒肯、布来克瓦斯利,哈萨克斯坦矿区阿尔泰中的矿床,日本黑矿矿床,中国新疆阿尔泰南缘的矿床等);三是,矿石品位都较富,大多数矿床属于富矿,伴生多种有益组分,均可综合利用。

海相火山岩块状硫化物型矿床分类方案较多,目前一般按其金属元素组合,结合其成矿环境划为3类,即Cu-Zn型("别子型")、Pb-Zn-Cu-Ag型("黑矿型")和含铜黄铁矿型(塞浦路斯型)。王京彬等(1998)按矿床产出的构造环境,将火山岩块状硫化物矿床中除划分出产于洋脊环境的塞浦路斯型和产于消减板块边缘岛弧环境中的黑矿型矿床外,还增加一个新类型——产于陆缘和陆内裂谷环境中的阿尔泰型。本书结合新疆实际,将此类型矿床按主要容矿围岩和成矿元素组合的不同,划分为两个亚类型,即火山-沉积岩容矿的块状硫化物亚类型铅锌矿床和火山岩容矿的块状硫化物亚类型铜锌矿床,前者是本节讨论的重点,后者因其以铜为主,在此仅作简述。在可可塔勒铅锌矿带中,根据特征矿物组合结合其具体容矿层位上的差异,在火山-沉积岩容矿型中,又划分出块状硫化物型、磁铁硫化物型、萤石方铅矿型3个矿床式,分别称为可可塔勒式、阿巴宫式、阿克哈仁式。它们以产于拉张型过渡壳环境为主,汇聚型过渡壳环境次之,其容矿层位、赋矿岩石、蚀变特征、矿物组合等方面有明显区别,见表2-2。

新疆已发现本类型矿床(点)35处。其中火山岩容矿的亚类型铅锌矿床(点)5处、火山-沉积岩容矿的亚类型铅锌矿床(点)30处。在火山-沉积岩容矿的亚类型中,块状硫化物型(可可塔勒式)矿床(点)19处、磁铁硫化物型(阿巴宫式)矿床(点)5处、萤石方铅矿型(阿克

表 2-1　新疆铅锌矿床分类表

Table 2-1　Classification on Pb-Zn deposits of Xinjiang

类型	亚类型(式)		成矿地质环境	含矿地层及成矿建造	容矿岩石	矿体形态、产状	矿床实例
与海相火山作用有关的层控铅锌矿床	火山-沉积岩容矿的块状硫化物亚类	块状硫化物型(可可塔勒式)	陆生宙拉张型过渡壳,汇聚型过渡壳	下泥盆统康布铁堡组上亚组、下石炭统红山嘴组及大哈拉军山组中酸性火山-碎屑岩建造	凝灰质岩、粉砂岩、砂岩、泥质岩、灰岩、大理岩、黑云石英片岩、混合岩	似层状、顺层透镜状,与围岩整合产出	可可塔勒、铁木尔特、克因布拉克、库马苏、欠哈布盆克等
		磁铁硫化物型(阿巴宫式)	显生宙拉张型过渡壳	下泥盆统康布铁堡组上亚组下部中酸性火山-碎屑岩建造	片理状含砾凝灰岩、片岩、角砾熔岩	似层状、透镜状与地层整合产出	阿巴宫、大桥、阿什勒萨依
		萤石方铅矿型(阿克哈仁式)	显生宙拉张型过渡壳	下泥盆统康布铁堡组上亚组上部酸性熔岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造	不纯大理岩、片岩、火山角砾岩、流纹斑岩	似层状和透镜状、板柱状,与围岩整合产出	阿克哈仁
	火山岩容矿的块状硫化物亚类		显生宙拉张型过渡壳,汇聚型过渡壳	中-下泥盆统阿舍勒组、下石炭统小热泉子组英安质-玄武岩类双峰式建造,志留-泥盆系钙碱性火山岩建造	英安质角砾凝灰岩、凝灰岩、钠化英安岩、流纹岩	层状、似层状,与围岩整合产出	阿舍勒、铁树沟、萨尔索克、小热泉子、彩华沟等
沉积岩容矿的层控铅锌矿床		细碎屑岩亚类(蛋什布拉克式)	显生宙拉张型过渡壳	中泥盆统托格买提组、上泥盆统坦盖塔尔组泥岩-细碎屑岩-碳酸盐岩建造	灰岩、白云岩、钙质页岩、砂岩、粉砂岩、页岩、泥岩	层状、似层状、顺层透镜状,与围岩整合产出	蛋什布拉克、沙里塔什
		碳酸盐岩亚类(卡兰古式)	前寒武纪基底陆壳,显生宙拉张型过渡壳和汇聚型过渡壳	蓟县-青白口系卡瓦布拉克群和大湖群、奥陶-志留系丘达依塔格群、中泥盆统克孜勒陶组和汗吉尕组、下石炭统克里塔格组和马鞍桥组富镁碳酸盐岩和碳酸盐岩-碎屑岩建造	灰岩、白云岩化灰岩、白云岩、钙质砂岩、含砾砂岩、白云石化大理岩、大理岩、角砾岩	似层状、透镜状,与围岩整合产出,少量脉状,与围岩不整合产出	西铅炉子、玉西、吐斯塔克、坎岭、卡兰古、塔木、汗吉尕、马鞍桥等
		砂砾岩亚类(乌拉根式)	显生宙新陆壳板内阶段	上白垩统土尔克斯坦组、老第三系阿尔塔什组含泥岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造	石英砂岩、砾岩、泥岩夹石膏层、灰岩、白云岩和角砾岩	似层状,顺层透镜状,与围岩整合产出	乌拉根
与花岗岩类有关的铅锌矿床	热液脉亚类		显生宙新陆壳固结期和汇聚型过渡壳	晚石炭世早期活化钾长花岗岩类,华力西早期二长花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩	大理岩、砂岩及灰岩中的石英脉、重晶石脉、碳酸盐岩脉等	脉状、透镜状	喀什巴格、胡勒哈其
	砂卡岩亚类		显生宙新陆壳固结期和汇聚型过渡壳	晚石炭世早期活化钾长花岗岩类,华力西早期二长花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩	花岗岩、大理岩、矽卡岩	似层状、透镜状	东都津,牙门沙拉、61号矿点
	斑岩亚类		显生宙新陆壳固结期和汇聚型过渡壳	晚石炭世早期活化钾长花岗岩类,华力西早期二长花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩	花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩	似层状、扁豆状	肯登高尔、硫磺山

表 2-2　新疆火山-沉积岩容矿的块状硫化物亚类各矿床式特征简表

Table 2-2　Summary of sub-type of volcano -sedimentary massive sulfide deposits of Xinjiang

矿床式名称	可可塔勒式(块状硫化物型)	阿巴宫式(磁铁硫化物型)	阿克哈仁式(萤石方铅矿型)
构造环境	裂陷槽、裂谷、上叠盆地	裂陷槽	裂陷槽
地壳发展阶段	以拉张型过渡壳为主,汇聚型过渡壳次之	拉张型过渡壳	拉张型过渡壳
含矿地层、成矿建造	下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段中部、下石炭统红山嘴组及大哈拉军山组,中酸性熔岩-喷发碎屑岩-碳酸盐岩建造	下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段下部,中酸性火山-碎屑岩建造	下泥盆统康布铁堡组上亚组第三岩性段,酸性熔岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造
赋矿岩石	凝灰质页岩、粉砂岩、细砂岩和凝灰岩、灰岩	片麻状含砾凝灰岩、黑云石英片岩和角砾熔岩	不纯大理岩、片岩、火山角砾岩-流纹斑岩
围岩蚀变	矿下盆层控硅化-钾化带、绿色蚀变带,蚀变岩简为硅化 绿泥石化-绿帘石化及近矿围岩蚀变为碳酸盐化、绢云母化、硅化、黄铁矿化	硅化、绢云母化、绿泥石化、石榴石化	钾化、硅化、钠化
矿石建造	Pb-Zn 型	Fe Pb-Zn 型	Pb 型 Pb-Zn 型
矿物组合	黄铁矿-方铅矿-闪锌矿型	磁铁矿-黄铁矿 方铅矿-闪锌矿型	萤石-重晶石-方铅矿型 方解石-萤石-方铅矿-闪锌矿型
矿化垂直分带(由上而下)	黄铁矿-方铅矿-闪锌矿矿石 黄铁矿-闪锌矿-方铅矿-磁黄铁矿矿石 磁黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-(黄铁矿)矿石 磁黄铁矿-方铅矿-(闪锌矿)矿石 磁黄铁矿-闪锌矿-黄铜矿 (方铅矿)矿石	层状矽卡岩及磁铁碧玉岩 块状磁铁硫化物	富 Pb-重晶石 富 Zn-黄铁矿
矿化规模	以大-中型为主,少数为大-超大型	大 中型	中-小型

哈仁式)矿床(点)6 处。按矿床规模,有大型 2 处(可可塔勒、阿舍勒)、中型 6 处(克因布拉克、铁木尔特、阿巴宫、大桥、阿克哈仁、小热泉子)、小型 3 处(阿什勒萨依、欠哈布依克、彩华沟)、矿点 24 处。此类型矿床已探明铅锌储量约 500 万吨,占新疆已探明铅锌储量的 80%,居各类型铅锌矿之首位。

(二) 时空分布特征

新疆与海相火山岩有关的层控铅锌矿床成矿时代集中于泥盆纪和石炭纪。目前已知的 35 处矿床(点)中,泥盆纪 29 处(占本类型总储量的 95%)、石炭纪 6 处。成矿主要与古生代造山带裂陷槽、裂谷、弧沟带形成过程中的拉张阶段有关,汇聚阶段上叠盆地,残余海盆环境中形成者相对较少。

新疆境内本类型矿床分布从北到南可分 5 个带:

1)诺尔特铅锌矿带;

2)阿尔泰山南缘铅锌成矿带的可可塔勒铅锌矿带、阿舍勒铜锌矿带;

3)康古尔塔格铅锌矿带;

4)阿吾拉勒铅锌矿带;

5)库米什铅锌矿带。

上述各矿带中,以阿尔泰山南缘成矿带中可可塔勒铅锌矿带火山-沉积岩容矿的块状硫化物亚类型铅锌矿床规模最大、矿化最集中、工业意义最为重要的一个类型,找矿远景极大。

(三)矿床主要特征

1. 火山岩容矿的亚类型铅锌矿床

该类型矿床新疆目前已发现5处,探明铅锌储量约占新疆与海相火山作用有关的层控铅锌矿床总储量的10%,也是新疆主要的铅锌矿资源。

该类型总的特点可与哈萨克斯坦矿区阿尔泰占主要地位的"乌拉尔"式铜锌矿床对比。主要特征为:

1)主要产于拉张型过渡壳构造环境,汇聚型过渡壳构造环境次之,与泥盆纪和石炭纪发育的裂陷槽、弧沟带、残余海盆地有关。在新疆,该亚类型矿床分布于阿尔泰山南缘的阿舍勒铜锌矿带、康古尔塔格的康古尔塔格铜锌矿带,那拉提-红柳河的库米什铜铅锌矿带。已知最重要的矿床产于阿舍勒铜锌矿带的阿舍勒地区。

2)成矿与海底火山作用有关,其分布受基底断裂控制,具线型点状喷发特点。古火山喷发中心及毗邻的火山沉积洼地以及同生断裂对矿床控制明显。

3)容矿岩系为海相英安质和玄武岩类组成的双峰式建造。其剖面反映陆缘裂陷槽的发展过程。剖面下部(拉张初期沉积)陆源碎屑岩较多,碎屑成熟度较高,火山岩中的中酸性岩比例较大,可有碳酸盐岩沉积;中上部过渡为典型双峰式火山建造(细碧-角斑岩组合或玄武-英安岩组合),矿化通常发育于剖面中的基性岩与中酸性岩界面的中酸性岩侧,且多与火山角砾岩、粗粒火山碎屑岩有关。

4)围岩蚀变强烈,以绿泥石化-黄铁绢英岩化-次生石英岩化-高岭土化(-重晶石化)组合为特征。空间上主要发育于喷流体系和矿体底板及补给体系(通道)形成的蚀变岩筒内。

5)矿体通常为上部似层状的块状硫化物矿体;下部浸染状硫化物组成的脉状-网脉状矿体,二者组成双层结构,且常有重复。

6)矿化以铜为主,主要伴生锌,成为铜锌矿床。铅占次要地位,其他常见伴生有益元素有:Au、Ag、PGE、Se、Te、Co、Ni,可综合回收利用。矿化元素可有分带,通常上部为Cu-Zn,下部为Cu-Fe。个别上部为Au、Ag,下部为Cu(Pb、Zn)。

本类型代表性矿床(点)有:泥盆纪的阿舍勒铜锌矿床(大型)、桦树沟铜铁矿点、萨尔索克铜金矿点及彩华沟铜铅锌矿床(小型);石炭纪的小热泉子铜锌矿床(中型)。

2. 火山-沉积岩容矿的亚类型铅锌矿床

新疆目前已发现本类型铅锌矿床(点)30处,探明储量占新疆海相火山岩型矿床总储量的90%,是新疆最主要的铅锌矿资源。

该类型总的特点可与哈萨克斯坦霍尔宗-萨雷姆克塔矿带中的铅锌矿床对比。

如前所述,本类型铅锌矿床可进一步划分出块状硫化物型(可可塔勒式)、磁铁硫化物型(阿巴宫式)及萤石方铅矿型(阿克哈仁式)。其主要特征如下:

(1)可可塔勒式(块状硫化物型)铅锌矿床主要特征

1)以产于拉张型过渡壳构造环境为主,汇聚型过渡壳构造环境次之。在新疆,该类型矿床与泥盆纪及石炭纪发育的裂陷槽、裂谷、上叠盆地有关,分布于阿尔泰山南缘的可可塔勒

(冲乎尔-麦兹)铅锌矿带,诺尔特成矿带的诺尔特铅锌矿带及中天山(南缘)的阿吾拉勒铅锌矿带。已知最重要的铅锌产于阿尔泰山南缘的可可塔勒地区。

2)含矿岩系的火山岩主要为钙碱性流纹岩-英安岩组合,以流纹岩为主。成矿受火山喷发中心和沉积洼地控制。铅锌矿化产于两套火山岩层之间的沉积岩夹层中,其直接围岩为泥砂质沉积岩、凝灰岩、碳酸盐岩和热水沉积岩。含矿沉积岩层稳定地分布于上、下火山岩层之间,表明铅锌矿化与流纹-英安质火山活动有关,矿床形成于两次火山活动的间歇期。

3)蚀变类型及分带:顶板为绿帘石化及弱的绢云母化;近矿层为硅化、绢云母化、黑云母化、碳酸盐化;矿下盘为绿泥石化、硅化、绿帘石化;底部火山岩表现为以钾交代为主。

4)矿体呈似层状、透镜状的块状-浸染状硫化物矿体,与地层整合产出;在矿层下盘蚀变火山岩中有交切的细脉状、细脉浸染状矿化,二者组成双层结构。

5)矿化以 Pb、Zn 为主,伴生 S、Ag、Cd。矿物组合以含大量黄铁矿为特征,为黄铁矿-方铅矿-闪锌矿型。从全区来看,从上至下,矿化元素大致有(Cu)Zn→Zn-Pb→Pb-Zn 分带趋势。

本矿床式代表性矿床(点)有:泥盆纪的可可塔勒铅锌矿床(特大型)、克因布拉克铜锌矿床(中型)、铁木尔特铜铅锌矿床(中型)及蒙库铜铅锌矿点;石炭纪的库马苏铅锌矿点及欠哈布盖克铅锌矿床(小型)等。

(2)阿巴宫式(磁铁硫化型)铅锌矿床主要特征

1)产于拉张型过渡壳构造环境,与泥盆纪发育的陆缘裂陷槽有关。该类型矿床在新疆仅分布于阿尔泰山南缘的可可塔勒铅锌矿带。已知主要的矿床产于阿尔泰山南缘的阿巴宫和阿什勒萨依地区。

2)成矿与海底火山作用有关,其分布受同生断裂控制。含矿层厚度变化不大,矿化沿断裂呈线状分布,并产于断裂上盘即时代较新的地层一侧。矿化体厚度薄,延伸长,呈席状,一个矿床或矿化带由数个席状透镜体组成。

3)本矿床式矿床(点)均产于康布铁堡组上亚组第二岩性段下部,主要成矿作用发生在火山活动的间歇期。矿体沿同生断裂分布,矿体附近中基性岩脉发育。A_{4-1}矿体赋矿围岩为变角砾凝灰岩、黑云石英片岩,形成于火山-沉积洼地中;A_{4-2}矿体赋存于角砾熔岩中,矿体呈细脉浸染状,产于火山喷发中心附近。

4)围岩蚀变主要出现在仅靠矿化透镜体的部位,矿体下盘蚀变不均匀,不发育蚀变岩筒。蚀变类型有硅化、绢云母化及绿泥石化,深部见矽卡岩化。

5)主要成矿元素为 Pb、Zn、Ag,伴生 Fe、Cu、S。矿物组合以磁铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿为特征。矿化分带明显,上部为层状矽卡岩及磁铁碧玉岩,下部为块状磁铁硫化物铁-铅锌矿化。

6)阿尔泰山南缘铅锌矿床与磁(赤)铁矿床的矿床地球化学特征表明这两类矿床分属于不同的成矿系统,且蒙库铁矿床与阿巴宫铁矿床也不属于同一成矿带上的产物,麦兹-克兰地区的铅锌成矿与铁成矿具有交叉性。

本矿床式代表性矿床(点)有:阿巴宫铁-铅锌矿床(中型)、大桥铁-铅锌矿床(中型)及阿什勒萨依铁-铅锌矿床(小型)等。

(3)阿克哈仁式(萤石方铅矿型)铅(锌)矿床主要特征

1)产于拉张型过渡壳构造环境,与泥盆纪发育的陆缘裂陷槽有关。在新疆仅分布于阿尔

泰山南缘的可可塔勒铅锌矿带。已知主要的矿床(点)产于阿尔泰山南缘的阿克哈仁地区。

2)成矿与海底火山作用有关,其分布受流纹岩穹隆控制。具明显的双层矿化结构:上部为产于火山斜坡沉积层中的层状矿化,具沉积-成岩特征;下部为产于火山穹隆中的细脉浸染状矿化,具热液作用特征。

3)围岩蚀变主要出现在流纹斑岩穹隆和角砾岩中,与细脉浸染状矿化相伴,其他地方蚀变微弱。蚀变类型有钾化(钾微斜长石化)、硅化,下部可能有钠长石化现象。

4)该矿床式矿床主要产于康布铁堡组上亚组第三岩性段顶部铁锰大理岩或铁锰大理岩夹片岩中,矿物组合为方铅矿、萤石、重晶石及少量黄铁矿,矿化微弱,但可造成良好的异常显示。这表明,在麦兹-克兰盆地,在早泥盆世末期,亦即康布铁堡组最后一次火山旋回末期出现一次独立的铅矿化阶段。

在阿尔泰山南缘成矿带,其他地区的类似矿化在麦兹向斜北翼 B2、B7 异常中及向斜西北端的 H-48 异常区康布铁堡组上亚组第三岩性段层中亦存在层状的萤石-方铅矿化显示,克兰盆地布鲁克逊一带也存在这类矿化。

三、沉积岩容矿的层控铅锌矿床

(一)概述

该类矿床系指产于不同构造环境下,赋存于不同的地层单位,以海相沉积的细碎屑岩、碳酸盐岩及砂砾岩为容矿岩系,含顺层分布的块状(或层纹状、浸染状、角砾状)硫化物矿石的矿床。其硫化物含量一般不少于 60%。火山物质在容矿岩系中少或无。此类矿床受后来的变质作用或热液作用叠加,而具层控型特点。

本类型矿床在国内外均以 Pb、Zn 矿化为主,伴生 Cu、Ag 矿化。规模可达大型-超大型。如澳大利亚的麦克阿瑟河为超大型铅锌矿床,我国甘肃的厂坝、广东的凡口和云南的金顶等也为超大型铅锌矿床。在我国本类型矿床多以容矿岩系和成矿作用作为分类原则。涂光炽在 1994 年为《中国秦岭型铅锌矿床》一书撰写的序中曾指出"沉积岩中的层控铅锌矿床主要有两种类型:一类是热水沉积或沉积喷流型(SEDEX);另一类是改造型,西方文献多称密西西比河谷型。前者常产于细碎屑岩-泥质岩-硅质岩-碳酸盐岩建造中,后者则多出现于碳酸盐岩中。"王集磊等(1996)将秦岭型铅锌矿床划分为热水沉积矿床(厂坝式)、热水沉积改造矿床(毕家山-铅硐山式)及热水再造矿床(锡铜沟式)3 类。其储量占全国统计铅锌总储量的 45.87%(王育民等,1980)[1]。是我国铅锌矿床主攻类型之一。

在新疆,该类矿床根据主要容矿岩系和矿化特征可进一步分为细碎屑岩亚类型、碳酸盐岩亚类型、砂砾岩亚类型 3 种类型。可分别称为崔什布拉克式、卡兰古式及乌拉根式。它们各产于拉张型过渡壳、汇聚型过渡壳及新陆壳板内阶段环境,其容矿岩石、矿物组合、金属组合、矿化特征等都有明显区别。该 3 种亚类型铅锌矿床又分别与秦岭泥盆纪沉积岩容矿的喷流沉积型、北美典型 MVT 铅锌矿床和云南兰坪-思茅盆地的金顶超大型铅锌矿床是类似的,表明塔里木盆地西缘铅锌资源前景十分开阔(表 2-3)。

---

[1] 王育民等,1980,我国铅锌矿床地质勘探工作初步总结(内部资料)。

表 2-3　新疆沉积岩容矿的层控铅锌矿床分类和各矿床式特征简表

Table 2-3　Classification and characteristics of sedimentary-hosted strata-hound Pb-Zn deposits of Xinjiang

亚类型名称	细碎屑岩亚类型	碳酸盐岩亚类型	砂砾岩亚类型
矿床式名称	霍什布拉克式	卡兰古式	乌拉根式
构造环境	陆缘裂陷盆地	地块边缘活动带	前陆盆地
地壳发展阶段	拉张型过渡壳	汇聚型过渡壳	新陆壳板内阶段
含矿地层成矿建造	上泥盆统坦盖塔尔组泥岩-细碎屑岩-碳酸盐岩建造	受3个D C古含水层控制，古含水层亦即含矿层，铅锌矿化均产于角砾岩体中	受白垩纪顶部和老第三纪底之间的古含水层控制
赋矿岩石	矿化产于陆源碎屑岩向碳酸盐岩过渡部位的钙质砂岩及砂页岩互层中	矿化主要产于碎屑岩与灰岩接触部位的灰岩一侧，赋矿岩石为白云石化灰岩、白云岩及角砾岩	矿化产于下含矿带(砂砾岩)和上含矿带(灰岩角砾岩)中的砂砾岩和灰岩角砾岩中
围岩蚀变	主要有碳酸盐化、硅化及黄铁矿化	与成矿有关的蚀变类型为白云石化、方解石化和硅化	主要出现在灰岩角砾岩和白云岩中，与角砾状和细脉浸染状矿化相伴，以碳酸盐化、硅化和黄铁矿化为主
矿石建造	Pb-Zn型	Fe-Pb-Cu型、Pb-Cu型、Pb-Zn型、单Pb型	Pb-Zn-(Cu)型 Pb-Zn-Sr型
矿物组合	黄铁矿-方铅矿-闪锌矿型	磁(赤)铁矿-方铅矿-黄铜矿型、黄铁矿-方铅矿 黄铜矿型、黄铁矿方铅矿-闪锌矿型、黄铁矿-方铅矿-(闪锌矿)型	黄铁矿-方铅矿-闪锌矿型 黄铁矿-黄铜矿 闪锌矿型 黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-(天青石)型
矿化垂直分带(由上而下)	块状(或层纹状)黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-(黄铜矿)矿石 细脉浸染状(或角砾状)黄铁矿-方铅矿-闪锌矿矿石	角砾状(或浸染状)黄铁矿-方铅矿 闪锌矿矿石，角砾状(或浸染状)黄铁矿-方铅矿矿石，角砾状(或浸染状)黄铁矿-黄铜矿-方铅矿矿石，黄铁矿 黄铜矿矿石	灰岩角砾岩型铅-锌-锶矿石 砂岩型铅-锌-(铜)矿石
矿化类型	大中型	大中型	中小型

新疆已发现本类型矿床(点)73处。其中霍什布拉克式3处、卡兰古式60处、乌拉根式10处。按矿床规模，有中型6处(霍什布拉克、沙里塔什、乌拉根、塔木、卡兰古、铁克列克)，小型和矿点67处等。此类型矿床已探明储量约102万吨，占新疆已探明铅锌储量的20%以上。居各类型铅锌矿的第二位。

(二) 时空分布特征

新疆沉积岩容矿的层控铅锌矿床成矿时代自元古宙至中-新生代都有发现。目前已知的73处产地中，元古宙(?)10处、奥陶—志留纪10处、泥盆纪13处、石炭—二叠纪30处、白垩—第三纪10处。工业矿床则集中于泥盆纪至二叠纪(占本类型总储量的70%)。成矿主要与古生代造山带陆缘盆地、上叠盆地形成过渡时的拉张阶段、汇聚阶段和中新生代新陆壳板内阶段有关。前寒武纪基底陆壳形成者相对较少。

新疆境内该类型分布从北到南可分7个带：

1)赛里木铅锌矿带；

2)巴伦台铅锌矿带；

3)星星峡铅锌矿带；

4)麦丹他乌铅锌矿带；

5)柯坪铅锌矿带；

6)乌拉根铅锌矿带；

7)铁克里克铅锌矿带。

上述各矿带中，以组成塔里木盆地西缘的麦丹他乌、乌拉根及铁克里克等带沉积岩容矿的层控铅锌矿床分布最普遍、最具有代表性，是潜在工业意义最大的另一重要矿床类型。

(三) 矿床主要特征

1. 细碎屑岩亚类型(霍什布拉克式)铅锌矿床主要特征

该类矿床即沉积岩容矿的块状硫化物矿床(也有的称为沉积岩中喷流沉积或热水沉积矿床)，习惯上简称为“SEDEX”矿床。

本类型矿床是世界上铅、锌的重要来源之一，它分别拥有国外铅、锌储量的32%和20%。新疆目前已发现3处矿床(点)，探明储量占新疆铅锌总储量的10%左右，是新疆主要铅锌矿床类型之一。

本亚类型矿床总的特点可与德国梅根和我国甘肃厂坝铅锌矿床对比。主要特征为：

1)产于拉张型过渡壳构造环境，与泥盆纪发育的陆缘裂陷盆地有关。在新疆，仅分布于麦丹他乌(西南天山)铅锌矿带。已知最重要的矿床产于麦丹他乌的霍什布拉克和沙里塔什地区。

2)成矿与海底热水沉积作用有关，其分布受沉积洼地和同生断裂的控制。通常一个沉积洼地即为一个中大型矿床区的范围。

3)矿床的直接顶底板为灰岩夹生物碎屑灰岩和页岩，矿体产于钙质页岩、粉砂岩、泥岩、白云岩、砂岩及页岩互层中，属沉积岩中细碎屑岩系容矿的这一类型。矿体赋存于细碎屑岩层和碳酸盐岩层之间，表明主要成矿作用发生在沉积环境转换时期过渡态的沉积阶段，因而有利于成矿。

4)上部矿体呈层状、似层状；下部矿体为细脉浸染状矿化，矿化具有双层结构。

5)围岩蚀变强烈，以碳酸盐化、硅化及黄铁矿化组合为特征。空间上主要发育于热水沉积-成岩期形成的块状、层纹状硫化物主矿体内。

6)矿化以铅、锌为主，伴生铜、银、钴、镉等，可综合利用。矿化分带明显，上部为块状(或层纹状)黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-(黄铜矿)矿石；下部为细脉浸染状(或角砾状)黄铁矿-方铅矿-闪锌矿矿石。

在新疆，本亚类型矿床为本子课题和蔡宏渊等(1998)● 首次共同提出，并将西南天山乌恰县沙里塔什铅锌矿床(中型)、阿图什市霍什布拉克铅锌矿床(中型)及托格买提矿点等厘定为本类型。但目前西南天山(麦丹他乌)地区地质矿产勘查和研究程度都很低，从地质-成矿条件看，本亚类型矿床有较大的找矿潜力。

2. 碳酸盐岩亚类型(卡兰古式)铅锌矿床主要特征

该亚类矿床即为改造型，西方文献多称密西西比河谷型铅锌矿床。习惯上简称为“MVT”矿床(北美地区)。

● 蔡宏渊等，1998，南天山铜、铅锌矿床成矿条件、靶区优选和评价研究。

此亚类矿床也是世界上铅、锌的重要来源之一，它分别拥有国外铅、锌储量的32%和20%。也是新疆主要铅锌矿床类型之一，储量占新疆铅锌总储量的10%左右。

本亚类矿床总的特点可与密西西比河谷型和我国秦岭型毕家山-铅硐子式铅锌矿床对比。据汪东波等(1999)资料[1]，主要特征如下。

1)主要产于汇聚型过渡壳构造环境，与中—新元古代、奥陶纪—志留纪、泥盆纪—石炭纪发育的地块边缘活动带及造山带中的陆缘盆地、上叠盆地，前寒武纪基底岩石(星星峡)及奥陶纪—石炭纪盖层(赛里木、马鞍桥、柯坪、铁克里克)中的富镁碳酸盐岩建造和陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造有关。在新疆该亚类型矿床分布较普遍，由北而南有赛里木铅锌矿带、巴伦台铅锌矿带、星星峡铅锌矿带、柯坪铅锌矿带、铁克里克铅锌矿带。已知最重要的矿床产于铁克里克的塔木、卡兰古、铁克列克地区。

2)成矿受NNW向主控矿断裂控制，所有铅锌矿床和矿点均分布于这组断裂之旁侧。铅锌矿和铁矿几乎都受控于泥盆系-石炭系3个古含水层系统，矿化作用均位于角砾岩中，角砾化作用沿地层层位发生，形成充填的似层状矿体，部分矿体呈不规则状和脉状。

3)围岩蚀变主要以白云石化为主，有两种产出状态：一是产于硫化物中，可能与断裂形成的含矿热液交代有关；二是产于白云岩或白云质灰岩中，为沉积的白云石或区域蚀变形成的白云石。

4)矿床中矿石均表现为角砾状构造，硫化物赋存于胶结物中。主要有细粒浸染状矿石，粗粒脉状矿石以及块状硫化物矿石。

5)矿化可分为铅锌(铜)、铅锌(银)和铁矿化，二者具有相似的围岩蚀变和矿物组合。铅锌(铜)或铅锌银矿床，成矿元素以Pb、Zn为主，伴生Cu、Ag、Fe、Au，部分矿床可圈定出独立的铜矿体或银矿体，成为铅铜矿床或铅锌银矿床。矿床的金属组合与围岩性质有密切的联系，直接产于碳酸盐岩中的矿床(化)以锌为主；产于碎屑岩与碳酸盐岩接触部位的矿化(体)以铅、锌为主，铜主要产于古含水层中铅锌矿化下盘靠碎屑岩一侧。矿化分带明显，由上而下为：黄铁矿-方铅矿-闪锌矿矿石、黄铁矿-方铅矿矿石、黄铁矿-黄铜矿-方铅矿矿石、黄铁矿-黄铜矿矿石。

本亚类型代表性矿床(点)有：蓟县—青白口纪的西铅炉子铅矿床(小型)、玉西铅锌银矿床(小型)及10余处矿点；奥陶—志留纪的吐斯塔克铅矿床(小型)及坎岭铜多金属矿点等；泥盆—石炭纪的铁克列克铜铅矿床(中型)、塔木铅锌矿床(中型)、卡兰古铅矿床(中型)、马鞍桥铅锌矿床(小型)及众多小型矿床和矿点等。

3. 砂砾岩亚类型(乌拉根式)铅锌矿床主要特征

该亚类型矿床前人多划为沉积型铅锌矿床。本次在对前人资料研究的基础上，并与云南金顶矿床对比，主要根据该矿床的容矿岩系而划入砂(砾)岩型层控铅锌矿床。

本亚类型矿床从世界范围看，其储量所占地位甚小，因此，国外对其研究不多。本类型矿床在我国滇西兰坪-思茅盆地中，矿床规模可达大型—超大型(金顶)，因此具有大的工业价值。

新疆目前已发现的本类型矿床仅发育于塔里木地块西缘喀什中—新生代前陆盆地中，称为乌拉根铅锌矿带。除乌拉根铅锌矿床可达中型外，其余10多处均为矿(化)点。初步概算储量为12.7万吨，占新疆铅锌总储量的2%。考虑到该类型矿床品位高、工作程度低，因此，仍有较大的找矿潜力。

---

[1] 汪东波等，1999，塔木-卡兰古铅锌矿带成矿条件及评价研究。

本类型矿床总的特点可与我国云南金顶铅锌矿床对比。主要特征如下。

1)矿床产于新陆壳的板内发展阶段,与塔里木地块西缘喀什中生代至新生代前陆盆地海相陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造有关的矿化,即新疆本类矿床、点。

2)矿区上白垩统土尔克斯坦组上部(K_2t_2)和老第三系阿尔塔什组下部(Ea_1),为石英砂岩、砾岩和介壳灰岩、白云岩角砾岩夹泥岩和石膏层,矿床即赋存在这两套地层之间的构造接触面处 K_2t_2和 Ea_1 两个岩带内。这个地层界面也是良好的古含水层构造,其上、下均有粘土质岩作隔挡层。

3)矿床分为砂岩型和角砾岩型两种矿化类型。前者矿体呈透镜状产于上白垩统,与围岩整合产出。矿化具有多层状,为条带状铅锌矿化及部分铜矿化砂岩扁豆体和少量浸染状及细网脉状碳酸盐硫化物矿化;后者矿体呈顺层的透镜体产于老第三系,与围岩产状基本一致。矿化为单层矿,由灰岩和白云岩中角砾状矿石和方解石-白云石-方铅石-闪锌矿细网脉浸染状矿石组成。

4)矿石建造以 Pb-Zn-Sr 型为主,部分为 Pb-Zn-(Cu)型。矿床的金属矿物可分为氧化矿物和硫化物,以氧化矿物为主。矿化以铅、锌为主,伴生铜、锶和镉,可综合利用。矿化分带明显,上部为角砾岩型铅-锌-锶矿化,下部为砂岩型铅-锌-(铜)矿化。

四、与花岗岩类有关的铅锌矿床

(一) 概述

本类矿床为与花岗岩类有关的热液脉亚类型、矽卡岩亚类型及斑岩亚类型 3 种。前者只包括花岗岩类衍生的岩脉、石英脉、碳酸岩脉等含矿的矿床、矿点;中者是指产于花岗岩类侵入体与碳酸盐岩类岩石的接触带及其附近围岩中含矿的矿床、矿点;后者为与钙碱系列的中-酸性浅成-超浅成侵位的斑岩体有关的细脉浸染状硫化物铅锌矿床、矿点。

此类矿床中热液脉亚类型矿床在国内外不具重要意义。矽卡岩亚类型矿床在世界铅锌矿中所占的比例不大,但在我国铅锌矿中比例较大。由于矽卡岩型铅锌矿以富矿为主,是我国铅锌矿床的主要开采对象之一。斑岩亚类型矿床在国内外具有重要意义。由于斑岩型铅锌矿规模大,宜大规模开采,是主要开发类型之一。

新疆目前已知的与花岗岩类有关的铅锌矿产地 19 处,其中小型矿床 7 处、矿(化)点 12 处。已知产地 19 处中,热液脉型 10 处,其中小型 2 处(豹子沟、喀拉巴格)、矿(化)点 8 处;矽卡岩型 7 处,其中小型 3 处(东都津、沙雷马扎尔、牙门沙拉)、矿(化)点 4 处;斑岩型 2 处,均为小型矿床(肯登高尔、硫磺山)。19 处产地中,泥盆纪 6 处、石炭纪 13 处,可见主要产于泥盆纪及石炭纪。"这是因为本类型矿化基本与汇聚阶段的钙碱性岩浆作用有关,而新疆主要造山带的汇聚阶段都在泥盆纪和石炭纪期间"❶。

在新疆,本类矿床地质工作程度低,目前矿产地数量较少。从已知情况看,具有小型规模的本类矿床发育于博罗科努古生代复合岛弧和那拉提-红柳河缝合带中,并形成以铅锌矿化为主的矿带。主要矿床、矿点分布于博罗科努铅锌矿带和库米什铅锌矿带。

---

❶ 刘德权等,1999,新疆铜镍矿成矿规律与成矿预测。

(二) 矿床主要特征

1)矿化与造山带演化的汇聚阶段和新陆壳固结期岩浆作用有关,产于古生代复合岛弧和板块缝合带两种环境中。

2)与成矿直接有关的花岗岩类主要为钙碱性,成分可从花岗闪长岩至二长花岗岩及钾长花岗岩。矿化产于花岗岩体内及其内外接触带中,按距离岩体中心的远近大体可分出斑岩型、矽卡岩型、热液脉型3种铅锌矿化类型。斑岩型矿床赋矿岩石为花岗闪长斑岩、石英斑岩、花岗斑岩,矽卡岩型矿床赋矿岩石为花岗岩类与灰岩接触带的矽卡岩,热液脉型矿床为板岩、砂岩、灰岩中的岩脉、石英脉、碳酸盐岩脉等。

3)矿体形态包括单脉、复脉、网脉、透镜状、似层状等。多成群产出。石英脉矿体长30~250m,厚0.5~14m,铅、锌品位为0.1%~5.2%;矽卡岩似层状矿体长10~200m,厚1m,铅、锌品位为1%~10%;斑岩似层状矿体长135m,宽2~10m,铜、钼品位分别为0.5%~1%、0.1%~0.5%,铅、锌矿化尚不清楚有待进一步研究。

4)矿石建造变化较多。以Pb-Zn、Cu-Pb-Zn型为主,其次为Pb、Pb-Zn-Ag、Cu-Mo等。其中Pb-Zn-Ag型较有远景。

5)矿化规模一般很小,已知最大可达小型矿床。

第二节　重点铅锌成矿区带

以查尔斯克-乔夏哈拉、那拉提-红柳河及康西瓦-阿尔喀3条断裂(或缝合带)为界,将新疆铅锌划分为阿尔泰南缘、塔里木盆地西缘、中天山(南缘)及阿克赛钦成矿区带。根据主要构造-建造-成矿特征的差别,又在成矿带中划分出铅锌矿带(表2-4,附图2)。

表2-4　新疆铅锌成矿区带表

Table 2-4　Pb-Zn metallogenic belts of Xinjiang

成矿区带		矿　带	
编　号	名　称	编　号	名　称
Ⅰ	阿尔泰山南缘铅锌(铜、金、稀有金属)成矿带	1	诺尔特铅锌矿带
		2	可可塔勒铅锌矿带
		3	阿舍勒铜锌矿带
Ⅱ	中天山(南缘)铅锌成矿带	4	赛里木铅锌矿带
		5	博罗科努铅锌矿带
		6	阿吾拉勒铅锌矿带
		7	巴伦台铅锌矿带
		8	库米什铅锌矿带
		9	康古尔塔格铜锌矿带
		10	星星峡铅锌矿带
Ⅲ	塔里木盆地(陆块)西缘铅锌(铜、金、锑、稀有金属)成矿带	11	麦丹他乌铅锌矿带
		12	柯坪铅锌矿带
		13	乌拉根铅锌矿带
		14	铁克里克铅锌矿带
Ⅳ	阿克赛钦铅锌(铜、金、稀有金属、白云母)成矿带		

康西瓦-阿尔喀断裂以南的构造带暂划出阿克赛钦铅锌(铜、金、稀有金属、白云母)成矿带。

已有的成果表明,新疆大-中型铅锌矿床及众多小型矿床、矿点及异常主要集中分布在阿尔泰山南缘和塔里木盆地西缘两条重点铅锌成矿区带上。在中天山(南缘)也分布有一些小型铅锌矿床和矿点,是新疆一条潜在的铅锌成矿带。

一、阿尔泰山南缘铅锌成矿带

该带位于阿尔泰成矿区。它属于中亚古生代成矿域西伯利亚亚域。是在元古宇基底破裂的基础上发展起来的古生代陆缘活动带。在震旦纪—奥陶纪成为陆缘盆地,有巨厚陆源碎屑岩沉积。中奥陶世后转入汇聚,志留纪时有大规模准原地斜长花岗岩化及角闪岩相变质。泥盆纪初开始变为陆缘裂陷槽,出现双峰式和流纹-英安质占绝对优势的类双峰式火山岩建造。泥盆纪末汇聚,早石炭世固结。克兰(南阿尔泰)带汇聚结束时向北的俯冲碰撞导致北阿尔泰带生成活化型交代钾长花岗岩化。诺尔特上叠盆地也于此前后形成。

该区为一北北西向重力梯级带,磁场表现为负背景的正负变化区,主体上属上地幔的变异带,地壳厚度为55km。该区是铅、锌省。地球化学场特征为稀有元素叠加多金属地球化学场,是新疆有色、贵金属和稀有金属、云母、宝石的重要产地。可划分为诺尔特和阿尔泰山南缘两个铅锌成矿带。这两个成矿带成矿作用分别以拉张和汇聚阶段为主,产有与海相火山岩系有关的铅锌多金属矿床。

阿尔泰山南缘铅锌成矿带(1),南以玛尔卡库里断裂、克兹加尔断裂、玛因鄂博断裂为界,北在不同地段分别以黑流滩断裂、阿巴宫断裂、巴寨断裂、阿拉图拜断裂与可可托海-哈隆稀有金属成矿带邻接。在构造上属于阿尔泰南缘晚古生代陆缘裂陷槽范围。自西至东斜列的阿舍勒、冲乎尔、克兰、麦兹大型陆缘火山裂陷沉积盆地控制着该成矿带的展布。该带往西延伸过哈巴河断裂到加曼哈巴和克孜勒卡因一带出境,与哈萨克斯坦矿区阿尔泰和南阿尔泰霍尔宗-萨雷姆克塔成矿带相接,往东南延伸过卡拉先格尔断裂和阿拉图拜一带。该带是新疆境内重点铅锌成矿带,呈北西-南东向展布,新疆境内长435km,宽20--40km,面积约13000km^2。

在泥盆纪时期,阿尔泰古陆南缘拉张,形成了受NNW向大断裂控制的火山裂陷沉积盆地,早—中泥盆世堆积拉张阶段形成双峰式火山岩建造。北部(冲乎尔-麦兹带)近陆侧下泥盆统陆源碎屑物较多,碎屑成熟度也稍高,火山岩中的酸性岩比例较大,局部夹碳酸盐岩。南部(阿舍勒带)近洋侧下泥盆统则为典型双峰式火山岩及其火山碎屑岩。晚泥盆世转入汇聚。汇聚阶段的复理石及中-酸性火山岩建造只在哈巴河北的部分地区分布。汇聚阶段后期的花岗岩类很发育。带内大致可分为3段:哈巴河北为石英闪长岩、斜长花岗岩类,青河南以花岗闪长岩至二长花岗岩为主,阿勒泰一带则以二长花岗岩为主。即后两个地区当时更靠近大陆一些。该带于中石炭世固结,固结期的钾长花岗岩主要在北线靠近北阿尔泰的部位分布。北阿尔泰带内的石炭纪钾长花岗岩与它们是同一碰撞事件的产物。晚石炭世隆起为陆。

本带可进一步分为南部阿舍勒铜锌矿带和北部可可塔勒铅锌矿带。

1. 可可塔勒铅锌矿带(2)

该带位于阿尔泰南缘晚古生代陆缘裂陷槽的近陆侧,是哈萨克斯坦霍尔宗-萨雷姆克塔

矿带的东延部分。南以赛卡桑-克兹加尔-玛因鄂博断裂为界，北以黑流滩断裂、阿巴宫断裂、巴寨断裂与可可托海-哈隆稀有金属成矿带邻接。北界均呈楔形插入青河-哈隆加里东隆起带中，说明控制盆地的基底断裂具有明显走滑性质。是区内最重要的产于海相火山岩系中的铅锌多金属矿带，产有著名的可可塔勒铅锌矿床及一批中小型矿床(点)。

该带在泥盆纪时期，阿尔泰古陆南缘拉张，形成了受 NNW 向大断裂控制的火山沉积盆地(冲乎尔、克兰、麦兹等盆地)，地层主要为下泥盆统康布铁堡组(D_1k)和中泥盆统阿勒泰组(D_2a)。华力西晚期岩浆侵入活动强烈，并以酸性花岗岩类侵入为主，伴有稀有金属矿化。发育一系列 NW 向及 NNW 向深大断裂，重力场表现为南西高、向北东方向降低的重力梯度带，与区内的主构造线及深大断裂的分布相吻合。

该带内铅锌矿床(点)主要产于下泥盆统康布铁堡组上亚组(D_1k_2)中，为以海相流纹-英安质为主的火山沉积建造。产出有火山-沉积岩容矿的块状硫化物型、磁铁硫化物型和萤石方铅矿型铅锌矿床，它们的代表矿床分别为可可塔勒矿床、阿巴宫矿床和阿克哈仁矿床。其中块状硫化物型是本带最主要的找矿类型，次为磁铁硫化物型，萤石方铅矿型有待进一步研究，初步认为找到大型矿床的可能性不大。

该带从西到东，火山岩的酸性程度和变质程度逐渐增强，致使矿化组合的变化从西到东具有 Cu-Zn→Cu-Pb-Zn→Pb-Zn 的变化格局。

与该带相伴的造山期花岗岩类，主要是 S 型，与铍、锂、钽、铌等成矿有关。可见，该带火山-沉积盆地具有古老陆壳基底。

该区是 Cu、Pb、Zn、Ag、Cd 等元素的高丰度带，异常发育，成带分布，分段集中。可划分为加曼哈巴 Cu、Pb、Zn 异常区、冲乎尔 Zn、Cu、Pb、Ag 异常区、阿勒泰区(克兰盆地范围)Cu、Pb、Zn、Au 异常区和麦兹 Pb、Zn、Ag 异常区，异常区内矿化集中，反映了成矿潜力很大。

2. 阿舍勒铜锌矿带(3)

该带位于阿尔泰南缘晚古生代陆缘裂陷槽近洋侧，是哈萨克斯坦矿区阿尔泰的东延部分。北邻冲乎尔-麦兹矿带与赛卡桑-克兹加尔断裂相接，南以玛尔卡库里断裂为界，为一楔形插入体。是区内重要的铜锌矿带之一。主要矿床类型为火山岩容矿的块状硫化物型铜多金属矿床，产有阿舍勒铜锌矿床(伴生铅、金等)及一些铜矿点。

区内主要的沉积建造为早、中泥盆世的海相火山岩-陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造。中、下泥盆统的阿舍勒组($D_{1-2}a$)主要为一套富钠质的火山沉积建造，火山岩分异完善，为英安-玄武质双峰式火山岩，是阿舍勒大型铜锌矿的容矿地层。

汇聚阶段华力西期(晚期为主)的岩浆侵入活动强烈，石英闪长岩、斜长花岗岩类发育，阿舍勒铜锌矿位于复式岩体南西侧，显示了二者在空间上具有密切相伴的关系，可能代表了火山-深成岩组合。

主要构造以 NW 向及 NNW 向断裂为主，其次发育 NS 向、NE 向断裂。NW 向断裂构造是区内铜锌矿化的主要控矿构造。NW 向的玛尔卡库里断裂位于矿带的中部，对泥盆纪的沉积相、火山活动范围有明显的控制作用，是一主要的控岩、控矿构造。

区内是 Cu、Au 等元素的高丰度带，按异常元素组合可分为两组，一是以 Au 为主，伴生 As、Sb、Hg、Bi 的异常群；二是以 Cu 为主，伴生 As、Sb、Au、Zn、Pb 的异常群，在空间上表现为北 Cu 南 Au 的分带规律。

该带的构造-岩浆-建造特征和控矿特征，以及矿化异常的发育程度，反映了该区是一具

有较大找矿潜力的铜锌矿带。

二、塔里木盆地西缘铅锌成矿带

该带位于塔里木盆地西缘，它属于中亚古生代成矿域塔里木亚域。构造相当于塔里木板块北缘活动带和塔里木陆块的范围，兼有造山带和克拉通的地质成矿环境和条件。

本区围绕塔里木陆块周边为前寒武纪基底陆壳出露区。铁克里克边缘地块在古元古代末固结，长城系起即为盖层。阿尔金为古太古代陆核基底上的蓟县纪增生陆壳，青白口系为盖层。柯坪基底局部出露为蓝片岩系。库鲁克塔格大体可分为隆起带和坳陷带。隆起带包括太古宇托格杂岩(TTG 组合等)，古元古界兴地塔格群、长城系、蓟县系及青白口系等。坳陷带为震旦系-奥陶系等盖层。

塔里木陆块周边前寒武纪基底上的古生代和中—新生代盖层，在柯坪、麦丹他乌、铁克里克及乌拉根等地区广泛分布。柯坪出露大面积自震旦系至泥盆系的盖层，奥陶-志留系丘达依塔格群镁质碳酸盐岩夹碎屑岩建造为本带下部铅锌赋矿层位。麦丹他乌和铁克里克出露的中泥盆统—下石炭统托格买提组、坦盖塔尔组、克孜勒陶组及克里塔格组和霍什拉甫组陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造为本带中部铅锌赋矿层位。乌拉根一带出露的上白垩统-老第三系砂砾岩-碳酸盐岩-膏泥岩建造为本带上部铅锌赋矿层位。

本带是新疆重点铅锌成矿区带，产有沉积岩容矿的碳酸盐岩型、细碎屑岩型、砂砾岩型铅锌矿床，成矿时代跨度大为其主要特征。从世界范围看，这 3 类层控铅锌矿床类型一般不同时出现于同一成矿带内。南秦岭的西成矿带中既产出热水沉积型铅锌矿床(厂坝)，又分布有较多的改造型铅锌矿床(邓家山等)。而新疆塔里木盆地西缘铅锌成矿带中既产出热水沉积型铅锌矿床(霍什布拉克式)，又产出众多的改造型铅锌矿床(卡兰古式)，在中—新生代盆地中产有砂砾岩层控型铅锌矿床(乌拉根式)，是研究 3 类层控型铅锌矿床的理想矿带。

本带总体上呈向西突出的成平卧的马蹄形。由北而南，可划分为麦丹他乌铅锌矿带(11)、柯坪铅锌矿带(12)、乌拉根铅锌矿带(13)、铁克里克铅锌矿带(14)。

1. 麦丹他乌铅锌矿带(11)

本带位于南天山西段的东阿赖—科克萨勒一带。南以乌恰断裂为界与柯坪铅锌成矿带邻接，北至边界，西起东阿赖，东至科克萨勒，相当于东阿赖-麦丹-科克萨勒晚古生代陆缘盆地的范围。矿带呈北东东向展布，长 225km，宽 35km，面积约 7800km^2。

本带自震旦纪初起成为塔里木板块北缘活动带。西段托云地区为前寒武纪基底陆壳的出露区。早古生代(志留纪)为陆缘盆地，沉积一套巨厚的浊积岩。早泥盆世出现洋壳，该带的外围出露有蛇绿岩带。中泥盆世拉张阶段为细碎屑岩-碳酸盐岩建造。石炭纪初固结，该带的外围有钾长花岗岩侵入。中石炭世为一套巨厚的复理石建造。二叠纪初在南缘发生上叠裂谷事件，堆积碱性玄武岩建造，并有非造山碱性辉长岩-正长岩小侵入体广泛分布。晚二叠世固结隆起为陆。

本带为一北东东向重力梯度带，属北塔里木-南天山负磁异常区的一部分。主体上属上地幔的变异带，地壳厚度为 65km。是麦丹塔格铅锌锑汞省的西段，铅锌偏于南部，锑汞偏于北部，与离塔里木古陆距离有关(何国琦等，1994)。

本带分别以 EW 向科克萨勒断裂和 EW 向托格买提断裂为界，可分为东、中、西 3 段，并

对应于科克萨勒、麦丹、东阿赖3个陆缘盆地。从已知铅锌矿化情况看，除中段麦丹他乌盆地产出有铅锌矿床外，西段东阿赖和东段科克萨勒两个盆地铅锌矿化情况尚不清楚，仅发现一些铅锌矿化点。

麦丹他乌盆地与铅锌矿化有关的地层主要为中泥盆统托格买提组(D_2t)和上泥盆统坦盖塔尔组(D_3t)海相细碎屑岩-碳酸盐岩建造。产有细碎屑岩型沙里塔什和崔什布拉克两个中型铅锌矿床以及一些矿点。麦丹他乌盆地内的铅锌矿床(点)即构成本矿带的主体。本带是新疆重要的细碎屑岩型铅锌矿带，是重点找矿区之一。

2. 柯坪铅锌矿带(12)

本带位于柯坪地区。北以乌恰断裂为界，与麦丹他乌矿带邻接，南至库尔勒断裂，西起吐什塔克，东至乌什，相当于柯坪古生代陆缘盆地的范围。该带呈北东东向展布，长270km，宽75km，面积约20000km^2。

本带为基底上的古生界盖层出露区。北东部有前震旦纪基底陆壳出露，为新元古界蓝片岩系。基底上为震旦系至泥盆系连续的盖层沉积。其中，震旦系为冰碛岩夹玄武岩，厚度较大，奥陶-志留系为一套碳酸盐岩沉积，其他均为稳定边缘浅海或潮坪-潟湖相灰岩、碎屑岩夹蒸发岩类沉积，厚度不大。所有盖层均未变质。石炭纪时塔里木与南天山已连成统一大陆，沉积薄层碳酸盐岩-碎屑岩类。二叠纪初堆积较厚的碱性玄武岩-磨拉石建造。晚二叠世隆起为陆。

带内铅锌矿化为与早古生代(奥陶纪—志留纪)拉张阶段富镁质碳酸盐岩夹碎屑岩建造有关，并在本成矿带南部圈出铅锌铜矿带，矿带长250km，宽25km。铅锌赋矿层位为奥陶纪灰岩，铜赋矿层位为志留纪砂页岩，矿化类型为碳酸盐岩型铅锌矿床，代表性矿床为吐什塔克、坎岭等矿床(点)10余处。

3. 乌拉根铅锌矿带(13)

位于塔里木盆地西缘的克孜勒苏河上游一带。北以乌恰断裂为界与麦丹他乌铅锌矿带邻接。南至乌别里克山口断裂，西起边境，东至喀什，相当于喀什白垩纪至第三纪前陆盆地的范围。该带呈东西向展布，长150km，宽45km，面积6750km^2。

本带主要被新生代坳陷沉积所覆盖，出露的基底及古生代盖层很少。

铅锌矿化受前陆盆地和EW向构造控制，其成矿时代恰逢塔里木盆地由白垩纪伸展向第三纪挤压的转变时期，这种应力状态的变化可能与印度板块与欧亚板块碰撞的远程效应有关。该盆地的沉积序列为：早白垩世为砾岩夹砂岩、泥岩，晚白垩世至老第三纪为滨海潟湖相沉积碎屑岩、碳酸盐及石膏层，新第三纪为陆源碎屑岩。其中晚白垩世至老第三纪的滨海潟湖相地层即为本带砂砾岩型铅锌矿床的赋矿层位。

本带铅锌矿床(点)产于上白垩统土尔克斯坦组上部砂砾岩和老第三系阿尔塔什组下部灰岩-白云岩角砾岩带中，为沿不同时代地层界面形成的良好的古含水层构造，产有乌拉根等中型铅锌矿床以及10处矿(化)点。

根据新疆鑫汇矿业公司近年来在该带的勘查资料，在乌拉根向斜南翼发现铅锌矿带长大于3000m，平均水平厚3.92m，以锌为主。表明本带具寻找大型铅锌矿床的前景。

4. 铁克里克铅锌矿带(14)

本带位于塔里木西南缘的铁克里克一带。南以柯岗断裂和赛拉加兹北断裂为界与北昆仑古生代沟弧带邻接，北至和田白垩纪—第三纪盆地，西起克孜勒陶，东至铁克里克塔格，相

当于塔里木陆块铁克里克边缘地块的范围。该带呈向南突出的弧形，西段呈北北西向展布，东段呈东西向展布。本轮仅将北北西段划为铅锌矿带，长 250km，宽 15km。

本带为前寒武纪基底出露区。带内出露最老地层可能为太古宇深变质的片麻岩类，可与库鲁克塔格地区的太古宇对比。其上为古元古界片岩类，中元古界细碧角斑岩建造和新元古代青白口纪的稳定型的盖层沉积，为陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造。震旦纪—寒武纪该带处于隆起状态。泥盆纪—石炭纪汇聚阶段为陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造。晚石炭世为碳酸盐岩-陆源碎屑岩建造。晚二叠世隆起为陆。

该带内缺乏古生代以来的岩浆侵入活动。在本带东端及与本矿带相邻的西昆仑北缘元古宙花岗伟晶岩中产有水晶、云母及绿柱石宝石。另外，在本矿带内的阿巴列克铅铜矿床赋矿层位中产有磁铁矿床。这种伴生矿床类型上的特征，与阿尔泰山南缘铅锌矿带非常相似，表明了中亚古生代成矿域有着区别于世界其他巨型成矿域的重要成矿特色。

重力梯度带呈弧形围绕着新疆南缘的昆仑-阿尔金山，属昆仑坳陷区，深 50～65km。本带与铅锌矿化有关的地层为中泥盆统克孜勒陶组碎屑岩夹碳酸盐岩建造，下石炭统克里塔格组碳酸盐岩-碎屑岩建造及霍什拉甫组碳酸盐岩夹碎屑岩建造。它们分别相当于泥盆系—石炭系 3 个古含水层，即 3 个赋矿层位，产有碳酸盐岩型铁克列克、塔木、卡兰古等中型铅锌矿床以及 30 余处小型矿床和矿点。

本带是新疆最主要的碳酸盐岩型铅锌矿带，是重点找矿区之一。

第三章　新疆典型铅锌矿床

新疆铅锌矿床主要分布在阿尔泰山南缘和塔里木陆块(盆地)西缘两条主要成矿区带上,前者与泥盆系海相火山作用有关,总体上属火山-沉积岩容矿的块状硫化物型多金属矿床,重要矿床有可可塔勒大型铅锌矿床、铁木尔特铜铅锌矿床、阿巴宫铅锌-铁矿床、克因布拉克锌铅矿床及阿克哈仁铅矿等;后者总体上属沉积岩容矿的层控铅锌矿床这一大类,包括西南天山的沙里塔什-霍什布拉克泥盆纪喷流沉积型(SEDEX)铅锌矿床、塔里木盆地乌拉根式的中—新生代砂(砾)岩容矿的铅锌矿床和铁克里克(塔木-卡兰古)矿带密西西比河谷型(MVT)铅锌矿床等,沉积岩容矿的3类主要铅锌矿床(亚)类型出现在塔里木陆块西缘同一成矿区带中,这在世界上是罕见的,因而提供了研究三者之间相互关系的理想场所。在中天山(南缘)的前寒武纪基底出露区附近,也分布有一些小型铅锌矿床和矿点,其类型较复杂,是新疆一条潜在的铅锌成矿带。本章主要对阿尔泰山南缘和塔里木陆块西缘铅锌成矿带中典型矿床的地质-地球化学特征进行简要描述,并对其成因进行了初步分析。

第一节　与海相火山作用有关的层控铅锌矿床

与海相火山岩有关的层控铅锌矿床,按主要成矿元素组合的不同,可分为铜-锌型和铅-锌-(铜、铁)型两类,前者如阿舍勒矿床、小热泉子矿床等,为比较典型的火山岩容矿的块状硫化物矿床,因其以铜为主,在此不作论述;后者主要产于阿尔泰山南缘可可塔勒(麦兹-冲乎尔)矿带中,属火山-沉积岩容矿的块状硫化物矿床,其成矿特征为介于典型的火山岩容矿(VHMS)与典型的沉积岩容矿(SEDEX)块状硫化物型矿床之间的过渡类型,类似伊比利亚型(Saze et al., 1999),是本节讨论的重点。

可可塔勒矿带的铅锌矿床产于3个斜列分布的泥盆纪火山-沉积盆地中,在晚古生代造山过程中这些盆地转变为复式向斜构造,并经历了绿片岩相—角闪岩相的变质作用。

可可塔勒矿带的铅锌矿床在"七五"和"八五"期间已经历了两轮研究工作,本章在以往研究工作的基础上(王京彬等,1998),补充以"九五"的观测研究成果,来讨论本区最有代表性的可可塔勒铅锌矿、阿巴宫铅锌-铁矿和阿克哈仁铅(锌)矿床的成矿地质特征,为第四章成矿规律的论述奠定基础。

一、可可塔勒铅锌矿床

可可塔勒铅锌矿床位于新疆阿勒泰专区富蕴县境内,地理坐标为北纬47°21′10″,东经89°11′54″,距阿勒泰市约95km,是新疆目前最大的铅锌矿床。

可可塔勒矿床于1986年检查化探异常,评价铁帽时被发现,已控制铅+锌金属量约300万吨,平均品位铅1.51%,锌3.16%,铜0.08%,其中铅+锌大于8%的富矿体约占

30%。目前该矿已由地方企业小规模开采。

（一）成矿环境与火山岩系特征

阿尔泰山南缘与铅锌成矿有关的下泥盆统康布铁堡组火山-沉积岩系，分为上下两个亚组。麦兹地区康布铁堡组下亚组(D_1k_1)为一套变细碧岩-石英角斑岩-沉积岩建造，厚度约3000m，产有蒙库大型铁矿床；上亚组(D_1k_2)为一套变中酸性火山岩(熔岩、火山碎屑岩)-碎屑沉积岩-碳酸盐岩建造，厚度约4600m，可可塔勒铅锌矿床即赋存在上亚组第二岩性段中部($D_1k_2^2$)。

1. 矿区构造

麦兹向斜区域构造线总体走向310°～320°，地层陡倾、倾向北东为主，核部为阿勒泰组，两翼为康布铁堡组，北东翼倒转。可可塔勒铅锌矿床位于麦兹倒转向斜之北东倒转翼的东南端近转折部位(图3-1)，矿区构造较为简单。

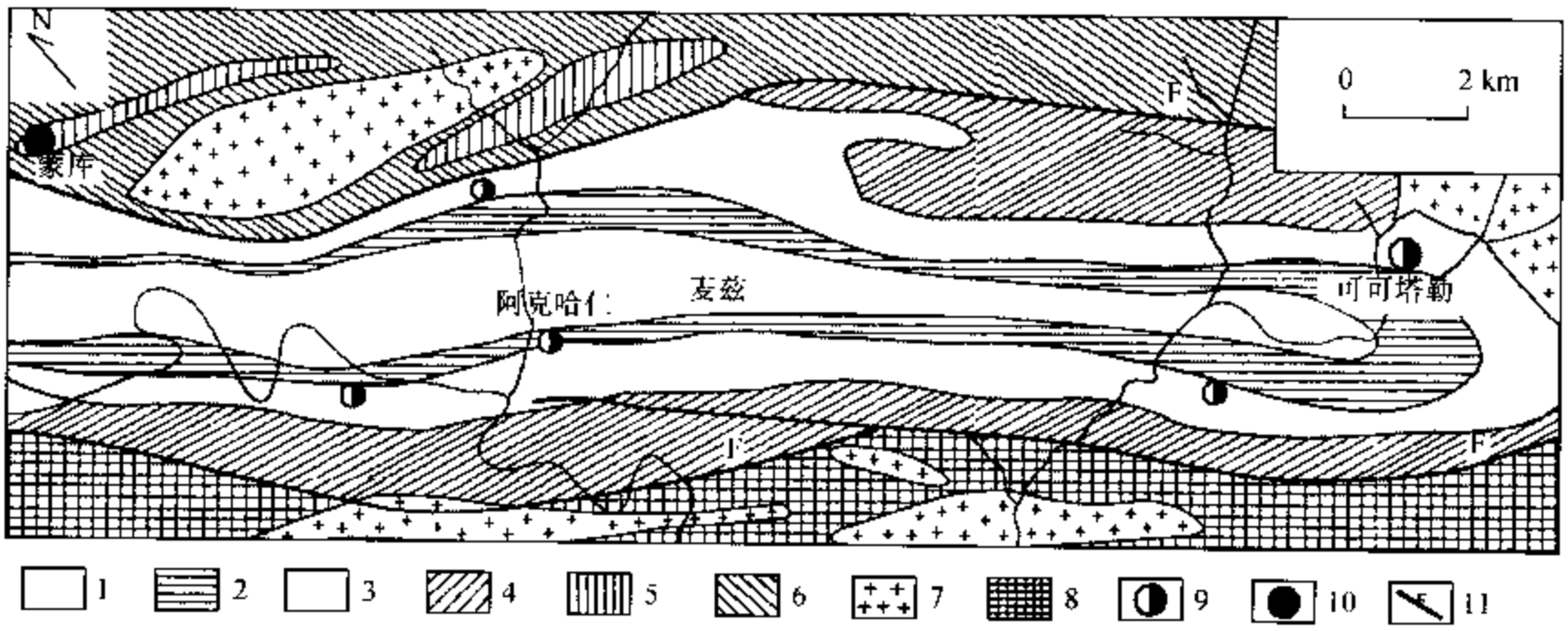


图3-1　麦兹向斜地质略图

Fig.3-1　Sketch map showing geology of the Maizi syncline

1—中泥盆统阿勒泰组片岩、变质砂岩、大理岩；2—下泥盆统康布铁堡组上亚组第三岩性段；3—下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段；4—下泥盆统康布铁堡组上亚组第一岩性段；5—下泥盆统康布铁堡组下亚组第二岩性段；6—下泥盆统康布铁堡组下亚组第一岩性段；7—华力西期花岗岩类；8—前寒武纪基底岩系；9—铅锌矿床；10—铁矿床；11—断裂

2. 矿区地层与火山-沉积旋回

可可塔勒矿区地层分布见图3-2。根据科依来普实测剖面，可可塔勒矿区康布铁堡组上亚组(D_1k_2)层序自上而下为：

中泥盆统阿勒泰组(D_2a)：

灰黑色十字石榴矽线二云石英片岩

——整　　合——

上亚组第三岩性段($D_1k_2^3$)：

21. 二云石英片岩、斜长角闪片岩夹大理岩　　173m

20. 片岩、大理岩夹变英安岩 210m

19. 变英安岩、变英安质火山角砾岩、火山角砾凝灰岩 439m

18. 长石石英砂岩、变流纹质晶屑凝灰岩、铁锰质大理岩 121m

17. 灰白色变流纹岩夹灰色变石英斑岩 79m

16. 变英安岩-变砂岩、片岩互层 222m

15. 变流纹凝灰岩、石英岩夹褐色大理岩 135m

上亚组第二岩性段($D_1k_2^2$)：

14. 褐色铁锰质大理岩(标志层) 27m

13. 二云石英片岩，具变余层理构造 19m

12. 变流纹岩、变流纹质角砾晶屑凝灰岩 26m

11. 片岩、变粉砂岩，见变余层理 12m

10. 褐色至黄褐色铁帽带(铅锌矿化体) 11m

9. 变粉砂岩，具变余层理 29m

8. 灰白色条带状磁铁石英岩、微晶石英片岩(喷流岩)，具变余层理 32m

7. 片岩、变条带状粉砂岩，具变余平行层理 24m

6. 变流纹质火山角砾岩、角砾凝灰岩、流纹岩 52m

5. 黑云片岩，局部夹变石英斑岩 19m

4. 变流纹岩、流纹质晶屑凝灰岩 219m

上亚组第一岩性段($D_1k_2^1$)：

3. 灰黑色石榴砂线黑云石英片岩，见变余斜层理(标志层) 317m

2. 变流纹质凝灰岩与变石英斑岩互层 133m

1. 变砂岩、含砾凝灰质长石砂岩，具变余层理 74m

未见底，其下为灰白色混合花岗岩及灰白色二云斜长片麻岩 >523m

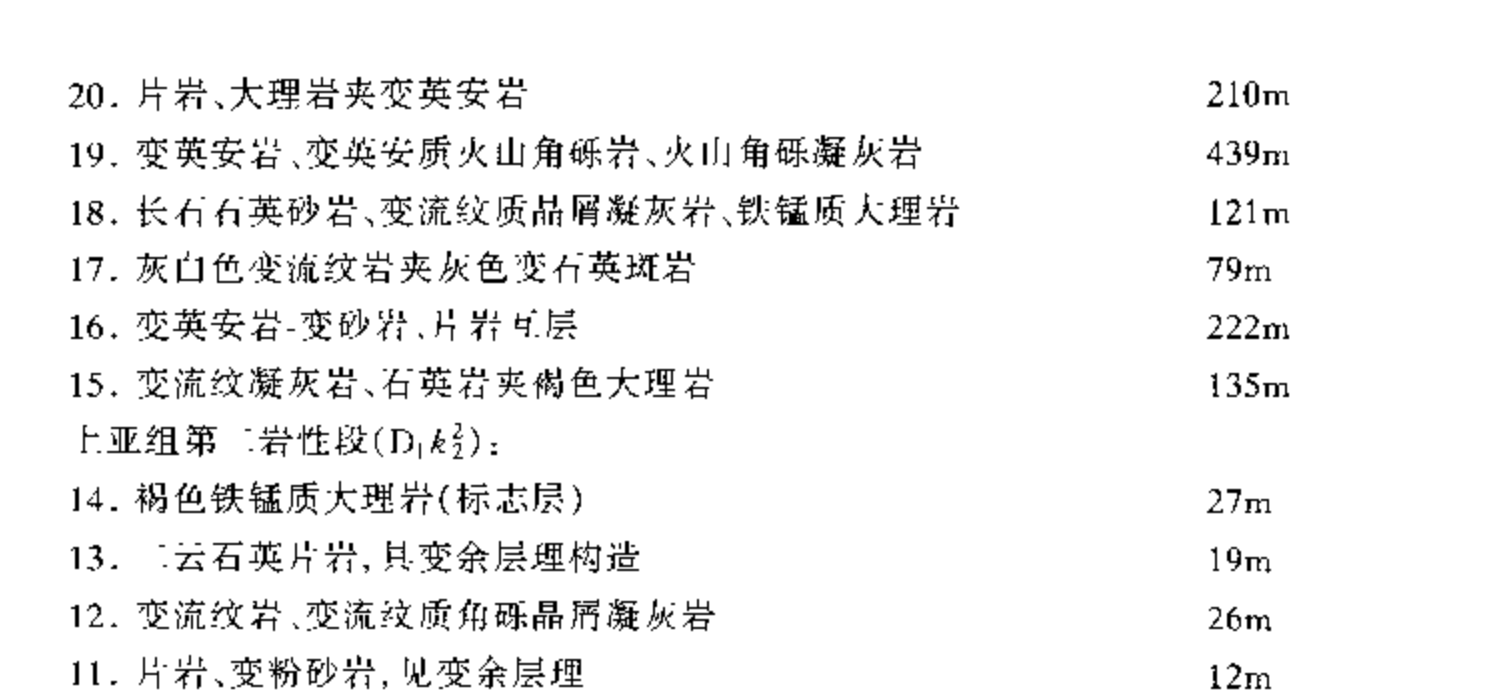


图 3-2 可可塔勒矿区地质图

Fig. 3-2 Geological map of the Keketale ore district

1—中泥盆统阿勒泰组片岩、大理岩；2—下泥盆统康布铁堡组上亚组变角砾晶屑凝灰岩；3—下泥盆统康布铁堡组上亚组变晶屑凝灰岩；4—下泥盆统康布铁堡组上亚组变角砾集块熔岩；5—下泥盆统康布铁堡组上亚组变酸性熔岩；6—下泥盆统康布铁堡组上亚组片岩、变粉砂岩、大理岩；7—次火山岩(花岗斑岩、石英斑岩)；8—华力西期花岗岩；9—铅锌矿体；10—勘探线及编号

从火山-沉积作用特点分析，康布铁堡组上亚组(D_1k_2)可大致划分出3个火山-沉积旋回，以可可塔勒矿区为例：

第一旋回($D_1k_2^1$)：火山活动相对较弱，火山岩与沉积岩厚度之比为0.34:1，形成一套流纹岩、流纹质凝灰岩-片岩、变砂岩组合。

第二旋回($D_1k_2^2$)：该阶段火山活动十分强烈。火山-沉积岩总厚度为470m，火山岩与沉积岩厚度之比为1.71:1，早期以火山喷发为主，形成了一套以爆发相为主的中酸性火山碎屑岩建造，岩石类型为火山角砾岩、角砾集块岩等，晚期以沉积作用为主，形成一套片岩、变粉砂岩、大理岩建造，并伴有铅锌矿化。根据次级火山-沉积作用，还可分为3个亚旋回：

$D_1k_2^{2c}$：变流纹质角砾晶屑凝灰岩-变粉砂岩、铁锰质大理岩；

$D_1k_2^{2b}$：变酸性熔岩、变角砾晶屑凝灰岩(局部为集块熔岩、凝灰角砾岩)-纹层状磁铁硅质岩和条带状微晶石英片岩(喷流岩)-铅锌矿化层(硫化物矿体、片岩、变粉砂岩、大理岩)；

$D_1k_2^{2a}$：变流纹质晶屑凝灰岩、流纹岩-黑云片岩。

第三旋回($D_1k_2^3$)：以间歇式火山活动为特点，形成一套中酸性熔岩、凝灰岩夹沉积岩建造，英安质成分增多。火山-沉积岩总厚度1350m，火山岩与沉积岩之比为1.47:1。

3. 火山-沉积洼地与矿下火山喷发中心

$D_1k_2^2$沉积时期，西侧的喀拉铁别为水下隆起区，唐巴拉为一水下斜坡区，可可塔勒为火山沉积洼地，其东南段则为规模较大的火山隆起。根据实测剖面资料，可可塔勒火山-沉积洼地，深度最大部位大致在T20～T33线之间(以0线为界，以东为单号，以西为双号)，T47线以西沉积厚度变小，至T135线又略有增大，后者可能受什根特沟西另一次级火山活动中心影响。T19～T12线间为多层矿，向两侧变为单层矿。T8线以东盆地明显翘起，矿体延伸减小(<300m)。这种矿体分布格局与火山-沉积洼地一致。

矿体富厚地段与条带状微晶石英片岩也有一定关系。20线以东和93线以西该层主体为条带状磁铁石英岩，相应的矿层薄而贫；而55～8线间(7—0线间因覆盖而未见)该层主要为缺少磁铁矿的条带状微晶石英片岩(其深色层均含立方体黄铁矿)，对应的矿体厚而富。表明55～8线间当时处于火山-沉积洼地中心的相对深水还原环境；而8线以东和55线以西渐成为浅水氧化环境。

麦兹盆地康布铁堡组上亚组沉积中期($D_1k_2^2$)，火山活动受科依来普(同生)断裂控制，整体上表现为链状(串珠状)火山构造，由裂隙式和中心式火山构造连结而成。可可塔勒矿区是麦兹盆地$D_1k_2^2$沉积时期火山活动最强烈的区段，主矿段(B11)矿下层的流纹质熔岩、角砾岩、凝灰岩发育，厚度巨大，火山角砾岩、集块岩断续总长达1750m，并被火山活动同期或稍晚期的潜火山岩体(石英钠长斑岩、细粒花岗岩)侵位，发育了火山喷发中心。矿床定位于火山隆起边侧的火山-沉积洼地(长12km)中，已控制的矿化范围为$7\times0.6km^2$。

4. 火山岩岩石学

矿区康布铁堡组上亚组火山岩以钙碱性系列流纹岩为主，次为英安岩(表3-1)，SiO_2集中在70%～78%之间，Na_2O、K_2O变化大。岩石类型主要有：变流纹质熔岩、流纹质晶屑凝灰岩、流纹质火山角砾凝灰岩、流纹质火山角砾岩、集块岩、条带状变沉凝灰岩及英安质晶屑凝灰岩、熔结凝灰岩、英安质火山角砾岩等。

矿区附近还分布少量基性火山岩，多呈扁豆状小夹层，其数量在矿区火山岩剖面上小于3%。

表 3-1　可可塔勒科依来普剖面康布铁堡组上亚组火山旋回划分与岩石化学成分变化

Table 3-1　Volcanic cycles of upper sub-formation of the Kangbutiebao Formation from the Keyilaipu profile of the Keketale deposit and chemical compositional variation of volcanic rocks

主旋回	亚旋回	次旋回	剖面厚度/m	火山岩建造	火山岩主要化学成分(w_B/%)		
					SiO_2	Na_2O	K_2O
第一旋回 D_1k_2	$D_1k_2^3$		1230.6	钾钠质英安岩、钾质英安岩、钾钠质流纹质凝灰熔岩	62.49～68.99(5) 72.81～75.03(3)	1.22～7.45 3.69～4.50	2.43～7.13 1.64～4.49
	$D_1k_2^2$	$D_1k_2^{2c}$	116.79	钠质、钾钠质流纹岩	75.17～79.20(2)	3.55～5.61	1.45～1.49
		$D_1k_2^{2b}$	158.76	钠质流纹岩 钾质流纹岩 基性火山岩	70.75～77.46(54) 70.39～72.11(3) 48.31～53.40(3)	5.70～6.97 0.17～1.49 1.70～3.88	0.22～0.74 5.89～12.12 1.38～3.24
		$D_1k_2^{2a}$	238.23	钾质流纹岩	71.66～74.64(4)	0.1～1.62	6.15～10.67
	$D_1k_2^1$	$D_1k_2^{1b}$	441.19	钾质流纹岩 钾钠质流纹岩	75.28(1) 71.83(1)	1.41 2.85	6.25 3.28
		$D_1k_2^{1a}$	1725.3	钠质英安岩 钠质流纹岩	66.10(1) 76.57(1)	6.17 5.84	0.28 0.88

注：()中为样品数。

（据王京彬等，1998）

（二）矿床地质特征

可可塔勒铅锌矿床的直接容矿围岩根据变余结构构造和原岩恢复，主要为片岩、变砂岩-粉砂岩、大理岩，即以正常沉积岩和凝灰质沉积岩为主，在靠近火山口上部(0～19 线)，产有角砾晶屑凝灰岩和变酸性熔岩小透镜体，表明在成矿过程中仍有微弱的火山活动。

1. 铁帽(地表氧化矿体)特征

可可塔勒矿床东段矿体已剥露至地表并形成上褐黄色、褐红色铁帽，是最直接的找矿标志，可可塔勒矿床即是检查化探异常、追索评价铁帽而被发现的。该区铁帽以淋滤胶状构造、粉末状构造为主，局部发育蜂房状交代构造、条带状交代构造和块状交代构造。形态多为层状、似层状、透镜状，其规模一般长 20～60m，宽 0.2～25m 不等。铁帽中仍残留有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物矿物。

铁帽中 Pb、Zn、Ag、As、Sb、Tl、In、Ba、Bi、Cd、Mo 等元素富集，其中 As、Sb、Ag、Tl、Bi 的富集与方铅矿有关，Cd、In、Sb、Tl 的富集与闪锌矿有关，而 Ba 的富集则与重晶石的存在相关。综合对比表明，成矿有利的铁帽元素组合及指标范围为：Pb、Zn $n\cdot1000\times10^{-6}$，Ag10×10^{-6}，As $n\cdot10\times10^{-6}$，Sb 大于$(15\sim n\cdot10)\times10^{-6}$，Tl 大于 10×10^{-6}，In$\approx3\times10^{-6}$，Cd$(n\sim10)\times10^{-6}$，Ba $n\cdot1000\times10^{-6}$。

可可塔勒矿区氧化程度总体较弱，氧化深度不大，一般小于 20m。如 ZK3-0 孔 2.25～4.29m 为铁帽，4.29～12.52m 为氧化矿，12.52～14.15m 为混合矿，14.15 米以下即为原生矿。全矿区氧化矿金属量约 4 万吨。与钻孔中相应矿体的铅、锌品位对比表明，当探槽中铁帽铅品位大于 0.7%、锌大于 0.15%时，深部存在中至富铅锌矿体的可能性较大。

2. 矿体产状、品位和变化趋势

硫化物矿体呈似层状、透镜状，与地层产状基本一致(图 3-3)，在下盘(北东倒转翼)酸

性火山岩中，发育交切的浸染状和不规则细脉状矿化(以 7～14 线发育较好)，但不具工业价值。上部的层状矿体和下部交切细脉状-浸染状矿化共同构成了一个火山成因块状硫化物型矿床的典型矿化结构。层状矿体的走向一般为 310°～340°，在 0 线以西倾向 NE；0 线以东，地表矿体产状发生摆动，深部倾向变为 SW，这一转向趋势对深部找矿预测具有重要意义。

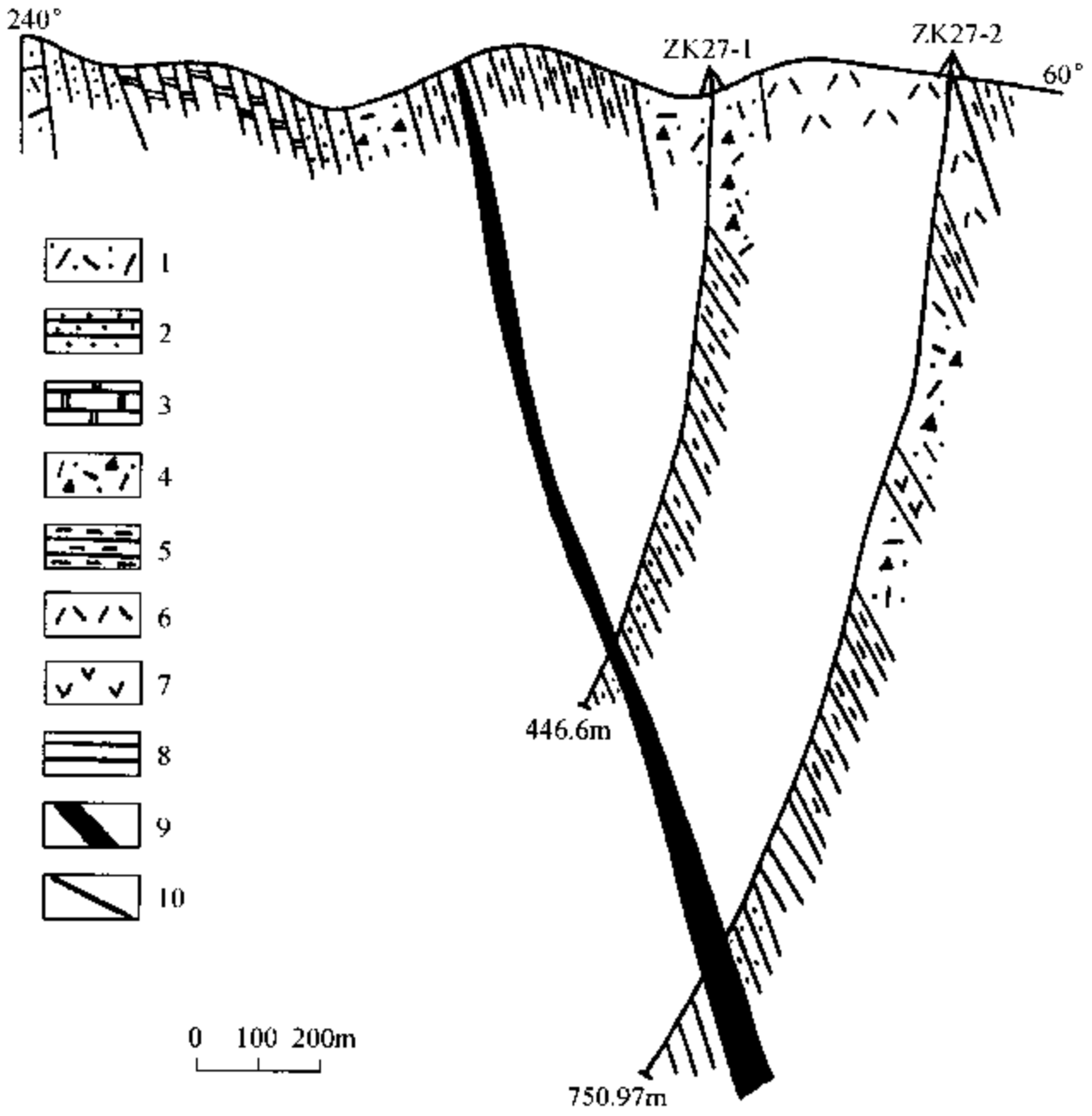


图 3-3 可可塔勒铅锌矿床 27 号勘探线剖面图●

Fig. 3-3 Profile of exploration line 27 from the Keketale Pb-Zn deposit

1—斑点状黑云凝灰岩；2—含榴黑云细砂岩、粉砂岩；3—大理岩；4—变角砾凝灰岩；5—黑云变粒岩；6—变酸性熔岩；7—斜长角闪岩；8—石英黑云母片岩；9—矿体；10—断层

厚大矿体赋存于火山洼地中火山岩和沉积岩的增厚部位。矿区 19 线以西、12 线以东为单层矿，19～12 线间为多层矿。由于受后期(造山期)强烈的变形变质作用改造，原似层状矿体被变形作用切成几个相距很近、其间为高度片理化的矿化围岩所隔开的不规则透镜状矿体，但其构造包洛面仍显示出原层状矿化特征(图 3-4)。

可可塔勒矿床以铅、锌为主，伴生硫、银、镉。矿体中铅品位 0.379%～4.95%，平均 1.51%；锌品位 0.4%～10.74%，平均 3.16%，铅＋锌平均 4.67%，总体属贫矿。其中富矿(铅＋锌≥8%)约占 30%。Pb:Zn 在 1:1～1:5 之间，一般为 1:2～1:3。银最高品位 222g/t，一般≤40g/t，平均 19.7g/t，硫品位一般在 10%左右。

● 新疆有色 706 队，1995，可可塔勒铅锌矿床普查报告。

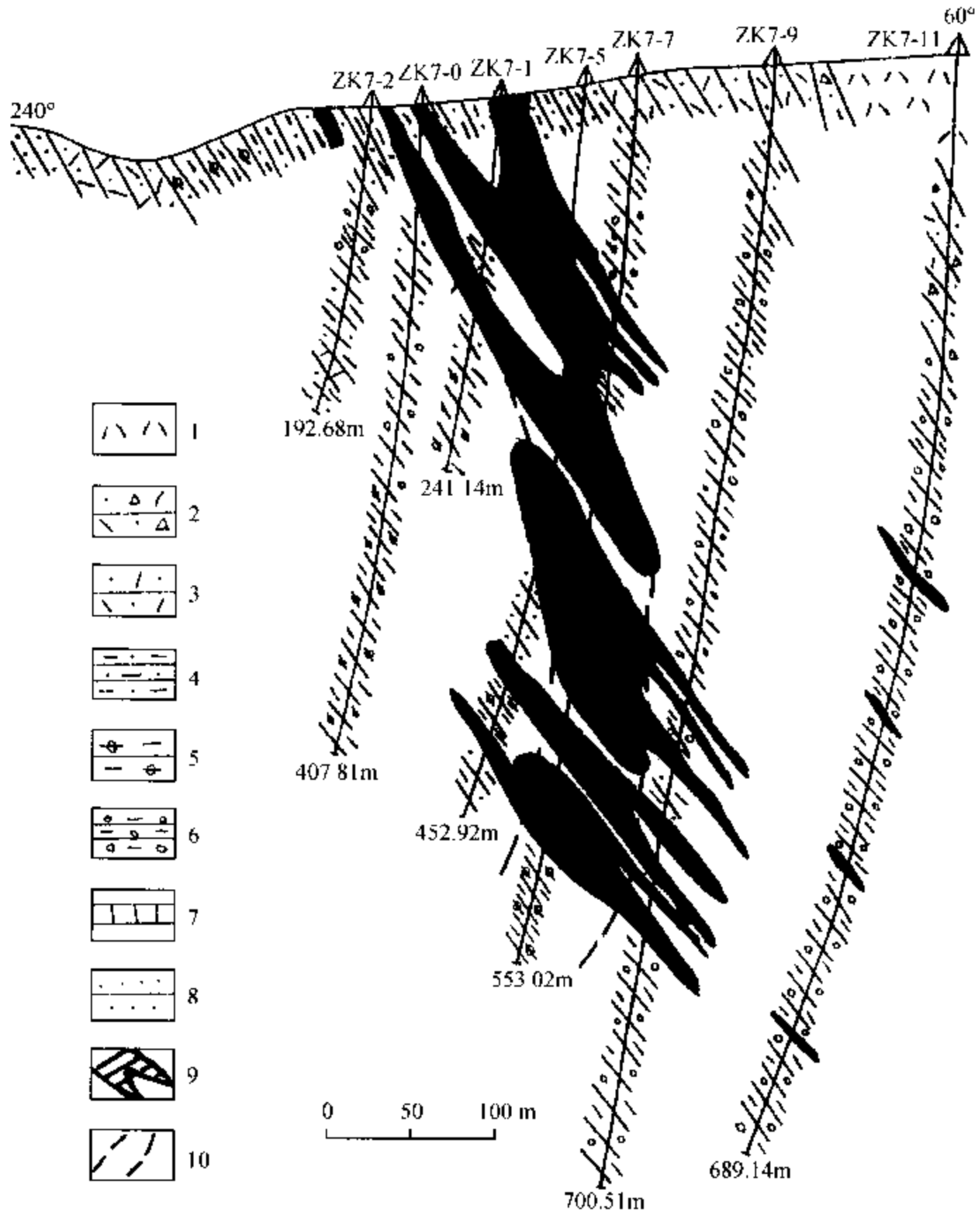


图 3-4　可可塔勒铅锌矿床 7 号勘探线剖面图❶

Fig. 3-4　Profile of exploration line 7 from the Keketale Pb-Zn deposit

1—变酸性熔岩;2—变角砾凝灰岩;3—变凝灰岩;4—黑云石英片岩;5—绿帘石黑云石英片岩;6—浅粒岩;7—大理岩;8—变质砂岩;9—铅锌矿体;10—推测原始矿体

按矿石品级可分为 3 种类型,即:

1)贫矿石(铅 + 锌 < 4%),主要分布在西段 71 线以西及 11 号矿体浅部;

2)中富矿石(铅 + 锌 4% ~ 8%);

3)富矿石(铅 + 锌 > 8%),主要分布在中东段(大平台)及 11 号矿体中深部。

主要矿体特征和铅锌品位见表 3-2。

❶ 新疆有色 706 队,1995,可可塔勒铅锌矿床普查报告.

表 3-2　可可塔勒矿床主要矿体特征和铅锌品位(w_B/%)

Table 3-2　Main orebodies and grades of lead and zinc from the Keketale deposit

矿体编号	产状/(°)			规模/m			形态	平均品位		
	走向	倾向	倾角	长	深	厚		铅	锌	铅+锌
1	132	NE	50～77	600	200	8.08	似层状	1.35	1.60	2.95
2+3	130～160	NE	61～71	700	520	31.28	不规则似层状	1.56	3.24	4.80
4	165	SW	61～80	800	500	12.63	分枝复合脉状	1.37	1.08	2.45
4－2	160	SW	72～85	450	340	11.5	似层状	0.81	4.11	4.92
5	160	NE	71	130	430	7.71	透镜状	1.86	4.96	6.82
5－1	160	NE	71	100	370	9.05	透镜状	1.89	0.04	1.93
盲2		NE	47	100	250	39.01	透镜状	2.07	1.94	4.01
11	133	NE	65～81	1350	690	9.46	似层状	1.18	3.85	5.05
12	135	NE	70	1700	600	3.61	似层状	1.10	1.19	2.29

对照各勘探线钻孔见矿高程和品位发现，矿体向深部似有变厚、变富的趋势。如 11 号矿体，19、27、39、63 线铅＋锌含量最高，也正是这 4 条线见矿深度最大，T33 线见矿高程为 1165m，铅＋锌小于 2%，T19 线见矿高程为 530m，铅＋锌达 6.9%，即同一条矿体，深度增大 635m，品位增加 2.5 倍。27 线施工两个孔，ZK27-1，在 400m 以下见到真厚 9.97m 矿体，铅为 1.48%，锌为 2.69%，合计 4.17%；ZK27-3 孔深 750.97m，在 642～673m 见到真厚为 19.72m 的矿体，铅为 1.49%，锌为 3.82%，合计 5.31%，其中可圈出 7.75m 真厚的富矿体，铅为 1.89%，锌为 8.64%，亦显示向深部矿体有显著变厚、变富的趋势，推测 ZK27-3 孔只打到富厚矿体的头部。相比之下，ZK47、ZK55 孔机台地形为高地，钻孔较浅，见矿不好，其西侧的 ZK63-1 孔见矿深度大，品位又变高(6.54%)，这意味着 11 号矿体向西侧伏，深部成矿空间还远没有控制住。

从矿体延深及控制程度来看，矿区西段(85 线以西)控制矿体斜深≤360m，均未控制住；63～19 线已控制矿体斜深约 750m，矿体仍向下延伸；而 19～4 线间矿体斜深多在 400～700m 间，部分矿体已被控制住。再向东到近主褶皱转折端部位，矿体转向并明显变薄变浅，锌含量显著大于铅，如 ZK20-1 孔深 450.37m，在 263.2－266.6m 间穿过矿体，而其后排孔 ZK20-2 孔深 548.33m，却未能见矿，表明矿体已尖灭。推测愈向东矿体延深愈小。

综上所述，可可塔勒矿区东段(大平台)由于受花岗岩侵入的影响和近麦兹向斜扬起端，矿体剥露至地表(形成铁帽)，延深变小，且以富锌(Zn/Pb≥3)，品位较高为特点。而向西矿体逐渐侧伏，埋深变大，浅表矿薄而贫，以富铅(Zn/Pb＜3)贫锌为特点，但向深部明显变厚、变富，并可单独圈出富矿体，只有少数钻孔打到富矿体的头部，其赋矿空间远比目前根据浅表现象所估计的要大。

3. 矿石组分

矿石矿物组合较为简单，主要为黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿，次为毒砂、黄铜矿、硫锑铅矿、黝铜矿、斑铜矿、白铁矿等，由于受后期变质作用的影响，矿石矿物粒度普遍较粗。脉石矿物主要有石英、微斜长石、斜长石、白云母、方解石、透辉石、铁铝榴石、黑云母、角闪石、绿帘石等，常见重晶石、萤石和电气石。

黄铜矿和方铅矿在下部交切状矿化中比层状矿化中更普遍，磁黄铁矿在南西段靠近侵入花岗岩体附近更发育，意味着部分磁黄铁矿可能是后期变质和岩浆侵入过程中形成的。一般情况下，萤石在形成于岛弧环境下的黑矿型块状硫化物矿床中罕见，但在可可塔勒矿床和可可塔勒矿带中的其他铅锌矿床中却普遍发育，可能指示可可塔勒矿带中的铅锌矿床是形成在陆壳环境中。

4. 矿石结构构造

(1)矿石结构

中细粒自形-半自形(黄铁矿呈自形晶分布，磁黄铁矿、闪锌矿及方铅矿呈半自形晶分布于黄铁矿粒间)、他形-半自形(黄铁矿呈半自形晶，磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿呈他形晶，可见后者穿插前者)粒状结构、斑状结构(毒砂、黄铁矿呈大斑晶分布，黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿呈半自形晶构成基质部分)、反应边结构(斑铜矿、辉铜矿镶边包括黄铜矿)、共边结构(磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿具共同生长边)、交代溶蚀结构(黄铁矿被磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等交代)、填间结构(细小的磁黄铁矿充填在黄铁矿晶体之间)等。

黄铁矿明显有两期：早期粗大，细中粒(0.2～1.5cm)，在主矿层中，颜色较暗，具有裂纹，多为半自形-他形晶，在品位较富处伴生有古铜色的磁黄铁矿；晚期细小(0.1～1mm)，多为单晶呈散分布或分布于其他金属矿物间隙中，自形程度高，呈亮黄色，穿插铅、锌矿物，有时与方铅矿化相伴。磁黄铁矿有穿插黄铁矿、方铅矿有穿插黄铁矿之现象，方铅矿包裹闪锌矿。

(2)矿石构造

以浸染状构造、斑杂状构造、块状构造为主，其次为条带状、条纹状、似条纹状构造，少数为角砾状构造等。

浸染状构造：硫化物呈呈散状分布。当含量大于10%时称为稠密浸染状构造，小于10%时称为稀疏浸染状构造(贫矿或矿化)。浸染状矿石占优势是该矿的一个特点。

斑杂状构造：即不同色彩的硫化物和脉石矿物不均匀分布、局部富集。多呈0.5～3cm的团块。从主矿段来看，斑杂状矿石铅、锌品位较高。

块状构造：黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿总含量大于60%。以富含黄铁矿、磁黄铁矿为特征。该类矿石在本矿区所占比例较小，导致矿石品位不高。

条带状构造：矿石矿物黄铁矿、方铅矿、闪锌矿(<30%)，与长英质脉石矿物(深灰色、粉砂状)相间呈条带状分布(如ZK3-0)。条带宽度从2～5mm到0.5～1cm不等。

角砾状构造：黄铁矿、磁黄铁矿沿矿石裂隙穿插，或胶结脉石矿物碎屑。如ZK3-5，黄铁矿含量约50%，0.5～1.5cm大小，多呈不规则的角砾状。

网脉状构造：磁黄铁矿、方铅矿呈网脉状分布。由于后期构造挤压，网脉状构造有沿片理化方向强化的倾向。

脉状构造：含黄铁矿、方铅矿(或黄铜矿)的石英脉在矿下盘火山岩中产出。本身大多没有工业意义。

矿石的结构、构造表明，矿床既具有沉积作用特征(如条带状构造、条纹状构造、变余层状构造)，又具有热液作用特征(如交代溶蚀结构、共边结构、胶状构造、角砾状构造、网脉状构造等)，属于典型的海底喷流沉积矿床。

5. 矿石类型及分带性

按矿石构造可分为5种类型，即：块状矿石、稠密浸染状矿石、条带条纹状矿石、稀疏浸

染状矿石和细脉-网脉状矿石，以前3种为主。

按矿石矿物成分可分为4种类型，以前3种为主，即：

1）方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-磁黄铁矿型（块状、浸染状、斑杂状、条带状矿石）；

2）方铅矿-闪锌矿-磁黄铁矿型（块状、浸染状、条带状矿石）；

3）方铅矿-闪锌矿-黄铁矿型（浸染状、条带状、块状矿石）；

4）方铅矿-黄铁矿型（浸染状、脉状矿石）；

在同一剖面上，各种类型矿石的分布呈现一定规律性，块状矿石多在矿体中、下部，磁黄铁矿主要在矿体下部，向上磁黄铁矿减少、黄铁矿增多。原始层序下部，磁黄铁矿量大于黄铁矿，锌为主，局部含铜；到中部，黄铁矿与磁黄铁矿量相差不大，闪锌矿呈条带状分布，方铅矿量增加；再向上，闪锌矿减少而以方铅矿为主，同时磁黄铁矿变得极少，黄铁矿占优势。

从全矿区来看，从下至上，大致有（Cu）-Zn→Zn-Pb→Pb-Zn分带趋势。

（三）围岩蚀变

可可塔勒矿区及附近围岩蚀变主要有下列类型：矿区外围钠化蚀变带、矿下层控白色（钾化）蚀变带、矿下层控绿色（绿泥石化-黑云母化）蚀变带、蚀变岩筒和裂隙状蚀变带（图3-5）。

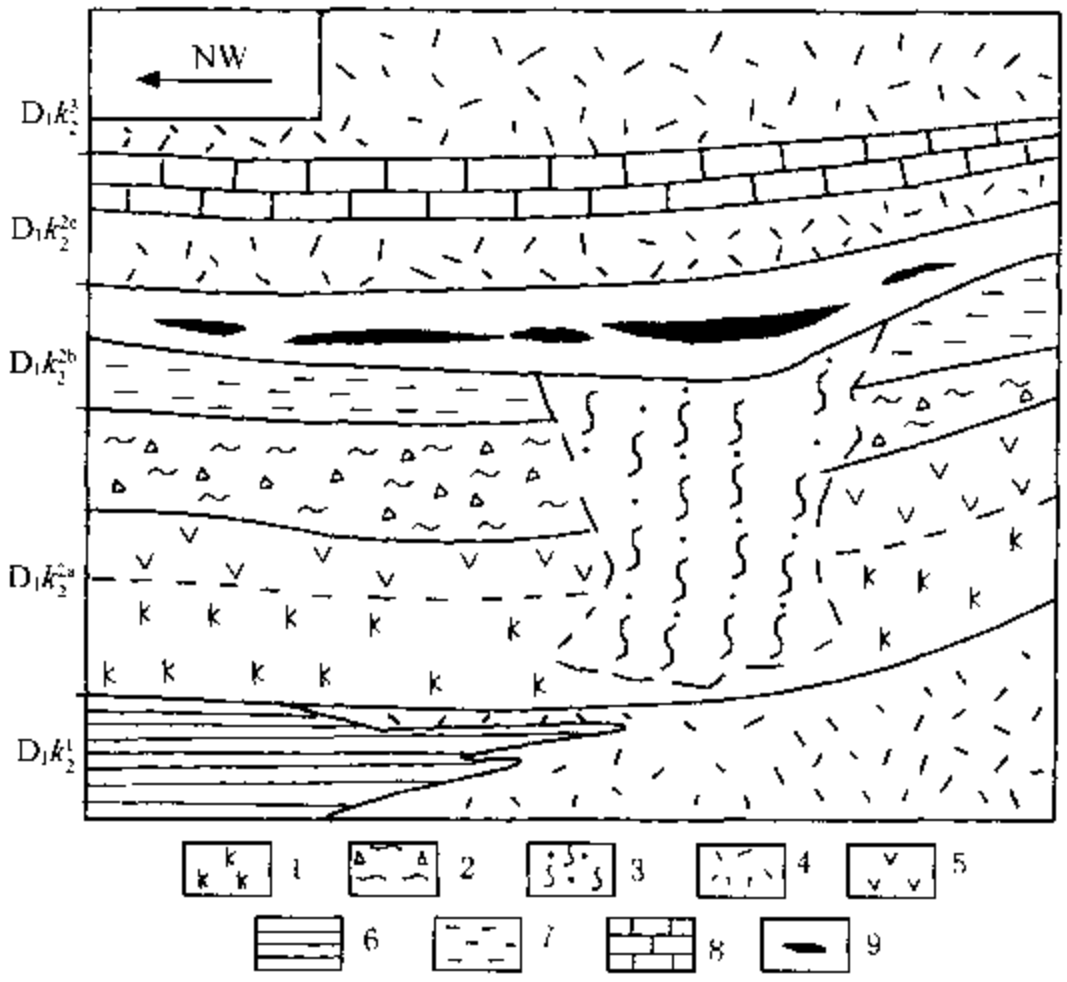


图3-5　可可塔勒矿区围岩蚀变分带示意图

Fig. 3-5　Sketch map showing the zoning of wallrock alteration from the Keketale ore district

1—钾化带；2—绿泥石-黑云母化带（角砾集块岩）；3—蚀变岩筒；4—角砾晶屑凝灰岩；5—酸性熔岩、角砾熔岩；6—片岩；7—条带状石英片岩（喷流岩）；8—大理岩；9—硫化物透镜体

1．矿区外围钠化蚀变带

产于康布铁堡组上、下亚组交界处断裂附近，主要分布于阿什勒萨依北(大型红化带)。主要由钠长石和石英组成，铁镁矿物很少，仅见少量黄铁矿或磁铁矿。这类钠化的火山岩以产于断裂附近、暗色矿物很少和轻稀土强烈亏损为特征，与康布铁堡组下亚组富钠流纹岩不同。

2．矿下层控(硅化)钾化带

主要分布于康布铁堡组上亚组铅锌含矿层下盘火山岩中，从可可塔勒矿区经唐巴拉延至铁热克萨依，走向长达 14km，一般厚 30～50m，在铁热克萨依地区厚度大于 300m；野外观察表明，该蚀变带以其特有的白色为标志，主体由白色流纹岩和厚层晶屑凝灰岩组成，这是区别于其他不成矿或矿化较弱地段同一层火山岩系(呈灰色)的重要直观特征。白色流纹岩中黑云母缺乏(变为绢云母、白云母)，暗色矿物甚少。粒状钾长石发育，白云母含量较高，与黑云母和斜长石的分解有关。石英含量增多并有石英细脉或网脉穿插。镜下为斑状结构或晶屑结构，斑晶或晶屑为石英和钾长石，钾长石表面可见大量的气液包裹体，钾化较弱的岩石，可见钾长石化后残留的钠长石斑晶，基质呈糖粒状，主要为石英、微斜长石和少量绢云母，有的薄片中还可见钾长石小细脉。

与麦兹盆地正常流纹岩相比(表 3-3)，其岩石化学成分中 FeO 增高，Fe_2O_3 降低，显示当时溶液处于相对还原性质，SiO_2 有所增加，而 CaO、MgO、Na_2O 等大大降低。即带入 K_2O、SiO_2，带出 Na_2O、CaO、MgO。沿剖面系统采样测试表明，该白色钾化蚀变带存在着明显的 Pb、Zn、Ag、Cd、As、Fe、Mn 亏损，其 Pb 含量多≤8×10^{-6}，甚至＜3×10^{-6}，Zn 在$(10\sim20)\times10^{-6}$之间，仅为背景值(Pb 40×10^{-6}，Zn 100×10^{-6})的 1/2～1/8。少数康布铁堡组上亚组($D_1k_1^2$)晶屑凝灰岩、黑云石英片岩样品 Pb、Zn 值亦相当低。表明矿下钾化带为铅锌等成矿元素淋滤带。

表 3-3　可可塔勒矿区蚀变带岩石化学成分(w_B/%)

Table 3-3　Chemical composition of alterated rocks of the Keketale ore district

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	烧失量
硅化钾化带	74.24	0.07	12.01	0.06	2.09	0.14	＜0.10	0.02	10.30	＜0.10	0.03	0
	76.64	0.22	12.20	0.36	1.29	0.34	＜0.10	0.03	10.67	＜0.10	0.07	
绿泥石(黑云母)化带	72.77	0.10	13.76	0.95	1.77	0.48	3.26	0.04	1.31	4.05	0.04	1.58
	70.39	0.24	12.10	1.14	4.5	0.43	2.72	0.04	5.89	0.83	0.06	1.55
蚀变岩筒	70.10	0.31	14.41	0.28	2.86	1.36	2.93	0.06	0.18	6.33	0.08	0.82
	67.16	0.55	14.05	0.65	2.34	4.45	3.09	0.12	0.15	6.00	0.33	0.13
	72.92	0.19	10.05	0.47	4.78	1.48	4.49	0.13	0.49	3.57	0.06	0.81
	72.61	0.37	12.44	1.37	2.58	2.68	0.97	0.13	0.66	5.71	0.09	0.12
	71.93	0.20	12.99	0.68	2.27	1.05	1.13	0.06	6.78	2.01	0.08	0.32
	72.61	0.37	12.44	1.37	2.58	2.68	0.97	0.13	0.66	5.71	0.09	0.12
麦兹变流纹岩平均值(11件)	73.98	0.27	14.52	0.84	1.12	0.60	0.50	0.06	3.12	4.59	0.07	0.20

3. 矿下层控绿色蚀变带

矿层下盘岩石在较长范围内普遍受到绿泥石、阳起石、黑云母化蚀变。由于其分布基本限于角砾集块岩这一层，因而不可能是区域变质的产物。在东段(15～24线)，主要表现为片状绿泥石化和阳起石化、黑云母化，蚀变矿物占30%～70%，向西到15～27线，这一层以黑云母化为主，绿泥石化次之，蚀变矿物占25%～60%，主要是基质矿物遭受蚀变，角砾基本未变。31线向西蚀变减弱。大致自47线以西这一层基本未蚀变，晶屑呈亮白色，有弱的白云母、绢云母化(<5%)。与外侧同层位及相邻层位未蚀变角砾凝灰岩相比较，发育绿色蚀变后，岩石 SiO_2、Al_2O_3 变化不大，但 TFe、CaO 降低，MgO 升高，发生黑云母化者 K_2O 升高、Na_2O 降低，而以绿泥石、阳起石化为主者 K_2O 降低、Na_2O 升高。稀土元素则表现为ΣREE大大降低($221.31\times10^{-6}\rightarrow128.97\times10^{-6}$)，降幅达42%，LREE/HREE降低(1.9→1.6)，δEu升高(0.63→0.97)，由铕亏损至无铕异常，δCe(0.90→0.84)变化较小。Pb$(4\sim10)\times10^{-6}$、Zn$(<(10\sim34)\times10^{-6})$、Fe、Ba、Sr均表现为带出。顺层绿色蚀变基本沿矿区角砾集块岩这一层发育，宽20～100m，长1750m，其对应上部层位恰为矿化富集地段。而区域其他层位或同层位其他不含矿的火山角砾集块岩则不具备这一特征的层控绿色蚀变。

层位上，层状绿色蚀变带位于(硅化)钾化带上，二者层位为上下关系，共同构成了矿化层下盘大型层控状蚀变带。

4. 蚀变岩筒和裂隙状蚀变

蚀变岩筒表现为硅化-绿泥石化-绿帘石化蚀变，在Tc7北东端及Tc14B探槽中最为典型。蚀变岩筒的底部(北东侧)在T24～31线间，宽约1300m，上部(南东侧，近矿部位)在T0～23线之间，宽600m，地表斜截面上长780m，大致呈一菱形板状，地表面积约0.5km^2。主体为网脉状硅化、绿泥石化，中下部硅化强烈，下部核心圈为绿泥石、阳起石化(Fe、Mg交代)，向上绿帘石化增强。另据岩心观察，矿下层中绿泥石化、绿帘石化、硅化、碳酸盐化普遍，延深可达500～700m，据钻孔推断蚀变穿层厚度已达300m，局部见网脉、稀疏浸染状黄铁矿、闪锌矿、方铅矿矿化(但不够品位)。物探队所作 V_4 电阻率最低地段在ZK7-7孔机台之北东段，8线也大体相似，北东段矿下层200m起至北东电阻率最低，可能也反映了这里(大平台北东段)是火山活动中心及蚀变岩筒存在部位(高渗透性地带)。蚀变岩筒向下交切了层控蚀变带，它代表了矿液补给通道。据蚀变岩筒分布特征，矿化中心应在0～33线。

裂隙状蚀变主要在33线以西较为明显，表现为基性岩脉-石英脉-似矽卡岩化-绿泥石化、绿帘石化-含粘土矿物浅绿色褪色带组成的线状复杂蚀变带。可能系沿断裂的热液排放所致。表明可可塔勒矿床成矿时的热液排放在33线以东，以筒状排放为主，向西逐渐演变到沿同生断裂的裂隙状排放。

相对于原火山岩，蚀变岩筒中网脉状蚀变岩 Fe_2O_3 下降，FeO、MnO增高，普遍 $K_2O<Na_2O$，K_2O 多小于0.66%，Na_2O 在2.01%～6.33%之间，尤其在下部核心部位，CaO、MgO、Na_2O 急剧增加，CaO+MgO可达6.88%，Na_2O 为3.52%～6.33%，向中上部CaO、MgO、Na_2O 有所降低。

综上所述，4种蚀变是对流循环过程中流体-岩石作用的产物(图3-6)，与成矿作用和流体温压条件的变化相关：①矿区外围的钠化带为下降海水温度由低温升至中高温时，与岩石反应的产物；近矿的钾化带是成矿流体在运移或逸出时，温度由中高温降至中低温时形成；②绿色蚀变带和蚀变岩筒则均为成矿流体喷出时由于压力的降低而形成，前者压力降低较

慢，后者较快。

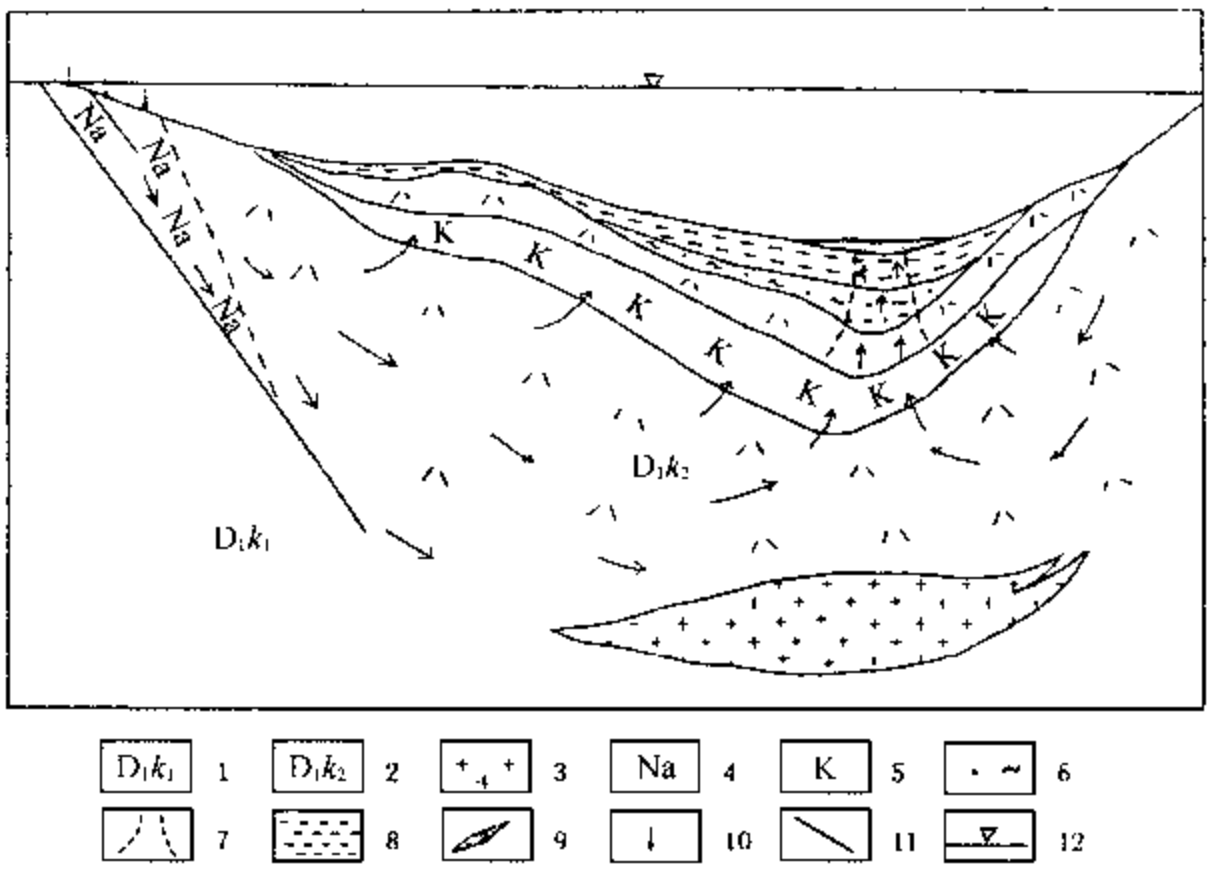


图 3-6　古热液成矿系统蚀变模式图

Fig.3-6　Alteration model of paleo-hydrothermal metallogenic system

1—康布铁堡组下亚组；2　康布铁堡组上亚组火山-沉积岩；3　次火山岩；4—钠化带；5—钾化带；6—绿色蚀变带；7—蚀变岩筒；8—热水沉积岩；9—块状硫化物矿体；10—流体运移方向；11—同生断裂；12—海平面

（四）矿床成因分析

1)可可塔勒矿区与成矿有关的火山岩主要为钙碱性流纹岩-英安岩组合，以流纹岩为主；成矿受火山喷发中心和沉积洼地控制，铅、锌矿化产于康布铁堡组上亚组第二岩性段($D_1k_2^2$)两套火山岩层之间的沉积夹层中，其直接围岩为变质粉砂岩、凝灰岩和热水沉积岩(铁锰大理岩、微晶石英片岩、似矽卡岩等)，矿区长度大于 6000m，厚度为 120～350m 的含矿沉积岩层稳定地分布于上、下火山岩之间，在近火山喷发中心部位夹有角砾晶屑凝灰岩透镜层，表明可可塔勒矿床与早泥盆世长英质火山活动有关，矿床形成于两次火山活动的间歇期，并在成矿过程中仍然有微弱的火山活动。

2)具有火山成因块状硫化物矿床的一般矿化结构特征：其主要工业矿体呈似层状、透镜状，与地层整合产出，在矿层下盘蚀变火山岩中发育了目前尚不具工业意义的交切不规则细脉-浸染状矿化，构成了上部为整合的层状矿化，下部为交切的细脉-浸染状矿化的典型二元矿化结构，后者代表了矿液补给通道。

3)矿石矿物以黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿为主，次为毒砂、黄铜矿等，铅＋锌品位平均为 4.67%，银多小于 40×10^{-6}，硫为 5%～25%，Pb/Zn 为 1:2～1:3，总体上品位偏低，但有富矿体或富矿段存在。

4)矿石构造以浸染状、斑杂状和块状为主，其次为条带状、条纹状，少数角砾状；富矿(块状、斑杂状矿)主要产在矿体中、下部，贫矿(浸染矿及条带状矿)主要产在富矿体两侧或其延长部分，相当部分的贫矿独立产出是该矿的一个显著特点。

5)矿下存在大型层控钾化(硅化)带、绿色蚀变带和蚀变岩筒,加上矿区外围发育的钠化带,共同构成成矿流体对流循环过程中的水-岩作用带。系统剖面测量表明,Pb、Zn 高含量主要出现于含矿层中,而在矿床下盘的火山岩中大都贫化,仅为麦兹地区长英质火山岩平均值的 1/2～1/8,为 Pb、Zn 亏损区,Ag、As、Sb、Cd、Mn 等元素亦呈类似变化,表明下盘成矿元素发生了活化转移。

6)在后期造山挤压过程中,矿区发生了高绿片岩相-角闪岩相的变质-变形作用改造,使麦兹火山-沉积盆地转化为复式向斜,并使地层和矿体倒转,矿床最终定位于麦兹倒转向斜之北东倒转翼的近南东转折端部位。

综上所述,可可塔勒铅锌矿床与典型的火山岩容矿块状硫化物矿床(如阿舍勒)相比,既有共性又有一定差异,其直接容矿围岩以沉积岩为主,与上、下火山岩层之间有稳定的沉积间隔。可可塔勒铅锌矿床应为介于典型的火山岩容矿的块状硫化物型矿床(VHMS)和典型的沉积岩容矿的块状硫化物矿床(SHMS 或 SEDEX)之间的过渡类型,其矿化特征与伊比利亚型(Iberian type, Saze, et al., 1999)矿床相似,从容矿围岩来划分属火山-沉积岩容矿的块状硫化物矿床,是海底火山喷流-沉积成矿的产物。

二、阿巴宫铅锌-铁矿床

阿巴宫铅锌矿区位于阿勒泰市东南约 25km 处,产于克兰(或称阿勒泰)火山-沉积盆地中,西起喇嘛昭,东至穷吉特,长约 12km,包括阿巴宫铅锌矿,即 A-4 异常区及其北西、南东方向沿 F_1 断裂断续分布的 A-2、A-3、A-5 和 A-6 异常区(铅锌矿点)。1961 年及 1986～1987 年新疆地矿局第四地质大队对阿巴宫铅锌矿 A-4 异常区进行普查评价,探获储量为:铅 15.8 万吨,锌 15.3 万吨,伴生铜 0.9 万吨,银 368 吨。在铅锌矿床南部,分布着西铁山—小铁山一带磁(赤)铁矿矿床,1976～1978 年新疆有色地勘局 706 队曾对其进行普查评价,定为小型铁矿床。

(一) 矿区地质背景

1. 矿区地层

矿区出露地层主要为下泥盆统康布铁堡组,矿区西北及东北分布有少量中、上志留统库鲁姆提群的陆缘碎屑沉积岩,矿区以南为中泥盆统阿勒泰组(图 3-7)。经对前人资料❶❷ 的综合分析和实地调研的认识,将该区康布铁堡组划分如下:

$D_1k_2^3$:康布铁堡组上亚组第三岩性段。主要是变流纹质火山角砾岩、变流纹岩、变质砂岩、片岩、大理岩,为铁矿的赋矿层位。

$D_1k_2^2$:康布铁堡组上亚组第二岩性段。主要为片麻状酸性角砾凝灰岩、变角砾熔岩、角砾岩、凝灰岩、变泥质粉砂岩、片岩。相当于原第二岩性段的上部。与 $D_1k_2^1$ 间为断层接触,铅锌矿化层赋存在断层接触带附近 $D_1k_2^2$ 一侧。

---

❶ 张建中等,1987,新疆阿尔泰阿巴宫-蒙库海相火山岩与铁矿的生成系统及成矿地质特征。

❷ 姜齐节、刘璞、韩东南、石准立等,1992,阿尔泰山南缘铜、铁、多金属成矿带地、物、化综合研究及找矿靶区优选报告。

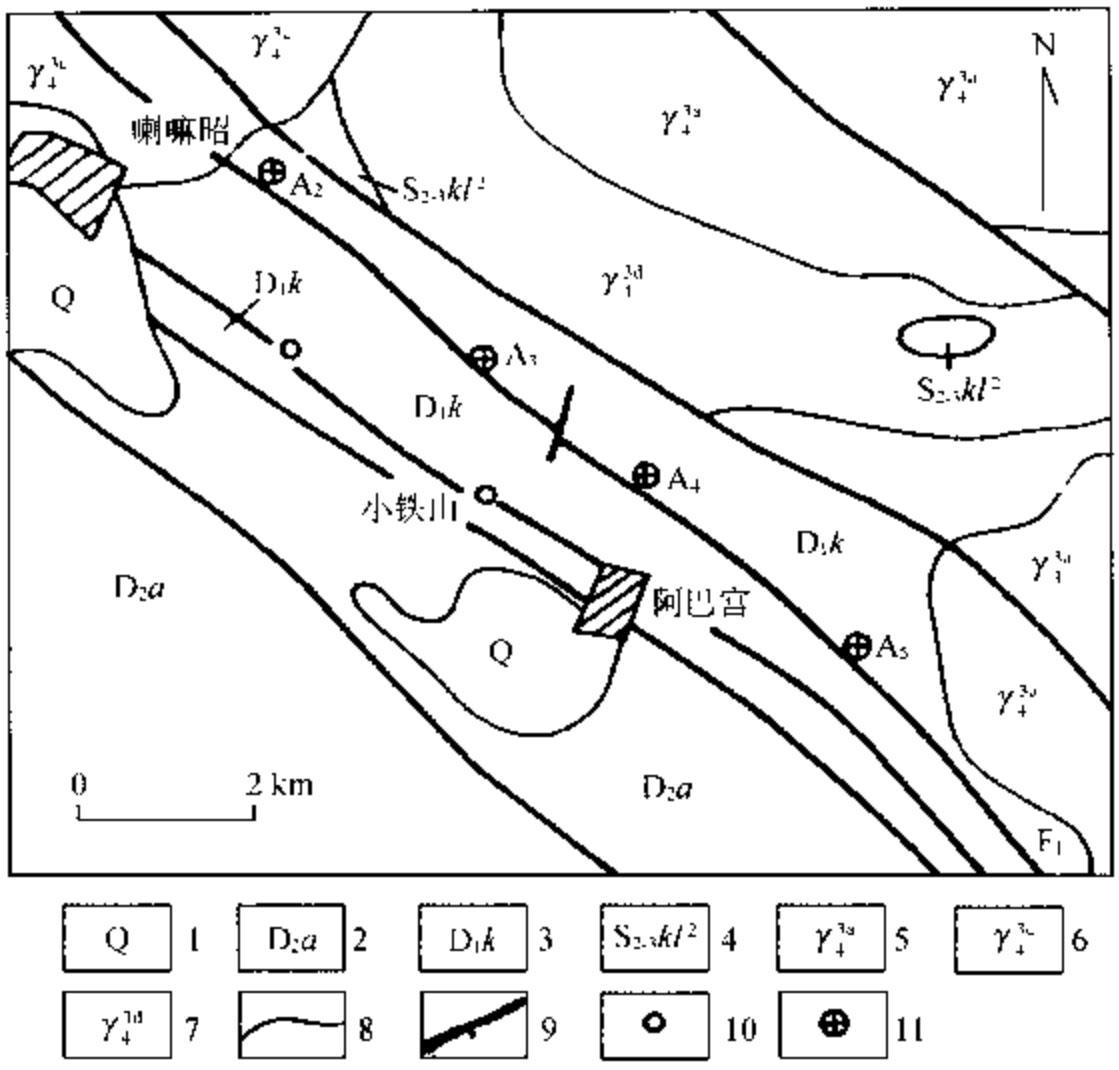


图 3-7　阿巴宫矿区地质略图

(据刘玦等,1991)

Fig.3-7　Sketch map showing geology of the Abagong ore district

(after Liu et al., 1991)

1—第四系;2—阿勒泰组变质泥岩、砂岩、千枚岩、凝灰岩及大理岩;3—康布铁堡组变流纹岩、火山角砾岩、砂岩、大理岩、变石英角斑岩、凝灰岩、片岩;4　库色姆提群:变长石石英砂岩-砾岩、片岩、片麻岩、混合岩;5—二云母花岗岩、浅肉红色花岗岩;6—似斑状中粒黑云母花岗岩;7—混合花岗岩、片麻状黑云母花岗岩;8—地质界线;9　断层 10　磁铁矿矿床;11　铅锌矿床(矿点)

$D_1k_2^1$:康布铁堡组上亚组第一岩性段角闪变粒岩、片麻状酸性角砾凝灰岩、角砾熔岩等,相当于原第二岩性段的下部。

D_1k_1 康布铁堡组下亚组。为二云母片麻岩、混合岩化黑云-绿泥-斜长片麻岩,受其北侧混合花岗岩体挤压蚀变的影响。相当于原第一岩性段,与上、下地层间为断层接触。

中泥盆统阿勒泰组(D_2a)为一套浅海-滨海相陆源碎屑沉积岩系,其岩性主要为变质砂岩、变质粉砂质泥岩、变质硅质泥岩、变质泥灰岩、大理岩等,分布于矿区南部。

2. 矿区构造

矿区位于阿勒泰复向斜的北东翼,为一倒转单斜地层。断裂构造主要为阿巴宫大断裂,表现为一组 NW 向断层组。主要有:

康布铁堡组与志留系的分界断层:北东盘为中、上志留统石英脉发育的混合片麻岩类,南西盘则为 D_2k_2 变质程度较低的火山-沉积岩类。

F_1 断层:为 $D_1k_2^1$ 和 $D_1k_2^2$ 的分界线,片麻状角砾凝灰岩夹黑云石英片岩层与石英角斑质角砾熔岩层之间,断层走向 310°,倾角 75°～82°,倾向有摆动,在阿巴宫铅锌矿床(A-4)一

带倾向 NE，向东延到 A-5 矿点一带断层倾向变为 SW。沿断层有构造角砾岩，细晶闪长岩脉与斜长角闪岩脉发育。阿巴宫铅锌矿床(A-4)及 A-2、A-3、A-5 矿点沿该断裂分布。

F_2 断层：位于第二岩性段上部，变火山角砾凝灰岩与微晶二长花岗岩之间，延长大于 1500m，断层走向 320°，倾向 NE，倾角 70°～80°。

F_3 断层：位于第三岩性段下部，断层通过小铁山向北西延至西铁山，断层走向 310°，倾向 SW，倾角 70°～80°，沿断层有透镜状磁铁矿体分布。某些矿体局部可见围岩角砾被磁铁矿胶结。为南部铁矿带的主要控矿构造。

F_4 断层：位于康布铁堡组和阿勒泰组的分界部位，即狭义的阿巴宫断裂。实际上这组 NW 向断裂是一个有机联系的整体，组成了阿巴宫断裂带。

3. 火山-侵入岩特征

阿巴宫地区火山-沉积岩系呈北西向展布，厚度大于 1800m。以长英质火山岩为主，具有富 Si、富 Na、贫 Ca、Mg 特征。在 SiO_2 频率直方图上(图 3-8)，绝大部分处于 SiO_2 为 66%～81%的酸性火山岩范围，其峰值为 76%左右，与蒙库铁矿区相比，显示较窄的岩性分布范围。

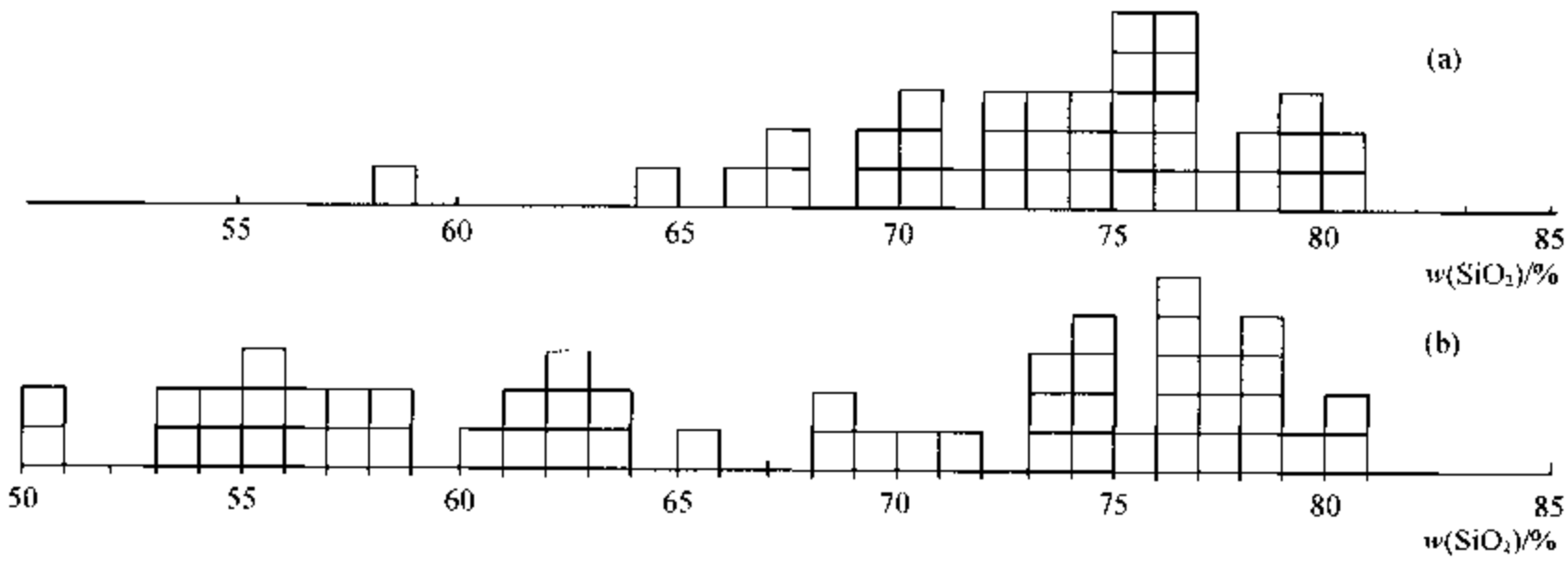


图 3-8 阿巴宫矿区火山岩 SiO_2 频率分布图，并与蒙库矿区对比

Fig. 3-8 Histogram of SiO_2 distribution of volcanic rocks from the Abagong ore district and comparing with the Mengku ore district

(a)—阿巴宫矿区：资料来自中南工业大学(1979)，地质科学院矿床地质研究所(1992)，地矿部西安地质矿产研究所(1986)；(b)—蒙库铁矿区：资料来源地矿部西安地质矿产研究所(1986)

矿区附近侵入岩主要有与火山作用有关的中-浅成侵入体。其中次火山微晶花岗岩，产出在阿巴宫铅锌矿南部附近第二岩性段的角砾熔岩与火山角砾凝灰岩层之间，出露宽度 85～150m，呈北西向延伸，与断裂方向一致；石英钠长斑岩侵位于火山沉积岩的上部，呈岩墙状产出。矿区西端的康里康台岩株和矿区东端的克孜勒塔斯岩株，岩性均为斑状黑云母花岗岩。这些侵入岩类与火山岩一起，共同构成了火山-侵入杂岩组合。该区另有少量的中性、中基性脉岩产出。

值得注意的是，阿巴宫矿区火山-侵入岩的 K_2O(0.12%～10.36%)、Na_2O(1.02%～10.4%)含量变化较大，这样大的变化范围，不能完全用成矿蚀变(钾化、钠化)作用来解释，

因为矿区无蚀变或蚀变微弱的次火山侵入岩类 K_2O、Na_2O 含量也有较大的变化范围。根据 K_2O、Na_2O 的相对含量，可将矿区火山岩大体分为两个不同的岩石组合：钾含量相对较高的钙碱系列长英质火山岩和富钠的角斑岩-石英角斑岩系列，矿区侵入岩类也可划分为相应的两种岩石类型。换言之，阿巴宫地区发育两类火山-侵入岩组合：一是钾含量相对较高的钙碱系列流纹岩-微晶花岗岩组合；二是角斑岩-石英角斑岩组合。前者与铅锌成矿有关，后者与铁矿化有关。

（二）矿床地质特征

阿巴宫矿床为铁-铅锌综合矿床，铅锌矿化位于微晶花岗岩的东北侧，铁矿化则位于岩体的西南侧，构成南、北两条矿化带。由于铅锌矿体中也含有较多的磁铁矿，以往一直将铅锌矿化带作为阿巴宫铁矿床的北矿带考虑。

1. 阿巴宫铅锌矿床(A-4)

阿巴宫铅锌矿(A-4)沿 F_1 断层分布，矿体产于康布铁堡组第二岩性段底部片麻状含砾凝灰岩夹变凝灰岩、黑云石英片岩和石英角斑岩角砾熔岩中，距微晶二长花岗岩接触带约100m，可分为 A4-1 和 A4-2 两个矿体。

A4-1 矿体：位于 F_1 断层上盘的变凝灰岩、黑云石英片岩中，呈似层状与地层整合产出，走向 300°～310°，倾向 NE，倾角 76°～86°，长 1360m，地表矿体厚度 1～4m，个别达 7m，由连续的透镜体群组成。矿化型式有硫化物硅质岩型、层状矽卡岩型和黑云石英片岩、凝灰岩中的浸染状矿化。矿石具特征的条带状构造，富硫化物细层与硅质细层相间产出；或似条带状构造，磁铁矿呈条带状与石英、黑云母、透闪石组成的条带相间产出，反映了相对静水环境下的沉积特征。A4-2 矿体：位于 F_1 断层下盘的流纹质角砾熔岩中。地表矿化角砾熔岩出露长约 200m，宽度 2～10m，总走向与 A4-1 矿体一致。已施工 3 个普查孔，控制矿体斜深 309m，深部见矿总厚度分别为 22m、21m、5m，比地表矿体厚度有增大趋势。矿石呈不规则脉状、浸染状。酸性火山岩角砾及其胶结物被黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等所浸染，其磁铁矿含量较 A4-1 矿体大为减少。与浸染状硫化物相伴生的围岩蚀变主要为较强烈的硅化、绢云母化，分布于矿体两侧的凝灰岩或角砾熔岩中，硅化常呈细脉状、团块状或斑点状充填围岩裂隙或交代早期矿物。这反映了热液成矿作用特征，可能代表了矿液补给通道。

阿巴宫铅锌矿体中矿石矿物主要有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿及少量黄铜矿。脉石矿物主要有石英、斜长石、绢云母、黑云母、绿泥石、角闪石，深部矿石中见少量石榴子石、透辉石。

成矿元素主要有：Fe、Pb、Zn、Cu、Ag、S 等，其中 Pb、Zn、Ag 具有工业价值。地表矿体铅品位 1.09%～6.11%，平均 2.13%；锌品位 0.1%～0.78%，平均 0.35%；铜含量 0.03%～0.24%，平均 0.05%；银含量(16.67～80.63)×10^{-6}，平均 56.88×10^{-6}。深部矿体铅含量 1.01%～2.63%，平均 1.69%；锌含量 2.80%～2.83%，平均 3.49%，铜含量 0.06%～0.10%，平均 0.09%，银含量(17.35～67.54)×10^{-6}，平均 42.45×10^{-6}。从地表到深部铅、银含量降低，锌、铜含量增高。

在阿巴宫铅锌矿(A-4)外围，还有 A-2、A-3、A-5 等铅锌矿化段，均沿 F_1 断裂分布，其矿化特征与 A-4 相同，是阿巴宫铅锌矿化带的重要组成部分，仅做过地表初步评价，可作为进一步的找矿靶区。

2. 阿巴宫磁(赤)铁矿床

阿巴宫铁矿床位于微晶花岗岩体的南部，整个矿床东西断续延伸约 5km。由于成矿作用严格受火山岩岩相及断裂构造控制，使铁矿体呈“线”型产出。但大多数单个矿体的形态呈透镜状或扁豆状，最大者长 400 余米，厚近 20m；小的仅 10 余米，厚不超过 1m，单个铁矿体沿走向多有膨胀、收敛、尖灭、再现等特点；在垂直方向上矿体多呈漏斗状或楔状，且延伸不大。钻孔资料表明，绝大多数矿体都呈陡倾斜或近直立状产出。

富铁矿体往往含有围岩即石英角斑岩或石英钠长斑岩角砾，角砾大小不一、形状各异，除部分角砾显示遭受铁质熔蚀具较圆滑的外形，而大部分角砾多具次棱角状外形。角砾的大小和含量有由矿体中心向边部逐渐增大、增多的趋势；贫铁矿体在该矿床中仅局部发育，并且多出现于富铁矿体两侧或一侧。

阿巴宫铁矿床的矿石类型比较简单，主要的有：

1)石英-磁(赤)铁矿矿石：脉石矿物主要是石英，偶见斜长石，矿石矿物主要是磁铁矿与赤铁矿。致密块状构造者形成富铁矿石，稀疏-稠密浸染状构造者形成贫铁矿石。

2)磷灰石-磁(赤)铁矿矿石：呈脉状产出或部分产于富铁矿体的边部。主要脉石矿物为磷灰石，矿石矿物主要为磁铁矿，其次为赤铁矿，它们与磷灰石比较均匀地嵌合在一起。磷灰石多呈自形-半自形晶，粒度 0.05～1.75mm。磁铁矿和赤铁矿呈半自形-他形晶，粒径 0.5～1.5mm。

3)石英-磷灰石-磁(赤)铁矿矿石：此类矿石多为富铁矿矿石，主要产于块状富铁矿体的中部，其两侧矿石普遍显示角砾状构造。矿石矿物以磁铁矿为主，赤铁矿含量不超过 5%。

4)云母-石英-磁(赤)铁矿矿石：一种产于片岩层中富铁矿体上部；另一种产于石英角斑质凝灰岩中的富铁矿体上部。

从矿体的分布和结构构造看，阿巴宫铁矿具有下部通道相隐爆成矿(多为富矿体)，上部喷流沉积成矿(形成层状矿体)的特点。

(三) 矿床成因分析

1)阿巴宫铅锌矿床两个方铅矿的铅同位素组成分别为：$^{206}Pb/^{204}Pb$ 18.010、17.994；$^{207}Pb/^{204}Pb$ 15.555、15.535；$^{208}Pb/^{204}Pb$ 37.857、37.800，属正常铅。根据 Doe 模式计算铅模式年龄为 385 Ma 和 390 Ma，在早泥盆世的年龄范围内。

2)阿巴宫矿区富钠的角斑岩-石英角斑岩-中基性脉岩(角闪岩)类岩石，主要分布于康布铁堡组上亚组及第三岩性段下部，空间上与阿巴宫铁矿床关系密切；钾含量相对较高的钙碱系列流纹岩-微晶花岗岩组合，主要分布于康布铁堡组第二岩性段下部，与铅锌成矿有关。

3)稀土元素研究表明，北带的铅锌矿体中的磁铁矿和铅锌矿石与相对富钾的钙碱性流纹岩-微晶花岗岩-斑状花岗岩的稀土配分模式相似(图 3-9)，为明显的右倾型，ΣREE 较高，为 $(83.83\sim397.81)\times10^{-6}$，LREE/HREE 比值较大，为 6.42～16.53，δEu 值中等，为 0.43～1.02；而南带的磁(赤)铁矿床则与中基性脉岩(斜长角闪岩、角闪岩)和角斑岩、石英角斑岩具有相似的稀土配分模式，为两翼近对称的“V”型，具有明显的负铕异常(δEu 为 0.38～0.68)，ΣREE 较低，为 $(81.64\sim154.07)\times10^{-6}$，LREE/HREE 比值较小，为 1.89～5.95。这意味着阿巴宫铅锌-铁矿床是受两套不同的成矿岩浆体系控制的。

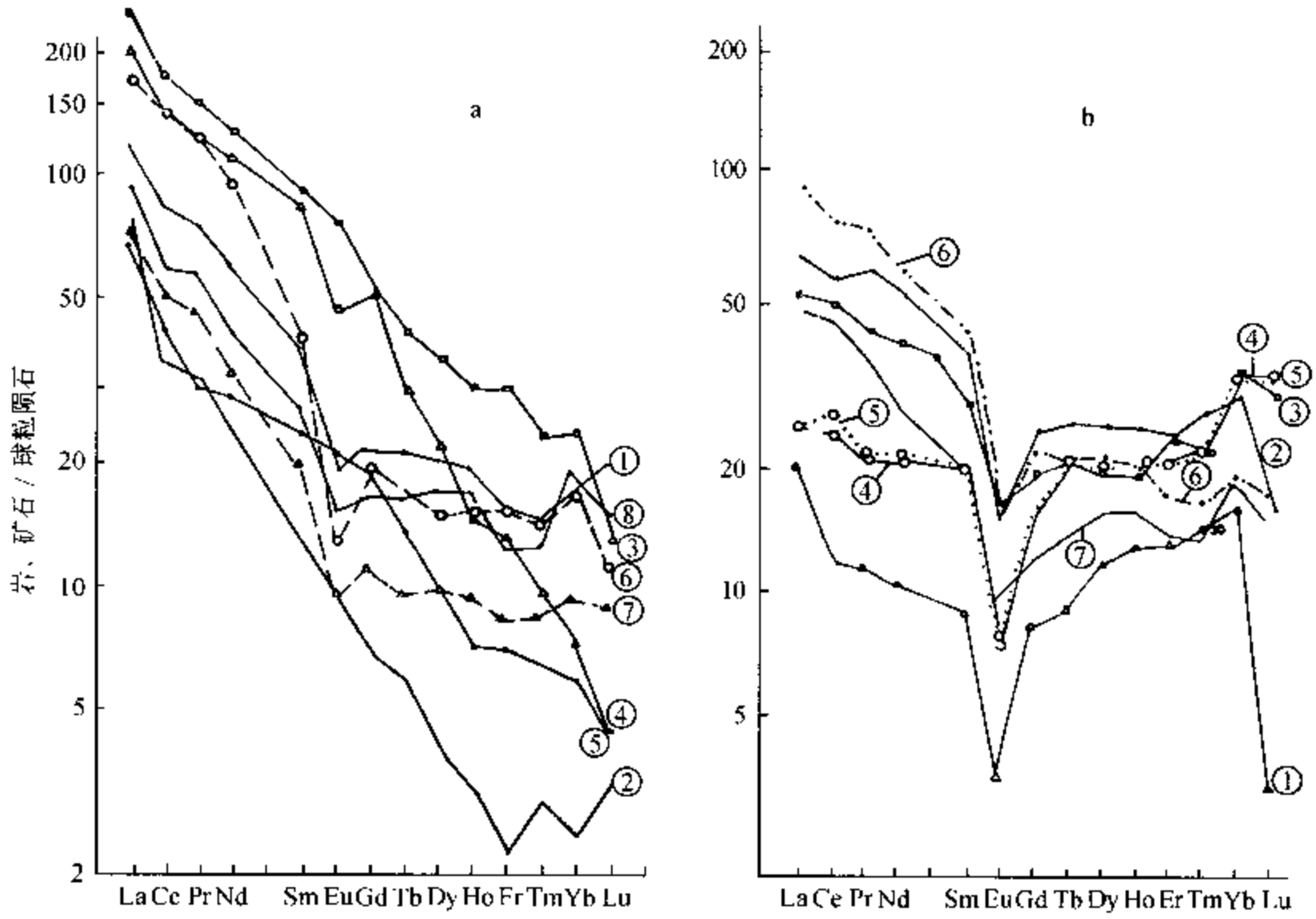


图 3-9　阿巴宫矿区岩、矿石稀土元素配分曲线图

Fig.3-9　REE patterns of rocks and ores from the Abagong ore district

a—相对富钾的流纹岩-微晶花岗岩系列：①似斑状黑云母化岗岩；②二云母花岗岩；③铅锌矿体中磁铁矿(A-177)；④铅锌矿体中磁铁矿(A-360)；⑤铅锌矿体(A-9)；⑥铅锌矿化角砾熔岩(A-161)；⑦微化岗岩(0-1)；⑧石英钠长斑岩(0-83)

b—富钠的角斑岩-石英角斑岩系列：①铁矿体磁铁矿矿石(0-51)；②变角斑岩(0-43)；③斜长角闪岩(0-19)；④角闪岩(0 19)；⑤小铁山含石英角闪岩；⑥变石英角斑岩(16-3)；⑦变石英角斑岩(16-7)

三、阿克哈仁铅(锌)矿床

阿克哈仁矿床位于麦兹向斜南翼中段，是可可塔勒矿带中萤石方铅矿型矿化的典型代表。矿化带长 2.5km，宽 60～100m，最宽处达 200m，被巴拉额尔齐斯河分为东、西两段，东段矿化较好。

(一) 矿区地质

矿床位于麦兹向斜南翼 B6Pb-Ag-Ba 综合异常区，产于康布铁堡组上亚组第三岩性段顶部($D_1k_2^3$)，可进一步分为两个次级的火山沉积小旋回：早期为酸性火山熔岩→大理岩；晚期为酸性火山角砾岩→熔岩→大理岩夹钙质粉砂岩、云母片岩。铅(锌)矿化就产于晚期旋回顶部的铁锰大理岩和下伏火山角砾岩-熔岩中(图 3-10)。

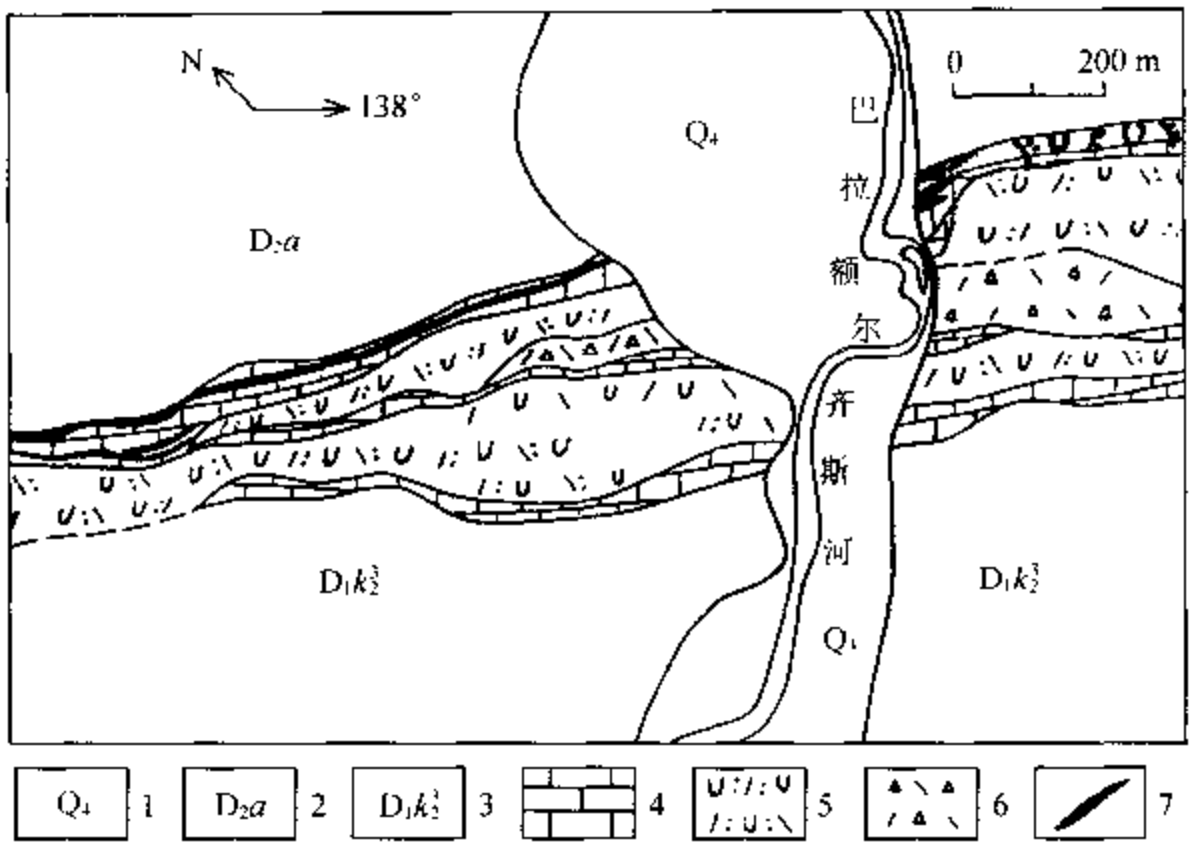


图 3-10　富蕴县阿克哈仁铅(锌)矿区地质略图

Fig. 3-10　Sketch map showing geology of the Akeharen Pb(-Zn) ore district, Fuyun county

1—第四系;2—中泥盆统阿勒泰组;3—下泥盆统康布铁堡组上亚组第三岩性段;4—不纯大理岩;5—变酸性熔岩;6—变火山角砾岩;7—铅锌矿体

矿区东段 0～30 线附近发育一火山活动中心,以火山角砾岩、集块岩和流纹岩穹隆为标志,此处火山岩厚度最大,向两侧厚度变小,而流纹岩穹隆顶部的沉积层最薄,局部地段流纹岩和阿勒泰组(D_2a)地层直接接触。

流纹岩穹隆在下部侵入火山角砾岩中,其内也包有角砾岩的捕虏体,向上则侵出地表形成熔岩流,为一次火山侵出体。其次,火山岩部分的岩性为流纹斑岩,斑晶主要为正长石,次为石英和黑云母,局部见聚斑结构,基质粒度 0.05～0.1mm,主要为正长石、石英、钠更长石及少量黑云母。

矿区构造简单,为一套向 NE 倾斜的单斜层。

(二) 矿化特征

矿区进行的地质工作主要有:1∶5000 地质草测 3km^2,1∶2000 地质填图 1.9km^2 及 1∶10000磁法、激电、自电等物探工作。用 200m 间距进行了槽探揭露,共施工了 7 个普查钻孔。查明了 12 条萤石方铅矿矿体和 3 个含闪锌矿的方铅矿矿体,探明铅(锌)远景储量 12.7 万吨。

根据容矿岩性和产状的不同,可分为两个矿化相,即产于不纯大理岩中的层状矿化和产于下伏火山角砾岩-流纹斑岩中的细脉-浸染状矿化。

1. 层状矿化相

产于不纯大理岩、黑云片岩中的层状矿化分布广,矿体呈似层状和透镜状,单个矿体长数十米至数百米,宽 1～10m,侧向上与围岩渐变过渡,属萤石-重晶石-方铅矿组合。矿化具有多层性,在 ZK0-1 孔中见 10 层矿化,每层厚仅 1m 左右。矿化具体表现形式有纹层状的重晶石方铅矿扁豆体和层内稀疏细脉状矿化,这种细脉状矿化仅限于层内,不具穿层性,无

明显的围岩蚀变相伴，推测属成岩裂隙脉。

2. 细脉浸染状矿化相

产于东段的蚀变火山角砾岩-流纹岩穹隆中，层位上位于层状矿化之下。有两种矿化型式：一是变流纹斑岩和火山角砾岩中重晶石和方铅矿细脉带及萤石-重晶石-方铅矿脉，前者钻探和地表取样证明矿化不稳定，后者地表矿体规模小，工业价值不大；二是流纹斑岩中细脉浸染状方铅矿体，为方解石 萤石-方铅矿-闪锌矿组合，地表为强烈的褐铁矿化、硅化带，长200m，最宽约 30m，在 ZK12-3 孔中见视厚度 71.89m、铅平均品位 1.58%（最高 7.59%）的工业矿体，矿体呈板柱状，是本区最主要的工业矿化类型。

镜下观察，在含方铅矿的萤石石英脉中，同一测温片可见到气相、气液相、液相包裹体共存的现象，在气液相包裹体中含有金属矿物微粒，反映了细脉浸染状矿化相中可能出现过沸腾现象。气液包裹体的气液比一般为 20% ~ 45%，均一温度一般 180 ~ 320℃，平均 237℃（14 测点），属中低温矿床的范围。

矿床的金属矿物主要是方铅矿，少量黄铁矿和闪锌矿，其他硫化物含量极少。同生的脉石矿物为萤石、重晶石、石英和方解石。矿化以铅为主，铅平均品位 2.89%，锌 0.13%，铅显著大于锌，伴生银和金，银最高 129×10^{-6}，一般 $10\times10^{-6}\pm$，金最高 290×10^{-9}，一般 $(27\sim109)\times10^{-9}$。

（三）围岩蚀变

围岩蚀变主要出现在流纹斑岩穹隆和角砾岩中，与细脉浸染状矿化相伴，其他地方蚀变微弱。蚀变类型有钾化（钾微斜长石化）、硅化，下部可能有钠化现象。

蚀变具有较明显的形态分带，从 8 线附近的剖面看，可分为细脉状-网脉状、面型 + 网脉型和块状 3 个蚀变带（图 3-11），反映了蚀变作用逐渐增强。

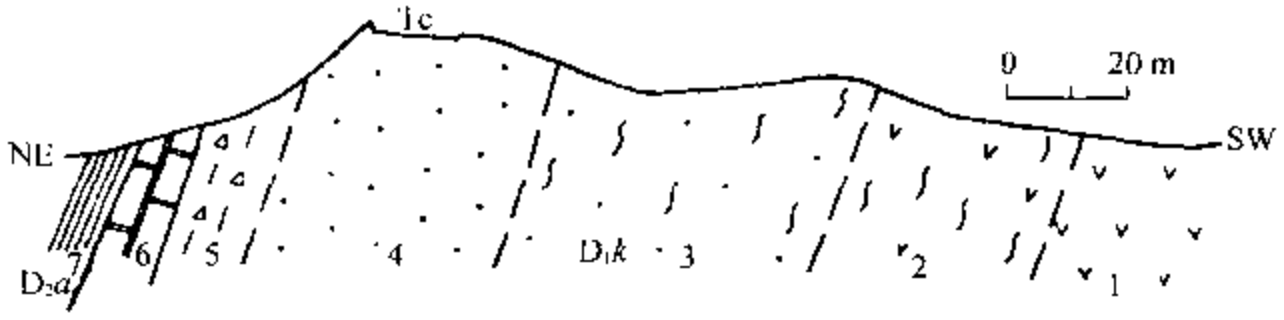


图 3-11　阿克哈仁矿床蚀变分带信手剖面图

Fig. 3-11　Sketch profile showing the alteration zoning of the Akeharen Pb deposit

1—灰色流纹斑岩；2—细脉状-网脉状蚀变带；3 —面型 + 网脉状蚀变带；4 —块状蚀变带；5—垮塌角砾岩；6—大理岩；7—片岩

1. 细脉状-网脉状蚀变带

灰色流纹斑岩被石英钾长石细脉所穿插，脉中含萤石和方铅矿，局部够工业品位。

2. 面型 + 网脉型蚀变带

面型蚀变以钾化为主，次为硅化，强蚀变部位，呈灰白色（新鲜面），镜下见主要是具格子双晶的微斜长石，含量大于 60%，具斑杂变晶结构，即较粗粒的微斜长石和石英呈聚斑状，而周围“基质”粒度较细，显示了热液作用特征；蚀变较弱的部位尚残留有灰色流纹斑岩阴影体，镜下可见微斜长石交代黑云母和斜长石现象。微晶-隐晶质的面型蚀变又被中粗粒的含

萤石方铅矿的长英质网脉所交切。

3. 块状蚀变带

以硅化为主，次为钾化，蚀变强烈。蚀变岩为块状，不见围岩残留体，细脉含量也很少，风化后显浅肉红色。镜下以半自形粒状(0.05～0.1mm)石英为主，含量55%～60%，次为粒度相近的微斜长石，含量25%～30%，其他为金属矿物和少量黑云母。蚀变岩被少量含萤石、微斜长石、方解石的石英细脉所穿插，蚀变岩和细脉中均有浸染状的方铅矿和黄铁矿。在块状蚀变带顶部出现较纯的微斜长石硅质岩，可能是直接从热液中淀积形成的。

上述蚀变的形态组合与笔者在云南腾冲现代地热田中所见的泉华冢是非常相似的，由此类比推测，这一蚀变带代表了当时矿液喷口的位置。在蚀变带顶部发现有棱角状的钾长硅质角砾岩透镜状堆积体，被含铁锰碳酸盐岩和褐铁矿所胶结，向两侧迅速过渡为不纯大理岩，可能是海相水下爆发-坍塌角砾岩丘堆。

(四) 成因分析

1)阿克哈仁矿床与$D_1k_2^3$期形成的火山喷发中心有关，矿化发生于火山活动末期。

2)具明显的双层矿化结构：上部为产于火山斜坡沉积层中的层状矿化，具沉积-成岩特征；下部为产于火山穹隆中的细脉浸染状矿化，具热液作用特征。并具有大致垂向分带：上部富铅、重晶石，下部富锌和黄铁矿。这种双层矿化结构是喷流成矿的典型标志。

3)根据蚀变和矿化特征推测，含矿热液为富Si、K、Pb、Ag、Ba、As、Sb，贫Zn、Cu的中低温流体。

4)细脉浸染状矿化是主要工业矿化类型和重点找矿对象，矿床总体上可达中型规模。

5)矿床属火山喷流沉积成因。细脉浸染状矿化代表了矿液补给带，而层状矿化则由喷出热液在海底火山斜坡上沉积-成岩。由于缺乏一个能使矿液有效聚集的相对稳定的局限洼地，结果造成矿液分散，形成了矿层薄、品位低而不稳的矿化层(图3-12)。

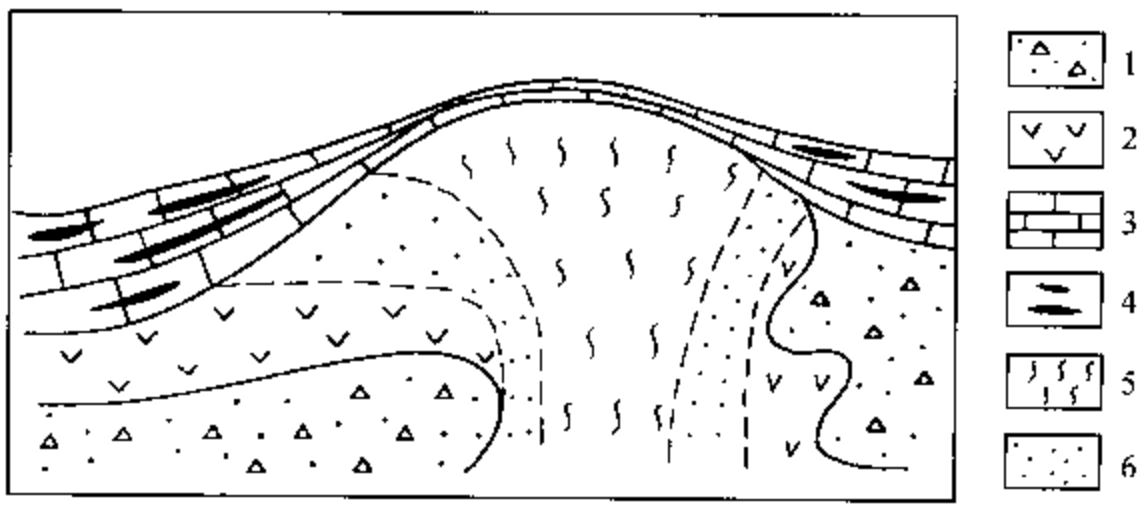


图3-12 阿克哈仁矿床原始形态示意图

(据王京彬等，1998)

Fig.3-12 Sketch map showing the original occurrence of the Akeharen Pb deposit

(after Wang et al., 1998)

1—火山角砾岩；2—流纹斑岩穹隆；3—碳酸盐岩；4—硫化物透镜体；5—细脉-浸染状矿化；6—钾化-硅化带

其他地区的类似矿化在麦兹向斜北翼B-2、B-7异常中及向斜西北端的H-48异常区，$D_1k_2^3$层中亦存在层状的萤石-方铅矿化显示，克朗盆地布鲁谷逊一带可能也存在这类矿化。它们的共同特征是：(1)主要产于$D_1k_2^3$顶部铁锰大理岩或铁锰大理岩夹片岩中；(2)矿物组

合为方铅矿、(紫色)萤石、重晶石和少量黄铁矿;(3)矿化微弱,成不规则微细脉状和星散浸染状,大多不够工业品位(矿化较好的 B-7a,铅 0.51%～0.53%,锌 0.09%～0.1%),但可造成良好的异常显示。这表明,在麦兹-克朗盆地中 $D_1k_2^3$ 末期亦即康布铁堡组最后一次火山旋回末期出现一次较普遍的以含萤石、重晶石为特征的铅矿化,构成了一次独立的铅矿化阶段,但矿化强度较弱,除局部有利地段(如火山中心附近)外,很难达到一定规模的工业富集,找矿潜力不大。

四、可可塔勒式铅锌矿床成矿模式

在可可塔勒铅锌成矿带,比较重要的铅锌矿床还有:铁木尔特铜铅锌矿床、克因布拉克锌-铅矿床、大桥铅锌-铁矿床等(表 3-4),这些矿床在成矿地质背景和成矿特征等方面是非常类似的,均为火山-沉积岩容矿的铅锌矿床,形成于康布铁堡组上亚组火山活动的间歇期,可暂称为可可塔勒式铅锌矿床。在此,我们试图对可可塔勒矿带中的这类矿床,即可可塔勒式铅锌矿床,建立一个普适性成矿模式。

表 3-4　可可塔勒成矿带主要铅锌(多金属)矿床地质特征

Table 3-4　Geology of the main Pb-Zn(-polymetallic) deposits from the Keketale metallogenic belt

盆地	麦兹盆地			克兰盆地		冲乎尔盆地
矿床	可可塔勒	阿克哈仁	大桥	铁木尔特	阿巴宫	克因布拉克
规模品位/%	大型 Cu 0.08, Pb 1.51, Zn 3.16	中小型 Pb 2.89, Zn 0.13	中型 Pb 0.29, Zn 1.44*	中大型 Cu 0.50, Pb 1.39, Zn 3.18	中型, Cu 0.09, Pb 1.91, Zn 3.49	中小型, Cu 0.12～1.33, Pb 0.04～0.26, Zn 1.52～9.20
构造位置赋矿层位	麦兹复式倒转向斜北翼, $D_1k_2^2$ 中部	麦兹向斜南翼 $D_1k_2^3$ 上部	麦兹向斜南翼 $D_1k_2^3$ 下部	克朗复向斜北翼 $D_1k_2^2$ 中部	克朗复向斜北翼 $D_1k_2^2$ 中部	冲乎尔复向斜 $D_1k_2^2$ 中部
赋矿围岩	变凝灰质粉砂岩、片岩、不纯大理岩	变酸性熔岩、片岩、大理岩	不纯大理岩、片岩、凝灰岩	片岩、变粉砂岩、大理岩、夹少量凝灰岩	片岩、变粉砂岩、夹沉凝灰岩	片岩、变凝灰质粉砂岩互层
矿石矿物	方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿	方铅矿、萤石、重晶石、闪锌矿	磁铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、重晶石、黄铁矿	方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿	方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿	黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、方铅矿
矿化特征	下部蚀变岩筒中少量浸染状±细脉状矿化;上部层状矿化的底部为含浸染状硫化物硅铁质喷流岩,上部为条带状、块状、浸染状硫化物层	下部蚀变熔岩中为交切的细网脉浸染型矿化;上部为沉积岩中的纹层状-浸染状矿化	变沉凝灰岩、不纯大理岩中硫化物透镜体群	以层状矿化为主,交切状矿化不发育,在洼地中心部位形成块状稠密浸染状矿石,向两侧渐变为条带状和浸染状矿化	下部蚀变火山岩中发育少量浸染状矿化;上部为条带状硫化物透镜体	片岩和凝灰质粉砂岩互层带中的薄层状、条带状矿化,少量块状-稠密浸染状矿石
围岩蚀变	矿体下盘发育似层状钾化(下部)和绿泥石化带(上部)及绿泥石-绿帘石-硅化蚀变岩筒;矿体上盘见弱的绿帘石化	矿体下盘发育筒状-裂隙状硅化、萤石化带	矿体下盘发育似层状钾化带和细脉状绿帘石化	矿体下盘发育似层状钾化、绿泥石化带及绿泥石化蚀变岩筒	矿体下盘发育似层状硅化、钾化带	蚀变不明显

* 地表工程平均品位。

(一) 流体包裹体特征

1. 流体包裹体类型

包裹体均一温度用 Leitz 1350 热台测试,测试精度±1℃,包裹体盐度用 Chairmeca 冷冻台测试,测定精度±0.1℃,石英包裹体气相成分由气相色谱仪测定,液相组分利用离子色谱仪测定。包裹体中 H_2O 的氢同位素用 MAT-252 型质谱仪测定(表 3-5)。

表 3-5 可可塔勒式铅锌矿床石英中流体包裹体特征、均一温度、盐度表

Table 3-5 Features, homogenization temperatures and salinity of fluid inclusion in quartz from the Keketale-style Pb-Zn deposits

矿区名称	样品号	包裹体特征				均一温度/℃	盐度 $w(NaCl_{eq})$/%	密度/(g/cm³)	压力/($\times 10^5$Pa)
		类型	形态	大小(μm)	气液比(%)				
阿巴宫矿床	Abg1-1	L	椭圆形、不规则形	3~20	5	194~210			
		S	椭圆形、负晶形	6~8	5	234~252	33.48~34.3	1.10	150
		V-L	负晶形	6~12	30	297~312			
	Abg1-2	V-L	椭圆形	4~6	10	245~250			
		V-L	负晶形	5~16	30	292~315	13.5~14.3	0.82	650
铁木尔特铅锌铜矿	ZK119-4	V-L	椭圆形、负晶形	5~15	15	256~278			
		C	负晶形	6~14	20~40	298~312	7.4~9.2	0.8	1500
	TM39-8	S	负晶形、椭圆形	5~10	5	332~345	40.1~41.0	1.08	300
		V	椭圆形	3~15	80~100	<20			
	TM39-9	S	负晶形	4~12	15	278~285	36.0~37.0	1.08	150
		V	椭圆形	3~15	80~100	<20			
	TM273-1	L	负晶形、椭圆形	3~8	5~10	218~245	4.7~5.2	0.87	650
	TM279-2	V-L	椭圆形	4~8	10	258~282	12.4~12.6	0.90	1400
恰夏铜矿	QX272-2	C	负晶形	6~10	25	343~356	9.2~9.8	0.86	1700
可可塔勒铅锌矿	QZK68-2 181	V-L	椭圆形	3~8	15	265~276			
		C	负晶形	6~10	30~40	292~316	9.8~10.6	0.86	1800
	HLK-2	V-L	椭圆形	3~10	15	235~245	7.1~8.0	0.88	750
		V-L	负晶形	6~16	20	306~320			
	ZK7-9-3	V-L	负晶形	5~10	15~20	292~309	10.4~10.9	0.82	550

测试单位:中科院地质研究所,谢奕汉。1998.4。L 为液体包裹体;V-L 为气液包裹体;V 为气体包裹体;S 为含石盐子矿物包裹体;C 为常温下液态 CO_2 三相包裹体。

可可塔勒层状硫化物矿体石英包裹体类型为气液相,负晶形,包裹体大小 5~10μm,气液比 10%~20%。铁木尔特恰夏区段铜矿中石英包裹体类型有 CO_2 包裹体和液相包裹体,形态为椭圆形和负晶形,包体大小为 3~10μm,气液比 15%~40%;特木尔特铅锌铜矿 39 线块状矿石石英中包裹体有含石盐子矿物包裹体、气相包裹体和气液相 CO_2 包裹体,包裹体形态为椭圆形和负晶形,长径 3~15μm,含石盐子晶包裹体气液比为 5%~15%,含 CO_2 包裹体气液比 20%~40%,气相包裹体气液比 80%~100%,气液相包裹体气液比 15%。

阿巴宫铅锌-铁矿床内磁铁矿石英脉中包裹体类型有液相、气液相和含石盐子晶包裹体，包体形态负晶形和椭圆形，长径 3～20μm，气液相比 5%～30%。

2. 包裹体的均一温度和压力

可可塔勒矿床的均一温度为 230～320℃，铁木尔特铅锌铜矿床均一温度主要为 250～340℃，阿巴宫铅锌-铁矿床均一温度为集中在 230～315℃。结合前人的研究成果(王京彬等，1998)，可可塔勒矿带主要矿床的成矿温度集中在 250～320℃，与其他地区火山成因块状硫化物矿床的形成温度基本一致。

根据包裹体结果推测的本区铅锌矿床的成矿压力为(650～150)×10^5Pa，成矿密度一般大于 1g/cm^3，流体盐度一般为 5%～15%，在铁木尔特 39 线块状硫化物矿体石英团块中含子矿物包裹体的盐度达 33%～45%，可能反映了有岩浆流体的参与。

3. 流体的气液相成分特征

为了解成矿流体的来源，流体的氧化还原特征、酸碱度、携带矿质的离子组成和存在形式，本文测试了 34 件流体气液相成分(由丁汝福完成)，并根据流体中离子气相组分的分子数相对量进行比较分析(表 3-6、表 3-7)。可见，可可塔勒式铅锌矿床中，包括可可塔勒铅锌矿床、铁木尔特矿床(含恰夏矿段)、阿巴宫铅锌-铁矿床中的铁矿石及阿克哈仁铅锌矿床，流体阳离子均以 Ca^{2+}-Na^+ 为主，部分浸染状矿体阳离子为 Ca^{2+}-Na^+-K^+，阴离子以 SO_4^{2-}-Cl^--F^- 为主，成矿流体富 Ca^{2+}-Na^+-SO_4^{2-}-Cl^--F^-，反映有岩浆热液参与。

(二) 同位素地球化学

1. 成矿流体氢、氧同位素

成矿流体中氢的提取和同位素测试程序为：加热石英包裹体样品至热爆高峰温度，打开包裹体，释放挥发分。提取水蒸气通过 410℃灼热的锌炉与锌反应，活性炭吸收反应后所产生的氢气。采集气体送质谱仪测量 D/H 值。

分析结果以样品中两种稳定同位素相对于国际标准水样 SMOW 的千分差表示：$\delta D = D/H(样) - D/H(标) / D/H(标) \times 100\%$

成矿流体中氧同位素通过测定矿物石英氧同位素组成计算求得。依据是在一定温度下成矿溶液与矿物达到了同位素平衡，而后基本不变。计算公式(据 Matsuhisay，1979)为：

$\delta^{18}O_{H_2O} = \delta^{18}O_Q - 10^3 \ln a_{Q-H_2O}$ 其中 $10^3 \ln a_{Q-H_2O} = 3.05(10^6 T^{-2}) - 2.09$

本文测定了可可塔勒矿带中典型矿床的氢氧同位素样 11 件(表 3-8)，从中可见：矿床石英包裹体中 δD_{H_2O} 范围从 -132‰～-79‰，平均 -96‰；$\delta^{18}O_{H_2O}$ 范围从 -1.2‰～5.5‰，平均 2.7‰；石英矿物 $\delta^{18}O$ 范围 7.8‰～12.6‰，平均 10.2‰。氢氧同位素值显示成矿流体介于海水和岩浆水之间。

另在可可塔勒 ZK7-9 块状矿石中白云母 $\delta^{18}O$ 值为 6.1‰，δD 为 -76‰(韩东南，1992)。若取块状矿石的形成温度为 300～350℃，氧同位素采用 $1000 \ln\alpha_{白云母-水} = 2.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.89$ (O'Neil，1996)以及氢同位素采用 $1000 \ln\alpha_{白云母-水} = -22.1 \times 10^6 T^{-2} + 19.6$(SuzuOki，1976) 分馏方程计算得：$\delta^{18}O$ 水为 -1.6‰～0.4‰，$\delta D_{水}$ 为 -28‰～-16‰，与日本黑矿矿石中黄铁矿和黄铜矿流体包裹体中所测的 δD(-26‰～-18‰)和 $\delta^{18}O$(-1.6‰～-0.3‰)(Taylor，1979)相近，只与显生宙海水值($\delta^{18}O \pm 1$‰，$\delta D \pm 10$‰)稍有差别，说明海水是这些成矿流体的重要组成部分。

表 3-6　可可塔勒矿带石英包裹体气液相成分表

Table 3-6　Gas and liquid phase compositions of fluid inclusion in quartz from the Keketale metallogenic belt

矿区名称	编号	样品特征	气相组分/(10^{-6}mol/100g)				液相组分/(mol/L)						
			H_2	CH_4	CO_2	H_2O	K^+	Na^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F	Cl	SO_4^{2-}
阿巴宫铁矿	ABG1-1	灰色石英脉	14	0.006	72.73	833.33	0.53	4.07	3.38	0.59	2.35	7.02	1.14
	ABG1-2	灰色石英脉	14	6.256	34.09	833.33	1.26	6.09	5.60	0.74	5.02	6.69	0.85
	ABG1-4	白色块状石英脉、绿泥石	9	0.006	200.00	666.67	0.20	2.30	3.23	0.42	2.06	3.70	1.24
铁木尔特铅锌铜矿	TM273-1	白色块状绿泥石石英脉	15	15.000	227.27	666.67	0.46	3.32	0.63	0.12	0.39	1.91	1.60
	TM39-8	白色条带状石英脉	15	9.375	181.82	388.89	0.18	0.87	1.19	0.12	0.68	0.81	1.38
	TM39-9	白色条带状石英脉	14	6.250	36.36	277.78	0.73	8.49	4.20	0.23	4.11	1.75	0.81
恰夏铜矿	QX272-2	白色块状黑云母石英脉	50	15.000	72.73	555.56	0.24	1.10	1.56	0.14	1.37	1.44	1.70
	QZK68-2 181	他形粒状绿泥石石英脉	17	15.000	45.45	388.89	0.44	2.91	1.55	0.77	1.28	2.26	1.22
阿克哈仁铅(锌)矿	AK311-1	萤石重晶石石英脉	17	0.938	36.36	388.89	0.26	6.65	3.20	0.12	3.84	1.05	3.04
可可塔勒铅锌矿	HLK-2	方铅矿石英	37.5	0.006	727.27	666.67	0.31	2.12	1.51	0.19	0.75	1.46	0.71
	ZK3-7-91	粒状石英脉	27.5	0.006	90.91	555.56	3.05	4.63	7.60	0.12	4.95	0.93	2.13
	KZK7-9-3	透明石英脉	30	0.006	72.73	555.56	0.12	2.23	2.54	0.12	0.89	1.19	0.42

测试单位：有色北京矿产地质研究所，1998.4。

2．硫同位素地球化学

可可塔勒式铅锌矿床硫同位素总的特征是变化较大(图 3-13)，主要为负值，这与一般块状硫化物矿床 $\delta^{34}S$ 特征(为正值或零值附近)明显不同。其中以可可塔勒矿床测试数据较多，具有较好的代表性。可可塔勒矿床 $\delta^{34}S$ 变化范围为 $-15.8‰ \sim +5.1‰$，平均 $-10.5‰$。$\delta^{34}S$ 值和矿石组构及所处的部位密切相关。在矿体下盘层凝灰岩和蚀变酸性熔岩中浸染状产出的硫化物 $\delta^{34}S$ 为正值($+1.0‰ \sim +5.1‰$)，平均 $+3.2‰$；而层状矿体中 $\delta^{34}S$ 全为负值，且矿石中硫化物愈富集就愈富轻硫，其中块状矿石平均 $\delta^{34}S$ 为 $-13.2‰$(11 件样)，稠密浸染状矿石为 $-10.8‰$(11 件样)，浸染状矿石为 $-7.2‰$(4 件样)。铁木尔特铅锌铜矿床，在西北的 147 相区，矿石以浸染状、细条纹状为主，其硫同位素值接近于零。如 ZK119-1 钻孔矿石中 $\delta^{34}S$ 范围 $-1.3‰ \sim 0.5‰$，ZK147-3 孔矿石中，$\delta^{34}S$ $-2.7‰ \sim -0.1‰$，ZK145-1 方铅矿、闪锌矿 $\delta^{34}S$ 范围 $-2.0‰ \sim 0.6‰$，ZK155-1 钻孔矿石中，硫化物 $\delta^{34}S$ 范围 $-3.3‰ \sim -2.2‰$。而 39 相区，

表 3-7　可可塔勒矿带石英包裹体气液相成分参数表

Table3-7　Compositional parameters of gas and liquid phase of fluid inclusion in quartz from the Keketale metallogenic belt

矿区名称	编号	样品特征	盐度$w_{(NaCl_{eq})}$/%	矿化度 g/L	pH	还原参数/R	$\log f_{H_2}$	$\log CH_4$	$\log CO_2$	$\frac{Na^+}{K^+}$	$\frac{Na^+}{Ca^{2+}+Mg^{2+}}$	$\frac{F^-}{Cl^-}$	$\frac{CO_2}{H_2O}$	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$
阿巴宫铁矿	ABG1－1	灰色石英脉	61.32	665.60	8.02	0.19	0.40	－2.95	1.04	7.66	1.02	0.34	0.09	6.16
	ABG1-2	灰色石英脉	70.36	844.90	8.54	0.59	1.06	0.70	1.37	4.83	0.96	0.75	0.04	7.87
	ABG1 4	白色块状石英、绿泥石脉	52.81	489.21	7.37	0.05	0.66	－2.50	1.93	11.32	0.63	0.56	0.30	2.98
铁木尔特铅锌铜矿	TM273 1	白色块状绿泥石石英脉	48.10	350.63	7.63	0.13	1.08	1.06	2.16	7.28	4.43	0.21	0.34	1.19
	TM39-8	白色条带状石英脉	40.24	251.96	7.63	0.13	0.94	0.72	1.92	4.97	0.66	0.84	0.47	0.59
	TM39-9	白色条带状石英脉	67.14	615.00	8.90	0.56	0.84	0.49	1.18	11.57	1.91	2.35	0.13	2.16
恰夏铜矿	QX272-2	白色块状黑云母石英脉	39.25	340.60	8.58	0.89	2.13	1.61	2.22	4.53	0.65	0.95	0.13	0.85
	QZK68-2-181	他形粒状绿泥石石英脉	65.32	385.90	7.20	0.70	1.86	1.80	2.21	6.67	1.25	0.57	0.12	1.85
阿克哈仁铅(锌)矿	AK311-1	萤石重晶石石英脉	46.69	696.20	8.57	0.49	1.16	0.11	1.42	25.69	2.00	3.66	0.09	0.35
可可塔勒铅锌矿	HLK-2	方铅矿石英脉	41.47	259.58	7.72	0.05	0.99	2.79	2.21	6.94	1.25	0.51	1.09	2.06
	ZK3-7-91	粒状石英脉	35.22	863.30	9.04	0.30	1.18	－2.47	1.63	1.52	0.60	5.32	0.16	0.44
	KZK7-9-3	透明石英脉	40.90	259.20	8.70	0.41	1.23	－2.46	1.55	18.09	0.84	0.76	0.13	2.83

注：计算程序据王真光等，1992。

表 3-8　可可塔勒多金属矿带石英包裹体 H、O 同位素表(‰)

Table 3-8　Hydrogen and oxygen isotopes of fluid inclusion in quartz from the Keketale metallogenic belt

矿区名称	样品编号	产状	δD	$\delta^{18}O_Q$	$\delta^{18}O_{H_2O}$
阿巴宫铁矿	Abg1-1	磁铁矿石英脉	－74.9	10.8	3.73
铁木尔特铅锌铜矿	TM39-8	矿石中石英	89.7	9.3	1.49
	TM39-9	矿石中石英	－107.8	8.6	－1.27
	TM273-1	石英脉	－95.8	10.1	1.17
恰夏铜矿	QX272-2	块状乳白色石英脉	－115.3	10.2	4.12
可可塔勒铅锌矿	ZK7-9-3	绿泥石黑云母石英脉 75m	89.1	11.7	4.50

测试单位：氢同位素：中科院地质研究所，谢奕汉、范宏瑞；氧同位素：国家地震局地质研究所，上官志冠，1998。

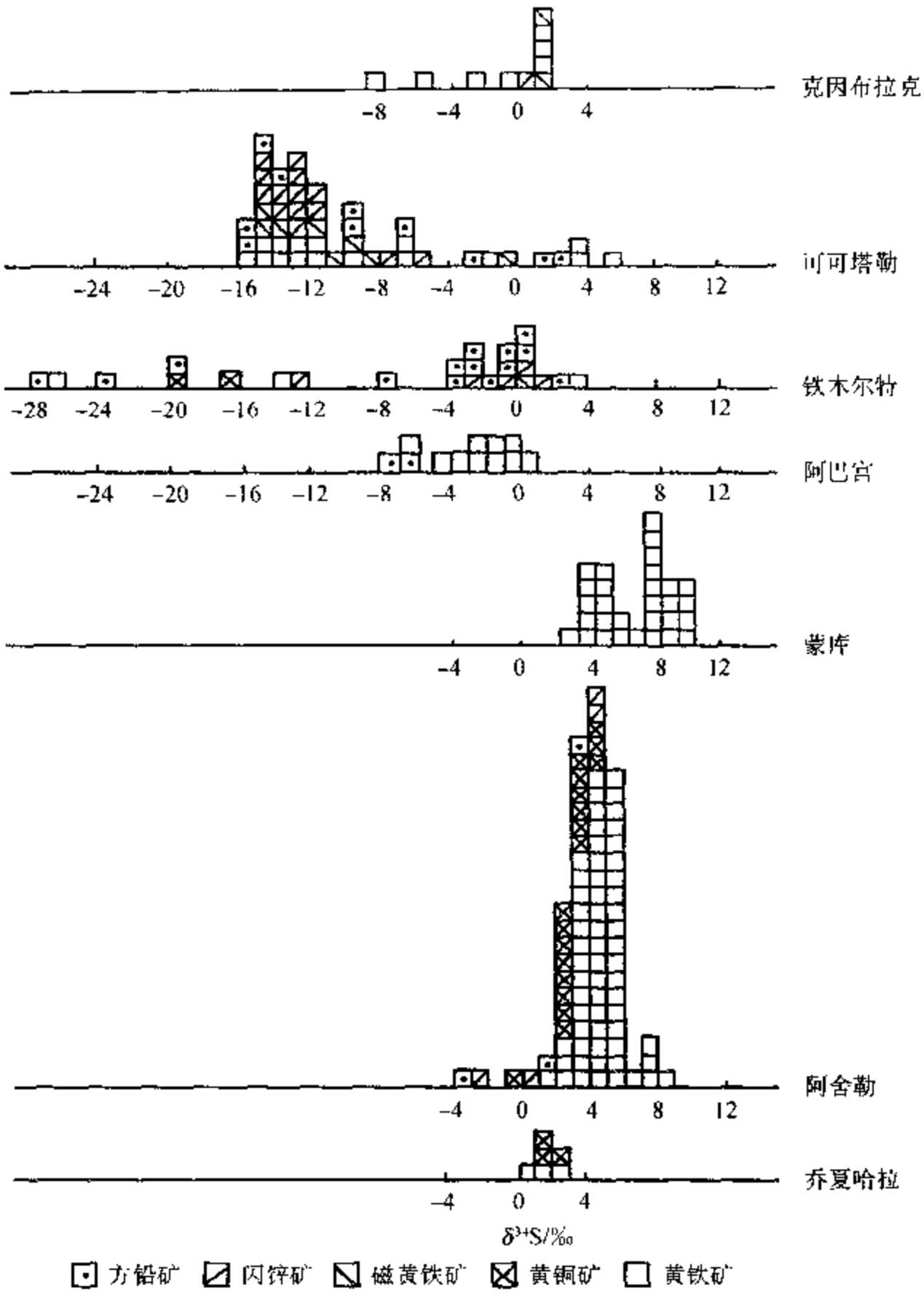


图 3-13 阿尔泰南缘可可塔勒式铅锌矿床硫同位素组成点方图

Fig.3-13 Histogram of sulfur isotope from the Keketale-style Pb-Zn deposits in the southern margin of the Altay Mountains

矿石以块状、斑杂状、条带状矿石为主，其铅＋锌品位为 10.57%～47.01%，矿石硫同位素分布范围 $\delta^{34}S$ 从 －27.9‰～－12.8‰，均值为 －20‰。其中块状黄铁方铅闪锌矿矿石中，硫化物 $\delta^{34}S$ 最低，为 －27.9‰～－26.7‰，斑状黄铜闪锌矿矿石和条带状黄铁磁铁方铅矿矿石，$\delta^{34}S$ 为 －19.7‰～－19.4‰，块状方铅闪锌矿矿石中 $\delta^{34}S$ 在 －13.9‰～－12.8‰之间，$\delta^{34}S$ 极差 15.0‰。

Kase 等(1990)发现西班牙 Tharsis 矿区的块状硫化物矿石 $\delta^{34}S$ 为 －10.0‰～1.3‰，而下部的网脉状矿石则为 －2.1‰～1.9‰；Williams(1975)在 Planes-San Antonia 矿床、

Routhier(1978) 在 Iberian 黄铁矿带中均发现块状硫化物矿石比下部的网脉状矿石更富轻硫，与可可塔勒矿床、铁木尔特矿床 $\delta^{34}S$ 的分布规律一致，它们均属于火山-沉积岩容矿的这一大类。该类矿床硫同位素组成与火山岩容矿的另一大类矿床(如加拿大前寒武纪的块状硫化物矿床、日本的黑矿和邻区阿舍勒矿床等)的硫同位素组成特征明显不同，后者通常富重硫或近陨石硫，其硫来自还原海水硫酸盐或岩浆岩。

对可可塔勒矿床及其他类似的火山-沉积岩容矿块状硫化物矿床硫同位素特征的一个合理解释是，来自盆下含矿热液是富含金属的，但未含多少硫。层状矿化中特别是块状-稠密浸染状-条带状富矿石中的硫，主要来自细菌还原海水硫酸盐。矿下蚀变岩中星散状和细脉浸染状硫化物中的硫可能主要来自岩浆成因硫，这组 $\delta^{34}S$ 值在可可塔勒矿床中平均为 +3.2‰，阿巴宫矿床中为 +1.0‰，铁木尔特矿床为 +1.7‰～+3.4‰，克因布拉克矿床中为 +1.3‰～+1.6‰，均近陨石硫，与阿舍勒矿床 $\delta^{34}S$ 值(+1.3‰～+6.3‰，平均 +4.6‰)类似。即可可塔勒式矿床中硫主要来自细菌还原海水硫酸盐，少部分直接来自岩浆成因硫。

3. 铅同位素地球化学

铅的来源对于判断成矿元素中其他金属的来源具有重要的指示意义。可可塔勒、铁木尔特及阿巴宫等矿床除个别样品外，其主要的铅同位素组成都非常稳定(表 3-9)，在图 3-14 中落入造山带标准增长曲线和地幔标准增长曲线之间。这种落入增长曲线上的特征和其他块状硫化物矿床是一致的。看来火山岩块状硫化物矿床普遍具有稳定、单一的铅同位素组成，属单阶段增长铅，证明铅的来源就是火山岩本身，铅或是来自火山岩的淋滤作用或是来自岩浆的分异作用。

阿尔泰山南缘可可塔勒矿带中的铅锌矿床模式年龄大多在 360～420Ma，在早泥盆世范围内，与赋矿地层时代基本一致，只有个别模式年龄偏老，可能来自加里东基底岩系的淋滤铅。

4. 碳同位素

可可塔勒矿床矿化层中的方解石 $\delta^{13}C$ 值为 -6.7‰～-11.6‰，而矿体上盘或邻区非含矿的大理岩 $\delta^{13}C$ 为低的正值(0.3‰～0.6‰)(表 3-10)，二者差别较大。大部分海相碳酸盐不论其生成时代如何，都具有固定的 $\delta^{13}C$ 值(0 ± 4‰)，有机碳 $\delta^{13}C$ 值为 -10‰～-35‰，平均 -25‰，幔源碳为(-5 ± 2)‰(Ohmoto, 1979)。

邻区不含矿大理岩 $\delta^{13}C$ 值在一般海相碳酸盐范围之内，表明是正常的海相环境中形成的。而可可塔勒含矿层中的碳质来源则难以准确确定，其 $\delta^{13}C$ 为 -11.6‰的样品可能代表了有机碳，而 $\delta^{13}C$ 为 -6.7‰～-8.7‰的样品则有两种解释：①以幔源碳为主，混入少量有机碳；②氧化的有机碳($C + O_2 \rightarrow CO_2$)和正常海水 HCO_3^- 的混合物。根据矿物包裹体中 CH_4、C_2H_2 等成分含量较高和富硫化物矿石比外侧浸染状矿石更富 ^{12}C 等方面考虑，后一种解释更合理些，即矿床中碳酸盐的碳主要为氧化的有机碳和海水 HCO_3^- 的混合物。

(三) 成矿物质来源

1. 金属来源的地质证据

块状硫化物矿床的主要组分是 Fe、Zn、Pb、S，次为 Cu 及少量 Au、Ag 等。对其成矿金属的来源主要有盆下火山-沉积柱及基底淋滤源(Ohmoto et al., 1974; Large, 1977; Solomon, 1981)和直接来源于火山岩浆分异的含矿流体(Urabe et al., 1978; Stanton, 1990)两种不同

表 3-9　阿尔泰南缘主要矿床、矿点的铅同位素组成

Table 3-9　Lead isotope of main deposits in the southern margin of the Altay Mountains

序号	样品编号	样名	$\frac{^{206}Pb}{^{204}Pb}$	$\frac{^{207}Pb}{^{204}Pb}$	$\frac{^{208}Pb}{^{204}Pb}$	模式年龄/Ma (Doe)
1	M7-7	方铅矿	18.114	15.607	38.058	385
2	MO 18	方铅矿	18.001	15.480	37.670	314
3	MZK7-6	方铅矿	18.135	15.634	38.150	402
4	MZK7-3	黄铁矿	18.077	15.538	37.946	329
5	MZK7-8	黄铁矿	18.267	15.843	38.865	547
6	MZK7-2	黄铁矿	18.015	15.515	37.725	346
7	M6-26	铁帽	18.017	15.509	37.830	337
8	M7-6	铁帽	18.021	15.551	37.861	385
9	M7-11	铁帽	18.142	15.616	38.213	376
10	M1-14	铁帽	18.088	15.267	38.122	427
11	M0 17	铁帽	18.200	15.667	38.283	395
12	M0-20	铁帽	18.037	15.571	37.977	398
13	M1-13	铁帽	18.002	15.609	38.228	467
14	ZK 15-7-26	黄铁矿	18.109	15.589	37.96	367
15	ZK7-0-11	黄铁矿	18.079	15.584	37.953	383
16	ZK7-0-9	方铅矿	18.202	15.679	38.223	407
17	ZK3-7-9	方铅矿	18.065	15.550	37.854	352
18	ZK7-9-26	黄铁矿	18.605	15.705	38.61	126
19	T87032	方铅矿	17.951	15.454	37.590	
20	T87080	方铅矿	18.101	15.48	37.777	
21	T88455	方铅矿	17.959	15.496	37.610	
22	T88488	方铅矿	17.950	15.480	37.615	
23	T87071	凝灰质熔岩	18.313	15.563	38.170	
24	T87262	花岗斑岩	18.516	15.565	38.502	
25	T87402	流纹岩	18.338	15.567	38.195	
26	阿巴宫 360	方铅矿	18.010	15.555	37.857	390
27	阿巴宫 380	方铅矿	17.994	15.535	37.800	385
28	B6(阿克哈仁)	方铅矿	18.077	15.500	37.731	
29	B6(阿克哈仁)	矿石	18.049	15.541	37.820	
30	B5(大桥)	矿石	17.960	15.490	37.696	

注：可可塔勒样品，引自韩东南等(1992)，ZK 起头的样品测试单位为地质矿产部地质研究所，1998.2；M 起头的样品引自有色总公司矿产地质研究院等单位 .1987.《同位素方法评价铁帽、化探异常研究总结报告》——(新疆"305"项目Ⅵ-8 课题)；T 起头系铁木尔特样品，引自石准立等(1992)；阿巴宫样品引自刘瑛等(1992)。

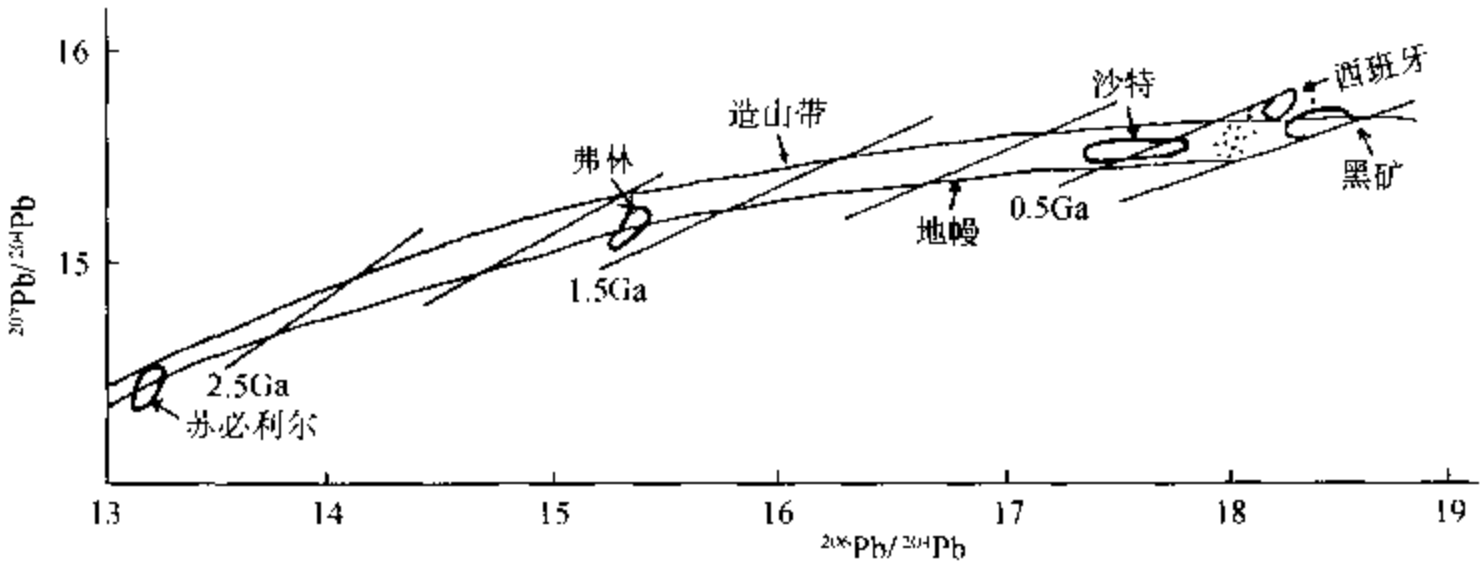


图 3-14　阿尔泰南缘可可塔勒式矿床铅同位素投影图

(底图据 Sangster, 1985)

Fig. 3-14　Diagram of lead isotope from the Keketale-style deposits in the southern margin of the Altay Mountains

(base map after Songster, 1985)

表 3-10　可可塔勒矿床及邻区碳同位素组成

Table 3-10　Carbon isotope of the Keketale deposit and its adjacent area

样号	岩(矿)石	矿物	$\delta^{13}C/‰$
ZK15-7-27B	条纹状矿石	方解石	-11.6
K220	黄铁矿化、硅化大理岩(ZK15-3-413m)	方解石	6.7
K219	星点状磁黄铁矿化大理岩(ZK15-3-292 m)	方解石	-7.4
K242	磁黄铁矿化含石榴黑云石英片岩(ZK7-7-87 m)	方解石	-8.7
KW-1	矿上粗粒不纯大理岩($D_1k_2^{2c}$)	方解石	0.4
TK2-6	灰褐色不纯大理岩($D_1k_2^{2c}$)	方解石	0.3
TK2-2	青灰色结晶大理岩 $D_1k_2^3$	方解石	0.6
B13-19	条带状大理岩	方解石	0.3
B2 8	含方铅矿团块铁碳酸盐岩	方解石	1.7

的认识。日本学者对黑矿型矿床中的金属丰度和基底岩石的金属丰度进行了广泛的对比研究,发现二者的金属含量和比率相当一致,表明矿石中的金属元素主要源于下伏的基底岩石(Sangster, 1985)。

在紧邻麦兹向斜多金属正异常带的北东侧康布铁堡组下亚组地层(D_1k_1)中,发育着呈北西向展布的 Pb、Zn 低值带(王京彬等, 1998),即负异常区,其中 Pb 的低值带长约 40km,宽 2~6km,面积可达 160km^2,含量一般为(5~13)×10^{-6},低于阿尔泰山区域平均值 16.9×10^{-6};Zn 的低值带长约 30km,宽 2~4km,面积达 100km^2,其含量一般为(40~60)×10^{-6},低于阿尔泰山区域平均值 72.5×10^{-6},上述负异常带与其南西侧的 Pb、Zn 正异常紧密相连。这一大规模的负异常带,是该区大范围内成矿物质迁移时所形成,应与流体的淋滤作用有关。

上述区域化探异常反映了大尺度的流体淋滤作用(负异常)和流体沉积作用(正异常)。为了进一步研究一个矿床的古热液系统成矿作用,我们对可可塔勒矿区不同层位的火山-沉积岩及各类蚀变岩 Pb、Zn 和 Cu 的含量进行统计,探讨其与成矿流体的关系(表 3-11)。

表 3-11　可可塔勒矿区各类岩石成矿元素含量($w_B/10^{-6}$)及其与成矿流体演化的关系

Table 3-11　Contents ($w_B/10^{-6}$) of ore-forming elements in different rocks and their relationship with the evolution of ore-forming fluid from the Keketale ore district

层位	岩石	样品数	Pb	Zn	Cu	金属富集方式	流体温压变化	流体演化方式
外围钠化带	钠化流纹岩	2	—	13.8	11.3	亏损	低温→中高温	海水下降
矿下火山-沉积岩	酸性火山岩	8	9.6	29.5	14.1	亏损	中高温,中压	流体淋滤带
	大理岩	1	15	70	46	亏损		
	砂岩	2	25.5	44.5	15.8	亏损		
矿下蚀变带	钾化流纹岩	5	15.3	23.2	9.6	亏损	中压降温	流体排泄带
	绿色蚀变带	2	7.0	19.5	20	亏损	降压	
	蚀变岩筒	9	14.2	77	29.9	亏损	快速降压	
含矿层(热水沉积岩)	似矽卡岩	7	334	589	118	富集	中低温→低温海底,低压	流体与海水混合,金属沉淀
	铁锗(2+3 号矿体)		2.83*	1.13*	—	富集		
	铁锰大理岩	1	666	732	36	富集		
矿上火山岩	酸性火山岩	10	49.0	176	26.3	正常	流体弱作用带	流体弱作用

注:带 * 者为 10^{-2};统计资料据国家 305 项目 96-915 02-03 和 85-902-01-02 课题研究报告。

从表 3-11 可以看出,与矿上火山岩相比,Pb、Zn 在矿下火山-沉积岩中均为亏损;在矿下近矿蚀变带(层控钾化带和绿色蚀变带),Pb、Zn 也为亏损;Pb、Zn 只有在热水沉积层位才明显富集,印证了矿下火山-沉积柱中 Pb、Zn 的亏损迁出现象。

另外,铅锌含矿层的矿石成分也显示了对下部地层的依赖性,如阿什勒萨依矿点和大桥矿点中都富含 Fe、Mn,甚至构成独立矿体。而该区下部的 D_1k_1 正是蒙库铁(锰)矿化层最发育的部位,铅锌含矿层中铁锰的富集可能与其下先成富铁锰层的淋滤有关,进一步佐证了盆下火山-沉积岩系中确实存在金属淋滤作用。

另一方面,矿石成分和火山作用之间又有密切的成因联系,表现在:①铁木尔特-恰夏矿区的火山岩中,钾质角斑岩、安山岩、英安岩的比例较高,相应矿石中的铜含量也较高,出现独立的铜矿体。这些相对基性的火山岩直接发育在矿上盘和含矿层中。因此,矿石中铜的富集不能用淋滤模式来解释。邻区阿舍勒矿床中铜的富集也与矿体上盘玄武岩密切相关。故此,较合理的解释是铜直接来自基性程度相对较高的岩浆流体;②铁木尔特矿区基性脉岩中铜含量普遍较高,有的接近边界品位,在次火山岩-石英钠长斑岩中产有浸染状铜矿化。阿巴宫矿区铁和铅锌成矿与不同的岩浆组合有关,也说明成矿物质的来源与岩浆作用密切相关;③在一个地区的火山-沉积岩系中,有重要意义的工业矿化限制在一个或两个窄的地层间隔中,主要是在火山喷发旋回末期或两个火山喷发旋回的间歇期,可能与岩浆演化特定阶段挥发分的大量析出有关。

总之,本区成矿物质既来自海水对盆下火山-沉积岩系的淋滤作用,也有直接来自岩浆

分异作用产生的流体。要形成特大型矿床或巨大的金属富集区，二者的有机结合很可能是非常重要的。

（四）可可塔勒式矿床成矿模式

以上讨论所得出的两个基本认识是：①可可塔勒式铅锌矿床主要是由海底火山喷流沉积形成的；②成矿流体是盆下衍生的海水淋滤源和岩浆流体的混合来源，具体可归纳为：

硫：以细菌还原海水硫酸盐为主，少量来自岩浆源；

碳：以有机碳和海水 HCO_3^- 混合源为主；

金属：源于盆下火山-沉积柱及部分基底岩系的淋滤作用和岩浆分异流体，但铜主要与偏基性的岩浆作用有关；

流体：以衍生的海水为主，有部分岩浆流体加入。

盆下淋滤单元和岩浆分异单元共同构成了一个较完整的构造-岩浆-热水成矿系统（图3-15）。铅、锌、钡、铁、银等相对易溶的金属既来自盆下火山-沉积柱和基底岩系的淋滤作用，部分也来自深部长英质岩浆的分异流体，而铜及微量的铋、钼、锡等相对难溶金属则主要来自岩浆的分异作用。硫以细菌还原海水 SO_4^{2-} 为主，少量岩浆硫和无机还原海水硫。有利于这一系统发育的时期是盆下基底构造和缓拉张阶段。因为和缓拉张环境既有利于深部岩浆房的彻底分异，又通过增加渗透性促进了浅部高效热水淋滤单元的形成，通常在强烈的岩浆喷发活动之后即是热液活动高峰期。当断裂活动突然加剧，由断裂掀斜作用造成的地震泵送机制把含矿热液输送到海底水-岩界面附近淀出成矿。很可能，要形成特大型矿床或巨大的金属富集区，二者的耦合作用是非常重要的。单一的成矿作用，无论是淋滤作用还是岩浆分异作用，多有利于形成中小型矿床，塞浦路斯式块状硫化物矿床迄今尚未发现大型者，可能即与缺乏岩浆的分异作用有关。因此，火山岩区优选大型-超大型矿床或巨大金属富集区时，既要考虑岩浆的分异性也要考虑海水淋滤作用的发育程度，确定二者同时发育的识别标志。

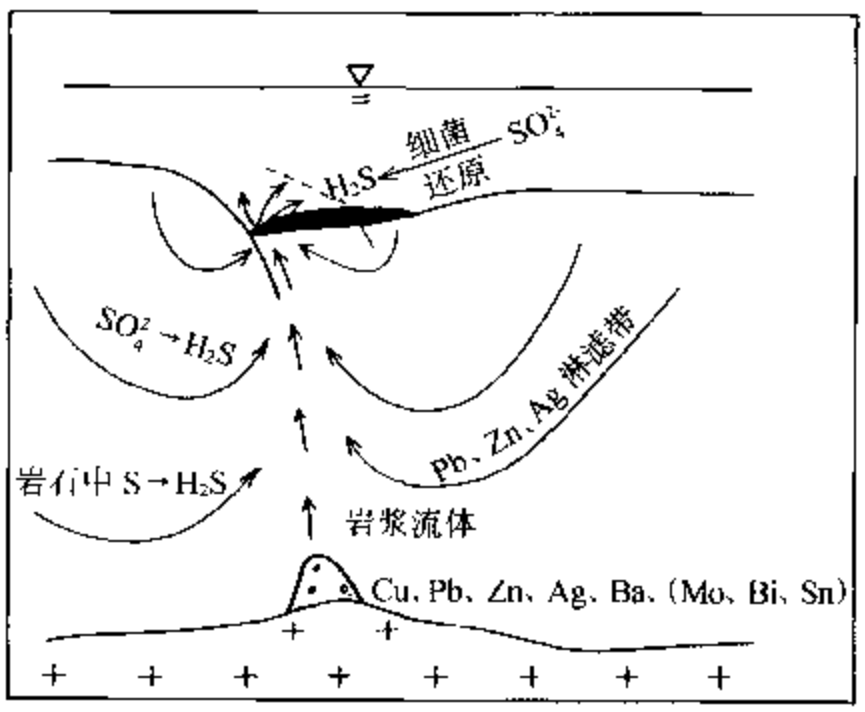


图 3-15　可可塔勒式铅锌矿床成矿模式示意图

Fig. 3-15　Sketch map showing the metallogenic model of the Keketale-style Pb-Zn deposits

第二节　沉积岩容矿的层控铅锌矿床

沉积岩容矿的层控铅锌矿床主要分布在塔里木陆块(盆地)西缘,代表性矿床有霍什布拉克矿床(SEDEX 型,在本区称为霍什布拉克式)、乌拉根砂(砾)岩型(乌拉根式)矿床和塔木-卡兰古矿床(MVT 型,在本区称为卡兰古式)。1942 年,前苏联地质学家别良也夫斯基在这一地区开展路线地质考察时发现乌苏里克、卡兰古等矿床。20 世纪 50 年代中后期,原冶金 702 地质大队开展了塔里木陆块西缘全区普查找矿工作,发现了一大批重要的矿床、矿点和矿化点,包括卡兰古、塔木、阿巴列克、铁克列克、卡拉玛、切列克其、乌拉根、沙里塔什、霍什布拉克等矿床,工程控制铅锌储量达 100 万吨,成为新疆重要的铅锌勘查开发区。目前区内已知的铅锌矿床(点)几乎都是当时发现的。

一、霍什布拉克铅锌矿床

霍什布拉克铅锌矿床位于新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州东部,距阿图什市约 140km,属阿图什市哈拉峻乡管辖。地理坐标:77°20′45″E,40°30′35″N。该矿 1952 年发现,1952～1956 年对Ⅰ号矿体用坑探、钻探等工程进行了详细评价,已探明铅锌储量达中型规模;对Ⅱ号矿体用稀疏工程进行了控制。其后,一直由阿图什市市办企业小规模开采。

(一) 矿区地质背景

霍什布拉克矿床产于塔里木盆地西北缘的麦丹晚古生代陆缘沉积盆地中,区内中泥盆统托格买提组上部(D_2t_2)为一套细碎屑岩-碳酸盐岩建造,厚度大于 900m,产有沙里塔什中型铅锌矿床;上泥盆统坦盖塔尔组上部(D_3t_2)为一套含石膏的细碎屑岩-碳酸盐岩建造,厚度大于 230m,霍什布拉克铅锌矿床即赋存在坦盖塔尔组第二层内($D_3t_2^2$)。

1965 年新疆地矿局区测队在 1:20 万区调报告中,把该矿区定为向南倒转的背斜构造,赋矿地层划为上泥盆统坦盖塔尔组(图 3-16)。本次研究证实了该矿区这一构造的存在,根据岩性对矿区地层进行了重新划分,认为原霍什布拉克铅锌含矿层位于上部深灰色灰岩与下部砂质钙质页岩过渡部位,二者之间呈互层产出的钙质页岩和砂岩,是铅锌矿的容矿岩石,而上部灰岩和下部页岩则分别是矿床的顶板和底板围岩。

1. 地层层序

根据新认识矿区地层剖面如下:

下石炭统:喀拉治尔加组(C_1k)

砂岩、粉砂岩及页岩

—— 断　　层 ——

上泥盆统坦盖塔尔组上部(D_3t_2)

3. 霍什布拉克矿区第三层($D_3t_2^3$)

灰、灰黑色结晶灰岩、灰岩,夹生物碎屑灰岩,厚度 50～100m

2. 霍什布拉克矿区第二层($D_3t_2^2$)

黄、灰色钙质页岩、灰色砂岩及页岩互层,厚度大于 100m,未全部控制。赋存Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号矿

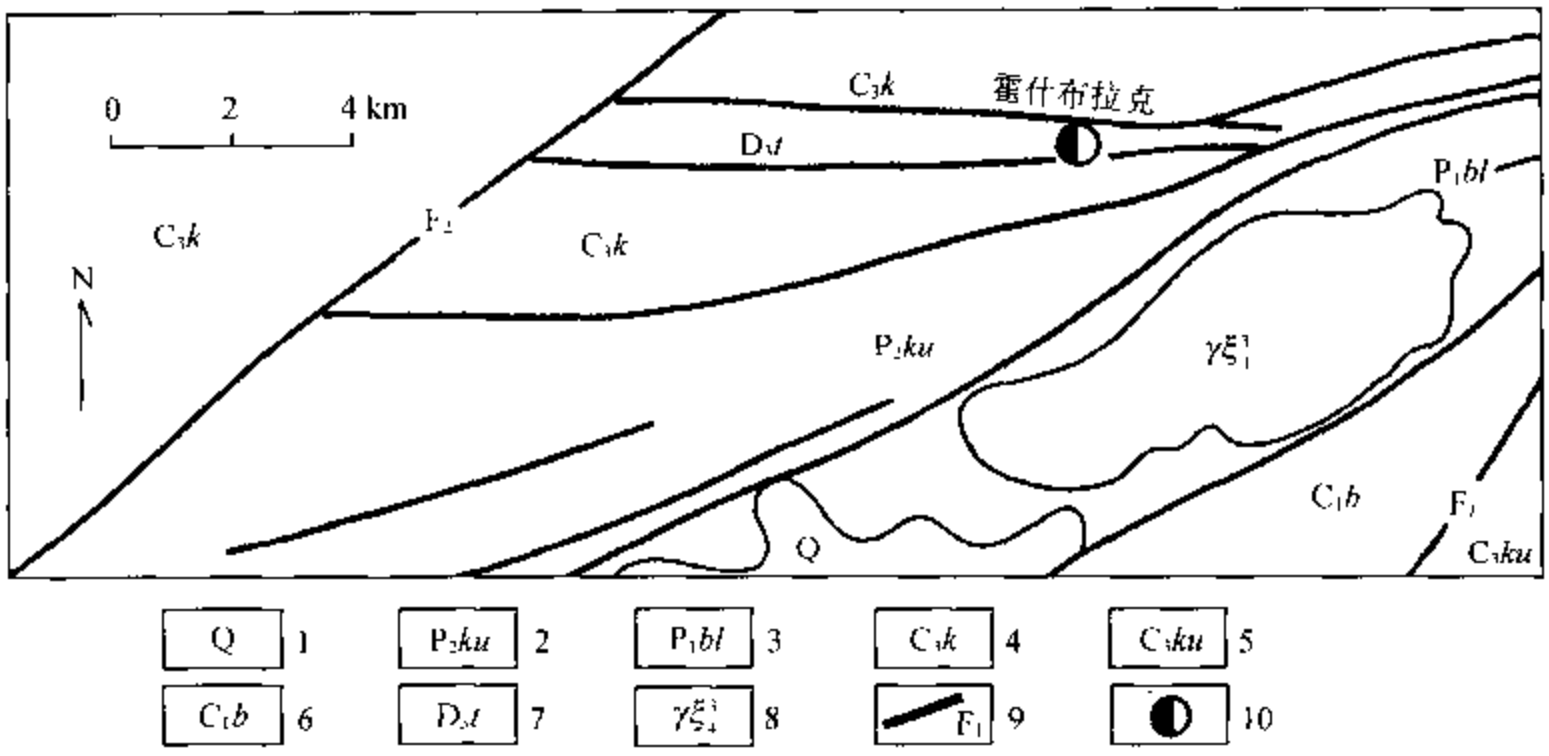


图 3-16 霍什布拉克地区地质略图

(据新疆区测队,1:20 万占比勒辐矿产图,1965,改编)

Fig. 3-16 Sketch map showing geology of the Huoshibulake area

(modified from the Geological Party of Xinjiang Regional Survey, 1965)

1—第四系;2—库铁热克群:砂岩、页岩夹凝灰岩;3—别良金群:砂岩、页岩、灰岩;4—喀拉治尔加组:砂岩、粉砂岩、页岩;5—库克林群:灰岩;6—巴什索贡组:灰岩;7—坦盖塔尔组:灰岩、砂岩及页岩;8—华力西晚期花岗正长岩类;9—断层及编号;10—铅锌矿床

体,为铅锌赋矿层位

1. 霍什布拉克矿区第一层($D_3t_1^1$)

钙质砂质页岩,厚约 30m,未全部控制

下伏:(未见底)

2. 矿区构造

矿区为一倒转的背斜构造,走向为 EW 向(图 3-17),南翼倒转,北翼为正常翼,倾向 N 或 330°,倾角 30°~50°。组成背斜核部的地层为上泥盆统坦盖塔尔组霍什布拉克矿区第一层($D_3t_2^1$),出露长度约 11km;北翼依次出露霍什布拉克矿区第二层($D_3t_2^2$)、第三层($D_3t_2^3$)。因断裂破坏,南翼没有出露这套含矿地层。

霍什布拉克铅锌矿区南、北两侧分别受 NEE 向的乌恰断裂和兴地断裂控制。在该区乌恰断裂为塔里木北缘陆缘活动带与塔里木陆块之间的分界线。该断裂总体上向 N 倾斜,北盘(上盘)向南逆冲,倾角 50°~80°,具多期活动特征,主要呈压性。但断裂走向呈波状弯曲,推测早期显张扭性。兴地断裂北侧为泥盆系—志留系,中上泥盆统及其铅锌矿化仅分布于断裂南侧。因此,可以认为乌恰和兴地断裂为麦丹盆地中晚泥盆世的南、北控盆断裂。

从霍什布拉克铅锌矿床产出的构造部位来看,该矿床是受 NEE 向与 EW 向断裂的复合控制。这就是说,NEE 向与次级 EW 向断裂很可能是同生断裂控制着次级沉积盆地的形成、发展以及铅锌矿化。

3. 矿区侵入岩

矿区南西部主要沿乌恰断裂分布有华力西晚期花岗正长岩小岩株。脉岩较发育,主要

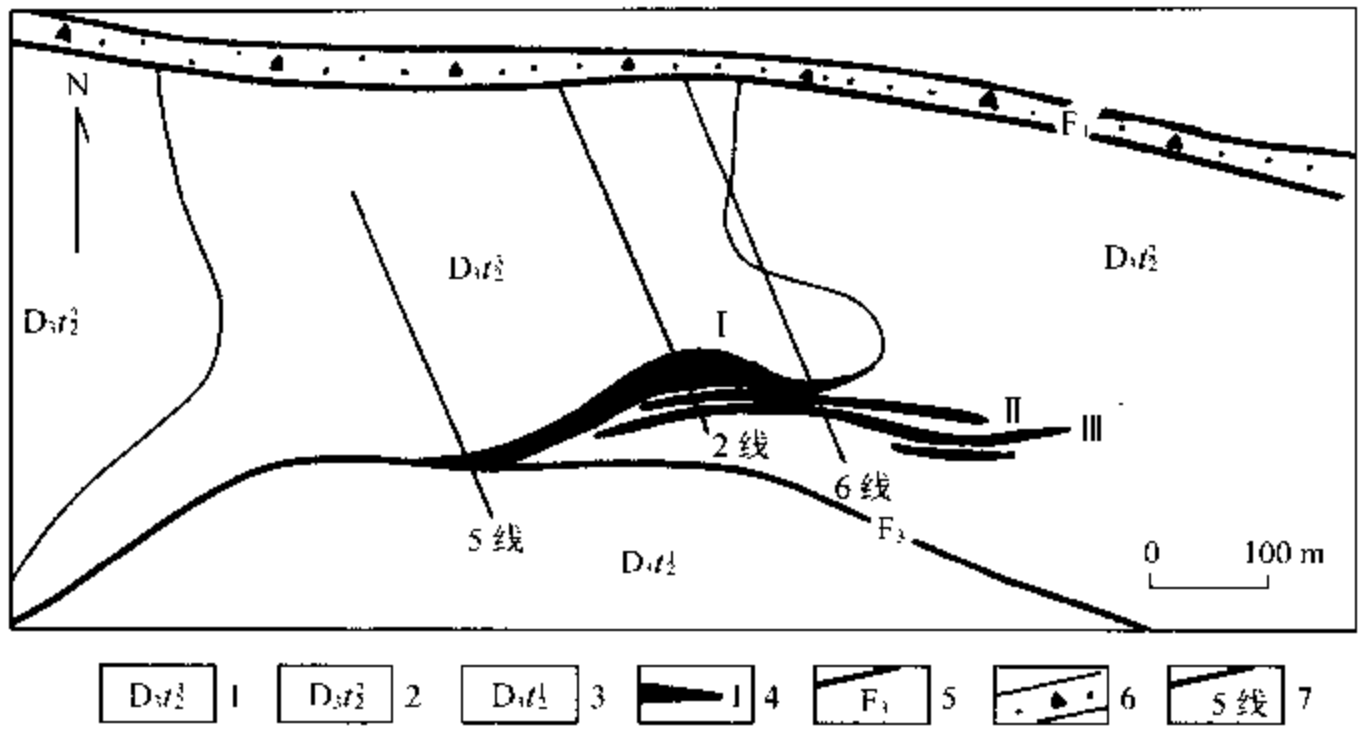


图 3-17　阿图什市霍什布拉克铅锌矿床地质略图

Fig.3-17　Sketch map showing geology of the Huoshibulake deposit, Atushi city

(modified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1957, and the Geological Party of Xinjiang Regional Survey, 1965)

(据新疆有色金属公司 702 队, 1957, 1:20 万占比勒幅矿产图, 1965, 改编)

1—上泥盆统坦盖塔尔组霍什布拉克矿区第三层:灰黑色结晶灰岩、灰岩夹生物碎屑灰岩;2—上泥盆统坦盖塔尔组霍什布拉克矿区第二层:黄、灰色钙质页岩、灰色砂岩及页岩互层含矿层;3—上泥盆统坦盖塔尔组霍什布拉克矿区第一层:钙质砂质页岩;4—矿体及编号;5—断层及编号;6—断层破碎带;7—勘探线及编号

为花岗正长岩类和闪长岩类两种。前者包括花岗斑岩、石英钠长斑岩和细晶岩,后者包括斜长煌斑岩和拉辉煌斑岩。岩浆岩和铅锌矿的形成无直接联系。

(二) 矿床地质特征

1. 矿体的形态、产状和品位

霍什布拉克矿区矿体产于上泥盆统坦盖塔尔组上岩性段细碎屑岩向碳酸盐岩过渡部位,呈层状、似层状,与围岩整合产出(图 3-18、图 3-19,表 3-12),并同步褶皱。主要有两层矿体:Ⅰ号矿体为主矿体,由块状铅锌矿石组成,长 350m,中部厚达 20 余米,向南西方向变薄为 3～4m,并为断裂所截,向北东变薄而出露地表,平均厚度 7.46m,沿倾向斜深大于 300m;Ⅱ号矿体位于Ⅰ号矿体南东侧,为含细脉-浸染状方铅矿的硅化灰岩和片理化钙质粉砂岩互层。两层矿间距 3～10m,被钙质页岩层隔开。

2. 矿石组分

金属矿物主要为闪锌矿和方铅矿,其次为黄铁矿、黄铜矿和少量的毒砂。经表生氧化作用形成白铅矿、菱锌矿、铅矾、褐铁矿等。脉石矿物与围岩成分一致,以方解石、白云石和石英为主,其次为重晶石、绢云母、石膏等。Ⅰ号矿体的矿物组合为方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-白云石(-石英)组合,以闪锌矿和黄铁矿含量多为特点;Ⅱ号矿体为方铅矿-(闪锌矿)-白云石-方解石组合,以方铅矿为主,伴随球粒状黄铁矿。

矿石主要有用金属为铅、锌,原生矿平均品位铅 3.44%,锌 7.35%。伴生有用金属铜含量为 0.05%,银含量为 12.15×10^{-6},钴为 0.005%,镉为 0.05%,可综合利用。

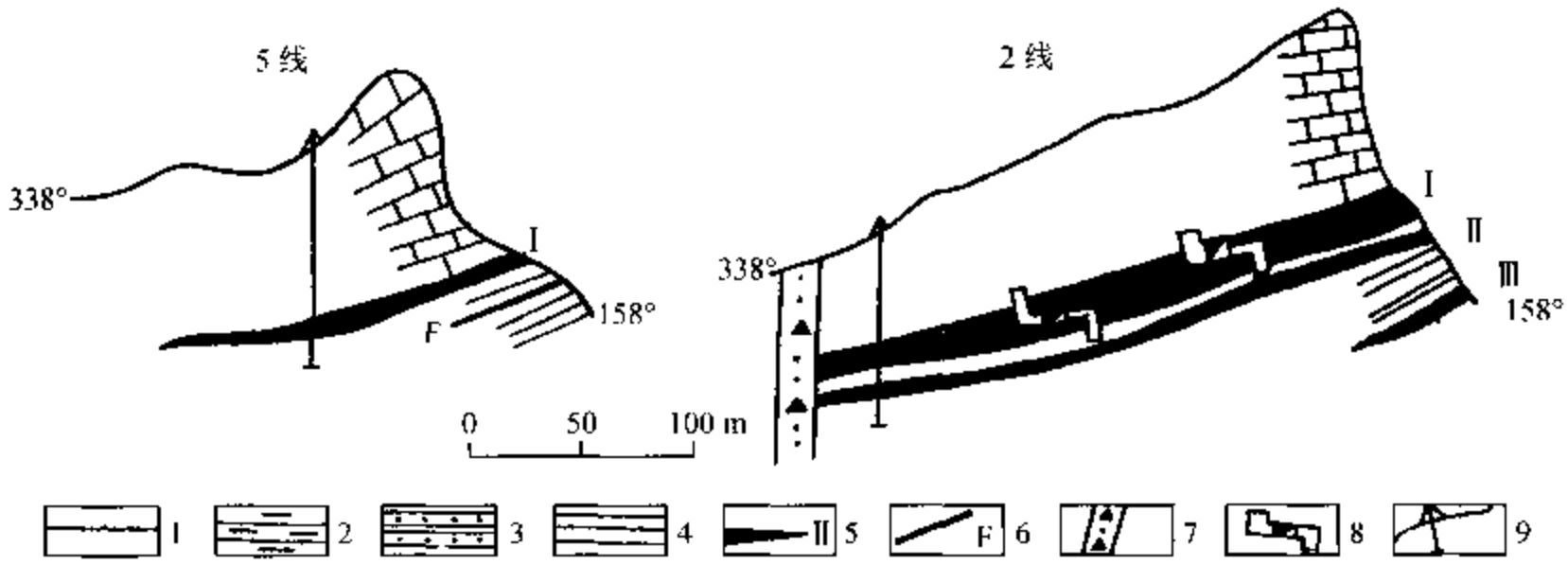


图 3-18 阿图什市霍什布拉克铅锌矿床 2 线、5 线剖面图

(据新疆有色金属公司 702 队,霍什布拉克铅锌矿勘探报告,1957)

Fig. 3-18 Profile of exploration lines 2 and 5 of the Huoshibulake deposit, Atushi city

(modified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1957)

1—灰岩夹生物碎屑灰岩;2—钙质页岩;3—砂岩页岩互层;4—页岩;5—矿体及编号;6—断层;7—破碎带;8—平硐;9—钻孔

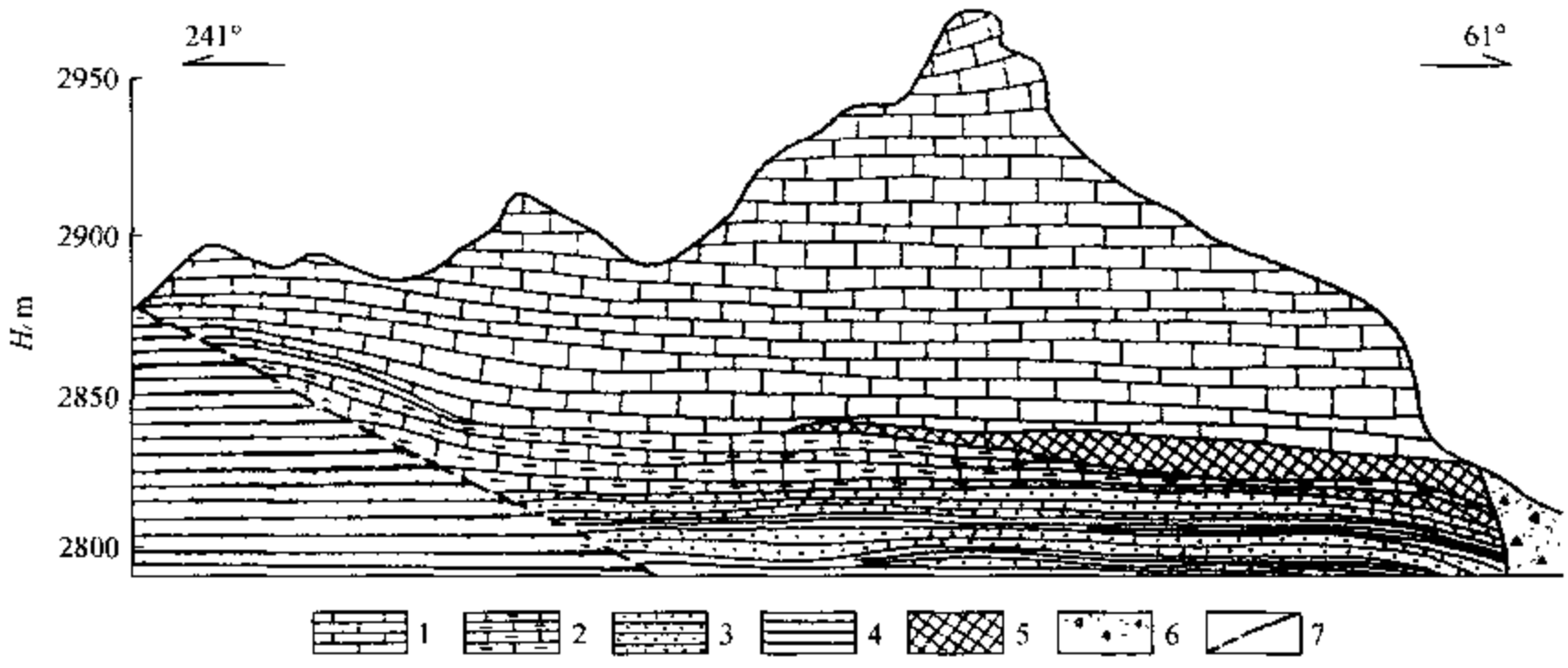


图 3-19 霍什布拉克铅锌矿床纵剖面图

(据新疆有色金属公司 702 队,霍什布拉克铅锌矿勘探报告,1957)

Fig. 3-19 Longitudinal profile of the Huoshibulake Pb-Zn deposit, Atushi city

(modified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1957)

1—灰岩夹生物碎屑灰岩;2—钙质页岩;3—砂岩;4—页岩;5—矿体;6—破碎带;7—断层

3. 矿石结构构造

矿石构造以块状、条带状、层纹状、浸染状构造为主,其次有少量的角砾状和细网脉状构造。结构有沉积作用形成的微莓球状、球粒状、针状结构,热液作用形成的他形粒状、自形粒状及交代溶蚀-残余结构等。

矿床中条带状和层纹状矿石十分发育。组成矿石的方铅矿和闪锌矿粒度极细,闪锌矿的颜色大多为米黄色。这些特点显出了喷流沉积成矿特征。

表 3-12　霍什布拉克铅锌矿床矿体特征并与沙里塔什矿床比较

Table 3-12　Characteristics of orebodies from the Huoshibulake Pb-Zn deposit and comparison with the Shalitashi deposit

矿床名称	矿体编号	规模/m			平均品位/(w_B/%)			形　态
		长	延深	厚	铅	锌	铜	
霍什布拉克铅锌矿床	Ⅰ	350	>300	4~20	3.35	6.67	0.05	层状
	Ⅱ	300	>300	6				层状
	Ⅲ	100	>100					似层状
沙里塔什	一矿	217	200	7	5.06	2.8		似层状
	三矿	50		0.46	4.56	1.37		透镜状

4. 成矿期、成矿阶段

从矿体的产状、矿石组构、矿物组合、矿石组分等特征来看，霍什布拉克矿床的形成经历了多期、多阶段矿化作用，即热水沉积-成岩成矿期、后期改造(再造)成矿期和表生期。

热水沉积-成岩成矿期是该矿床主要成矿期。

后期改造(再造)成矿期可分为两个阶段：热水改造阶段和区域变质及构造变形作用阶段。前者形成了硫化物脉和方解石、石英硫化物脉，脉幅细小且量少，表明改造作用不强。后者主要表现为矿体的塑性变形和矿石的重结晶作用，成矿物质未发生大规模的活化迁移。

表生作用主要在地表或接近地表，在大气、水、生物的作用下形成白铅矿、菱锌矿、铅矾、褐铁矿等次生矿物。

主要根据矿物结构的特征，大体确定了本矿床的主要矿物生成顺序(表 3-13)。

表 3-13　成矿期、成矿阶段及矿物生成顺序表

Table 3-13　Mineralization epochs, stages and mineral forming sequence

成矿期 / 成矿阶段 / 矿物成分	热水沉积-成岩成矿期	后期改造(再造)成矿期		表生期
		热水改造阶段	区域变质及构造变形作用阶段	
方解石	———	———		
白云石	———	- - ———		
石英	———	———		
重晶石	———			
绢云母	———			
石膏	———			
黄铁矿	———	———		
毒砂	- - - - - -			
闪锌矿	———	— —		
方铅矿	———	———		
黄铜矿	———			
白铅矿				———
菱锌矿				———
铅矾				———
褐铁矿				———

注：———主要矿物；———次要矿物；- - - - - -微量矿物

(三) 围岩蚀变

该矿床围岩蚀变较弱，主要有碳酸盐化、硅化和黄铁矿化3种。

1)碳酸盐化：是矿区最普遍、最重要的围岩蚀变类型，贯穿整个成矿时期。早期的白云石化呈浸染状、不规则细脉状，交代原岩，形成白云石化灰岩和白云岩。晚期白云石、方解石硫化物细网脉穿插充填于矿石中，脉幅细小且量少，表明叠加成矿作用不强。

2)硅化：微弱。早期的硅化表现为石英交代原岩的方解石，形成硅化灰岩或硅化砂岩。晚期硅化表现为石英硫化物细网脉穿插矿体中，和矿化关系较为密切。

3)黄铁矿化：黄铁矿化也很普遍，黄铁矿多呈星散状分布，局部呈稠密浸染状。黄铁矿化和硅化密切，二者常呈同步消长。当硅化强时，黄铁矿化亦强。

(四) 流体包裹体特征

据叶庆同等(1999)资料，霍什布拉克矿床Ⅱ号矿体与硫化物共生的白云石和方解石中流体包裹体少而小，均一温度为：68～135℃(方解石，15次测定)和89～198℃(白云石，11次测定)；流体的盐度3.2%～6.5%，均一瞬间压力为20～32MPa。在Ⅰ号矿体中，与硫化物共生的白云石和石英流体包裹体相对较大，以气液相为主，均一温度：125～210℃(白云石，6次测定)、193～253℃(石英，12次测定)；流体盐度为5.1%～12.6%，均一瞬间压力12～15MPa。

总体上，Ⅱ号矿体形成的温度、盐度偏低，但压力偏高，可能反映成岩-热液叠加阶段的成矿特点；Ⅰ号矿体成矿温度、盐度相对较高，而压力较低，反映了喷流沉积的特征。

(五) 硫、铅同位素特征

1. 硫同位素

霍什布拉克铅锌矿床硫同位素以富重硫为特征(表3-14)，各类矿石中方铅矿、闪锌矿和黄铁矿硫同位素组成均为较高的正值，$\delta^{34}S$变化大，分布范围为14.4‰～24.4‰，表明成矿流体中的硫主要应来自还原的海相硫酸盐。

2. 铅同位素

霍什布拉克铅锌矿床铅同位素测定结果列于表3-15。据蔡宏渊等(1998)研究有以下两点认识：

1)矿石铅与围岩中铅同位素组成有明显差异，反映了两者铅的来源不同。另外Ⅰ号矿体矿石铅的单阶段模式年龄值为515～554Ma，平均值(540±28)Ma，应属寒武纪，此年龄数据已明显高于赋矿地层年龄(泥盆纪)，初步认为成矿物质很可能来自深部下古生界的淋滤作用。

2)块状矿石和层纹状矿石中铅同位素集中在铅构造模式图较小范围内(图3-20)，而硫化物细脉中方铅矿铅同位素与之差异明显，其源区U/Pb比值明显高于块状矿石源区，反映出上地壳来源，表现为两期成矿流体的叠加。

(六) 矿床成因

霍什布拉克矿床的勘查是在50年代完成的，当时认为该矿床属岩浆热液成因。80年

表 3-14　霍什布拉克铅锌矿床硫同位素测定结果

Table 3-14　Analyzed result of sulphur isotope from the Huoshibulake Pb-Zn deposit

样号	矿物	矿石名称	$\delta^{34}S_{(V-D)}$/‰
H-1	方铅矿	角砾状矿石	21.6
H-6	方铅矿	块状矿石	17.3
H-17	方铅矿	块状矿石	17.4
H-2	方铅矿	层纹状矿石	22.6
H-19	方铅矿	块状矿石中硫化物脉	14.4
H-6	闪锌矿	块状矿石	24.2
H-4	闪锌矿	脉状矿石	20.2
H-2	黄铁矿	层纹状矿石	21.8
H-3	黄铁矿	层纹状矿石	22.2
H-4	黄铁矿	硫化物方解石脉	15.4
H-18	黄铁矿	不含 Gn、Sp 黄铁矿团块	-8.5
H-19	黄铁矿	不含 Gn、Sp 黄铁矿团块	-12.1

分析单位：中国有色金属工业总公司矿产地质研究院。　　（据蔡宏渊等，1998）❶

表 3-15　霍什布拉克铅锌矿床铅同位素测定结果

Table 3-15　Analyzed result of lead isotope from the Huoshibulake Pb-Zn deposit

样号	矿物(岩石)	矿石(岩石)名称	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	t/(Ma, Doe)
H-3	黄铁矿	层纹状矿石	17.950	15.633	38.144	535.2
H-2	方铅矿	层纹状矿石	17.912	15.615	38.075	540.7
H-5	方铅矿	浸染状矿石	17.972	15.629	38.092	515.2
H-6B	方铅矿	浸染状矿石	17.938	15.634	38.129	544.7
H-6	方铅矿	块状矿石	17.847	15.586	37.997	554.2
H-17	方铅矿	块状矿石	17.900	15.615	38.056	549.9
H-1	方铅矿	角砾状矿石中硫化物脉	18.086	15.732	38.381	551.9
H-4	方铅矿	块状矿石中硫化物脉	17.983	15.687	38.248	572.9
H-18	方铅矿	块状矿石中硫化物脉	18.102	15.873	38.905	692.8
H-19	方铅矿	块状矿石中硫化物脉	18.173	15.848	38.742	619.1
H-11A	灰岩	王水可溶部分	18.432	15.683	38.696	
H-11B	灰岩	王水不溶部分	18.168	15.447	37.888	
H-12A	灰岩	王水可溶部分	18.156	15.396	37.631	
H-12B	灰岩	王水不溶部分	18.875	15.885	38.967	
H-20A	灰岩	不含灰黑色脉	18.437	15.772	38.769	
H-20B	灰岩	含灰黑色脉	18.212	15.583	38.325	
H-21	灰岩	全岩	18.399	15.668	38.630	

分析单位：中国有色金属工业总公司矿产地质研究院。　　（据蔡宏渊等，1998）

❶ 蔡宏渊等，1998，南天山铜、铅锌矿床成矿条件、靶区优选和评价研究。

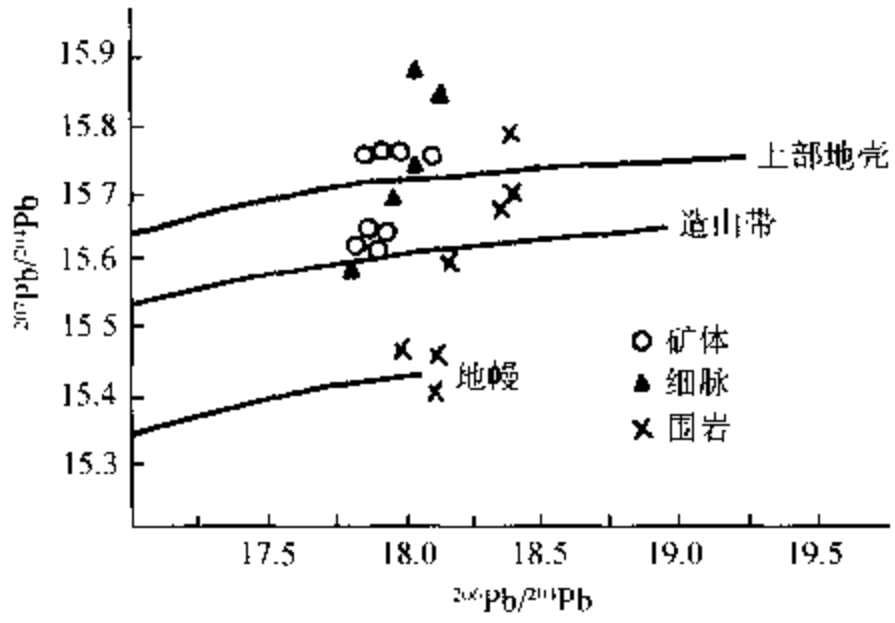


图 3-20　霍什布拉克矿区铅同位素组成投影图

(据蔡宏渊等,1998)

Fig. 3-20　Diagram of lead isotope from the Huoshibulake ore district

(after Cai et al., 1998)

代后期,彭守普等研究认为本区矿床属沉积改造型矿床❶。1996～1998 年蔡宏渊等开展了南天山铜、铅锌矿床成矿条件、靶区优选和评价研究,认为霍什布拉克铅锌矿床属于海底喷流沉积型矿床。本次在研究前人资料的基础上,作者赞同本区铅锌矿床属热水沉积型成因的观点。概括本矿床的成因特征主要有以下几个方面:

1)矿床产出的大地构造位置:塔里木陆块西北缘中晚泥盆世的陆缘裂陷盆地。

2)定位空间:矿区处于当时生长断层的旁侧,盆地中断陷深度最大、热水活动剧烈的地段,矿床定位于沉积洼地中。

3)岩相古地理环境:中、上泥盆世由于拉张缓慢,盆地由深海-次深海环境转为浅海环境,矿床形成于海退阶段的局限还原卤水池中。

4)矿体形态和产状:矿体呈层状、似层状产于细碎屑岩向碳酸盐岩的过渡部位,与地层整合产出;在矿层下盘有交切的细网脉浸染状和角砾状矿化。

5)矿体中条带状、层纹状和同生角砾状矿石发育,特别是层纹状矿石十分发育。组成矿石的方铅矿和闪锌矿粒度极细,闪锌矿的颜色很浅,绝大多数呈很淡的米黄色。

6)成矿温度为中低温度、低盐度、低压力,具有沉积岩容矿的喷流沉积矿床(SEDEX)的一般特征;

7)硫、铅同位素特征:富集重硫,$\delta^{34}S$ 分布范围为 14.4‰～24.2‰。表明硫来源于海水硫酸盐,经无机还原进入成矿流体;铅同位素特征反映其成矿物质可能主要来自下部古生界的淋滤作用。

总之,霍什布拉克铅锌矿床应属于与沉积岩有关的块状硫化物矿床这一大类,具有 SEDEX 型矿床的成矿特征。其 I 号矿体主要是局部赋矿洼地中喷流沉积形成的,而 II 号矿体主要是热水沉积-成岩阶段形成的,经历了成岩阶段的热液叠加改造。

---

❶　彭守普等,1989. 新疆主要有色和贵金属矿产及其找矿前景展望.

二、卡兰古式铅锌矿床

塔里木陆块西南缘(行政上主要属阿克陶县管辖)的铁克里克铅锌成矿带(也称为塔木-卡兰古铅锌成矿带),产出一系列碳酸盐岩(或碳酸盐岩-砂岩)容矿的铅锌矿床,由塔木、卡兰古、阿巴列克等20余处铅锌(铜)矿床(点)组成,其成矿主要受泥盆系—石炭系古含水层控制,具有MVT型铅锌矿化的一般特征。笔者把该区这样一类碳酸盐岩为主岩的层控铅锌矿床,统称为卡兰古式矿床。

(一) 成矿地质背景

塔木-卡兰古地区前寒武系变质岩分布于矿带西侧之恰尔隆-库斯拉甫地区。容矿地层为中泥盆统至上二叠统,为一套基本连续沉积的碎屑岩-碳酸盐岩建造,总厚度大于3500m,除泥盆系有部分(靠西昆仑山一侧)具中深水沉积的特点外,整套沉积地层以浅海相-滨海相为主,包括3个海进序列(图3-21)。其上不整合有中、新生代沉积。

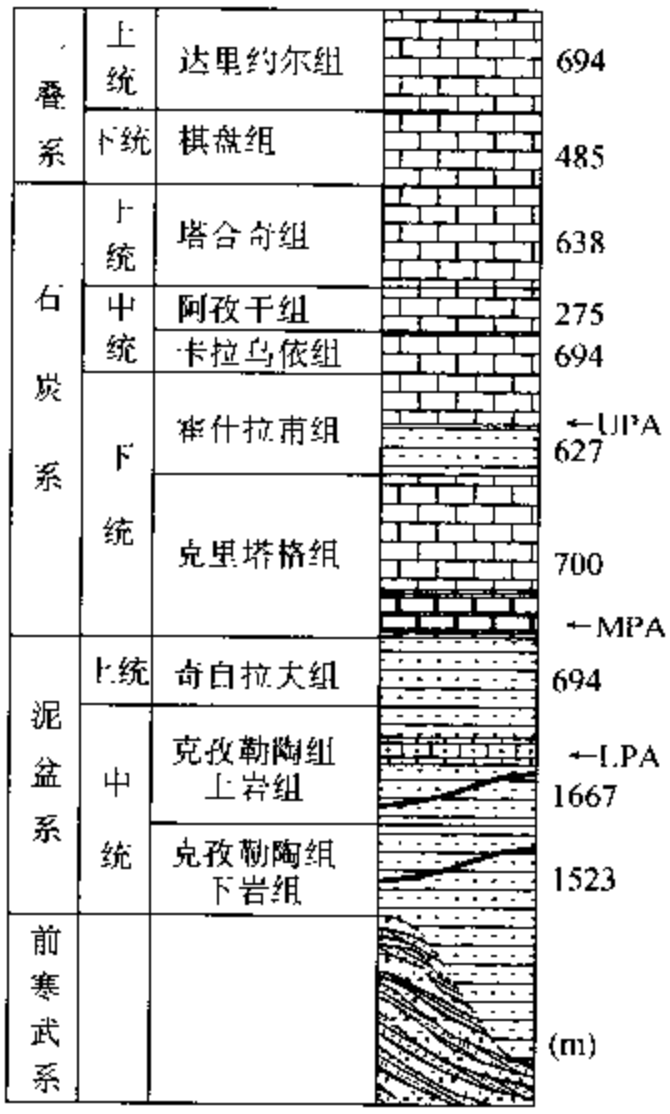


图3-21 塔木-卡兰古地区地层柱状剖面图

Fig. 3-21 Stratigraphic column of the Tamu-Kalangu area

UPA—上含矿层;MPA—中含矿层;LPA—下含矿层

剖面右侧数字为厚度(m),图例略,可参考各层位岩性描述

中泥盆统克孜勒陶组(D_2k):下部为一套单一的碎屑岩沉积,为中厚层灰绿色石英砂岩、粉砂岩、石英细砾岩等;上部为碎屑岩夹碳酸盐岩,主要岩性为钙质砂岩、粉砂岩、泥岩、

生物碎屑灰岩等。上泥盆统奇自拉夫组(D_3q)为紫红色碎屑岩沉积，碎屑分选较好，磨圆度较高，主要岩石包括石英砂岩、含砾石英砂岩、细砂岩等。

下石炭统克里塔格组(C_1k)为中厚层状不纯碳酸盐岩，包括厚层结晶灰岩、生物碎屑灰岩、礁灰岩和白云质灰岩，富含生物化石，与下伏上泥盆统奇自拉夫组之间在矿带北部之克孜勒——铁克列克地区为整合接触，在矿带中南部之塔木—卡兰古地区为断层接触。霍什拉甫组(C_1h)为海相碳酸盐岩夹碎屑岩沉积，下部以粉砂岩、含砾长石石英砂岩为主夹薄层灰黑色中薄层灰岩和泥灰岩，上部为厚层状微晶灰岩和结晶灰岩，富含化石。中石炭统为一套碳酸盐岩夹碎屑岩沉积，主要岩性有灰岩、生物碎屑灰岩、石英砂岩、钙质砂岩、粉砂岩等；上石炭统和二叠系以碳酸盐岩为主，局部夹钙质细碎屑岩。

卡兰古式铅锌(铜)矿床(点)几乎都受控于泥盆系—石炭系的3个古含水层系统，古含水层亦即含矿层(图3-21)，这些古含水层由下部透水性碎屑岩(砂岩)与上覆相对不透水的灰岩层组成，其间发生角砾化和白云石化作用。

1)下(古)含水层：位于中泥盆统克孜勒陶组(D_2k)中，由克孜勒陶组下亚组石英砂岩、砂砾岩，上亚组碎屑岩与上亚组中的砂质灰岩及灰岩共同构成。

2)中(古)含水层：位于泥盆系与石炭系接触部位，由上泥盆统奇自拉夫组(D_3q)碎屑岩与上覆石炭系底部克里塔格组(C_1k)中厚层灰岩构成。矿化主要产于碎屑岩与上覆灰岩接触部位，区内大多数有经济意义的矿床(点)均产于此层中。

3)上(古)含水层：位于下石炭统霍什拉甫(C_1h)组中，由下部碎屑岩与上部的厚层灰岩构成。

铁克里克矿带总体上沿塔里木南缘大断裂的上盘分布。区域性断裂均平行这条断裂分布，总体多呈NNW向。区内所有铅锌矿床，如卡兰古、塔木、阿巴列克、铁克列克等均分布于这些断裂之旁侧。NE向断层规模较小，但有较清晰的遥感影像。往往在NE向断裂发育的部位，矿化规模大、品位高。

铁克里克矿带之碳酸盐岩台地分布区除七美干、棋盘等地区有小范围的早二叠世玄武岩喷发以及在卡兰古等地发现一些辉长岩脉外，未见到其他火成岩出现。

卡兰古矿床外围之恰看特勒克剖面地层地球化学研究发现，在石炭系底部出现一个微量元素强烈富集地段(表3-16)，也就是白云石化强烈地段。

表3-16　恰看特勒克剖面不同层位元素含量统计

Table 3-16　Element contents in different layers of the Qiakanteleke profile

	样品数	Zn	Pb	Cu	Au	Ag	As	Sb	Bi	Mg	Ca	Sr	Ba	Rb
D_3q	2	35.0	30.5	53	156	0.35	482	0.81	2.80	0.79	2.85	74	307	43.5
C_1k	17	38.2	19.8	10.9	10.61	0.11	4.02	0.44	0.23	7.36	27.98	109	51.18	3.04
C_1h	5	31.6	17.6	14.4	5.46	0.06	2.54	0.26	0.22	0.75	33.58	322	32.40	4.54
C_2t	1	24.0	15.0	7.5	2.60	0.07	3.00	0.26	0.10	0.67	36.70	478	23.00	6.70
C_3t	1	27.0	41.0	7.5	1.40	0.08	2.20	0.20	0.21	0.93	20.70	687	36.00	8.90
P_1q	1	28.0	15.0	10.0	51	0.04	45	1.00	0.24	1.23	37.00	180	30.00	3.20

注：含量单位：Mg、Ca为10^{-2}，Au为10^{-9}，其他微量元素为10^{-6}。

(二) 典型矿床地质特征

1. 卡兰古铅矿床

卡兰古矿床矿体位于 D_3q 与 C_1k 的构造结合部附近(图 3-22),控矿围岩为下石炭统克里塔格组的不纯碳酸盐岩。按矿床勘探报告,共分出 6 个岩性段:

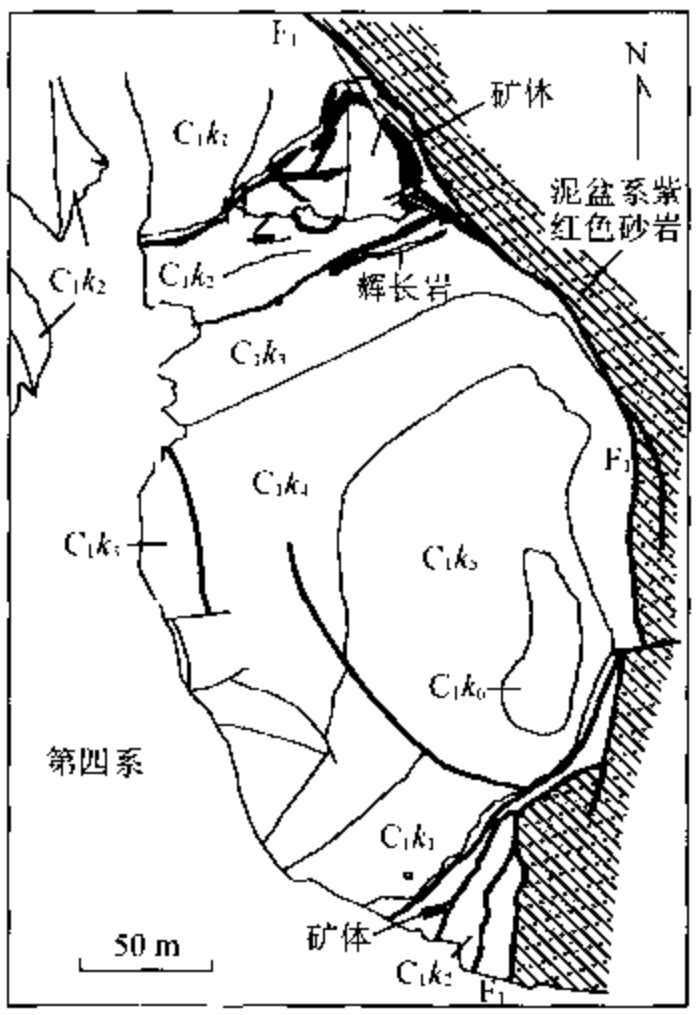


图 3-22 卡兰古铅矿区地质简图

Fig. 3-22 Sketch map showing the Kalangu ore district

(据新疆有色金属公司 702 队,卡兰古铅矿勘探报告,1959,简化)

C_1k_1—薄层状灰岩;C_1k_2—碎裂状厚层状白云岩含矿层;C_1k_3—白云质石英砾岩;C_1k_4—薄层灰岩;C_1k_5—薄层状泥灰岩;C_1k_6—厚层状灰岩

6 个岩性段构成卡兰古向斜,铅锌矿体主要赋存于第二岩性段碎裂状白云岩中,矿体与角砾岩体大体顺层展布,产状与地层一致(图 3-23)。

主断裂 F_1 总体呈近 SN 向,上盘为克里塔格组碳酸盐岩,下盘为奇自拉夫组紫红色砂岩,高角度逆冲,其间发生不同程度的角砾岩化,矿床分南、北两个矿带,分别位于卡兰古向斜的两翼,主要矿体均位于北矿带中,平均厚(地表出露)28m。从坑道平面揭示出矿体呈东西向顺层展布(图 3-24)。矿体下盘围岩为中薄层状含碳白云质灰岩,上盘为含石英砾石碳酸盐岩或钙质石英砂砾岩,呈灰白色。矿体形态不规则,由于顺层展布而具有一些层状的特点。根据多条剖面控制测定,矿化体(角砾岩体)自西向东规模逐渐变大,品位也增高。在 3 线附近矿体厚度达到 40m,铅品位达 5% 以上。块状富矿石绝大部分分布于 3 线附近及其以东。由此可以看出,矿化与近 SN 向的主构造带存在一定的联系,靠近主构造带矿化好,角砾岩带规模大,热液活动强度也大。9～13 线,矿体受 F_1 断裂的控制,走向 NW330°,矿化分散,含黄铜矿。

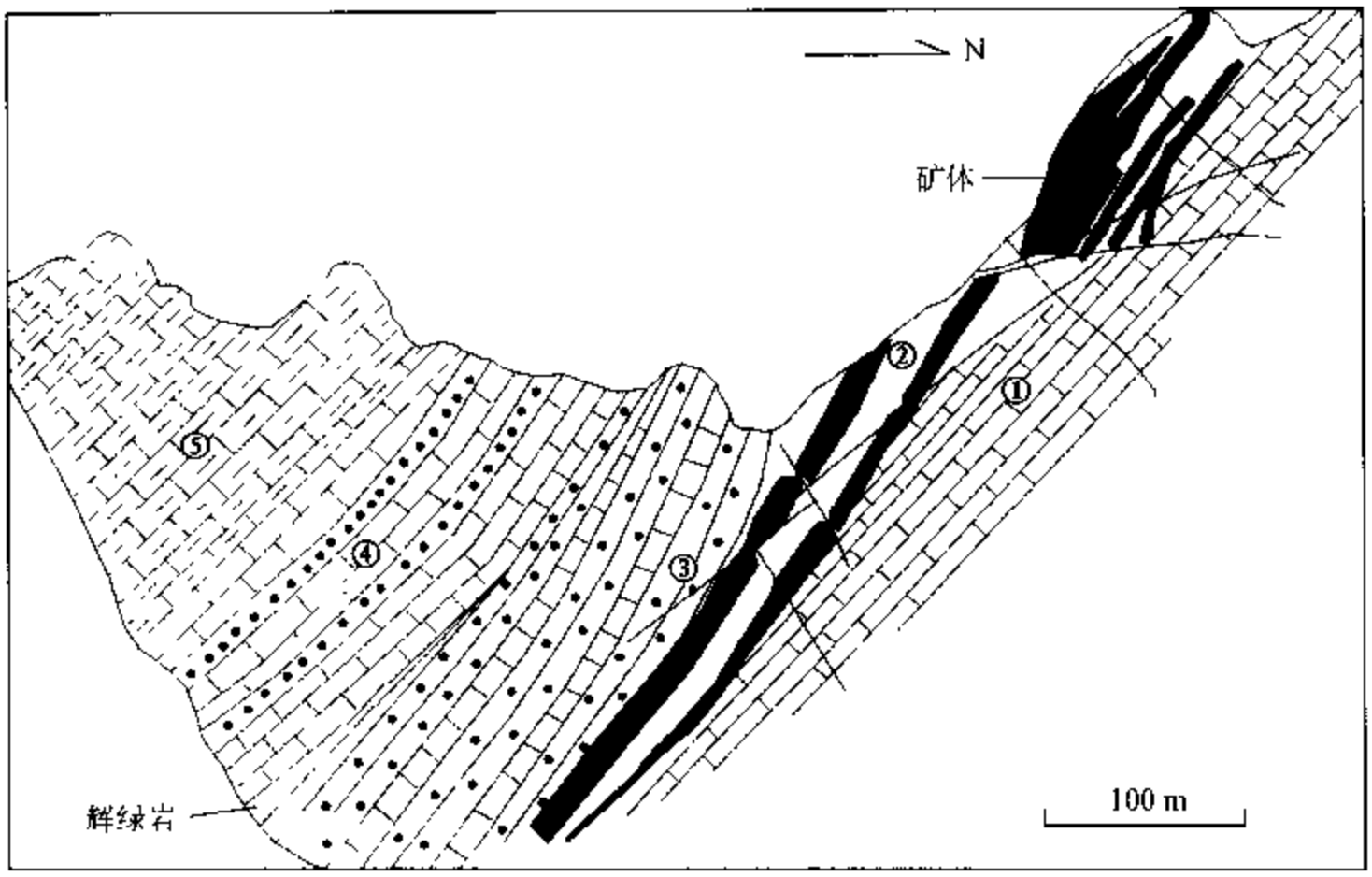


图 3-23　卡兰古铅矿 0 勘探线剖面简图

(据新疆有色金属公司 702 队，卡兰古矿床勘探资料，1959，简化)

Fig. 3-23　Sketch map showing exploration line 0 of the Kalangu lead deposit

(simplified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1959;)

①黑色薄层石灰岩；②浅灰色中薄层状白云岩；③钙质石英砂砾岩，石英砂砾岩夹薄层灰岩；④薄层状灰岩夹钙质砂岩；⑤泥质灰岩

南带矿化弱，矿体的角砾状构造明显，强烈白云石化，金属矿物包括方铅矿和黄铜矿。

矿化简单，只是铅具有工业意义，几乎不含锌，闪锌矿只是局部零星见到，在靠近泥盆系紫红色碎屑岩附近出现零星铜矿化。

2. 塔木铅锌矿床

塔木矿床位于泥盆系碎屑岩与石炭系碳酸盐岩界面靠碳酸盐岩一侧(图 3-25)，矿石以锌为主，铅:锌(储量比)为 2:1。

控矿地层为克里塔格组底部的中厚层深灰色-灰黑色白云岩。总体呈单斜状，产状 SW240°～250°∠73°～77°。容矿地层从上至下：

10. 厚层状灰黑色灰质白云岩；

9. 灰黑色厚层状白云岩，其中含团块状白色粗晶白云石、方解石，为后期交代形成，水平宽 130m；

8. 深灰色白云质灰岩，较破碎，层理不十分清晰，含浸染状方铅矿、闪锌矿；角砾岩及主要矿体赋存于此层中，水平宽 125m；

7. 破碎白云质灰岩，角砾状结构，含黄铁矿，厚 7m；

6. 浅灰色钙质页岩，厚 0.6m；

5. 黑色中粒白云岩，厚 6.4m；

4. 深灰色薄层-厚层状灰岩、石英碎屑珊瑚灰岩，厚 7.7m；

3. 薄层状泥质、钙质粉砂岩，厚 4.5m；

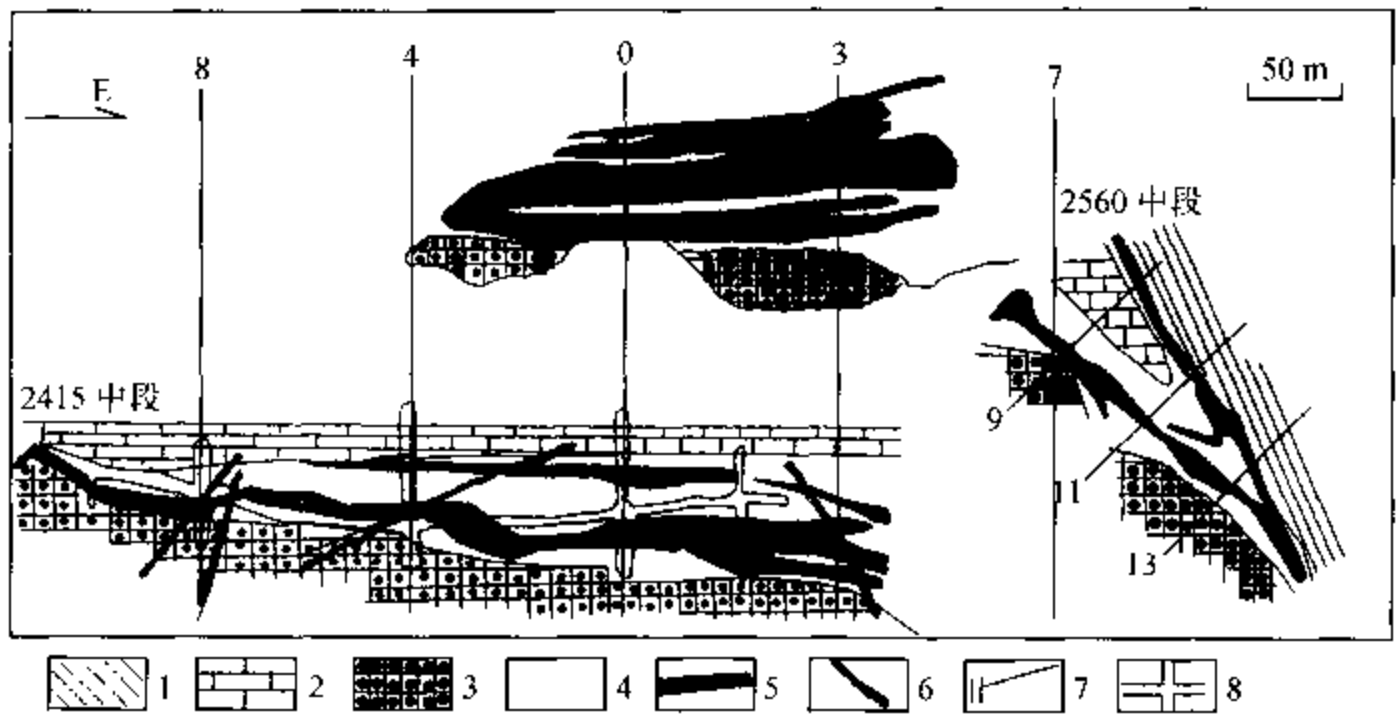


图 3-24　卡兰古铅矿北矿带 2415～2560 中段地质平面简图

（据新疆有色金属公司 702 队，卡兰古铅矿勘探报告，1959，简化）

Fig. 3-24　Sketch map showing geology on 2415-2560 meters level from the northern ore belt of the Kalangu lead deposit

(simplified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1959)

1—紫红色砂岩；2—白云质灰岩；3—含砾白云质灰岩；4—角砾岩；5—矿体；6—断层；7—勘探线及编号；8—坑道

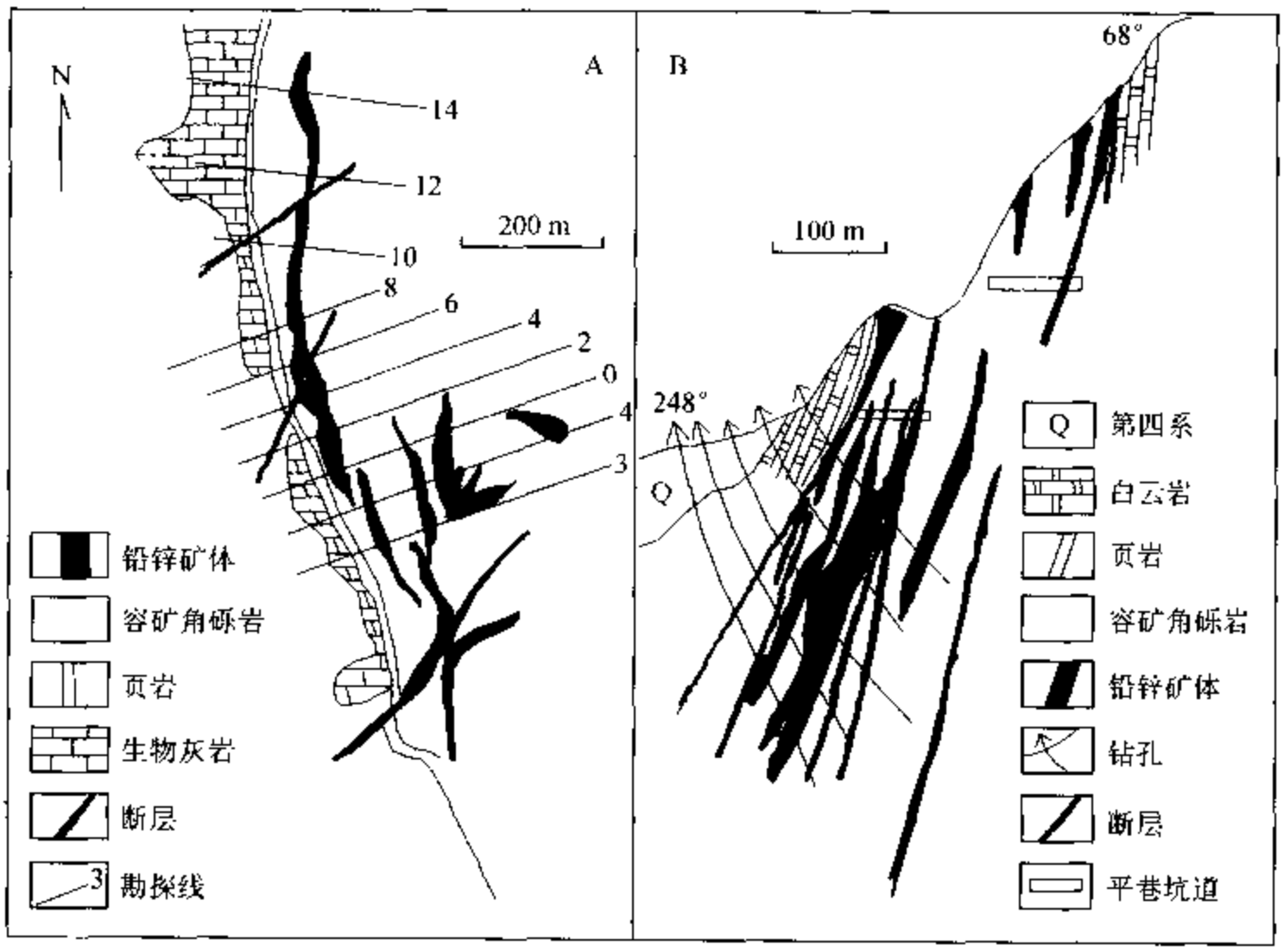


图 3-25　塔木矿床地质图及剖面地质图

（据新疆有色金属公司 702 队，塔木矿床勘探资料，1959，修改）

Fig. 3-25　Geological map and profile of the Kalangu deposit

(modified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1959)

A—地质简图；B—0 勘探线剖面图

2. 浅灰色含生物碎屑灰岩，棕褐色板状石灰岩，含珊瑚、腕足、海百合茎等化石，厚 6.8m；

1. 钙质、泥质粉砂岩、砂质灰岩，厚 3.9m。

含矿层下部与泥盆系浅灰色薄层状含钙质砂岩、粉砂岩呈断层接触，接触界面两侧岩层产状不一致。第六层浅灰色钙质页岩为标准层，第七、第八层即含矿角砾岩，角砾直径一般 2～5cm，主要是破碎的深灰色的白云岩和白云质灰岩，局部可以见到珊瑚化石也呈角砾出现。块状矿石有时见有呈角砾状胶状黄铁矿和细粒闪锌矿。角砾岩在地表因覆盖和风化表现得不清晰，坑道中与围岩有明显的界线，形态相对完整，较矿体形态要规则得多。

沿北北西向发育的角砾岩体规模较大，超过 1500m，与地层总体走向一致(图 3-26)，两端未尖灭，角砾岩中的硫化物在矿带南部矿化体中黄铁矿较多，而北部以铅(锌)为主。在 1～6线附近角砾岩及矿体最宽大。

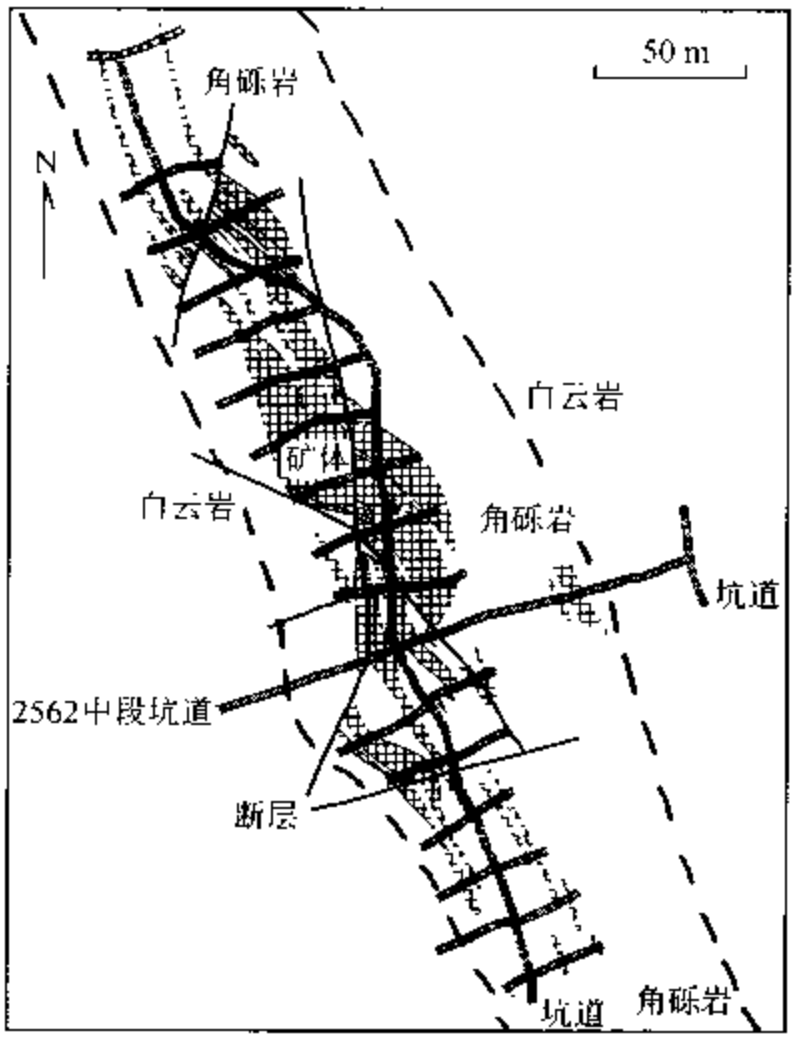


图 3-26　塔木矿床 2562 中段平面简图

(据新疆有色金属公司 702 队，塔木矿床勘探报告，1959，修改)

Fig. 3-26　Sketch map showing geology on 2562 meters level from the Tamu deposit

(modified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1959)

按照勘探资料，划分出 5 条矿体。根据野外地质研究工作，其中 1、2、3、4 号矿体走向大体相同(NNW 向)，同处一个矿化角砾岩带中。

1 号矿体长 600m，出露标高 2675～3730m，最低见矿标高 2390m(钻探工程)，厚度 2～6m。2 号矿体位于 1 号矿体东侧约 60m，与 1 号矿体平行，地表揭露长度约 150m，分布在 0～5 线间。3 号矿体位于 2 号矿体东侧，出露长大于 100m，形态不规则，宽大于 20m，但其向下延伸至 2806 中段大部分消失。4 号矿体位于矿区的东侧，0～1 线间，距 1 号矿体东

约 200m，大部被第四系覆盖。矿体地表揭露长 50m，最厚 8m，呈透镜状，与地层斜交，交角一般在 70°左右，以高品位的铅矿化为主。

矿体呈现出大量“鸡窝状”不规则分布，在 0～4 线最宽达 30m 以上。总体分布与角砾岩体大体一致，但规模较小且分解为许多小矿体，加之矿体属于角砾岩的一部分，其边界由品位圈定，这给矿床评价工作带来困难。富矿体（铅 + 锌大于 7%）分布更无规律。矿体向南北两端矿化变弱，分枝破碎，但角砾岩带一直存在，只是规模变小，并无迅速尖灭之势。

塔木矿床控制矿体延深超过 300m，深部品位与厚度均较稳定，一般在 10m 以上，最厚处达 28m。从近年矿山民采情况看，延深似有大于延长的特点。

3. 阿巴列克铜铅矿床

阿巴列克矿床包括铜铅矿与铁矿。矿床产于霍什拉甫组（C_1h）的下部碎屑岩与上部碳酸盐岩接触部位附近。根据横切矿体的地质剖面，自上至下岩性组成包括：

6. 中厚层状浅灰色灰岩
5. 钙质石英砂岩，泥砂质千枚岩
4. 碎裂状深灰色白云岩
3. 紫红色长石石英砂岩、石英砾岩
2. 灰白色钙质千枚岩
1. 暗紫红色砂砾岩

这些层位在阿巴列克整体构成一向斜构造（图 3-27）。铜铅矿体位于扬起端紫红色石英砂砾岩与碎裂状白云岩间，主要产于白云岩中，赋矿的碳酸盐岩夹层全部白云岩化，无层理，呈角砾状构造，矿体形态更加复杂。铁矿赋存于向斜两翼，呈脉状产于钙质石英砂岩与厚层状灰岩之间。

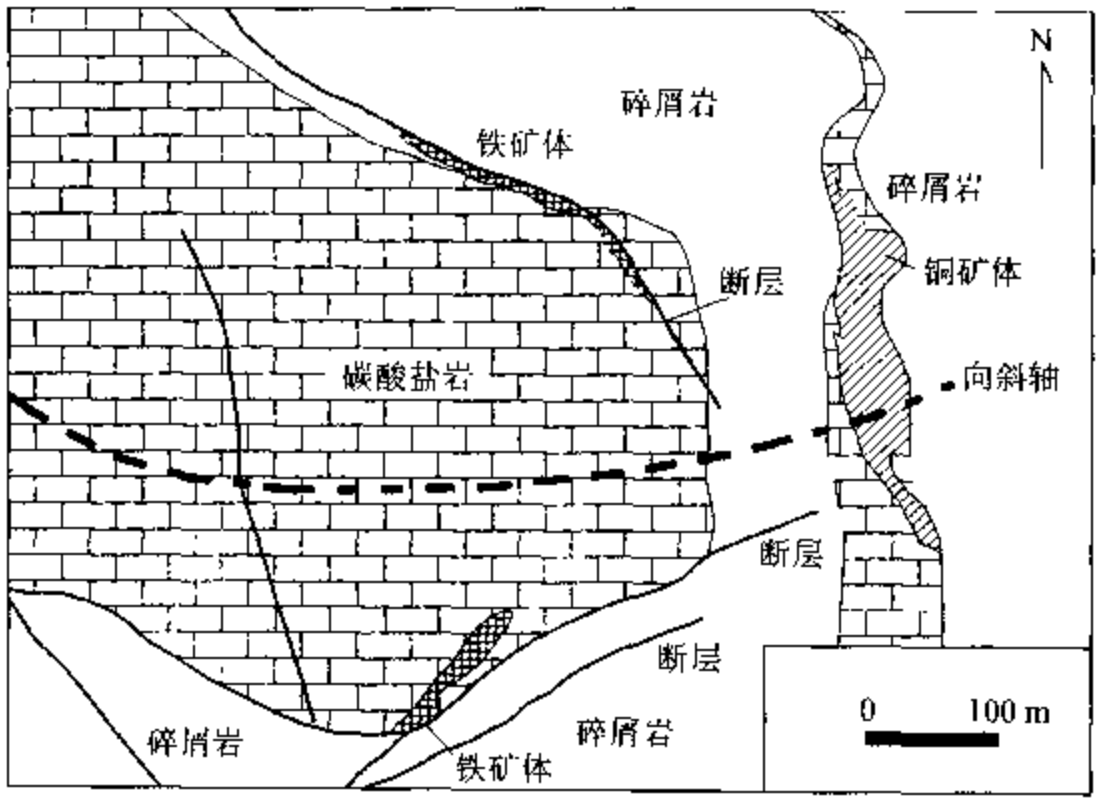


图 3-27　阿巴列克矿床地质简图

（据新疆有色金属公司 702 队，阿巴列克铜铅矿勘探报告，1959，简化）

Fig. 3-27　Sketch map showing geology of the Abalieke deposit

(simplified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1959)

两矿床成矿特点有所差异，但其间的构造联系说明它们是同一成矿体系的产物，都产于向斜构造的相近层位中，矿体倾向均朝向向斜核部。这种铁矿与铜铅矿的关系也表现在矿石成分上，铁矿体中含有少量的铜、铅、锌的硫化物，同时，在卡拉牙斯卡克铅锌矿床的深部坑道中已发现了较大规模的块状黄铁矿体，其中含有较多的方铅矿和闪锌矿。

阿巴列克铜铅矿体，长约 300m，宽 5～15m，最宽处有 30m，控制延深约 100m。两侧围岩为紫红色碎屑岩和灰黑色白云岩，白云岩已全部角砾岩化，呈夹层出现。角砾以灰黑色白云岩为主，直径一般小于 4cm，少量为石英砾石，该砾石来自矿体下盘的石英砾岩和含砾石英砂岩。胶结物为白云石、细粒泥质碎屑和硫化物。富矿石品位铜 5% 以上，常见黄铜矿胶结白云岩角砾。矿石以铜为主，含少量铅，以角砾状、细粒浸染状为主。矿体走向 SN，倾向 W，倾角约 40°。铜、铅具有明显的分带，铅在上，铜在下。铜、铅矿体主要发生于碎屑岩中白云岩夹层的下盘，因此，铜矿化主要出现于碎屑岩与白云质灰岩界面上，而铅主要出现于较上部的白云质灰岩中。

铁矿体呈脉状，两侧无角砾岩，分为黄铁矿脉和赤铁矿脉。有意思的是，阿巴列克铁矿和库达曼特铁矿中均发育有块状黄铁矿矿石和块状赤铁矿矿石。阿巴列克铁矿中，北翼铁矿脉长约 150m，宽 0.5～2m，上盘为厚层状白云质灰岩，下盘为钙质石英砂岩，矿体严格沿断裂分布，断面清晰可见。矿石以块状赤铁矿为主，其中穿插一些自形-半自形晶的黄铁矿细脉；南翼铁矿脉宽 5m，长约 150m，其中块状黄铁矿与块状镜铁矿同处一条脉中。镜铁矿晚于黄铁矿，呈脉状穿插块状黄铁矿。在块状黄铁矿中，大部分矿石的黄铁矿呈细粒的草莓状结构，同时部分亦呈块状的中细粒黄铁矿自形晶，全部呈完好的立方体。

库达曼特铁矿体块状黄铁矿脉与镜铁矿脉相分离，二者相距约 100m，其中黄铁矿脉厚约 70cm，产状 250°∠45°，穿插于下石炭统克里塔格组(C_1k)厚层的白云石化灰岩中。

（三）矿化角砾岩及围岩蚀变

1. 矿化角砾岩

塔木-卡兰古地区广泛分布着一种矿化角砾岩，主要出现于下部碎屑岩与上部碳酸盐岩的结合部位（古含水层）或附近，大多数角砾岩的分布与断裂有一定的联系，其中上断裂面不明显，仅出现一些不同方向的小规模的张性断裂带。角砾岩的线性分布说明，沿裂隙运移的溶液溶解、交代碳酸盐岩，形成坍塌角砾岩，这一过程中破坏了断裂面等一些明显的断裂标志。

角砾岩与地层接触界线，大都存在层状碳酸盐岩→节理裂隙发育的碳酸盐岩→角砾岩的过渡情况。角砾岩全部伴随有铅锌矿化，铅 + 锌含量一般大于 0.1%。所有铅锌矿床（点）均产于角砾岩中，在大多数情况下，角砾岩体即矿化体，如卡兰古矿床，自西向东，角砾岩规模逐渐增大，矿化强度也增强。角砾岩带的规模大于矿体，分布范围较过去发现的矿体范围大得多。矿体是角砾岩的一部分，一般位于角砾岩体的中部，与围岩逐渐过渡，完全由品位圈定。角砾成分与围岩成分有一致性。胶结物成分与角砾相近，以碳酸盐为主，方铅矿、闪锌矿全部赋存于胶结物内，与角砾相比，胶结物内粘土质矿物含量明显增多。

角砾岩与成矿有密切的联系，从相互间的空间关系、组构特点以及碳、氧同位素的变化规律等，说明角砾岩是热液与围岩（碳酸盐岩）相互作用的结果（祝新友等，1999[1]），并有一

[1] 祝新友等，1999. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿带角砾岩岩石学特征。

些下盘物质的加入。矿体与角砾岩更多地表现在热液作用强度的差异上，矿体是矿化强度较高，热液溶解更强烈的角砾岩。角砾岩的普遍矿化（很多地区已达到边界品位）说明角砾岩成为重要的找矿评价标志，目前，在塔木外围、卡兰古外围、乌苏里克-七洪木列克等地均存在有一定规模的角砾岩带。

2. 围岩蚀变

围岩蚀变较弱，与铅锌矿化有关的围岩蚀变主要包括白云石化、方解石化和硅化，基本上都局限于矿体或角砾岩带范围内。其中白云石化较普遍，与矿化尤其是铅矿化紧密共生，方解石化和硅化较少见。

白云石化是区内广泛的蚀变，大体可分两类。一类是区域性的白云石化，分布范围较矿化范围大得多，基本上沿古含水层中有角砾岩化的地段都有白云石化。蚀变岩呈浅灰-灰白色，具中粗粒结构，广泛发育有因白云石交代方解石而形成的角砾状构造，角砾一般在2～20cm，其中白云石粒度较粗，一般0.3～1mm，而残留的结晶灰岩颜色为浅灰或灰白色，粒度较细。

另一类白云石化规模很小，见于铅锌矿体中，与成矿作用几乎同时发生。浸染状方铅矿细脉往往与之伴随出现，亮晶白云石多呈亮晶白色、透明。在角砾状矿石中，亮晶白云石粒度大（大于1mm），往往与硫化物共生于胶结物中，白云石交代其中的方解石。矿化强时，自形晶白云石残留于硫化物中。

硅化强度很弱，表现为中细粒的石英沿裂隙伴随白云石出现，更晚期的硫化物充填其晶体间。

（四）矿石类型与矿物组合

1. 矿物组合

卡兰古式矿床主要原生硫化物矿物包括方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿、白铁矿、毒砂、赤铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿，经镜下鉴定和电子探针证实存在着辉砷钴矿（?）、辉砷镍矿（?）、脆硫砷铅矿等矿物。其中闪锌矿、方铅矿在铅锌矿床中占硫化物总量的90%以上，黄铜矿主要见于紫红色碎屑岩中矿体内，黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿主要产于铅锌矿附近的铁矿点中。在塔木矿床的方铅矿中见有少量的脆硫砷铅矿，钴华常见于卡兰古矿床中。

脉石矿物主要是亮晶白云石，少量石英、方解石、钾长石。

2. 矿石类型

铅锌矿石均表现为角砾状构造（祝新友，2002），硫化物赋存于胶结物中。矿石大体可分为3种类型，包括细粒浸染状矿石、粗粒脉状矿石以及块状硫化物矿石。

（1）细粒浸染状硫化物矿石：是最主要的矿石类型，硫化物呈细粒浸染状或“斑点状”，分布较均匀，草莓状、胶状（黄铁矿）结构常见。矿石中常缺乏明显的硫化物脉。卡拉牙斯卡克、阿巴列克铅铜矿以及塔木、卡兰古矿床的大部分矿石均属此类。

矿石中细粒闪锌矿呈浅棕色，粒度小于10μm，含Fe 0.43%。在塔木矿床中，这种闪锌矿常呈角砾状被方铅矿及粗粒闪锌矿交代，或呈分散浸染状分布于白云石粒间。在铜铅矿石中，黄铜矿也常呈这种分散状态。

细粒浸染状矿石中的黄铁矿一般不足硫化物总量的10%，大部分呈胶状结构出现于铅锌矿石中，少量以细粒自形-半自形晶分布于细粒闪锌矿中。大部分胶状黄铁矿被方铅矿、

闪锌矿交代，呈残留状。另一类黄铁矿呈草莓状结构，直径0.2～0.5mm，主要见于阿巴列克铜铅矿和卡拉牙斯卡克铜铅矿中。

发育在细粒闪锌矿（主要在塔木矿床）中的黄铁矿有两种类型。一种是网状或链状分布的黄铁矿交代闪锌矿。另一种是在细粒闪锌矿内部不均匀发育自形针状、长柱状的黄铁矿，长0.05～0.5mm，宽1～5μm，长短柱比一般大于10。这种针状黄铁矿的分布并不是受闪锌矿解理的限制，其寄主矿物闪锌矿的粒度也很细。

除上述主要硫化物外，还发现有少量钴镍硫化物，辉砷钴矿（?），见于阿帕列克铜（铅）矿浸染状矿石中，产于黄铜矿内部，呈细粒自形晶。辉砷镍矿（?）见于卡拉牙斯卡克“斑点”状铅矿石中。

（2）粗粒硫化物矿石：矿物组合以闪锌矿、方铅矿为主，黄铁矿（粒状自形）含量很少。硫化物呈自形-半自形粒状，粒径一般大于1mm。乌苏里克铅锌矿床方铅矿、闪锌矿粒径达5cm以上。矿化常呈不规则的短脉状，品位高，主要赋存于横向断裂与主断裂的交汇部位。乌苏里克铅锌矿矿石的主体以及塔木、卡兰古矿床的部分矿石为此类矿石。塔木矿床的中粗粒闪锌矿呈浅黄色-浅棕色，粒径0.8～3mm，多与白云石一起呈细脉出现，穿插和交代胶状黄铁矿。大部分的方铅矿更多地表现为与中粗粒闪锌矿共生，交代呈残留角砾的细粒闪锌矿。

（3）块状黄铁矿矿石：见于阿巴列克铁矿和库达曼特铁矿中，呈脉状。主要由细粒或草莓状黄铁矿矿石以及少量高度自形的立方体黄铁矿矿石组成。在阿巴列克铁矿脉中伴生有块状赤铁矿矿石。

细粒块状黄铁矿矿石中，黄铁矿含量大于85%，全部呈草莓状或分散呈细粒状。草莓之间的胶结物为铁碳酸盐或非晶质物，其成分与胶状黄铁矿边缘生长的脉石边相似。黄铜矿呈不规则细脉状。卡拉牙斯卡克矿床深部含铜、铅的块状黄铁矿矿石中，黄铁矿呈现出各种各样的胶状结构形态。另一类块状黄铁矿矿石呈完全自形的立方体，黄铁矿含量达70%以上，粒径0.5～1mm。黄铁矿内包裹少量乳滴状磁黄铁矿。少量的白铁矿大体与中粗粒黄铁矿共生。

块状赤铁矿矿石与块状黄铁矿矿石同处一条脉中。矿石中以中粗粒镜铁矿为主，含量大于70%，其中分布有磁铁矿的细脉，两侧分布有一些黄铁矿，交代镜铁矿，偶见白铁矿交代黄铁矿。有时磁铁矿脉中含黄铁矿，二者为共生关系，自脉壁至中央出现镜铁矿→磁铁矿→黄铁矿的演化序列，与正常演化序列相反。黄铁矿呈半自形-他形粒状，中细粒，0.5mm±，表面洁净。

3. 成矿阶段

卡兰古式铅锌矿床中缺乏明显的矿脉相互穿插现象，但上述3类矿石的存在说明大体存在3个阶段的热液活动（图3-28），即细粒硫化物阶段（主成矿阶段）、中粗粒硫化物阶段以及较早期块状硫化物矿脉阶段。

（五）矿床地球化学特征

塔木-卡兰古矿带中不同的铅锌及铜、铁矿床（点）具有其独特的成矿特征，但相互间又有内在的成矿联系，是在同一地质作用背景条件下形成的。从单个矿床的研究工作只能反映出成矿作用的一个侧面。鉴于此，我们对整个矿带作综合考虑与研究，从矿带的角度探讨卡兰古式矿床成矿地质-地球化学特征。

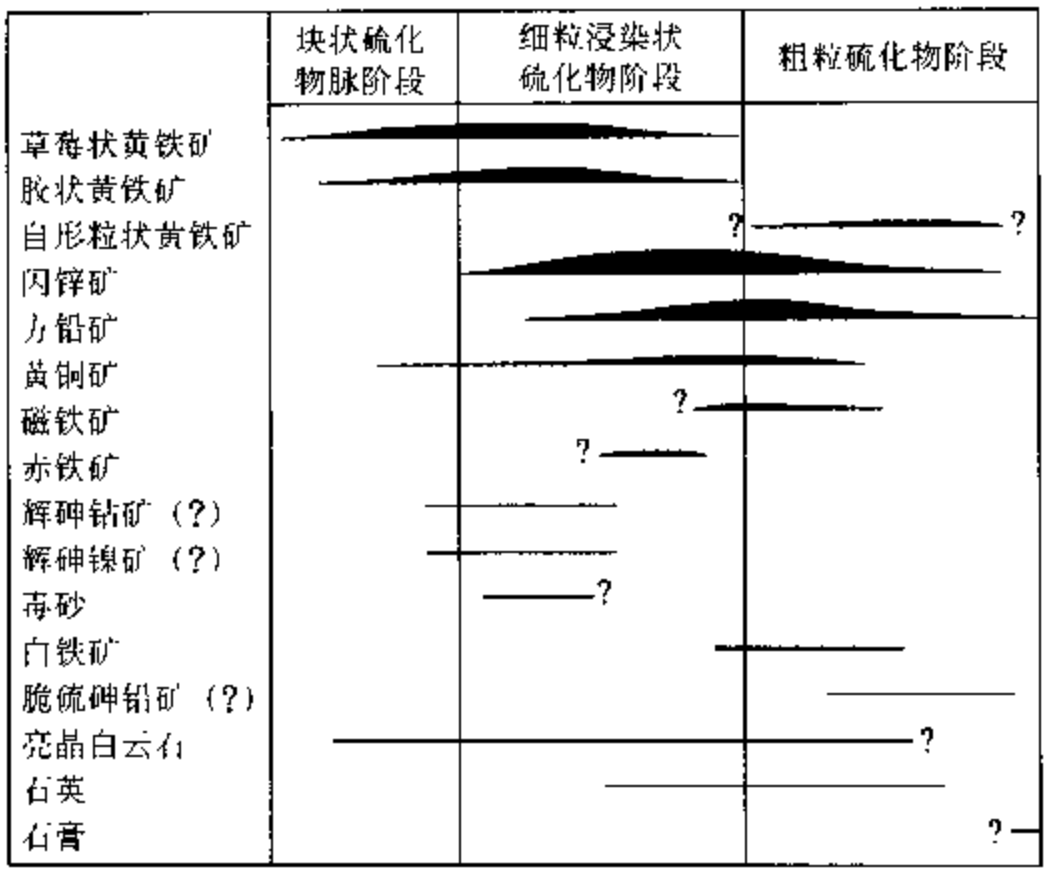


图 3-28　卡兰古式铅锌矿床成矿阶段及矿物生成顺序

Fig. 3-28　Mineralization stages and mineral sequence of Kalangu-style Pb-Zn deposit

1. 矿石化学成分及微量元素地球化学

(1)矿石及围岩中微量元素测试结果如表 3-17。

表 3-17　塔木-卡兰古矿带矿石分析结果($w_B/10^{-6}$)

Table 3-17　Analyzed result of ores from the Tamu-Kalangu metallogenic belt

样号	矿床	矿石类型	As	Sb	Bi	Co	Ni	Ag	Au	Cd	Ag*
K205	塔木	角砾状铅锌矿石	38	12.4	0.35	13	64.7	46	0.007	179	10
K304	塔木	角砾状铅锌矿石	486	16.3	0.91	27	42.8	40.9	0.009	81.2	7.5
K220	卡兰古	角砾状铅锌矿石	522	46.3	1.8	32.4	94.6		0.027	6	
K004	卡兰古	角砾状铅锌矿石	51.3	39.8	1.38	40	41.3	25.3	0.007	5.62	6.5
K532	卡拉牙斯卡克	铅矿石	675	13.4	0.84	166	312	15.9	0.009	29.6	
K540	卡拉牙斯卡克	铅(锌)矿石	31	15.7	0.33	81.6	138		0.005	106	
K191	阿巴列克	浸染状铜铅矿石	1229	12.5	0.83	150	158		0.005	6	4.7

测定单位：核工业地质研究院；测定方法：ICPMS(等离子质谱)；其中 Ag 测定结果系统偏高，仅供参考。

* 地球化学剖面测量结果，测定方法：原子吸收光谱。

测定结果显示，铅锌(铜)矿石中 As、Sb、Bi、Ag、Au、Cd、Mo、Zn、Co、Cu、Ni、Pb 等元素含量均有不同程度的增高，其中，铅锌矿与铜铅矿略有差别。

Zn、Pb、Cu：由于 Zn、Pb 为主要成矿组分，所有矿床中均含有铅锌硫化物，因而在矿体中的含量也普遍较高。有意思的是，Cu 的含量在塔木矿床中矿体与围岩是相似的，与背景值

相当。矿石中 Cu 含量与控矿围岩性质密切相关。

Ag、Au：铅锌矿石(Pb+Zn>1%)中 Ag 含量为(2.7～10)×10 ^{6}。卡兰古矿床中铅矿石含 Ag 6.5×10 ^{6}，阿巴列克铜铅矿石中 Ag 4.7×10 ^{6}。这些矿床中 Ag 含量大体相当，其差别主要与矿石中铅锌硫化物含量多少有关。矿石中 Au 的含量一般在(5～9)×10 ^{9}，最高 27×10 ^{9}。阿巴列克和卡拉牙斯卡克铜铅矿床的矿石中 Au、Ag 含量分别为(3.5～3.6)×10^{-9}、(0.69～3.7)×10^{-6}。

Co、Ni：在以 Zn 为主要组成的矿床(塔木)中 Co、Ni 含量最低，在铅矿床中(卡兰古)Co、Ni 含量稍高，矿石 Co 含量一般小于 0.01%，少量样品达到 0.03%～0.05%。含量最高的是在铜铅矿床中(卡拉牙斯卡克、阿巴列克)。目前所发现的一些 Co、Ni 硫化物矿物也都见于这两个铜铅矿床中。

(2)单矿物化学成分(表 3-18)

表 3-18　单矿物中微量元素分析结果(w_B/10^{-6})

Table 3-18　Composition of trace element in individual minerals

样号	矿床	矿物	结构	As	Sb	Bi	Ag	Cd	Mn	Fe	Cu	Co	Ni
KT21	卡兰古	方铅矿	细粒浸染状	3954	150	4.63	128						
KT22	卡兰古	方铅矿	中粒块状	173	42	0.64	124						
KTT25	塔木	方铅矿	细粒块状	896	369	0.34	65						
KAT29	铁克列克	方铅矿	粗粒，脉状	4.58	111	4.1	170						
KB028	乌苏里克	闪锌矿	粗粒	7.58	24.8		11.8	2500	1955	19233			
KB603	卡拉牙斯卡克	闪锌矿	细粒浸染状	22.9	20.4		261	3313	196	8072			
KTT1	塔木	闪锌矿	细粒	138	54.6		176	5250	98.8	13562			
KTT2	塔木	闪锌矿	细粒	1447	22.6		214	4500	73.8	20222			
KTT5	塔木	黄铁矿	胶状浸染状								596	362	204
KT112	卡拉牙斯卡克	黄铁矿	含胶状结构								605	368	214
KTT24	塔木	黄铁矿	细粒浸染状								595	74	198
KAT22	阿巴列克铁矿	黄铁矿	浸染状半自形								636	50.2	158
KAT25	阿巴列克	黄铁矿	细粒浸染状								241	39.6	163

分析单位：核工业地质分析测试研究中心，1999。

方铅矿：区内矿石中，铅锌硫化物均富含有 As。在所测定的 4 个方铅矿样品中，卡兰古、塔木矿床中的样品 As 含量均很高，尤其是细粒浸染状铅矿石中方铅矿含 As 近 4000×10 ^{6}，相比之下，中粗粒硫化物矿石的方铅矿中的含量很低。方铅矿中 Ag 的含量在不同类型矿石中变化不是很大，在中粗粒硫化物中稍高，在粒度极细小的矿石中(如取自塔木矿床的细粒硫化物矿石的方铅矿)，Ag 含量最低。

闪锌矿：As 在细粒闪锌矿中含量较高，而在中粗粒矿石（如在乌苏里克铅锌矿床）中含量很低。而 Mn 的含量显然在粗粒闪锌矿中富集。Ag 在细粒矿石中的含量较粗粒矿石中的含量要高一个数量级，并且在细粒矿石中的含量与其在相应矿石方铅矿中的含量是相近的。在粗粒矿石中，As 的含量无论是在方铅矿或是在闪锌矿中均很低，远低于细粒矿石中相应矿物中的含量。这反映出沉淀粗粒硫化物的溶液与沉淀细粒硫化物的溶液具有不同的成分或物理化学性质。

Ag 在方铅矿与闪锌矿中的含量变化是耐人寻味的，粗粒矿石中，$Ag_{方铅矿} \gg Ag_{闪锌矿}$，与大多数热液矿床中的情形相似，方铅矿是 Ag 最主要的载体；而在细粒硫化物矿石中，$Ag_{方铅矿}$ 与 $Ag_{闪锌矿}$ 较接近，这种异常特征在碳酸盐岩容矿的铅锌矿床中也时常见到。

据此可以推断，塔木-卡兰古地区铅锌矿床成矿过程中确实存在两种不同性质的成矿物理化学环境。细粒硫化物矿石中 Ag 在方铅矿与闪锌矿间分布失衡的原因主要是由于硫化物的快速结晶，使其不能发生有效的分配。

2. 流体包裹体地球化学特征

卡兰古式矿床流体包裹体体积较小，一般在 3～8μm 之间，少量在 10～15μm 之间。气液比多数小于 10%，个别在 10%～20% 之间，基本上属于液相包裹体。富矿地段亮晶白云石、闪锌矿等矿物中流体包裹体增多，体积也增大，在乌苏里克、卡拉牙斯卡克及塔木的矿床横向矿脉发育部位都是这样。闪锌矿中流体包裹体气液比值较大，特别是粗粒闪锌矿气液比达 15%～20%，但数量较少。

液体包裹体测温结果列于表 3-19 中，均一温度在 196～104℃ 之间，集中在 145～165℃ 之间。在卡兰古矿区主要集中在 104～155℃ 之间，乌苏里克矿区集中在 148～175℃；卡拉牙斯卡克矿区均一温度在 133～156℃；塔木矿区均一温度在 130～179℃ 间；阿巴列克矿区均一温度在 125～158℃；铁克列克矿区均一温度在 175～196℃ 之间。

细粒硫化物大量发育的矿床，如卡兰古、卡拉牙斯卡克、阿巴列克等，均一温度较低，变化于 104～179℃，集中分布于 120～150℃，而以粗粒硫化物为主的矿石均一温度较高，如乌苏里克、铁克列克等矿床，其均一温度变化于 148～196℃，集中分布于 150～180℃。在塔木矿床中的富矿地段，因较多地发育中粗粒硫化物矿石，也引起均一温度的增高。对应在成矿阶段上，主成矿阶段以细粒硫化物为主，成矿温度 104～179℃，变化范围较大，而晚阶段中粗粒硫化物形成的温度明显高一些，为 148～196℃，尤其是方铅矿-方解石-石英脉出现的铁克列克矿床，成矿温度最高。同一矿床中，这类矿石温度范围很小，如乌苏里克矿床均一温度值 138～172℃，主要在 153～172℃。

目前获得的各矿床冷冻盐度是相似的，盐度主要在 13.5%～18.5% 的范围内，属于中等盐度的热液。由于中粗粒硫化物矿石仅测到铁克列克矿床方铅矿-石英脉的流体包裹体盐度值 17.5%，未获得乌苏里克矿床满意的当量盐度值，难以评价中粗粒硫化物矿石所代表的热液盐度特征。

流体包裹体气、液相成分分析表明（表 3-20）：Na^+/K^+ 比值在 1.07～7.18 之间，与国内岩浆热液型铅锌矿差别较大，与辽宁关云山铅锌矿较相似，显示出非岩浆热液成因。据密西西比河谷地区 MVT 铅锌矿床流体包裹体研究资料，主成矿阶段形成的细粒硫化物中包裹体明显富含 K^+，而粗粒硫化物中贫 K^+。在塔木、卡拉牙斯卡克矿床的细粒硫化物矿石中出现的细粒针状钾长石表明，沉淀细粒硫化物的溶液应是相对碱性和富 K^+ 的，这与典型的

表 3-19　卡兰古式铅锌矿流体包裹体测试结果

Table 3-19　Analyzed result of fluid inclusion from Kalangu-type Pb-Zn deposit

样号	采样地点	矿物组合	主矿物	测量数	均一温度/℃	冷冻温度/℃
KB028	乌苏里克	Sph + Ga + Dol	Dol	16	162～172	
KB034	乌苏里克	Ga + Sph + Dol	Sph	10	148～172	
			Dol	4	152～158	
KB358	乌苏里克	Sph + Ga + Dol	Sph	6	153～170	
			Dol	4	147～153	
KB030	乌苏里克	Sph + Ga + Dol	Dol	4	158～168	
KB354	卡兰古	Ga + Dol	Dol	2	138～142	
KB313	卡兰古	Ga + Dol	Dol	6	104～114	－12.5
			Dol	4	127～135	－13、－14
KB328	卡兰古	Ga + Dol	Dol	4	127～132	－11
KB357	卡兰古	Ga + Dol	Dol	2	135～137	
KB352	卡兰古	Ga + Dol	Dol	2	115～119	－12
KB320	卡兰古	Ga + Dol	Dol	4	143～155	－7.5?
KB325	卡兰古	Dol + Ga	Dol	2	132～135	
KB622	塔木	Sph + Ga + Py + Dol	Dol	2	132～135	
KB615	塔木	Sph + Ga + Py + Dol	Dol	4	142～162	
KB620	塔木	Ga + Sph + Dol	Dol	4	148～157	
			Sph	4	149～156	
KB190	塔木	Sph + Ga + Dol	Dol	6	142～153	
KB403	塔木	Ga + Dol + Sph	Dol	4	130～137	
KB402	塔木	Ga + Py + Sph + Dol	Dol	4	150～155	－9.6 10.5
KB392	塔木	Ga + Sph + Dol	Dol	4	164～179	
KB614	塔木	Sph + Ga + Dol	Sph	2	148～150	－11
KB193	塔木	Dol + Ga + Sph	Dol	2	147～152	
KB393	塔木	Dol + Sph + Ga	Dol	4	152～160	
KB394	塔木	Cal + Dol	Dol	7	145～152	
KB228	卡拉牙斯卡克	Ga + Sph + Dol	Sph	8	148～175	－10.5
KB603	卡拉牙斯卡克	Sph + Ga + Py + Dol	Sph	2	148～156	－10
KB227	卡拉牙斯卡克	Py + Ga + Dol	Dol	4	133～140	－12?
KB464	阿巴列克	黄铜矿 + Ga + Cal	Cal	14	125～158	－13.5、－14.5
KB466	阿巴列克	镜铁矿 + Q + Cal	Q	6	134～145	－14.5
KB475	铁克列克	Ga + Q	Q	11	175～196	－13.5

注：Dol—白云石，Sph—闪锌矿，Ga—方铅矿，Cal—方解石，Py—黄铁矿，Q—石英。

MVT 铅锌矿床特点一致。Ca^{2+}/Mg^{2+} 比值在 2.85～19.31，集中在 16.7～19.3 之间。阴离子 $HCO_3^- > Cl^- > F^-$，HCO_3^- 是主要的阴离子成分；F^-/Cl^- 比值在 0.096～0.024 之间，Cl^- 作为流体主要卤素阴离子，说明流体中金属离子可以 Cl^- 的络合物迁移。

从单个流体包裹体的激光拉曼光谱分析结果（表 3-21）看，显示气相成分和液相成分均富含烃类有机化合物，如烷、烯、炔及苯等均存在，并富含有 H_2S 或 SO_2，个别样品中这些化合物的含量甚至接近 H_2O 或 CO_2 的含量。硫以 H_2S 或 SO_2 出现，有意思的是，细粒硫化物矿石（KB614）检测到的硫是 H_2S，而中粗粒矿石中检测到的是 SO_2。矿物组合及成矿的研究均提示出中粗粒硫化物矿石形成于贫硫（主要指贫低价态硫）的环境，而细粒硫化物形成于相对富低价态硫的环境。

3. 稳定同位素地球化学

（1）硫同位素

卡兰古式矿床硫化物的硫同位素组成具有一个宽广的分布范围，$\delta^{34}S$ 值为 -39.2‰～+14‰（表 3-22，图 3-29）。不同矿床硫化物 $\delta^{34}S$ 不同，但并无地理、空间上的分带，从容矿地层上讲，也无系统变化规律。硫化物 $\delta^{34}S$ 的差异更多地表现在不同矿石类型和矿石结构、组分上。铅锌矿、铜（铅）矿以及铁矿差异较明显，不同结构的矿物 $\delta^{34}S$ 也明显不同。

塔木矿床 $\delta^{34}S$ -19.6‰～+5.1‰，其中，$\delta^{34}S_{黄铁矿}$ 为 -19.6‰～-13.2‰、$\delta^{34}S_{闪锌矿}$ -12.1‰～+5.1‰、$\delta^{34}S_{方铅矿}$ -7.0‰～+1.2‰。方铅矿变化范围小得多，且全部高于黄铁矿。对细粒硫化物而言，胶状黄铁矿 $\delta^{34}S$ -19.6‰～-15.9‰，含针状黄铁矿的细粒闪锌矿 $\delta^{34}S$ -12.1‰～-9.1‰，共生的黄铁矿、方铅矿 $\delta^{34}S$ 也较低。某些细粒硫化物矿石，如 KTT25、KTT26，$\delta^{34}S_{黄铁矿} < \delta^{34}S_{闪锌矿} < \delta^{34}S_{方铅矿}$，呈反向序列，说明硫化物间硫同位素分馏远离平衡状态。明显具有中粗粒结构、形成相对较晚的方铅矿、闪锌矿 $\delta^{34}S$ 较高，$\delta^{34}S$ 为 -3.0‰～+5.1‰，$\delta^{34}S_{黄铁矿} > \delta^{34}S_{闪锌矿} > \delta^{34}S_{方铅矿}$，按 Ohomoto（1979）硫同位素平衡温度计可获得平衡温度主要范围为 137～188℃，与流体包裹体均一温度基本一致，硫同位素大体达到分馏平衡。

卡兰古铅矿床矿石部分呈细粒浸染状、“斑点状”，这类矿石品位较低，方铅矿富轻硫，$\delta^{34}S$ 为 -26.8‰～-15.9‰；少量矿石呈中粗粒状，其方铅矿 $\delta^{34}S > -5$‰。乌苏里克矿床矿体以不规则鸡窝状为主，硫化物全部呈粗粒—巨晶状，$\delta^{34}S_{闪锌矿}$ -2.3‰～+3.4‰，$\delta^{34}S_{方铅矿}$ -3.3‰～-0.6‰，范围集中，$\delta^{34}S_{方铅矿} < \delta^{34}S_{闪锌矿}$。

阿巴列克铜（铅）矿床硫化物 $\delta^{34}S$ 为 -30.6‰～-11.8‰，其中 $\delta^{34}S_{黄铁矿}$ -30.6‰、$\delta^{34}S_{闪锌矿}$ -20.8‰～-11.8‰、$\delta^{34}S_{方铅矿}$ -28.8‰～-21.9‰、$\delta^{34}S_{黄铜矿}$ -27.2‰～-22.4‰，在塔木-卡兰古矿带中平均 $\delta^{34}S$ 最低。大部分浸染状矿石中均可见到草莓状黄铁矿。黄铜矿部分呈草莓状，大部分呈分散浸染状分布于白云质砂岩粒间。整个矿床缺乏高 $\delta^{34}S$ 值，即使从形成相对晚的短脉状含黄铜矿化方解石-石英脉中获得的硫化物的 $\delta^{34}S$ 值为 -27.2‰和 -30.6‰。卡拉牙斯卡克铅（铜）矿床与阿巴列克铜（铅）矿相似，$\delta^{34}S$ -29.3‰～-17.7‰，其中 $\delta^{34}S_{黄铁矿}$ -17.7‰、$\delta^{34}S_{方铅矿}$ -29.3‰～-26.2‰，硫化物大部分具有胶状、草莓状结构以及分散斑状结构，少量块状方铅矿脉中含有生物残留结构，共生有钾长石。这些矿床的硫化物间硫同位素组成大多远离平衡状态。

表 3-20 塔木-卡兰古铅锌矿流体包裹体成分

Table 3-20 Composition of fluid inclusion from the Tamu and Kalangu Pb-Zn deposit

样号	采样地点	岩矿组合	测试矿物	气相成分($w_B/10^{-6}$)					液相成分($w_B/10^{-6}$)									参数					
				H_2O	CO_2	CO	CH_4	H_2	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Li^+	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	pH	Ca/Mg	Na/K	Cl/SO_4^{2-}	F/Cl	CO_2/H_2O
KAT29	铁克列克	含方铅矿石英脉	石英	1260.5	121.6	0.50	1.50	0.18	3.75	4.01	14.77	5.19	0.000	0.60	7.90	5.50	141.5	6.80	2.9	1.07	1.44	0.076	0.10
KB466	阿巴列克	方铅矿石英方解石脉	石英	1051.0	87.24	0.50	1.00	0.14	0.38	2.73	6.93	0.39	0.005	0.44	4.60	2.50	71.0	6.70	17.8	7.18	1.84	0.096	0.08
KB394	塔木	矿化方解石白云石脉	方解石	521.5	187.4	1.10	0.50	0.12	1.13	5.65	83.36	4.99	0.005	0.20	8.20	0.00	214.0	7.10	16.7	5.00	0.00	0.024	0.36
KB357	卡兰古	角砾状方铅矿石	亮晶白云石	603.0	210.2	1.50	0.50	0.15	2.05	8.86	135.2	7.00	0.020	0.22	9.10	10.0	218.0	7.30	19.3	4.32	0.01	0.024	0.35
KB603	卡拉矛斯卡克	闪锌方铅黄铁矿石	褐色闪锌矿	420.0	21.40	0.20	0.50	0.16															0.05
KB620-1	塔木	块状富铅锌矿石	方铅矿	440.0	23.50	0.25	0.50	0.14															0.05
KB620-2	塔木	块状富铅锌矿石	闪锌矿	388.5	17.10	0.20	0.25	0.12															0.04
KB028	乌苏里克	条带状闪锌矿石	粗粒闪锌矿	350.6	11.20	0.10	0.25	0.11															0.03
KB354	卡兰古	角砾状铅锌矿床	方铅矿	410.2	15.60	0.20	0.50	0.13															0.04
KB029-2	乌苏里克	闪锌、方铅矿石	闪锌矿	380.5	15.60	0.25	0.50	0.12															0.04

注:由宜昌地质调查中心流体包裹体试验室测量。

表 3-21 塔木-卡兰古铅锌矿流体包裹体激光拉曼探针分析

Table 3-21 Laser Microprobe analyzed result of fluid inclusion from the Tamu and Kalangu Pb-Zn deposit

样号	采样地点	岩矿组合	矿物	液相成分(mol%)									气相成分(mol%)						盐水溶液(mol/L)					
				CO_2	H_2O	H_2S	CH_4	SO_2	C_2H_2	C_2H_4	C_3H_8	C_6H_6	CO_2	N_2	H_2S	CH_4	SO_2	C_2H_2	C_6H_6	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	HS	HCO_3^-	Cl
KB-614	塔木采场	铅锌矿石(细粒)	白云石	36.8	45.5	8.2				9.5			59.9	14.1	12.5	9.7			3.8	/	0.03	0.04	/	/
KB-033	乌苏里克	块状富铅锌矿石	白云石	38.9	18.3		16.4	6.3	6.5		13.6													
KB-029	乌苏里克	铅锌矿石	白云石	31.8	34	10.3	15.1				8.8									/	/	/	0.07	/
KB-358	乌苏里克	铅锌矿石(粗粒)	白云石	49.6	35	8	7.4													0.15	0.05	/	/	/
KB358-2	乌苏里克	块状铅锌矿石(粗粒)	白云石	51.1	32.8		8.2			7.9										/	0.07	0.12	/	2.71

注:由西安地调中心激光拉曼光谱法测量

表 3-22　塔木-卡兰古铅锌矿带硫、铅同位素组成

Table 3-22　Compositions of sulphur and lead isotope from the Tamu-Kalangu metallogenic belt

野外编号	取样位置	岩(矿)石类型(特征)	矿物	$\delta^{34}S$/‰	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	测试单位
KT-1	卡兰古	细粒浸染状方铅矿矿石	Ga	17.9	17.789	15.543	37.975	1,3
KT-3	卡兰古	浸染状铅矿石(贫矿)	Ga	-26.2	17.822	15.588	38.107	1,3
KT-4	卡兰古	角砾状铅锌矿石	Ga	-3.6	17.807	15.528	37.972	1,3
KT-21	卡兰古	黄铁矿黄铜矿矿石	Ga	-0.4	18.061	15.652	38.387	2,3
KT-22	卡兰古	角砾状富矿石	Ga	-6.0	18.047	15.727	38.539	2,3
KT-23	卡兰古	稀疏浸染状铜铅矿石	Ga	-6.7				2
KT 24	卡兰古	浸染状方铅矿矿石	Ga	-15.9				2
KT-25	卡兰古	含黄铜矿方铅矿矿石	Ga	8.1	18.060	15.719	38.588	2,3
KT-26	卡兰古	浸染状铅矿石	Ga	-4.0	17.855	15.599	38.168	2,3
KT-27	卡兰古	稀疏浸染状铜铅矿石	Ga	0.9	17.858	15.593	38.170	2,3
KTT-1	塔木	细脉状中粗粒铅锌矿石	Ga	-3.0	17.946	15.579	38.097	1,3
KTT-1	塔木		Sph	0.4				1
KTT-2	塔木	细脉状中粗粒闪锌矿矿石	Sph	3.9				1
KTT-23	塔木	细脉状中粗粒铅锌矿石	Ga	-3.8	17.942	15.617	38.328	2,3
KTT-24	塔木	细粒黄铁矿石	Py	15.9				3
KTT-25	塔木	细粒铅锌矿石(闪锌矿中含细粒针状、网脉状黄铁矿)	Ga	-7.0	18.002	15.665	38.378	2,3
KTT-25			Py	-13.2				2
KTT-25			Sph	-12.1				2
KTT-26	塔木	细脉状中粗粒铅锌矿石	Ga	-4.8	18.009	15.653	38.384	2,3
KTT-26			Sph	-9.1				2
KTT-27	塔木	粗粒方铅矿石	Ga	-1.4	17.972	15.613	38.195	3
KTT-27			Sph	-1.0				2
KTT-3	塔木	角砾状铅锌矿石	Ga	0.8	17.955	15.596	38.124	1,3
KTT-3			Sph	5.1				1
KTT-4	塔木	细粒胶状结构黄铁矿石	Py	-18.9				1
KTT-5	塔木	含鲕状胶黄铁矿灰岩	Py	19.6	18.043	15.654	38.311	1,1
KTT-6	塔木	粗粒方铅矿矿石(横向矿脉)	Ga	1.2	17.943	15.582	38.097	1,3
KB614	塔木	含淡黄色闪锌矿矿石	Sph	-3.7	17.924	15.559	38.033	3,3
KT11	乌苏里克	含粗晶方解石铅锌矿石	Ga	0.6	18.016	15.682	38.402	1,3
KT11			Sph	1.4				1
KT-28	乌苏里克	粗粒铅锌矿石	Ga	2.4	17.947	15.633	38.307	2,3
			Sph	3.4				2
KT-29	乌苏里克	中粗粒浸染状铅锌矿石	Ga	-1.9	17.939	15.611	38.283	2,3
			Sph	-1.7				2

续表

野外编号	取样位置	岩(矿)石类型(特征)	矿物	$\delta^{34}S$/‰	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	测试单位
KT-7	乌苏里克	块状方铅矿矿石	Ga	-2.9	17.903	15.584	38.187	1,3
KT-8	乌苏里克	块状粗粒闪锌矿矿石	Sph	2.3	17.872	15.562	38.134	1,3
KB028	乌苏里克	粗粒铅锌矿石	Ga	-0.2	18.034	15.712	38.568	3,3
KT-9	乌苏里克	粗粒铅锌矿石	Sph	-1.0				1
KT-9			Ga	-3.3	17.961	15.636	38.289	1,3
KB358	乌苏里克	粗粒铅锌矿石	Sph	-0.4				3
			Ga	-2				3
KAT-2	阿巴列克铜铅矿	细脉浸染状铜矿石	Sph	11.8	17.967	15.609	38.312	1,1
KAT-23	阿巴列克铜铅矿	细粒浸染状铅矿石	Ga	21.9	18.051	15.706	38.450	2,3
KAT-24	阿巴列克铜铅矿	黄铜矿化石英方解石脉	Ccp	-27.2				2
KAT-25	阿巴列克铜铅矿	黄铜矿化石英方解石脉	Py	-30.6				2
KAT-3	阿巴列克铜铅矿	细粒浸染状黄铜矿矿石(含草莓状黄铜矿)	Ccp	22.4	17.978	15.517	37.969	2,3
KAT-3			Sph	20.8				1
KAT 4	阿巴列克铜铅矿	浸染状铅矿石	Ga	-25.2	17.876	15.547	37.988	1,3
KAT-5	阿巴列克铜铅矿	浸染状铅矿石	Ga	28.8	17.920	15.573	38.075	1,3
KB221	卡拉牙斯卡克	浸染状铅锌矿石	Ga	18.7				3
KB225	卡拉牙斯卡克	斑点状铅矿石	Ga		18.037	15.664	38.399	3
KB238	卡拉牙斯卡克	浸染状铅锌矿石	Ga		17.916	15.611	38.253	3
KB604	卡拉牙斯卡克	他形黄铁矿(胶状)	Py		17.712	15.358	37.513	3
KB613	卡拉牙斯卡克	浸染状铜矿石	Sph		17.925	15.550	38.041	3
KTT-10	卡拉牙斯卡克	含方铅矿闪锌矿角砾岩	Ga	-29.3	17.959	15.549	38.062	1,3
KTT-10			Py	-17.7				1
KTT-11	卡拉牙斯卡克	斑点状方铅矿化石英砂岩	Ga	-27.8	18.082	15.685	38.386	1,3
KTT-8	卡拉牙斯卡克	浸染状方铅矿矿石	Ga	26.7	17.964	15.582	38.129	2,3
KTT-9	卡拉牙斯卡克	块状方铅矿矿石(含生物残留结构)	Ga	-26.2	18.047	15.637	38.255	1,3
KAT-29	铁克列克	含方铅矿石英脉	Ga	6.4	17.999	15.661	38.334	2,3
KAT-30	铁克列克	含方铅矿石英脉	Ga	0.7	17.957	15.604	38.113	2,3
KAT-31	铁克列克	含方铅矿石英脉	Ga	-0.8				2
KAT-32	铁克列克	星点细粒浸染状黄铜矿石	Py	-1.9				2
KAT-32	铁克列克		Ccp	-1.0				2
KAT-6	阿巴列克铁矿	致密块状黄铁矿(草莓状)	Py	-39.2	17.936	15.555	38.081	1,1
KB183	阿巴列克铁矿	他形黄铁矿(草莓状)	Py	35.4	18.063	15.601	38.222	2,3
KB471	阿巴列克铁矿	他形黄铁矿	Py	-17.5	18.611	15.613	38.632	2,3
KB184	阿巴列克铁矿	自形黄铁矿(含他形黄铁矿)	Py	11.8	18.167	15.627	38.305	2,3
KAT-22	阿巴列克铁矿	含黄铁矿磁铁矿矿石	Py	-0.3				2

续表

野外编号	取样位置	岩(矿)石类型(特征)	矿物	$\delta^{34}S$/‰	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	测试单位
KAT-7	阿巴列克铁矿	致密块状自形细粒黄铁矿	Py	13.5	18.050	15.645	38.423	1,1
KAT-7			Py	14.0	17.992	15.639	38.012	1,1
KB472	阿巴列克铁矿	自形黄铁矿	Py	9.8	17.967	15.567	38.036	2,3
K1T-12	库达曼特铁矿	块状细粒黄铁矿(草莓状)	Py	-36.8	17.937	15.568	38.005	1,1
KB410	乌拉根	块状方铅矿石	Ga	-14.4	18.349	15.403	38.029	2,3
KB413	乌拉根	块状方铅矿石	Ga	17.7	18.364	15.422	38.060	2,3
K030	奇自拉夫组	紫色碎屑岩			17.755	15.571	38.019	3
K265	奇自拉夫组	粉砂岩			17.048	15.296	37.029	3
K033	克里塔格组	碳酸盐岩			17.993	15.532	37.886	3
K198	克里塔格组	碳酸盐岩			17.925	15.511	37.923	3
K195	克里塔格组	碳酸盐岩			18.050	15.516	37.951	3
K274	前寒武纪	片麻岩			17.564	15.481	37.795	3
KB303	卡兰古	辉长岩			18.308	15.582	38.263	3
KAT-21	阿巴列克铁矿	含石膏磁铁矿石	Hen	-14.8				
KAT-26	阿巴列克铁矿	浅灰色黄铁矿矿石	Hen	22.4				
KB187	塔木	石膏脉	Hen	-30.1				
KB412	乌拉根	氧化锌矿石	Hen	18.4				
KB409	乌拉根	氧化锌矿石	Hen	1.2				
870k1-1023/2				-6.28				
870k1-1065				-3.6				

注:测试单位:1—中国有色金属工业总公司矿产地质研究院,1997;2—中国地质科学院矿床地质研究所,1998;3—核工业局北京矿产地质研究院,1998。870k1-1023/2、870k1-1065引自1/200,000区域地质调查报告,1988。Ga—方铅矿,Sph—闪锌矿,Py—黄铁矿,Cep—黄铜矿,Hen—石膏

铁克列克铅(铜)矿床中,铅全部以中粗粒方铅矿石英脉充填于中泥盆统钙质石英砂岩中。黄铜矿细粒浸染状分布于钙质石英砂岩中,二者均发育大量的热液交代结构,$\delta^{34}S$ 为 -6.4‰～+1‰。

阿巴列克铁矿的 $\delta^{34}S$ 组成最为分散,$\delta^{34}S_{黄铁矿}$ -39.2‰～+14.0‰,而且 $\delta^{34}S$ 的最大值和最小值均取自同一矿体中。矿体中矿物成分、结构较复杂,草莓状结构的黄铁矿 $\delta^{34}S$ -39.2‰～-17.5‰;完全呈自形晶结构的黄铁矿 $\delta^{34}S$ +9.8‰～+14.0‰,其中含少量乳滴状磁黄铁矿。呈脉状与磁铁矿共生,穿插于赤铁矿石中的黄铁矿(KAT22) $\delta^{34}S$ -0.3‰。库达曼特铁矿点测得一个黄铁矿样品 $\delta^{34}S$ -36.8‰,全部为细粒草莓状结构。

(2) 铅同位素

大部分硫化物铅同位素组成$^{206}Pb/^{204}Pb$ 17.798～18.364,$^{207}Pb/^{204}Pb$ 15.481～15.727,$^{208}Pb/^{204}Pb$ 37.969～38.588。其中,少量黄铁矿分布范围相对较大,而方铅矿铅同位素组成更为集中,在 Doe 与 Zartman(1979)的铅同位素演化图解中(图 3-30),本区矿石铅显示出较复杂的来源,但主要集中于造山带环境,少部分落在幔源区和上部地壳区。

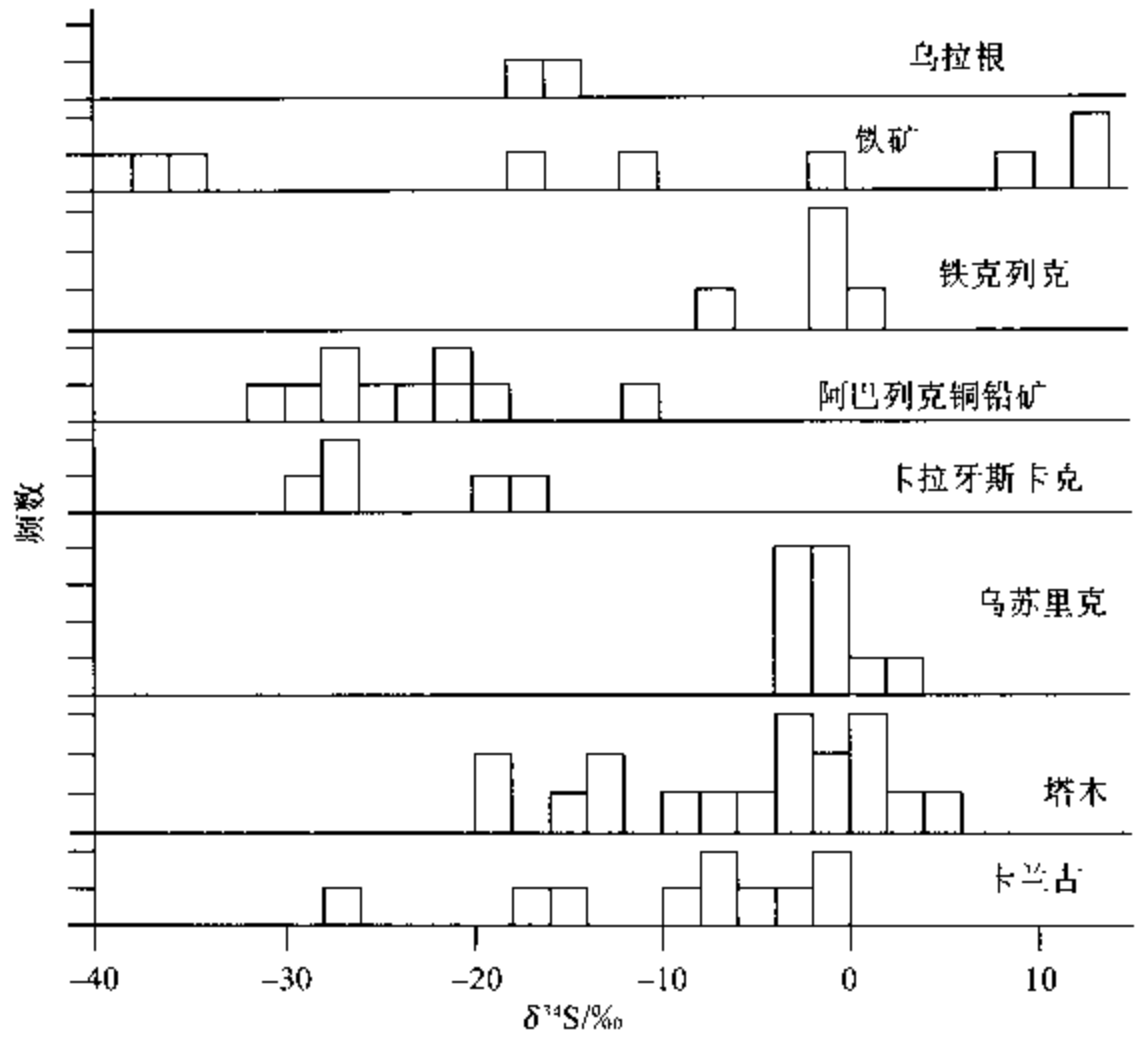


图 3-29　塔木-卡兰古矿带矿床硫同位素组成直方图

(铁矿包括阿巴列克和库达曼特)

Fig. 3-29　Histogram of sulfur isotope from the Tamu-Kalangu metallogenic belt

(including the Abalieke and Kudamante iron deposit)

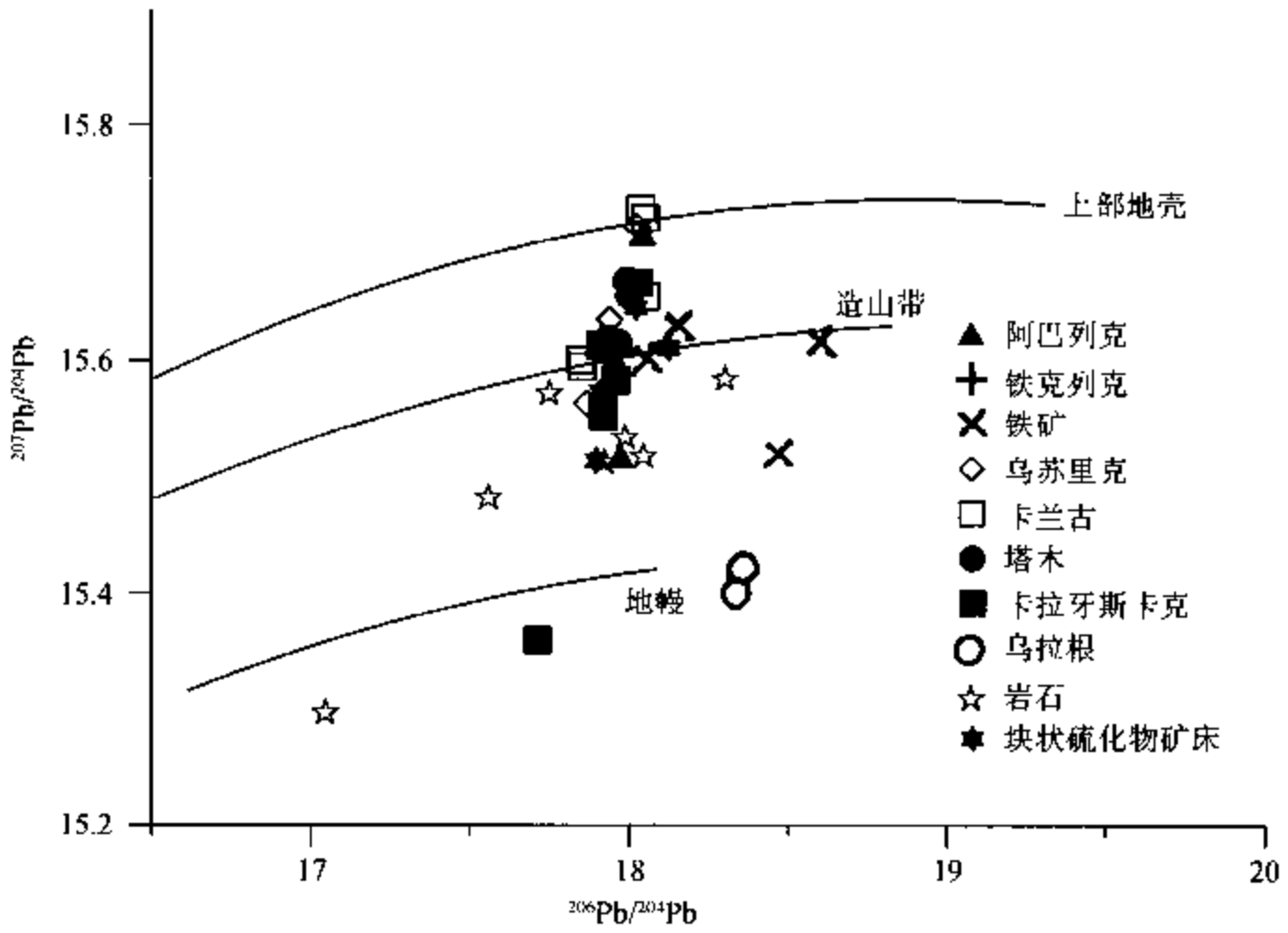


图 3-30　基于 Doe 和 Zartman 铅构造图的铅同位素图解

(块状硫化物矿床位于昆盖山地区)

Fig. 3-30　Doe and Zartman's Diagram of lead isotope from the VHMS deposits in Kungaishan

分布在砂岩-碳酸盐岩界面上的矿床，铅同位素组成变化大，如阿巴列克、卡拉牙斯卡克等；分布范围最小的是完全赋存于碳酸盐岩中的矿床，如塔木、乌苏里克。与硫同位素不同的是，铅同位素的组成与矿石类型或矿石中硫化物的结构特征无明显的联系。同一标本或样品中所获得的不同单矿物的铅同位素组成均很接近。

取自阿巴列克铁矿的样品铅同位素变化很大，富含放射性成因铅。

容矿灰岩与矿区辉长岩样品落在矿石铅中心区的右侧，相对矿石而言其单阶段模式年龄更年轻，显示出他们的铅同位素体系基本上是封闭的，未受到矿石铅的明显影响。而奇自拉夫组砂岩、前寒武纪片麻岩亏损放射性成因铅，尤其是$^{206}Pb/^{204}Pb$和$^{208}Pb/^{204}Pb$很低，具有相对高的单阶段模式年龄，说明砂岩的铅同位素体系遭到破坏，其中亏损放射性成因铅。

(3) 碳、氧同位素

碳酸盐岩矿石及白云石的碳、氧同位素结果如表 3-23。

表 3-23 塔木、卡兰古矿床岩(矿)石碳、氧同位素组成及铅、锌含量

Table 3-23 Compositions of carbon and oxygen isotope and contents of aluminum and zinc of rocks and ores from the Tamu and Kalangu deposits

样号	取样位置	样品名	$\delta^{18}O_{PDB}$/‰	$\delta^{13}C_{PDB}$/‰	$\delta^{18}O_{SMOW}$/‰	Pb	Zn	Pb + Zn
K195	塔木	层状白云岩	−4.1	3	26.63	0.0023	0.092	0.0943
K196	塔木	层状白云岩	4.3	3	26.43	0.0015	0.0124	0.0139
K198	塔木	白云岩	−5.2	2.8	25.50	0.015	0.029	0.044
K199	塔木	矿化角砾岩	−6.8	2.7	23.85	0.97	0.34	1.31
K203	塔木	矿石	−5.5	2.9	25.19	1.7	7.7	9.4
K205	塔木	矿石	−6.3	2.5	24.37	2.93	2.36	5.29
K211	卡兰古	层状白云岩	−8.4	3.0	22.20	0.04	0.007	0.047
K217	卡兰古	矿石	−8.9	1.2	21.69	5.34	0.53	5.87
K220	卡兰古	矿石	9	2.5	21.58	6.4	0.03	6.43
K221	卡兰古	角砾岩	−9.6	1.7	20.96	0.09	0.015	0.105
K223	卡兰古	角砾岩	−9	2.4	21.58	0.58	0.004	0.584
KT26	卡兰古	白云石	−9.1	1.5	21.48			
KT28	乌苏里克	白云石	−10.3	1.8	20.24			

分析单位：国家地震局地质研究所，1998；Pb、Zn 含量单位为%。

围岩与矿石的碳、氧同位素组成在塔木、卡兰古矿床中的变化规律是相似的，与围岩相比，矿化岩石及矿石具有相对低的$\delta^{18}O$值和$\delta^{13}C$值，但随着岩(矿)石中 Pb + Zn 含量的增高，$\delta^{18}O$值和$\delta^{13}C$值存在由高→低→较高的趋势，也就是说，弱矿化的角砾岩的碳、氧同位素组成发生了迅速的改变，$\delta^{18}O$值和$\delta^{13}C$值降低，但随着矿化程度的增强，硫化物增多，并出现大量的亮晶白云石，此时$\delta^{18}O$值和$\delta^{13}C$值又有所增高。

这说明最初的含矿溶液具有明显不同于碳酸盐岩的$\delta^{18}O$值和$\delta^{13}C$值，尤其是具有低的$\delta^{18}O$值，对碳酸盐岩的溶解形成的角砾岩$\delta^{18}O$值和$\delta^{13}C$值也较低。但随着交代作用的加强，矿化增强，受区域交代作用的影响，含矿溶液与围岩逐渐接近平衡，因而又具有相对高的$\delta^{18}O$值和$\delta^{13}C$值。显示区域成矿流体具有较低的$\delta^{18}O$值和$\delta^{13}C$值，明显不同于碳酸盐岩。

(4) 流体包裹体氢、氧同位素

塔木-卡兰古铅锌矿矿物中流体包裹体的 δD 值变化于 -114‰ ~ -70‰，平均值为 -89.1‰(表 3-24)，脉石矿物流体包裹体的 δD 值相对较大，分布于 -90‰ ~ -77‰间，平均值为 -85‰，矿石矿物流体包裹体的 δD 值相对较小，分布于 -114‰ ~ -70‰间，平均值为 -91‰。流体 $\delta^{18}O_{SMOW}$值于 -15.2‰ ~ -1.7‰间变化，平均值 -8.5‰，其中脉石矿物流体包裹体 $\delta^{18}O_{SMOW}$值在 -6.7‰ ~ -10.6‰间，平均值为 -9.15‰，矿石矿物流体包裹体 $\delta^{18}O_{SMOW}$值在 -1.7‰ ~ -15.2‰间，平均值为 -8.3‰。不同主矿物获得的 $\delta^{18}O_{SMOW}$值有所差别，方铅矿最低，$\delta^{18}O_{SMOW}$ -7.4‰ ~ -15.2‰，平均 -11.6‰，δD -100‰；闪锌矿最高，$\delta^{18}O_{SMOW}$ = -1.7‰ ~ -8‰，平均 -5‰，δD = -84‰；脉石矿物 $\delta^{18}O_{SMOW}$ -6.7‰ ~ -10.6‰。

表 3-24 塔木-卡兰古铅锌矿床矿物流体包裹体氢、氧同位素组成

Table 3-24 Compositions of hydrogen and oxygen isotope (SMOW/‰) of fluid inclusion from the Tamu and Kalangu Pb-Zn deposits

序号	野外编号	取样位置	矿石类型	测量矿物	δD_{SMOW}/‰	$\delta^{18}O_{SMOW}$/‰
1	KB603	卡拉牙斯卡克	铅锌矿石	褐色闪锌矿		3.8
2	KB217	卡拉牙斯卡克	铅锌矿石	方铅矿		14.8
3	KB466	阿巴列克铜铅矿	矿化方解石石英脉	石英	-77	-9.0
4	KAT29	铁克列克矿床	方铅矿石英脉	石英	-88	10.3
5	KB394	塔木矿床 WM2	主矿体下盘方解石石英脉	方解石	-87	-6.7
6	KB620-1	塔木矿床采场	铅锌矿石	方铅矿	-91	9.7
7	KB620-2	塔木矿床采场	铅锌矿石	闪锌矿	-85	8.0
8	KB029-1	乌苏里克铅锌矿	粗粒铅锌矿石	方铅矿	-114	7.4
9	KB028	乌苏里克铅锌矿	粗粒铅锌矿石	闪锌矿	-97	-6.7
10	KB358	乌苏里克 1 号硐	粗粒铅锌矿石	闪锌矿	-84	-4.8
11	KB029-2	乌苏里克铅锌矿	粗粒铅锌矿石	闪锌矿	-70	-1.7
12	KB357	卡兰古矿床	浸染状铅矿石	亮晶白云石	-90	-10.6
13	KB354	卡兰古 WM10	浸染状铅矿石	方铅矿	-97	-15.2
14	KB302	卡兰古 WM10	浸染状铅矿石	方铅矿		-11.3

注：测试由核工业二所测试中心测试

不同矿床成矿流体的氢同位素组成接近，但氧同位素组成的差别是明显的，卡兰古矿床最低，$\delta^{18}O_{SMOW}$ = -10.6‰ ~ -15.2‰，塔木矿床 $\delta^{18}O_{SMOW}$ = -6.7‰ ~ -9.7‰，最高的是乌苏里克矿床，$\delta^{18}O_{SMOW}$ = -1.7‰ ~ -7.4‰(如图 3-31)。考虑到这些矿床发育的不同矿石类型，则可以认为主成矿阶段细粒硫化物具有低的 $\delta^{18}O$ 值，而形成晚阶段溶液的 $\delta^{18}O$ 值较高，即演化过程是从 $\delta^{18}O$ 值的变化由低→高。这一过程与热液矿床的一般演化过程是完全相反的，这就从流体包裹体的角度证明早阶段沉淀的细粒硫化物的溶液与晚阶段的溶液具有不同的来源或者说差异较大。

流体包裹体氢、氧同位素组成远离变质水或岩浆水，而落入大气降水附近(图 3-31)，结合包裹体的温度、盐度资料，说明成矿流体是一种温度、盐度相对较高的热卤水。北美

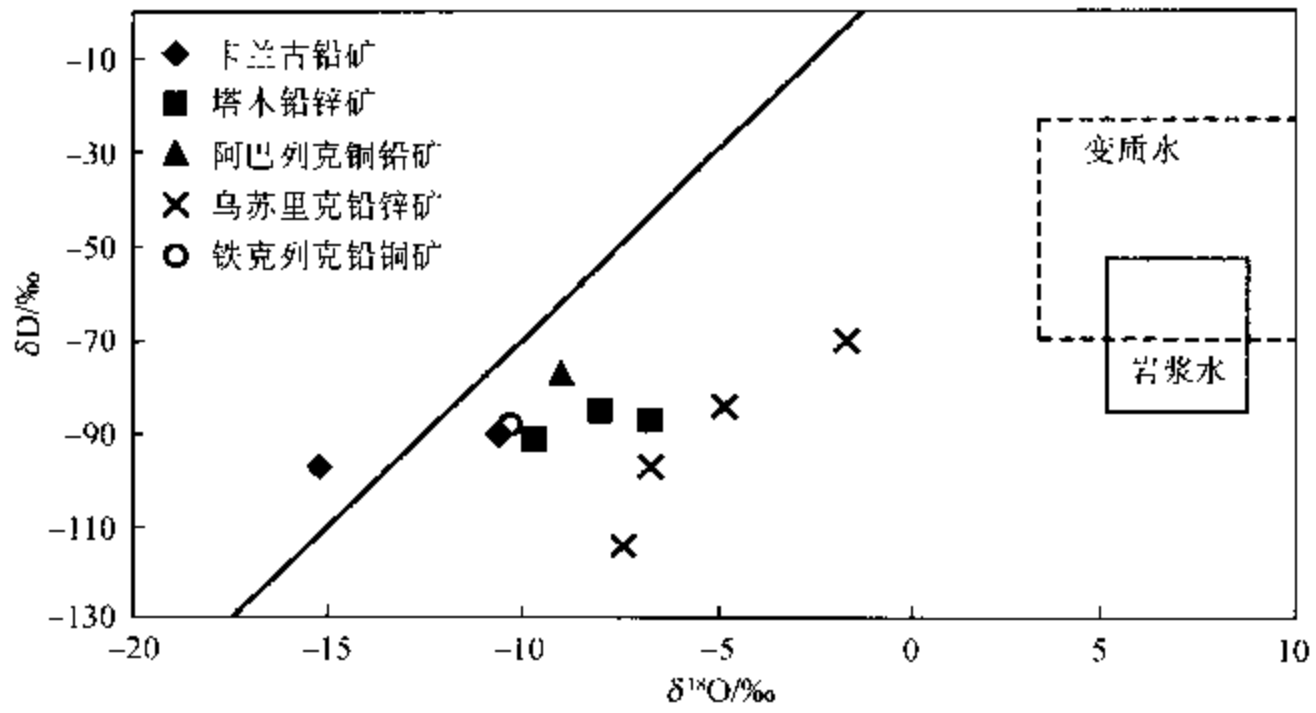


图 3-31　卡兰古式铅锌矿矿物中流体包裹体的 δD-$\delta^{18}O$ 图解

Fig. 3-31　δD-$\delta^{18}O$ diagram of fluid inclusion from Kalangu-style Pb-Zn deposits

MVT 矿床的研究也有类似的结论，密西西比河谷地区的“铅锌矿床流体包裹体的 δD 值明显相似于 Illinois 盆地现代油田卤水的 δD 值”(Taylor, 1979)。

(六) 成矿机制的讨论

1. 成矿物质来源

如前所述，区内矿石大体可以分为主成矿阶段的细粒硫化物矿石、晚阶段的中粗粒方铅矿闪锌矿矿石和早阶段的块状草莓状黄铁矿脉。不同成矿阶段硫化物 $\delta^{34}S$ 的差异是明显的。早阶段具草莓状结构的块状黄铁矿强烈富集 ^{32}S，$\delta^{34}S$ 为 $-39.2‰ \sim -30‰$，包括阿巴列克铁矿及库达曼特铁矿脉，与生物细菌的还原作用有密切的联系。主成矿阶段细粒硫化物，包括阿巴列克铜铅矿、卡拉牙斯卡克矿床之全部样品和塔木、卡兰古矿床的部分样品，均呈细粒浸染状、“斑点”分散状、少量具有生物残留结构，其 $\delta^{34}S$ 介于早阶段与晚阶段硫化物之间，一般为 $-30‰ \sim -10‰$，存在广泛的不平衡结晶现象，反映其迅速沉淀的特点。晚阶段中粗粒硫化物 $\delta^{34}S$ 分布在 0 值附近，$\delta^{34}S$ 为 $-3.6‰ \sim 5.1‰$，主要矿床包括乌苏里克、铁克列克和塔木、卡兰古铅锌矿的部分样品以及阿巴列克铁矿中自形粒状黄铁矿、与磁铁矿共生的黄铁矿，对应的矿石以细脉状、块状为主，品位高，硫化物呈粗粒自形-半自形晶。表明本区成矿过程中存在着两种地球化学性质差异很大的热液，一类富 ^{32}S，以沉淀早阶段草莓状结构的块状黄铁矿为代表，它主要是通过生物作用沉淀形成的；另一类热液以沉淀晚阶段中粗粒硫化物的热液为代表，形成温度较高，主要通过热液化学作用沉淀出的硫化物具有较高的 $\delta^{34}S$ 值。主成矿阶段细粒硫化物是这两类热液的混合引起硫化物快速沉淀的产物，并导致这类矿石中常出现 $\delta^{34}S_{方铅矿} > \delta^{34}S_{闪锌矿} > \delta^{34}S_{黄铁矿}$ 的非正常现象。

卡兰古式矿床矿石铅同位素组成以正常铅为主，只有少量样品富含放射性成因的 ^{206}Pb 和 ^{208}Pb。铅同位素的组成几乎不以矿石结构发生变化，这种总体上较为集中分布的特点显示出不同矿床中铅的来源可能是相似的。考虑到矿石铅较容矿地层时代老，以及大部分矿石铅具有造山带性质，铅的主要来源可能来自前寒武纪碎屑岩或西南部的北昆仑坳陷，其中含有很多块状硫化物型铜多金属矿(点)。

从铅同位素与硫同位素的相关性可以看出，相对富重硫的一组样品中二者线性关系明显，但富轻硫的一组样品中关系不明显，这似乎说明铅的来源与相对富重硫的溶液关系密切，即代表沉淀中粗粒硫化物的含矿溶液。由于铅、锌等金属物质与硫的特殊的地球化学特点，这些金属物质与硫是难以一同长距离迁移的。

与昆盖山地区块状硫化物矿床对比，本区矿床的硫化物更加富含放射性成因铅，如^{207}Pb、^{208}Pb含量较高，相应的，与其上完全整合产出的下石炭统碳酸盐岩相比，泥盆系紫红色碎屑岩铅同位素组成变化大，且明显地亏损放射性成因铅。因此可以认为，具有昆盖山地区块状硫化物矿床类似组成的硫、铅可能主要来自昆仑北带火山-碎屑岩，其含矿溶液主要沿泥盆系紫红色碎屑岩及霍什拉甫组碎屑岩自西往东迁移，这一过程中与碎屑岩的铅同位素发生交换，致使碎屑岩亏损放射性成因铅，而溶液相对富含放射性成因铅。因此，我们倾向于解释为铅主要来自西部，其热液以沉淀中粗粒硫化物为代表，而硫主要来自容矿岩石或东部的盆地卤水，以沉淀早阶段具早莓状结构的块状黄铁矿矿石为代表。

碳、氧同位素研究揭示出围岩、角砾岩、矿石的碳、氧同位素组成不同。层状碳酸盐岩具有正常沉积的碳酸盐岩的碳、氧同位素组成，矿石及含矿角砾岩氧、碳值显著降低，说明含矿热液具有与容矿碳酸盐岩不同的碳、氧同位素组成，即显示出一种外来的特点。

流体包裹体均一温度在196～104℃间，集中在145～165℃间。由于该温度范围主要是通过结晶良好的亮晶白云石、石英和闪锌矿获得的，仅代表了晚阶段中粗粒硫化物和主成矿阶段细粒硫化物的成矿温度。没有获得早阶段(可能包括部分主成矿阶段)胶状、草莓状硫化物形成的均一温度。据推测形成早阶段块状、草莓状结构黄铁矿的成矿温度可能低于100℃。

流体包裹体盐度一般在9.6%～14.5%，结合其氢、氧同位素测定结果，卡兰古式矿床成矿流体属于中等盐度的热卤水。

2. 成矿时代

对区内铅锌矿的成矿时代有如下的初步认识：

1)区内所有铅锌(铜)矿床(化)均是后生的，通过热液交代、沉淀形成的，因此，成矿时代肯定晚于容矿地层的时代，即在早石炭世之后。

2)分布于卡兰古矿区的辉绿岩呈顺层平行于铅锌矿体产出，有弱的方解石化、硅化和黄铁矿化。通过与七美下地区分布的下二叠统棋盘组玄武岩岩石化学及稀土元素地球化学对比，二者有相似的稀土元素分配特点和成岩大地构造背景。以此推测，成矿作用晚于早二叠世。

3)卡兰古式铅锌矿床的铅同位素组成与乌恰县乌拉根的铅同位素组成明显不同，不应是同一期、相似热卤水成矿的产物，推测卡兰古式矿床的成矿要早于乌拉根铅锌矿床(老第三纪)。

4)热液成矿作用一般是伴随着大地构造变动出现的，国外一些MVT矿床分布区已获得的同位素年龄资料多支持成矿与某期构造作用相对应。塔木-卡兰古地区石炭-二叠纪为连续的浅海-台地相的碎屑岩-碳酸盐岩沉积，三叠纪时昆仑洋闭合，区域性造山隆起，缺乏三叠纪沉积。

综合以上因素，推测塔木-卡兰古矿床的成矿时代可能在晚古生代末—三叠纪，与西昆仑造山作用有关。

3. 成矿机制

如前所述，成矿过程是两类不同性质的流体的混合形成的，一种是富含低价态硫贫金属的流体，它可能是在容矿地层附近形成的，具有较低的成矿温度，较高的 fs_2；另一种是富含金属成矿物质的贫硫的流体，它可能是来自西部造山带经过长距离迁移到达的，具有较高的成矿温度，相对低的 fo_2 和 fs_2。

相对原地的富硫的流体可以与地层中的铁结合或因低价态铁的还原作用，在低温生物作用下，形成一些具有草莓状或胶状结构的块状黄铁矿矿石或赤铁矿矿石。

上述两种流体的相遇，较高温流体的金属离子与低温流体的低价态硫的结合导致硫化物的过饱和，其迅速沉淀形成大量的以细粒为主要特征的一些特殊结构和区内主要的矿石类型，具有重要工业价值的矿床如卡兰古、塔木等均以此类矿石为主。

较高温的富含金属的流体在局部地区自行缓慢沉淀硫化物形成一些粗粒硫化物矿石，这种矿石在乌苏里克矿床为主要类型，在塔木、铁克列克等矿床也有发育。

由此可以说，区内矿床的形成包括有混合模型和分异模型，大量细粒硫化物矿石的形成是混合作用的结果，但粗粒硫化物矿石主要是通过沉淀分异的结果，块状草莓状黄铁矿矿石则是生物大量参与成矿作用的结果。

由于两种溶液的相遇有利于硫化物的大量沉淀，同理，只有细粒硫化物矿石大量发育的矿区才有可能形成较大规模的铅锌矿床。

三、乌拉根铅锌矿床

乌拉根铅锌矿床位于新疆乌恰县康苏镇南约 6km，地理坐标：东经 75°03′45″，北纬 39°40′00″。该矿 1943 年由 B·И 西尼村等人发现，1952～1957 年由喀什矿管处和新疆有色金属公司 702 队相继进行过勘探，已探明铅锌储量（包括已采出的矿量）近于中型规模。前人曾对角砾岩矿带进行过开采，砂岩矿带尚未开采利用。

（一）矿区地质背景

乌拉根矿床在构造上位于塔里木地块西缘喀什中新生代坳陷乌拉根向斜中（图 3-32）。矿区上白垩统七尔克斯坦组上部（K_2t_2）和老第三系阿尔塔什组（乌拉根组）下部（Ea_1）为一套陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造，前者厚度大于 250m，后者厚度大于 100m；乌拉根铅锌矿床即赋存在这两套地层之间的构造接触面上、下 K_2t_2 和 Ea_1 两个岩带内。

1. 地层

综合前人已有资料，主要根据岩性对矿区（乌拉根向斜北翼）地层重新划分如下：

上覆：新第三系（N）为黄、橙黄色砂岩、粉砂岩，未见顶

—— 整　　合 ——

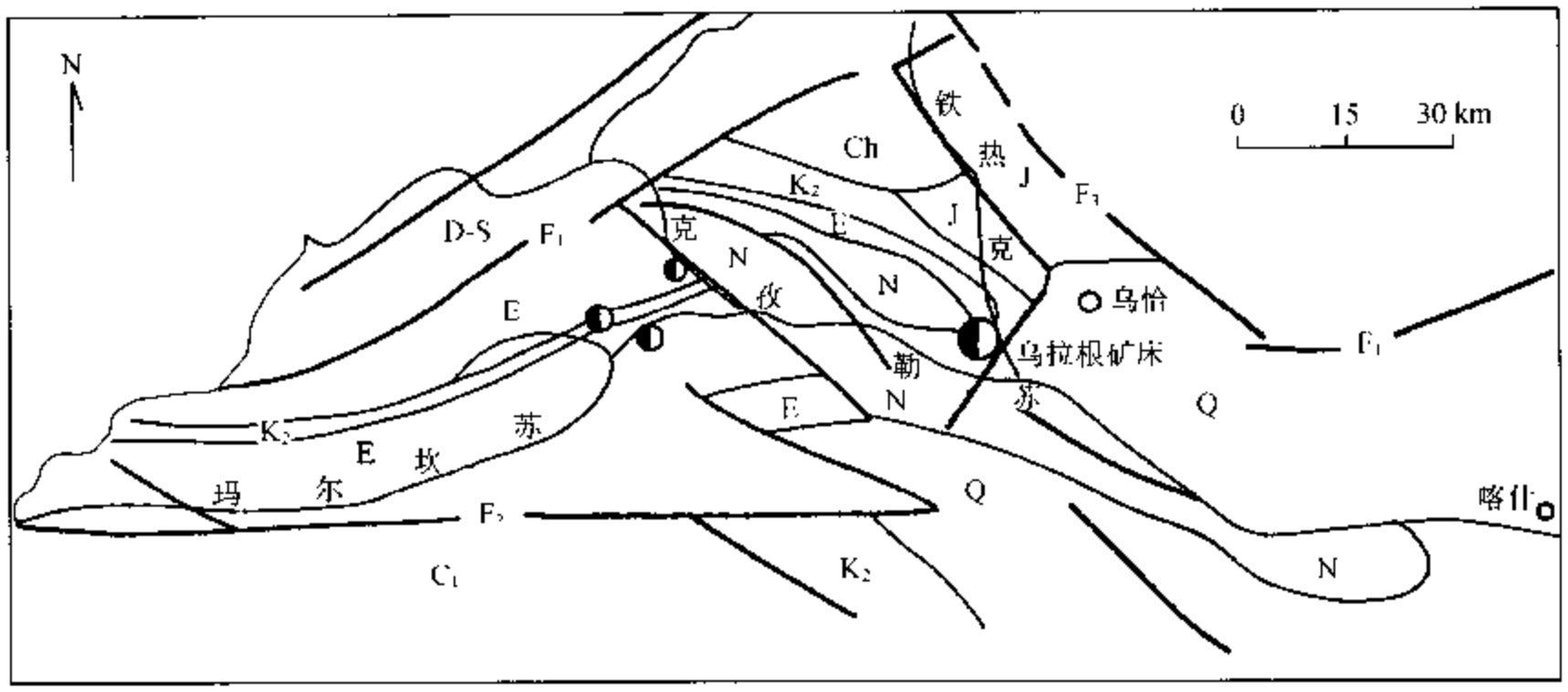
老第三系阿尔塔什组（Ea）

2. 老第三系阿尔塔什组上部（Ea_2）

灰、红色泥岩、灰白色介壳灰岩与灰岩互层，夹薄层石膏，厚度大于 100m

1. 老第三系阿尔塔什组下部（Ea_1）

浅红、灰绿色泥岩、灰岩角砾岩、白云岩，厚度大于 100m，赋存单层矿，如Ⅰ号矿体，为上含矿带



Q 1 N 2 E 3 K_2 4 J 5 C_1 6 D-S 7 Ch 8 F_1 9 10

图 3-32　乌拉根地区区域地质略图

（据新疆地矿局区测队，1999；新疆有色公司 702 队，1957，综合修编）

Fig. 3-32　Regional geological map of the Wulagen area

(modified from the Geological Party of Xinjiang Regional Survey, 1999 and the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1957)

1—第四系；2—新第三系；3—老第三系：灰白色石英砂岩、砾岩、泥岩夹石膏层；4—上白垩统：灰岩角砾岩、白云岩；5—侏罗系；6—下石炭统；7—泥盆-志留系；8—长城系；9—断层及编号：F_1—乌恰断裂，F_2—乌斯别里克山口断裂，F_3—托云断裂；10—铅锌矿床、矿点

—— 断　　层 ——

上白垩统土尔克斯坦组（K_2t）

2. 上白垩统土尔克斯坦组上部（K_2t_2）

灰白色石英砂岩、细砾岩、砾岩、泥岩夹石膏层，厚度大于 250m，赋存多层矿，如 III 号矿体等，为下含矿带

1. 上白垩统土尔克斯坦组下部（K_2t_1）

红黄色砂岩、砾岩、灰绿色泥岩，厚度大于 100m

下白垩统

红色砾岩夹砂岩、泥岩，厚度 50m

~~~~不　整　合~~~~

中侏罗统

黄灰、黑色砂岩、页岩夹煤层，未见底

2. 矿区构造

乌拉根矿区为一向斜构造，它是库克维克复向斜北翼东段的次级向斜（图 3-33）。组成向斜核部的地层为新第三系（N），出露长度约 5km，走向近 EW 向，自核部向外依次出露老第三系阿尔塔什组上部（Ea_2）、阿尔塔什组下部（Ea_1）、上白垩统土尔克斯坦组（K_2t）、下白垩统。北翼岩层倾向 195°～200°，倾角 70°～80°；南翼岩层倾向 335°～340°；倾角 60°～75°。

乌拉根铅锌矿带受南侧的 EW 向乌斯别里克山口断裂控制（F_2）。这个断裂很可能是控制喀什白垩纪—第三纪沉积盆地南缘的同生基底断裂，主要证据有：
~~~~

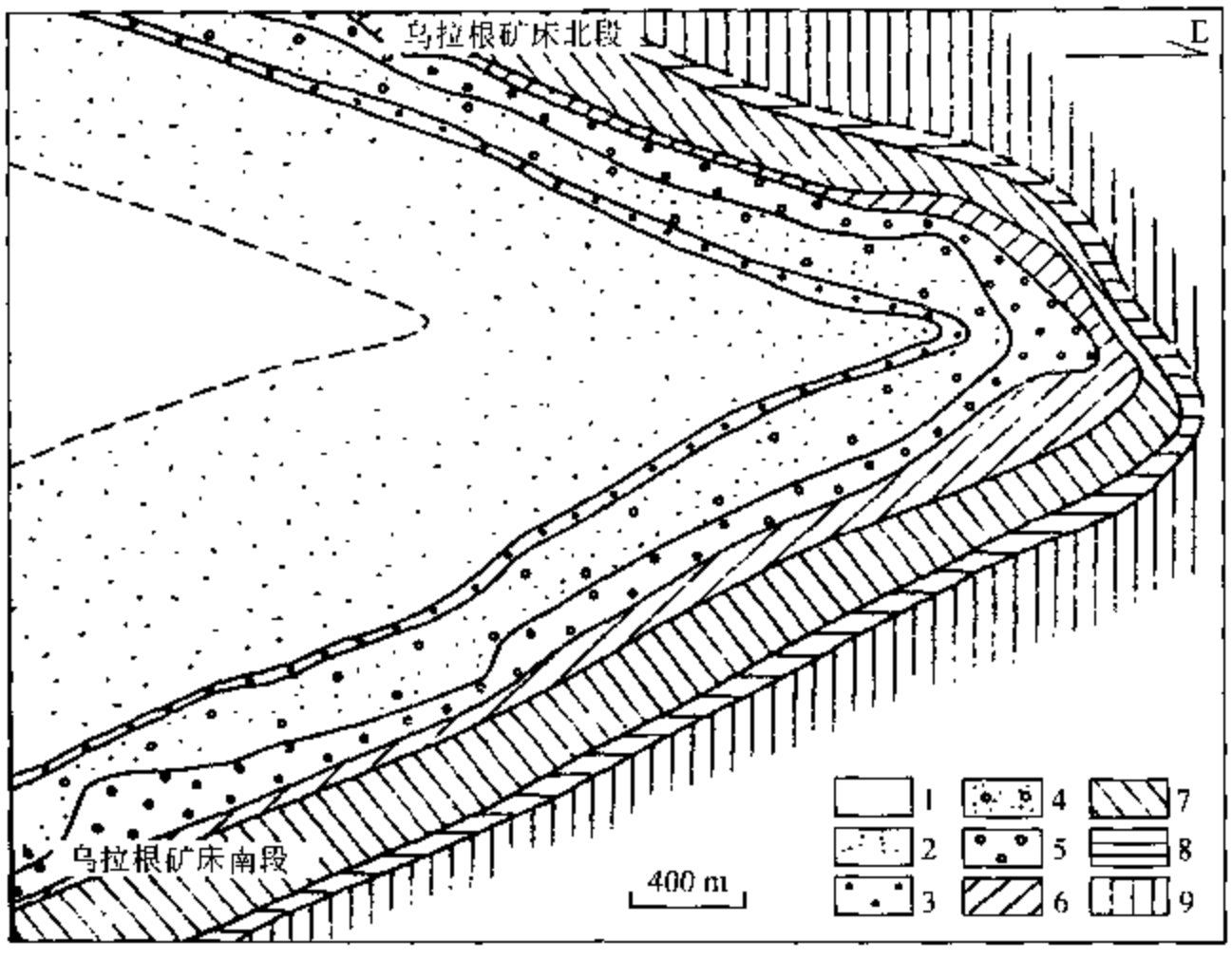


图 3-33　乌拉根铅锌矿床地质略图

(转引自叶庆同等,1999)

Fig.3-33　Geological map of the Wulagen Pb-Zn deposit

(after Ye et al., 1999)

1—上新统;2—渐新统—中新统;3—始新统石膏和粘土岩;4—始新统介壳灰岩;5—古新统硬石膏和粘土岩;6—古新统硬石膏、角砾岩、白云岩;7—上白垩统砂岩-粘土岩互层;8—上白垩统粘土岩;9—下白垩统

1)乌斯别里克山口断裂南侧为下石炭统,上白垩统—老第三系仅分布于断裂北侧。

2)有关的铅锌矿化均分布于断裂北侧,如盆地北缘的乌拉根矿床和一些矿点沿其北侧等间距分布,控矿性明显。

该断裂总体走向为 EW 向,向东被 NNW 向断裂切截,长约 100km 左右。断面产状,西段向 N 倾,东段向 S 倾,倾角 40°～60°,具多期活动特征,主要呈扭性。根据南侧下石炭统枕状玄武岩发育并有深水沉积硅质岩等分布,该断裂属岩石圈断裂(陈哲夫等,1990)。

盆地北缘为乌恰断裂(F_1),与上白垩统和老第三系有关的铅锌矿化主要分布于该断裂南侧。

因此,乌斯别里克山口断裂和乌恰断裂为喀什盆地白垩纪—第三纪时期的南、北控盆断裂,亦为一级控矿构造。

3. 矿区岩浆岩

矿区内未见与成矿有关的岩浆活动。

(二) 矿化特征

1. 矿化类型

乌拉根铅锌矿带过去圈定的矿体主要在向斜北翼,南翼因工作程度低,仅发现一些矿

点。近年来，新疆鑫汇矿业公司在向斜南翼发现了较好的铅锌矿化，初步控制矿化带长大于3000m，平均水平厚9.32m，矿化以锌为主，铅含量较低，有多层富矿体产出。

含矿岩石主要为老第三系阿尔塔什组底部角砾状白云岩和天青石白云岩，其次为上白垩统顶部浅灰色砂岩和砂砾岩。据此，可将乌拉根矿床分为砂岩型和角砾岩型两种矿化类型。

1)砂岩型矿化：矿体呈透镜状，产于上白垩统上尔克斯坦组上部灰白色石英砂岩、细砾岩、砾岩、泥岩夹石膏层中，与围岩整合产出。共圈定22个矿体，其中北翼18个，南翼4个矿体，以Ⅲ号矿体为代表。单个矿体长50～100m，厚2～3m，矿化具有多层性，在地表可见4层矿化，每层厚仅1～3m。矿化具体表现为条带状铅锌矿化及部分铜矿化砂岩扁豆体和少量浸染状及细网脉状碳酸盐、硫化物矿化。Ⅲ号矿体地表铅品位1.06%，可能是属于低品位大矿量矿化类型。

2)产于老第三系阿尔塔什组下部灰岩角砾岩、白云岩及浅红、灰绿色泥岩夹石膏层中，Ⅰ号矿体为主矿体，现已采空。矿体产于灰岩角砾岩和白云岩中，即赋存在NW向断裂的上盘，呈顺层的透镜状，与围岩产状基本一致。该矿体有两种矿石类型：①灰岩和白云岩中角砾状矿石为主要矿石类型，碳酸盐岩常构成角砾，方铅矿、闪锌矿和白云石、方解石呈胶结物或不规则细脉产出；②灰岩和白云岩中方解石-白云石-方铅矿-闪锌矿细网脉浸染状矿石。该矿体地表长140m，厚0.8～6m，延深200m，平均品位：铅为5.48%，锌为8.45%。由表3-25可知，该矿体由地表向深部规模和品位均有增大的趋势，其中自地表向下70m和120m两个中段矿体规模扩大和品位提高明显。

表3-25　乌拉根矿床Ⅰ号矿体各中段见矿情况表

Table 3-25　Mineralization on different levels of No.1 orebody in the Wulagen deposit

中段	探矿工程	矿石类型	矿体规模/m		品位/%	
			长	厚	铅	锌
地表	槽探	氧化矿	140	0.8～6	1.28～2.16	2.2～14
向下30m	坑探	氧化矿		1.8～5.4	2.07～10.38	4.64～10.49
地下70m	坑探	混合矿	178	0.8～8	1.45～7.23	2.08～8.91
地下120m	坑探	混合矿	217	3.16	8.66	15.36
地下210m	钻探	混合矿		1.29	0.93	0.91

该矿床氧化淋滤强烈，Ⅰ号矿体氧化深度达70m，即地表至地下70m为氧化矿，地下70～210m为混合矿；Ⅲ号矿体等氧化深度也在70～100m。

2．矿石矿物及组构

角砾岩型矿石以细脉状为主，砂岩型矿石则以浸染状为主，见有角砾状和条带状构造。矿床的金属矿物可分为氧化矿物和硫化物，以氧化矿物为主。铅的氧化矿物主要有白铅矿、铅矾等，锌的氧化矿物主要有菱锌矿、异锌矿等。此外，有褐铁矿、黄钾铁矾等。原生硫化物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿，少量黄铜矿和微量毒砂等。脉石矿物有白云石、石英、天青石、方解石、绢云母、石膏等。天青石有粗晶和细晶两种集合体产出形式。矿化以铅、锌为主，Ⅰ号矿体锌含量大于铅，伴生锶和镉，氧化锶21.82%～26.22%。

(三) 围岩蚀变

矿床围岩蚀变微弱,蚀变宽度小于 1m。主要出现在灰岩角砾岩和白云岩中,与角砾状和细网脉-浸染状矿化相伴,其他地方蚀变较弱。主要有碳酸盐化和黄铁矿化两种。

(1)碳酸盐化:是本矿区最普遍的围岩蚀变类型,贯穿整个成矿时期。早期的白云石交代灰岩,形成白云岩。矿化阶段的碳酸盐化有两种,一是白云石、方解石和硫化物构成角砾状矿石的胶结物;二是方解石、白云石硫化物细网脉穿插充填矿体中,脉体规模较大且量多,表明后期改造成矿作用较强。

(2)黄铁矿化:普遍,早期在砂砾岩中呈星散状分布,局部呈稠密浸染状。晚期主要与硅化和天青石化相伴,形成石英硫化物网脉和团块。

(四) 硫、铅同位素地球化学

乌拉根矿床硫化物 $\delta^{34}S$ 以负值为主(表 3-26)变化范围 -4.8‰ ~ -26.1‰,只一个方铅矿样品 $\delta^{34}S$ 为 14.6‰。说明硫主要来自细菌还原的海水硫酸盐。矿床的铅同位素组成均一(表 3-27),模式年龄为 45.4~54.0 Ma,与赋矿地层古新世时代一致,可能是单阶段正常铅。其 μ 值为 9.08~9.44,ω 值为 32.25~35.04,与 Skacey-Kramers 全球平均值较一致。

表 3-26 乌拉根铅锌矿床硫同位素组成

Table 3-26 Composition of sulphur isotope in the Wulagen Pb-Zn deposit

样号	M-8	M-5	YW-28	YE-148	W-10	WB410	WB-413	W-12	W-12
矿物	方铅矿	黄铁矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿	方铅矿	黄铁矿
$\delta^{34}S$/‰	-12.4	-6.8	-26.1	-15.3	-10.5	-14.4	-17.7	14.6	4.8

注:转引自谢世业等,2002。

表 3-27 乌拉根矿床铅同位素组成

Table 3-27 Composition of lead isotope from the Wulagen Pb-Zn deposit

序号	矿物	$^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	模式年龄 t/Ma	μ	Th/U	υ	ω
1	方铅矿	18.567	15.595	38.597	45.4	9.44	3.72	0.0685	34.925
2	方铅矿	18.538	15.585	38.564	54.0	9.42	3.75	0.0683	35.042
3	方铅矿	18.349	15.402	38.029		9.08		0.066	32.25
4	方铅矿	18.364	15.422	38.060		9.12		0.066	32.47

注:转引自谢世业等,2002。

(五) 矿床成因

一些研究者注意到乌拉根矿床与我国著名的滇西兰坪-思茅盆地金顶超大型铅锌矿床的某些共性(谢世业等,2002;叶庆同等,1999)。如,二者均为砂(砾)岩容矿的层控铅锌矿床;形成时代均为老第三纪古新世;成矿元素组合相似,均为铅-锌-锶矿化等。这些相似性

可将乌拉根矿床和金顶矿床看成是一类特殊的层控矿床——砂岩型层控铅锌矿床。笔者同时注意到：

1)乌拉根矿床成矿时代恰与塔里木盆地由白垩纪伸展向第三纪挤压的转变期，这种应力状态的变化可能同印度板块同欧亚板块碰撞的远程效应有关。

2)侏罗系-白垩系沉积厚度巨大，并含有膏盐层和煤系。

3)乌拉根矿床成矿流体具有热卤水特征，其成矿温度 144～193℃，流体盐度为 12.8%～20.3%.(谢世业等，2002)。

4)矿体定位于晚白垩世砂(砾)岩与老第三纪介壳灰岩-白云岩角砾岩带中，为一沿不同时代地层界面上的良好的古含水层构造，其上、下均有粘土质岩作隔挡层(图 3-34)。

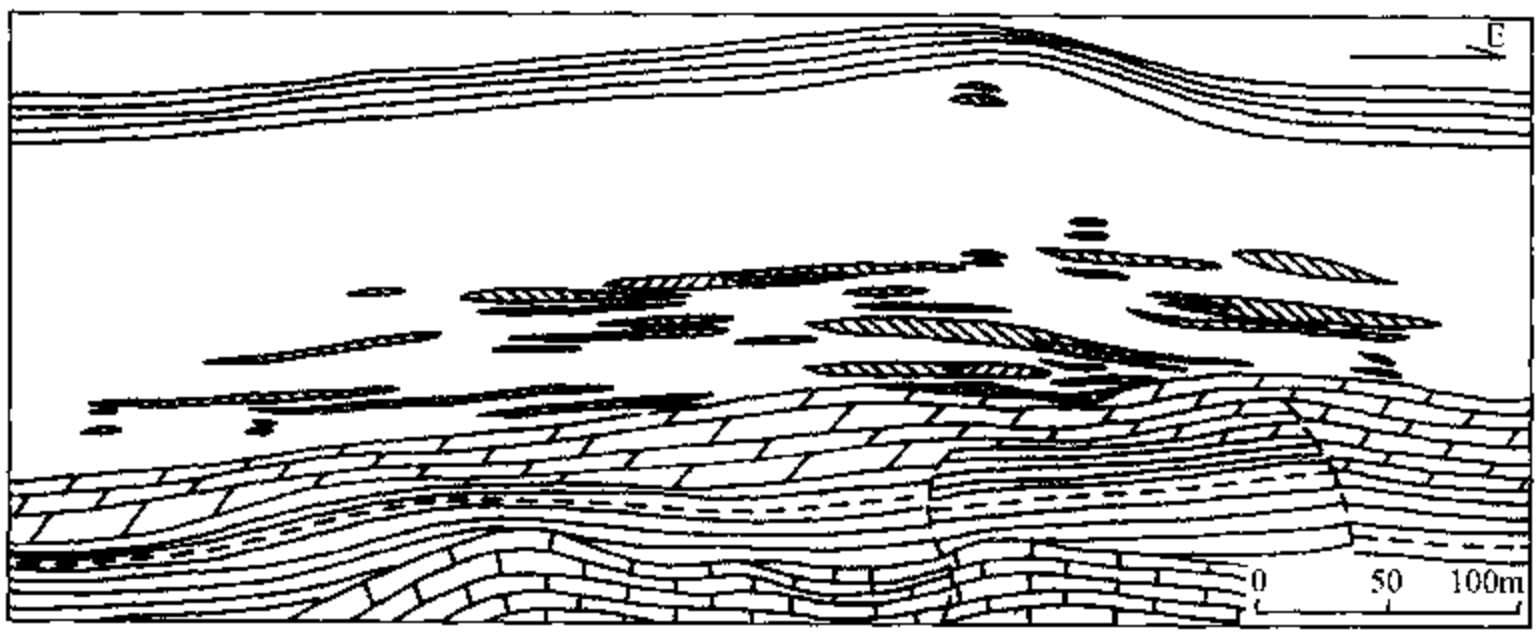


图 3-34　乌拉根铅锌矿床北带地质略图

(转引自叶庆同等，1999)

Fig.3-34　Geological map in northern ore belt of the Wulagen Pb-Zn deposit

(after Ye et al., 1999)

1—始新统介壳灰岩；2—古新统粘土岩夹石膏岩；3—古新统天青石白云岩、角砾岩；4—上白垩统砾岩、砂岩；5—上白垩统粘土层；6—铅锌矿体；7—铅含量大于 0.1%的矿化体；8—锌含量大于 2.5%的矿体

据上述特点，笔者推测，在白垩纪伸展期，盆地热卤水发育，并溶解、淋滤了盆地碎屑岩和基底岩系中的铅、锌等成矿物质，形成含矿热卤水；受印度板块与欧亚板块碰撞的远程效应的影响，盆地由伸展转为挤压环境，含矿热卤水被挤压排出，沿 K_2-E_1 古含水层运移，并在有利部位沉淀成矿，从而形成乌拉根及其邻区的层控砂(砾)岩型铅锌矿床。

第四章　新疆铅锌矿床成矿规律

第一节　铅锌矿床时空分布规律

层控铅锌矿床是新疆最重要的铅锌矿床类型，已知大中型矿床均属这一类型，其探明储量占铅锌总储量的90%以上，其次为与花岗岩类有关的铅锌矿床，目前只有小型矿床和矿点。世界上重要的层控铅锌矿床类型在新疆均有产出，包括火山岩容矿的块状硫化物型(VHMS，阿舍勒铜锌矿床)、火山-沉积岩容矿(VSMS)型(可可塔勒式铅锌矿床)、细碎屑岩容矿的SEDEX型(霍什布拉克铅锌矿床)、碳酸盐岩容矿的MVT型(塔木、卡兰古铅锌矿床)和砂(砾)岩型(乌拉根铅锌矿床)等。层控铅锌矿床发育，类型齐全，是新疆铅锌矿床的重要特色，由此决定了新疆铅锌矿床独特的时空分布规律。

一、矿床空间分布规律

1．铅锌成矿与成熟度高的陆壳有关

从新疆铅锌矿产地质图上(见附图)可以看出，铅锌矿床主要分布在阿尔泰山南缘(在山区的诺尔特一带也有小型铅锌矿床和矿点分布)、中天山和塔里木陆块(盆地)西缘3条重要成矿带上，特别是阿尔泰南缘和塔里木陆块西缘是新疆大中型铅锌矿床最重要的两个集中分布区。阿尔泰山南缘为泥盆纪海相火山岩发育区，产有海相火山岩型(火山成因块状硫化物型)大中型铅锌矿床6处，与海底火山喷流-沉积成矿作用有关；塔里木陆块西缘为泥盆纪—石炭纪海相沉积岩和中新生代亚陆相碎屑岩出露区，产出有细碎屑岩型、碳酸盐岩型及砂(砾)岩型等中型铅锌矿床6处，属于沉积岩容矿的层控铅锌矿床集中区。中天山为泥盆纪—石炭纪海相火山-沉积岩或沉积岩分布区，华力西期花岗岩类也广泛出露，产出的铅锌矿床类型较复杂，与海相火山作用有关的层控铅锌铜矿床、与海相沉积岩有关层控铅锌矿床以及与花岗岩类有关的热液型铅锌银矿床等均有产出，但目前所发现的矿床规模都不大，仅为小型铅锌矿床和矿点。

上述3条铅锌成矿带的共同特征是都发育有前寒武纪结晶基底，岩性主要是各种片岩、中酸性片麻岩和混合岩，总体上以长英质成分为主。与此相伴生的是S型花岗岩发育，并出现稀有金属矿化，表明这些地区的陆壳成熟度较高，铅锌成矿带与成熟度高的陆壳有关，主要产于陆块边缘活动带和上叠盆地中。相比之下，在准噶尔地区被认为具有洋壳基底(江远达，1984)的地区，尚未发现有确凿证据的前寒武纪基底岩系，其铅锌矿化也普遍缺乏，代之出现的是广泛的铜镍金矿化。可见长英质变质基底岩系发育，是铅锌成矿带产出的一个基本因素，也是预测铅锌矿集区的一条重要标志。

2. 成带分布、分段集中

受区域性深大断裂带和特殊建造带的联合控制，铅锌矿化具有成带分布、分段集中的一般规律性，显示了成矿作用的非均一性。铅锌矿化主要分布于西伯利亚板块边缘的火山岩带以及塔里木陆块西缘的前陆盆地和边缘活动带中，由北而南可分为：诺尔特铅锌成矿带、阿尔泰山南缘铅锌成矿带、中天山成矿带（赛里木-博罗科努-巴伦台铅锌矿带、库米什铅锌矿带、星星峡铅锌矿带等）、西南天山（柯坪）铅锌成矿带、乌拉根铅锌成矿带和铁克里克铅锌成矿带。其中前二者形成于西伯利亚板块南缘，分属晚古生代上叠火山-沉积盆地和陆缘裂谷带，泥盆纪—石炭纪海相火山岩发育；中天山成矿带的成矿构造背景复杂，有古生代复合岛弧、石炭纪走滑拉伸盆地和古生代陆缘盆地等环境，晚古生代火山-次火山-深成岩发育；后三者为塔里木西北缘晚古生代陆缘盆地、西南缘构造-热卤水活动带和塔里木陆块西缘前陆盆地，碎屑岩-碳酸盐岩建造发育。在这些构造带中既具有利的含铅锌建造（如海相火山-沉积建造、海相细碎屑岩-碳酸盐岩建造和陆源碎屑岩-膏盐建造），又具有相应的成矿构造-岩浆-热卤水活动条件。在这些带中铅锌及相关元素异常或矿化点分布密集，但成型的矿床则分段产出，受更局部的有利成矿因素（如火山机构、次级盆地和生长断裂、主控矿断裂和古含水层系统等）所控制。

3. 交叉部位和横向构造控矿规律

在阿尔泰山南缘西段哈巴河矿集区，与 NW 向玛尔卡库里主断裂大角度相交的近 SN 向构造带或其交汇部位控制着本区阿舍勒和多拉纳萨依等大中型矿床的产出。在麦兹、克朗等火山-沉积盆地中，NW 向的主干控盆断裂与 NE 向的基底隐伏断裂所构成的块断构造系统，控制着矿化亚区的分布。

在西南天山铅锌成矿带，与 NEE 向主构造线相交的 EW 向构造控制着该区矿床的产出，如霍什布拉克和沙里塔什矿床产于与 NEE 向乌恰主断裂相交的近 EW 向构造带中（图 4-1）。此外，卡兰古、塔木矿床则产于 NNW 向主断裂和近 SN 向断裂的交汇部位。前苏联学者在中亚地区非常强调的矿结，指的正是这样一种与横向断裂交叉的网格状结点。本区受这样一种交叉结点或横向构造控制的铅锌矿区还有东都津、马鞍桥、西铅炉子等，是值得重视的找矿远景区。

二、成矿的时控性

以地质分析为主，参考已有的部分同位素定年资料（表 4-1），新疆铅锌矿的成矿时代初步划分为前寒武纪成矿期、加里东成矿期、早华力西成矿期、中晚华力西成矿期、喜马拉雅成矿期，其中早华力西和中晚华力西期为两个成矿高峰期。

1. 前寒武纪成矿期

仅见于星星峡成矿带，铅锌矿床产于蓟县-青白口纪变质碎屑-碳酸盐岩系中，其形成与后期变质作用及岩浆活动有关，如西铅炉子、玉西等。

2. 加里东成矿期

仅见于柯坪地区，铅锌矿床产于晚寒武世-早奥陶世碳酸盐岩系中，与后期 NEE 向主断裂活动有关，如吐斯塔克等。

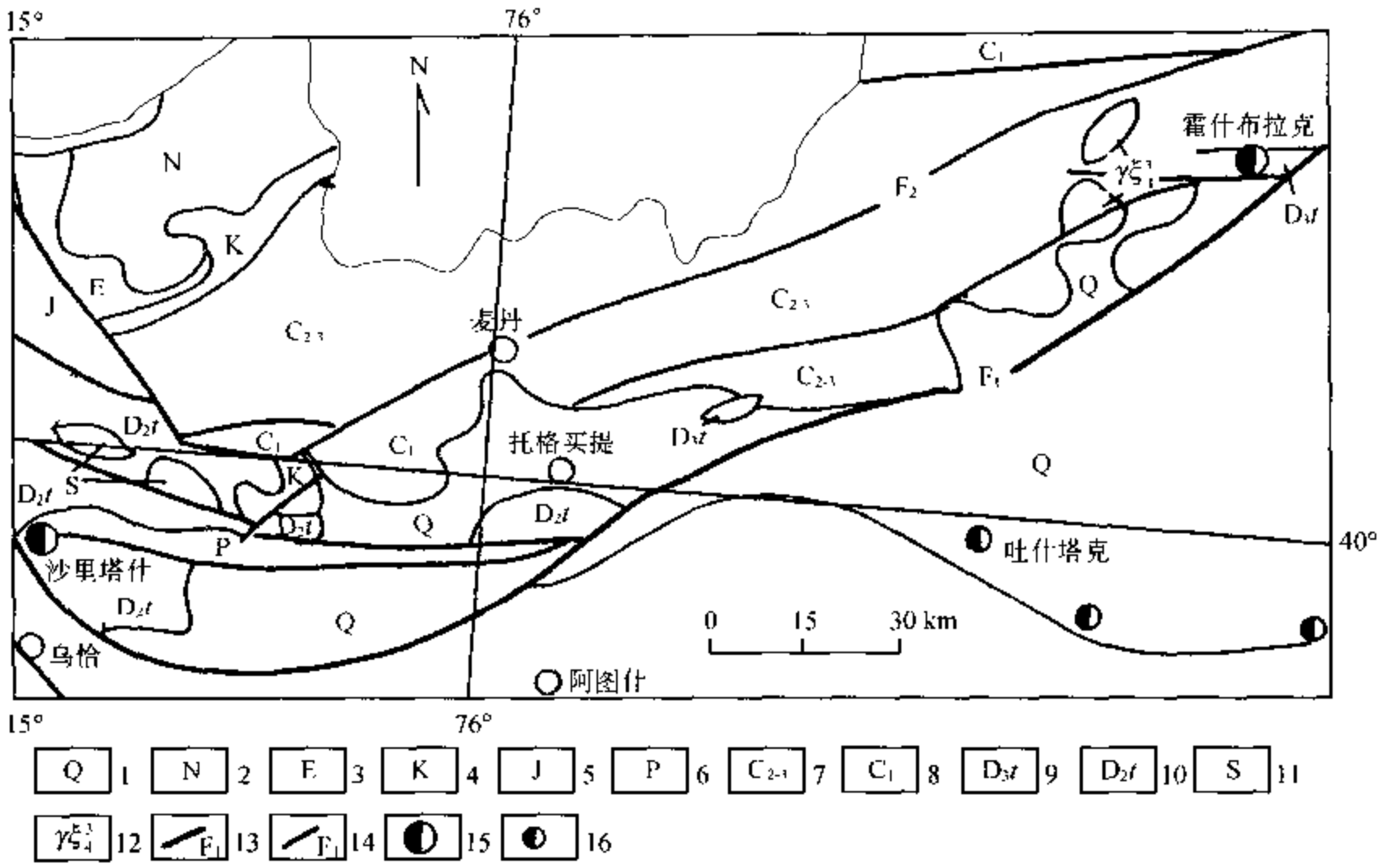


图 4-1　沙里塔什—霍什布拉克地区地质略图

（据新疆有色金属公司 702 队，霍什布拉克铅锌矿勘探报告，1957；新疆维吾尔自治区地质图，1793，改编）

Fig. 4-1　Geological map of the Shalitashi-Huoshibulake area

(modified from the Geological Party 702 of the Xinjiang Non-ferrous Metal Company, 1957)

1—第四系；2—新第三系；3—老第三系；4—白垩系；5—侏罗系；6—二叠系；7—中-上石炭统；8—下石炭统；9—上泥盆统坦盖塔尔组；10—中泥盆统托格买提组；11—志留系；12—华力西晚期花岗正长岩类；13—乌恰断裂；14—兴地断裂；15—铅锌矿床；16—铅锌矿点

表 4-1　新疆铅锌矿床同位素测年结果

Table 4-1　Isotopic dating of Xinjiang Pb-Zn deposits

矿床名称	成矿年龄/Ma	相关岩体年龄/Ma	资料来源
阿舍勒	矿层碧玉岩(Rb-Sr)378、(Sm-Nd)372 条带状矿石(Rb-Sr)364		新疆国家 305 项目课题(85-902-06)
可可塔勒	闪锌矿、黄铜矿(Sm-Nd)373	花岗岩中锆石(Pb-Pb)381	
马鞍桥	矿石铅模式年龄 249.1～249.7(比下石炭统赋矿地层偏低很多，可能是后期改造的结果)		杨崭华等，1993
阿克沙克	矿石铅模式年龄 220.2～264.5		
霍什布拉克	方铅矿模式年龄 515～554(应属寒武纪，此年龄数据已明显高于赋矿地层泥盆系年龄)		蔡宏渊等，1998
卡兰古	矿石铅模式年龄 400～600(老于赋矿地层下石炭统的年龄，反映矿石铅来源于基底地层)		汪东波等，1999

3. 早华力西成矿期

该成矿期包括阿尔泰山南缘、博乐、库米什、西南天山、铁克里克成矿带或矿带，铅锌矿床分别产于海相火山-碎屑岩和海相碎屑岩-碳酸盐岩岩系中。是区内第一个铅锌成矿高峰期：一是早泥盆世(370Ma±)，主要是与海底火山作用有关的喷流沉积型铅锌(铜、铁)矿床，如可可塔勒等，是在陆缘裂谷盆地中形成的；二是中晚泥盆世，主要是海底热水沉积型铅锌矿床，如霍什布拉克、沙里塔什等，是在陆缘裂陷盆地中形成的。

4. 中晚华力西成矿期

该成矿期包括诺尔特、巴伦台、铁克里克成矿带或矿带，铅锌矿床分别产于海相中酸性火山岩和海相碎屑岩-碳酸盐岩岩系中。是区内第二个铅锌成矿高峰期：一是早石炭世，主要是与海底火山作用有关的喷流沉积型铅锌矿床(如库马苏等)或与海底热水沉积作用有关的铅锌矿床(如马鞍桥等)，形成于上叠盆地中；二是晚二叠世(?)与陆块边缘构造-热卤水活动有关的 MVT 型铅锌(铜、铁)矿床，如卡兰古、塔木等；三是与中石炭世活化钾长花岗岩体有关铅锌矿床，仅见于博罗科努铅锌矿带，如肯登高尔、东都津、喀拉巴格铅锌矿床等。

5. 喜马拉雅成矿期

仅见于乌拉根成矿带，矿床产于晚白垩世—老第三纪砂砾岩和碳酸盐岩岩系中，与热卤水活动有关，形成于前陆盆地环境。

总之，尽管新疆铅锌矿床成矿时代可能较多，但由于以层控型铅锌矿床为主，因此，具有明显的成矿时控性。根据容矿地层时代的限定，按铅锌成矿重要性的顺序，依次为泥盆纪、石炭-二叠纪和老第三纪。泥盆纪为最重要的铅锌含矿层位，是喷流沉积型铅锌矿床最发育的时期，包括阿尔泰山南缘早泥盆世火山-沉积岩容矿的可可塔勒式铅锌矿床、西南天山中-晚泥盆世碎屑岩-碳酸盐岩容矿的霍什布拉克、沙里塔什等铅锌矿床，库米什一带的彩华沟等层控多金属矿床也赋存在泥盆系中；石炭纪是第二个重要成矿时期，中天山上叠裂陷盆地(裂陷槽)中的马鞍桥、阿克萨克等喷流沉积型铅锌重晶石矿床赋存在早石炭世地层中，铁克里克(塔木-卡兰古)铅锌成矿带中的 MVT 型矿床主要产于上泥盆统与下石炭统接触部位和下石炭统克里塔格组顶部与霍什拉甫组底部两个古含水层位中，但其成矿时代有可能是二叠纪末；乌拉根等砂岩型矿化具有较大的找矿潜力，其成矿主要受白垩纪顶部和老第三纪底部之间的古含水层控制，由盆地热卤水充填-交代成矿，铅同位素模式年龄也证实其成矿时代为老第三纪，是新疆第二个重要的铅锌成矿时期。

第二节　重要铅锌矿床类型的成矿规律性

除前述共性的成矿时空分布特点外，各主要铅锌矿床类型还有自己的成矿规律性。

一、与海相火山作用有关的铅锌矿床

(一) 有利聚矿部位及矿化型式

阿尔泰山南缘的可可塔勒式铅锌矿化，按主要控矿因素(有利聚矿部位)和矿化特征的差异，可大致分为 3 种型式。

1. 受火山局部洼地控制的块状矿化

属这种类型的矿床有可可塔勒矿床、铁木尔特矿床和大桥矿点等，前二者产在与火山中心相伴的局部沉积洼地中，后者则产于塌陷破火山口洼地中，代表了这一矿化型式中的两个亚型。

它们的共同特征是：①矿化明显地受火山爆发中心和局部沉积洼地控制，表现在含矿层的沉积（火山的和正常沉积的）厚度局部明显增大，岩性、岩相变化大，在含矿层的下部（有时在上部或含矿层中）出现角砾集块岩和次火山岩及脉岩群；②矿体呈透镜状或似层状，在洼地的中心部位厚度较大，出现一定量的块状矿石，向两侧厚度变薄，过渡为条带状和浸染状矿石，并出现较多的磁（赤）铁矿；③矿化具有双层结构，上部是具明显沉积特征的层状矿化，下部是具交代作用特征的浸染状（局部见细脉状）矿化。与层状矿化相比，下部浸染状矿化的金属矿物粒度较粗、自形程度较高，以黄铁矿为主，次为黄铜矿、闪锌矿、方铅矿，缺乏磁铁矿；④矿体下盘可识别出大型层控状蚀变和叠加在其上的蚀变岩筒，前者以硅化、绢云母化为主，近矿层部分可出现绿泥石化，后者以绿泥石化为主，次为阳起石、绿帘石、透闪石化。

2. 受同生断裂控制的席状矿化

以阿巴宫（A_1-A_4）和阿什勒萨依（B_1-B_4）矿床为代表。其基本特征是：①含矿层厚度变化不大，矿化受断裂控制明显（有证据表明成矿时断裂具同生性质），沿断裂呈线状分布，并产于断裂上盘即时代较新的地层一侧；②矿化体厚度薄，延伸长，呈席状，一个矿床或矿化带由数个席状透镜体组成。单一透镜体中心部位硫化物较多，矿化较好，向两侧过渡至尖灭部位，铁（锰）氧化物增多，总体上，该类矿床的块状矿石较少，品位相对较低；③矿体下盘蚀变不均匀，仅靠矿化透镜体的部位蚀变较强，透镜体间的弱矿化部位蚀变不明显，不发育蚀变岩筒。

3. 受流纹岩穹窿控制的细脉-浸染状矿化

典型代表是阿克哈仁矿床。具有两种矿化类型：在蚀变的流纹岩穹窿中形成细脉浸染状矿化，而在穹窿顶部的沉积层中则产有纹层状-浸染状矿化，层状矿化的下盘缺乏明显的蚀变。

4. 不同矿化型式的形成机制

通过对加拿大太古宙矿床、澳大利亚古生代矿床、日本的第三纪黑矿及现代海底热液活动的系统研究，人们对火山成因块状硫化物矿床的形成机制已有了较深入的认识，提出了一系列模式，为具体解释本区矿床的形成机制打下了基础。

受火山局部洼地控制的块状矿化型式可用喷流卤水池模式（Sato, 1972；McDdougall, 1984）得到较合理的解释，其基本设想是：从盆下补给通道（通常是蚀变岩筒的位置）上升的含矿热液，注入到海底局部洼地中形成卤水池，金属矿物通过含矿热液和海水混合、卤水池降温等机制淀出。若补给通道位于卤水池下部（近侧补给）则发生较强烈的下盘蚀变，而当补给通道位于洼地斜坡上时（远侧补给），由于矿液密度较大沿海底斜坡流入卤水池中，此时下盘蚀变不明显，这两种类型在本区都存在（图 4-2A）。矿石结构构造和矿物组合与其淀出时在卤水池中所处的位置有关。卤水池边部，由于卤水密度较低，海盆中的细碎屑（或化学沉积物）竞争沉积强烈，形成条带状和浸染状矿石，同时由于 f_{O_2} 相对较高，出现赤铁矿、磁铁矿、重晶石等矿物；而在卤水池的中部由于卤水密度较大，细碎屑竞争沉积较弱，H_2S 较高，形成块状-半块状硫化物矿石。矿化垂向上的变化可用卤水池的生成-衰亡或再生作用来解释。

受同生断裂控制的席状矿化的形成机制类似于 Huston（1988）提出的多喷口模式，即矿液沿同生断裂从多个喷口补给（沿断裂串珠状分布的海底热泉），在相对平缓的海底上淀出

成矿(图 4-2B),而不是集中补给进局部洼地中,因而形成席状透镜体群。

在受流纹岩穹隆控制的细脉浸染状-层状矿化中,细脉浸染状矿化体的产出表明矿液在补给通道中发生了沸腾卸载,剩余矿液喷出海底,沿火山斜坡流动并淀出成矿(图 4-2C)。矿液沸腾可能与形成 $D_1k_2^3$ 层位阶段盆地抬升,海水变浅,静水压力较低有关。

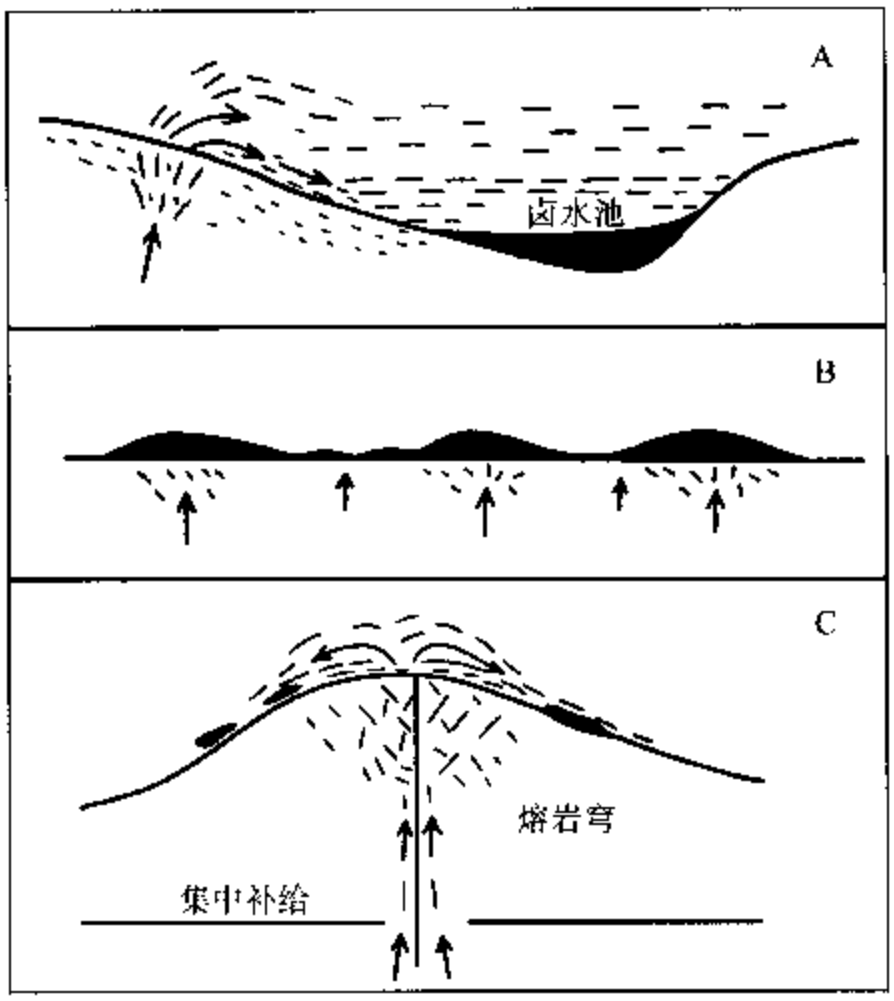


图 4-2　可可塔勒式铅锌矿床 3 种矿化型式示意图

(据王京彬等,1998)

Fig.4-2　Metallogenic models of the Keketale Pb-Zn deposit

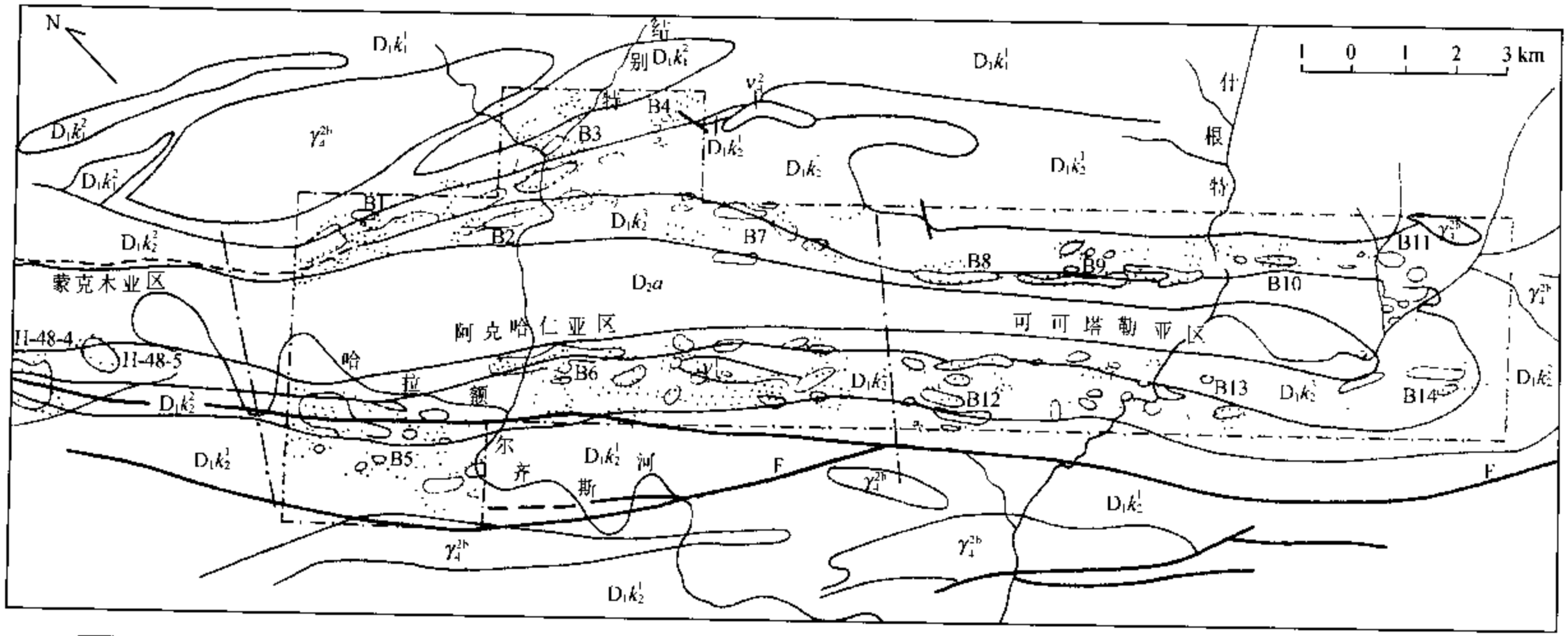
(after Wang et al., 1998)

(二) 成矿的分区、分带性

阿尔泰山南缘的铅锌矿化以赛卡桑(快德弄)-克兹加尔断裂为界,可分为南、北两个矿带。北部为麦兹-冲乎尔成矿带,又称为可可塔勒铅锌成矿带,包括麦兹、克兰(朗)、与冲乎尔 3 个泥盆纪火山-沉积盆地;南部为阿舍勒铜锌矿带,与玛尔卡库里断裂有关。

在麦兹-冲乎尔铅锌矿带中,麦兹盆地和克兰盆地均具有南北分带、东西分区特征。比较而言,麦兹盆地的这一特征更为典型(图 4-3)。

麦兹地区的铅锌矿化可分为南、北两个矿带,受 NW 向同生断裂控制。北矿带与科依来普断裂有关,南矿带则可能与沙热布拉克断裂有关。其中北矿带火山作用强烈,火山机构发育,异常和矿化均较南带强,可可塔勒矿床及矿化显示较好的唐巴拉矿点,B2、B7 异常均在北翼。可能与科依来普断裂比沙热布拉克断裂规模大、断陷深有关,从沉积厚度看也是北翼大于南翼,这意味着盆地基底具有掀斜块断性,南矿带成矿最有利的地区是发育塌陷破火山中心的 B5 异常区(大桥矿点)。



D_2a 阿勒泰组

$D_1k_2^3$ 康布铁堡组上亚组第三岩性段

$D_1k_2^2$ 康布铁堡组上亚组第二岩性段

$D_1k_2^1$ 康布铁堡组上亚组第一岩性段

D_1k_2 康布铁堡组下亚组第二岩性段

$D_1k_1^1$ 康布铁堡组下亚组第一岩性段

γ_4^{2h} 黑云母花岗岩

ν_4^1 斜长角闪岩辉长辉绿岩

B6 铅异常及编号

B3 锌异常及编号

1986~1987年次生晕工作测区

矿化亚区分界线

图 4-3 麦兹地区矿化亚区分布示意图

Fig.4-3 Sketch map showing mineralization sub-unit of the Maizi area

除成矿的南北分带外还表现出东西分区的特征，其分区基本与火山-沉积相区一致，由东向西分为3个既相互过渡又有明显差异的矿化亚区。

1)可可塔勒亚区：即东部相区，包括B8、B9、B10、B11、B14、B13、B12异常区，容矿地层为$D_1k_2^2$中部，成矿元素组合为Pb-Zn-Ag，矿化类型属块状硫化物型，主要有可可塔勒矿床、唐巴拉矿点、B-13矿点。

2)阿克哈仁亚区：即中部相区，包括B1、B2、B3、B4、B5、B6、B7异常区，最大特征是出现两层有工业意义的矿化，下部含矿层位于$D_1k_2^2$下部(比可可塔勒含矿层略低)，可圈出独立的铁锰矿体，成矿元素组合为Fe(Mn)(-Cu)-Pb-Zn，矿化类型为磁铁硫化物型，主要有大桥矿点(B5)、阿什勒萨依矿点(B2)等。上部含矿层位于$D_1k_2^3$层中，属萤石方铅矿型，成矿元素组合为Pb-Ag-F-Ba，阿克哈仁矿床即产于这一层中。

3)蒙克木亚区(H-48亚区)：即西部的H-48异常区，主要为Pb-Ag-Ba-F或Pb-Zn-Ag-As-Hg元素组合，矿化类型属萤石方铅矿型，产于$D_1k_2^3$层中，目前尚未发现其一定规模的铅锌工业矿体，但出现了独立的重晶石矿体。

(三) 成矿演化序列

麦兹-克兰盆地的成矿作用除了空间上的分区、分带性外，还表现在时间上的序列演化性(王京彬，1998)。该特征以麦兹盆地表现最为明显，特别是把康布铁堡组下亚组(D_1k_1)产出的蒙库式铁矿作为盆地成矿演化的整体加以考虑时，成矿的演化性更明显，从早到晚即层位自下而上为：

$D_1k_2^3$：萤石(重晶石)方铅矿型矿化(阿克哈仁)；

$D_1k_2^2$中部：块状硫化物型铅锌矿化(可可塔勒)；

$D_1k_2^2$下部：磁铁硫化物型铅锌矿化(大桥)；

D_1k_1：赤铁-磁铁矿型矿化(蒙库)。

其成矿元素组合的演化为：Fe→Fe(Mn)-Pb-Zn→Pb-Zn-Ag→Pb-Ag(-F, Ba)；相应的矿物组合则由氧化物→氧化物-硫化物→硫化物→硫化物-氟化物→硫盐。反映了盆地总体成矿环境由氧化→弱氧化、弱还原→还原→弱还原的演化趋势，与盆地初始拉张(海水入侵，但水体较浅)→扩张断陷→脉动回返等演化阶段对应。铅锌成矿主要在扩张断陷阶段即$D_1k_2^2$期最重要，表现在矿化类型上则为块状硫化物型和磁铁硫化物型。

(四) 构造控矿级序

不同级序的构造控制了不同级别的矿化，构成了构造控矿系列，在阿尔泰山南缘成矿带中大致可分为4级：第一级是阿尔泰扩张陆缘的分区构造，它控制了矿带的位置；第二级是火山-沉积盆地，控制了矿化区即矿田的产出位置；第三级是火山-沉积盆地内的火山-构造断块，控制了矿化亚区；第四级是火山中心、同生断裂等局部主控因素，控制了矿床和矿体的产出(表4-2)。

(五) 区域成矿模式

本区火山-沉积盆地是陆壳拉张背景下形成的(Wang et al., 1999)，拉伸作用导致地

表 4-2　阿尔泰南缘成矿带构造控矿序列

Table 4-2　Sequence of ore-controlling structure in the Southern Margin of the Altay Mountains

级序	控矿构造	分区构造		矿化带(区)
一级	阿尔泰扩张陆缘(D_{1-2})	近陆断陷火山-沉积盆地		可可塔勒铅锌矿带
		拉张过渡壳火山-沉积盆地		阿舍勒铜矿带
二级	火山-沉积盆地	麦兹盆地		Pb-Zn 矿化区
		克兰盆地		Cu-Pb-Zn 矿化区
		冲乎尔盆地		Cu+Zn-PbZn 矿化区
		阿舍勒盆地		Cu(-Zn-Au)矿化区
三级	火山-构造断块	麦兹盆地	可可塔勒矿化亚区:Pb-Zn-Ag	
			阿克哈仁矿化亚区:Fe-Pb-Zn+Pb	
			蒙克木矿化亚区(H 48)Pb-Zn+Ba	
		克兰盆地	阿巴宫矿化亚区:Fe-Pb-Zn+Fe	
			铁木尔特-恰夏亚区:Cu-Pb-Zn-Ag	
			阿拉合达依亚区:Cu(+Pb+Au)	
四级	火山中心沉积洼地		可可塔勒矿床、铁木尔特矿床、大桥矿点	
	同生断裂(火山中心)		阿巴宫铅锌矿床(A2—A5),阿什勒萨依矿点(B1—B3)	
	火山中心穹隆斜坡		阿克哈仁矿床	

壳减薄,基底断裂的重新活动和同生断裂的生成及相伴的火山作用、热水作用发育,形成了扩张陆缘有利的成矿大环境。由于不同的拉张构造部位的盆地基底类型、火山-沉积作用特征不同,因此其构造-岩浆-热水系统的特征也不同,由北东向南西,形成了不同的构造-成矿分带序列(图 4-4)。

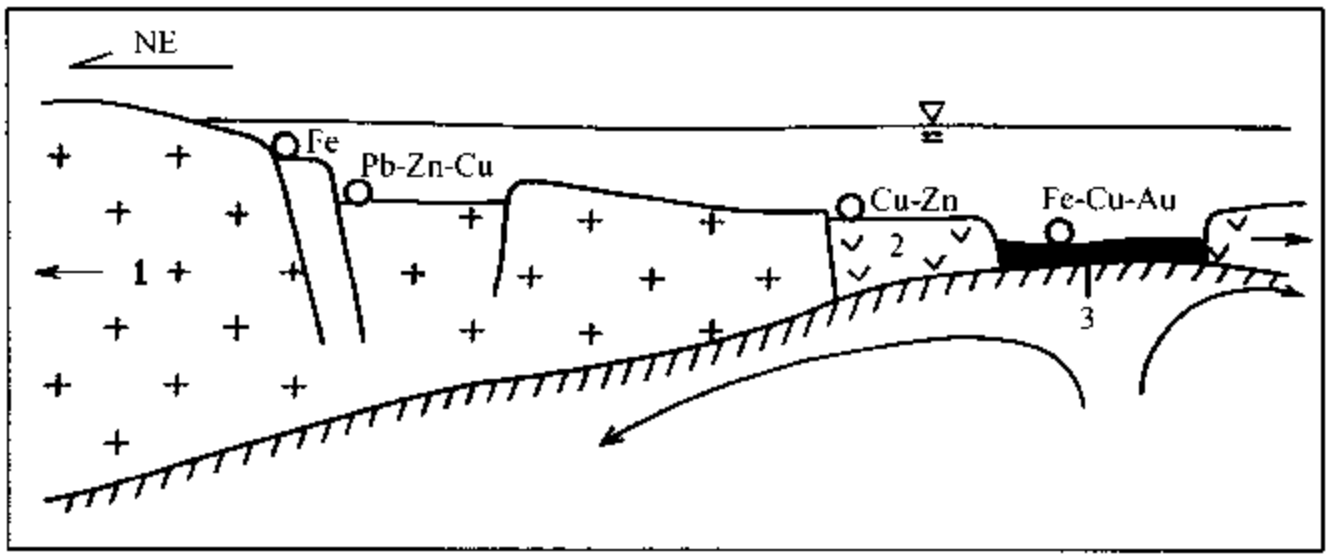


图 4-4　阿尔泰泥盆纪拉张陆缘成矿模式示意图

(据 Wang et al., 1999)

Fig. 4-4　Metallogenic models of the Altay Devonian extension epicontinent

(after Wang et al., 1999)

1—陆壳;2—拉张过渡壳;3—洋壳

麦兹-冲乎尔铜多金属成矿带位于扩张陆缘北部的近岸断陷带中,盆地基底为具块断特征的陆壳型,火山作用以流纹-英安质为主,陆源碎屑补给较充分,因此形成了火山岩系中沉

积岩容矿的多金属矿床(可可塔勒式);在离岸较远的拉张过渡壳盆地中,玄武-英安质双峰式火山岩建造发育,而陆源碎屑补给较弱,形成了火山岩容矿的铜锌块状硫化物矿床(阿舍勒式);更向南侧为乔夏哈拉-科克森套蛇绿混杂岩带的位置,可能代表了古洋壳的位置,形成了某些方面类似于塞浦路斯型的、与(枕状)玄武岩有关的铁-铜-金矿床,从而构成了一个较完整的扩张陆缘成矿序列。铅锌矿床主要发育在该序列的近古陆一侧,与陆壳基底有关。

(六) 与有关矿床比较

1. 与黑矿型矿床比较

与海相火山作用有关的铅锌矿床广义上可归属于 VHMS 型即火山成因块状硫化物矿床。VHMS 矿床被进一步分为两大类(Hutichinson, 1980):形成于洋脊环境的塞浦路斯(Cyprus)型和形成于消减板块边缘的黑矿型,前者与镁铁质拉斑玄武岩有关,后者则和钙碱性火山作用有关。

本区矿床尽管也和钙碱系列的火山作用有关,成矿特征上和黑矿型有较多相似之处,但二者之间也存在较明显的差别:

1)大地构造环境:黑矿型矿床产于和消减板块有关的弧内裂谷或弧后盆地中,即与板块俯冲有关的岛弧环境或沟-弧-盆体系;本区矿床则产于扩张的大陆边缘,与板块俯冲作用无关,而和区域上的陆壳拉张减薄作用即陆壳裂谷作用有关。

2)含矿火山岩系:日本、加拿大、澳大利亚等典型黑矿型矿床是和由基性→中性→酸性连续分异的钙碱系列火山岩有关(如日本黑矿地区海相火山岩中基性:中性:酸性的比例为13:33:54),即在含矿火山岩剖面中出现大量的安山岩;而本区则为相对富碱的双峰式或酸性火山岩占优势的类双峰式钙碱系,碱质更高,安山岩不发育。在喷发顺序上一般酸性火山岩在前,基性火山岩在后,矿床赋存在由酸性到基性转化部位的酸性火山岩中。这和哈萨克斯坦矿区阿尔泰含矿火山岩系特征一致。

3)矿石成分和伴生矿床类型:与黑矿型矿床相比,本区矿床成矿多金属元素具有:①富 Pb 贫 Cu, Ag 含量低(表 4-3);②伴生元素多(Ba, As, Bi, Se, Te, Mo, Sn, Ag, Au, Cd, In 等),只有痕量的 Ni 和 Co,而黑矿型的矿床伴生元素较少(Ba、Ag、Bi、Au 等),Co, Ni 含量高;③出现黑矿型矿床中尚未见及的独立铅矿床。另外,矿石中出现较多的萤石和硫化物的 $\delta^{34}S$ 为负值,这在黑矿型矿床中也是不多见的。

表 4-3 可可塔勒式矿床与 VHMS 多金属矿床平均品位比较表

Table 4-3 Comparison on average grade between Keketale-style Pb-Zn deposits and typical VHMS deposits

	矿床产地	矿床数	Cu/%	Zn/%	Pb/%	Ag/(g/t)
黑矿型矿床	澳大利亚	10	1.0	11.8	4.7	117
	加拿大(太古宙)	1	2.7	10.0	1.4	214
	加拿大(古生代)	20	0.6	5.5	2.2	62
	日本(第三纪)	11	1.7	4.7	1.1	97
本区矿床	可可塔勒		0.08	3.16	1.51	17.4
	铁木尔特		0.50	3.18	1.39	11.0
	阿巴宫(A_4)		0.09	3.49	1.91	49.7
	阿克哈仁		微	0.13	2.89	11.8

注:黑矿资料据 Large, 1992;本区资料据现有工程控制程度计算(相当 E+D 级),据王京彬等,1998。

和本区多金属矿床伴生的主要矿床类型有：①富磷、稀土的火山岩型铁矿床(基鲁纳型)；②和蚀变花岗岩及伟晶岩有关的 Nb、Ta、Be 矿床，这两类伴生矿床类型在典型的黑矿型矿带中尚未出现过。

4)成矿带的时空演化规律：本区成矿作用的时空演化规律性比较明显，由近古陆向洋盆方向，即由麦兹-冲乎尔矿带→阿舍勒矿带→乔夏哈拉矿带，火山和成矿作用的时代逐渐变新，由早泥盆世→早-中泥盆世→中泥盆世，火山作用由流纹质为主→英安岩→玄武质双峰岩系→玄武岩→安山岩系，相应的成矿元素组合由多金属→铜(锌)→铁铜金，与陆壳逐渐向洋壳迁移减薄有关(Wang et al., 2000)。而黑矿型矿床则不具有这样一个时空分带演化模式，特别是由于俯冲作用在先，由其诱导的弧后盆地发育稍晚，一般不出现由古陆向洋盆方向火山-成矿作用时代变新的趋势。

总之，不应把本区矿床与黑矿型矿床视为同一类型，两类矿床之间有一些较明显的差别。从本区矿床(包括阿舍勒矿带)产出的大地构造环境和含矿火山岩建造看，实际是和黑矿型并列的一个新类型——和陆壳拉张环境中酸性或双峰式火山岩建造有关的 VHMS 型多金属矿床。与其特征类似的矿床(带)有：本区北部库马苏多金属矿带；哈萨克斯坦矿区阿尔泰中的矿床；葡萄牙-西班牙华力西期黄铁矿带中的矿床等。因此，这一类型在世界上有较广泛的分布，它们均产于陆缘和陆内裂谷环境的火山岩系中，以中国和哈萨克斯坦的阿尔泰多金属矿带最为典型，所形成的矿床也最为重要。笔者曾把这类矿床称为阿尔泰型(王京彬，1998)。

2. 与 SEDEX 型矿床比较

SEDEX 型与阿尔泰山南缘铅锌矿床成矿大地构造环境是相似的，都产于拉张的陆壳(裂谷)环境中，所不同的是前者缺乏火山岩，而后者则产于火山-沉积岩系中。可可塔勒式矿床的直接顶、底板往往也是沉积岩，即火山-沉积岩容矿的矿床。显示了典型的 VHMS 型和 SEDEX 型矿床之间的过渡性。因此，认为火山岩容矿和沉积岩容矿的两大类块状硫化物矿床之间不存在过渡关系(Large, 1981)是不完全正确的，而只是 VHMS 中的塞浦路斯型和黑矿型矿床与 SEDEX 型关系不密切。

总之，从成矿大地构造环境的角度看，火山岩容矿的块状硫化物矿床中除产于洋脊环境中的塞浦路斯型和产于消减板块边缘岛弧环境中的黑矿型矿床外，还应增加一个新类型——产于陆缘和陆内裂谷环境中的阿尔泰型，三者在分类上是并列的(图 4-5)，但从矿床经济价值看，以黑矿型和阿尔泰型最为重要。

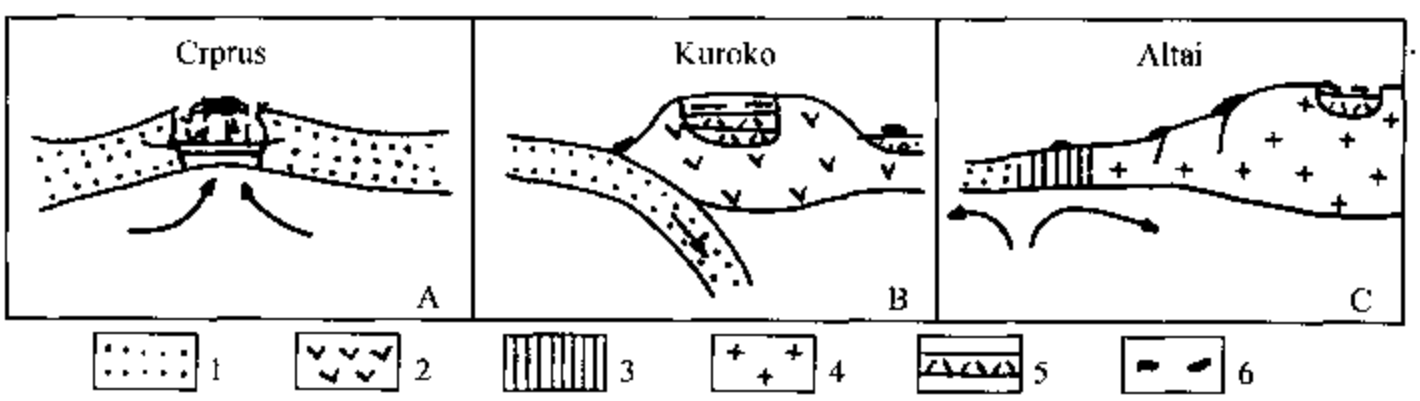


图 4-5　3 种火山成因块状硫化物矿床(VHMS)产出的构造环境
(Wang et al., 2000)

Fig. 4-5　Tectonic setting on three types of volcanogenic deposits
(after Wang et al., 1999)

A—塞浦路斯型；B—黑矿型；C—阿尔泰型；1—洋壳；2—岛弧(过渡壳)；3—拉张过渡壳；4—陆壳；5—火山岩；6—块状硫化物

二、沉积岩容矿的层控铅锌矿床

该类矿床按主要容矿岩系和矿化特征的差异，可分为细碎屑岩型（霍什布拉克式）、砂（砾）岩型（乌拉根式）和碳酸盐岩型（卡兰古式）3个亚类，并分别构成了塔里木陆块西缘西南天山、乌拉根及铁克里克3个铅锌成矿带。

（一）有利聚矿部位及矿化型式

在塔里木西缘西南天山、乌拉根和铁克里克成矿带中的铅锌矿化，按主要控矿因素和矿化特征的差异，大体可分为两种形式。

1. 受次级沉积盆地控制的块状硫化物型矿化

属这种类型的矿床有霍什布拉克和沙里塔什矿床。它们的共同特征是：①矿化受次级沉积盆地控制明显，表现在含矿层的沉积厚度局部明显增大；②矿体呈层状、似层状产于细碎屑岩向碳酸盐岩的过渡部位；③矿化具有双层结构：上部是具明显沉积特征的层状矿化，下部是具微弱交代作用特征的细脉浸染状矿化；④矿体下盘出现的碳酸盐化、硅化及黄铁矿化可能代表矿液的补给通道。

2. 受NNW向主控矿断裂和古含水层控制的角砾-浸染状矿化

以铁克里克成矿带中的铁克列克、塔木、卡兰古等矿床为代表。其基本特征是：①受NNW向主控矿断裂控制，所有铅锌矿床和矿点均分布于这组断裂之旁侧；②该带内铅锌矿、铁矿几乎都受控于泥盆系-石炭系3个古含水层系统，其中中古含水层是区内含矿最主要的古含水层，如塔木、卡兰古、乌苏里克和卡拉牙斯卡克等矿床均见于此层中；③已知矿化作用均位于角砾岩中，角砾化作用大体沿地层层位发生，易形成沿层间岩性界面充填的似层状矿体，部分矿体呈不规则状和脉状；④与成矿有关的围岩蚀变主要为白云石化。

乌拉根矿床可看成是这种控矿型式的一种特殊情况。具有两种矿化类型：下部为浸染状层状矿化，即石英砂岩型矿化，为多层矿；上部为角砾-细网脉浸染状矿化，即灰岩角砾岩型矿化，为单层矿。角砾岩型矿体顶板和砂岩型矿体底板均为不透水的泥岩、石膏岩层作为隔水层，这种泥-砂（角砾）-泥结构构成了一个发育完好的古含水层构造，为盆地内含矿热卤水的充填-交代提供了理想场所。其成矿特征与卡兰古式矿床类似，但产于前陆盆地环境中。

（二）成矿的分带、分区性

塔里木西缘地区的铅锌矿化可分为北、中、南3个带。北带即为西南天山铅锌成矿带，与NEE向乌恰断裂有关，热水作用强烈，次级沉积盆地发育，产有中型霍什布拉克和沙里塔什铅锌矿床等；中带为乌拉根铅锌成矿带（区），与EW向乌斯别里克山口断裂有关，亚陆相闭塞-半闭塞的盆地发育，热卤水作用强烈，产有中型乌拉根矿床和一些矿点；南带即为铁克里克铅锌成矿带，泥盆系-石炭系的古含水层发育，矿床受控于古含水层系统的角砾岩带中，卡兰古式铅锌（铜）矿主要分布于石炭系底部的白云质灰岩或白云岩中。重要矿床包括塔木、卡兰古、阿巴列克、卡拉牙斯卡克、乌苏里克、铁克列克等，还有其他大量的铅锌矿点。矿石组分与围岩性质关系密切，以锌为主的铅锌矿化基本都产于碳酸盐岩中，如塔木、乌苏里克铅锌矿，铜、铅矿化均产于碎屑岩或碎屑岩与碳酸盐岩界面上，其中，碎屑岩呈紫红色时矿

化以铜为主，如阿巴列克铅铜矿、铁克列克铅铜矿；碎屑岩呈灰白色时矿化以铅为主，如卡兰古铅矿、卡拉牙斯卡克铜铅矿。

除上述成矿的南北分带外，也表现出东西分区的特征，尤其是南带即铁克里克带表现得最为明显。南带以近 EW 向塔木北和卡兰古北断裂为界，由西向东大体可分为 3 个矿化亚区(图 4-6)。

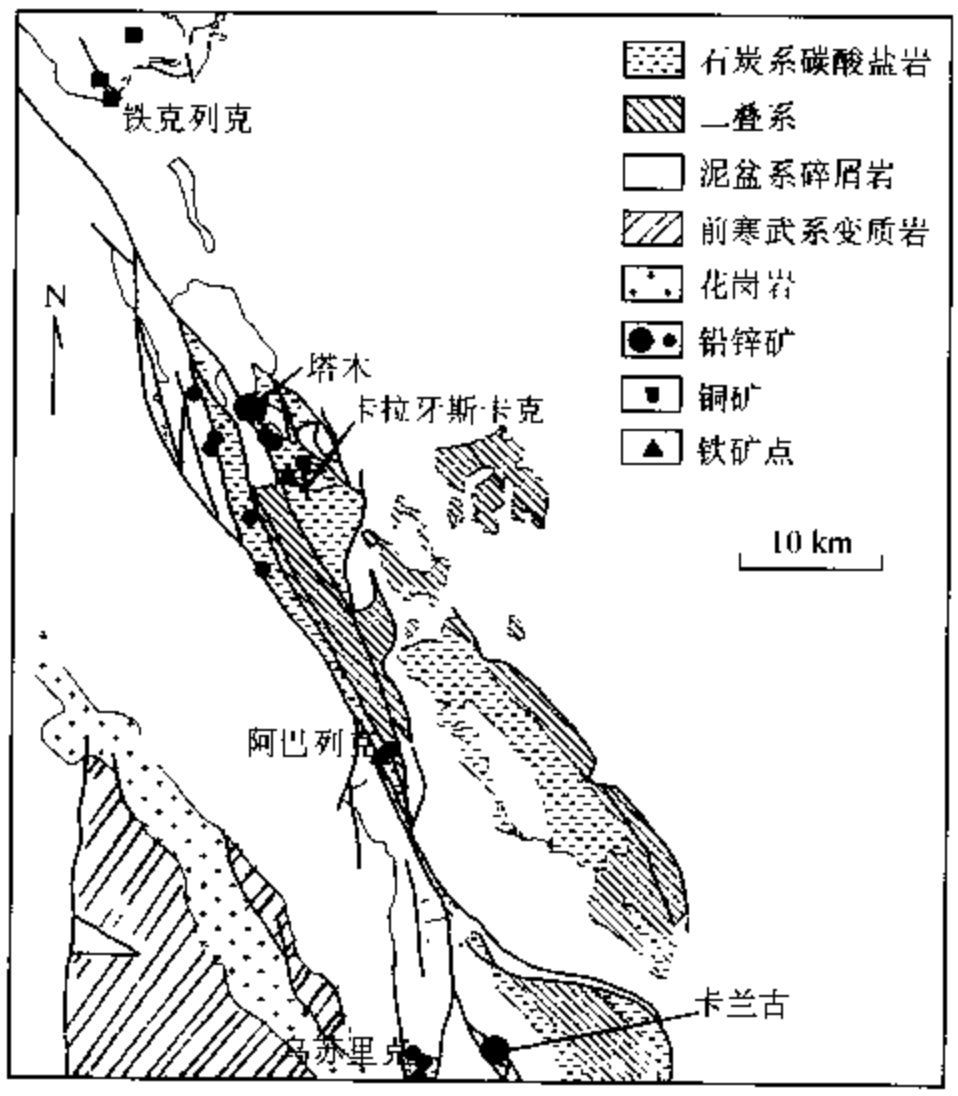


图 4-6　塔木-卡兰古矿带地质矿产简图

(据新疆区测队，1/200,000 克孜勒幅区域地质调查报告，1989，修改)

Fig.4-6　Sketch map showing geology and mineral resources of the Tamu-Kalangu belt

(modified after the Geological Party of Xinjiang Regional Survey, 1989)

1)铁克列克亚区：即西部亚区，容矿层位为下古含水层，由中泥盆统克孜勒陶组上亚组碎屑岩与砂质灰岩-灰岩共同构成，为铜铅矿化类型，包括铁克列克、卡拉巴西、赛拉吉木等矿床(点)。

2)塔木亚区：即中部亚区，其最大特征是出现两层有工业意义的矿化。下部为中古含水层，位于泥盆系与石炭系接触部位，可圈出独立铁矿体，为铜多金属和铁矿化，包括塔木等一批铅锌矿床(点)和库达曼特铁矿。上部为上古含水层，位于下石炭统雀什拉甫组中，为铜铅和铁矿化，包括苏盖特铅锌矿和阿巴列克铁矿。

3)卡兰古亚区：即东部亚区，容矿层位为中古含水层泥盆系与石炭系接触部位，可圈出独立铅矿体，为铅锌矿化，包括卡兰古和乌苏里克等一批铅锌矿床(点)。

(三) 成矿演化序列

塔里木盆地(陆块)西缘沉积岩容矿的层控铅锌矿床，可归纳为 3 个矿化型式：霍什布拉

克式、卡兰古式和乌拉根式，它们的成矿特征不同，成矿时代上存在明显的序列演化性。

1．霍什布拉克式铅锌矿床

产于塔里木陆块麦丹边缘裂陷沉积盆地中，属沉积岩系中细碎屑岩容矿的这一类型(SEDEX 型)。矿体赋存于上泥盆统坦盖塔尔组($D_3t_2^2$)细碎屑岩层向碳酸盐岩层的转换过渡部位，呈层状、似层状，与地层整合接触，条带状、层纹状、团块状和同生角砾状矿石发育，特别是层纹状矿石十分普遍。显示了霍什布拉克式矿床热水沉积成矿的特征。这类矿床容矿地层的时代即为其主成矿时期，亦即晚泥盆世。同处于该带的沙里塔什铅锌矿床，成矿特征类似，但形成时代略早一些，容矿地层为中泥盆统托格买提组($D_2t_2^1$)的细碎屑岩夹碳酸盐岩建造，地层时代即中泥盆世。

2．卡兰古式铅锌矿床

含矿地层为中泥盆-早石炭世的碎屑岩-碳酸盐岩建造中的 3 个古含水层系统，其中，下古含水层位于克孜勒陶组中；中古含水层位于泥盆系与石炭系界面附近，即奇自拉夫组与克里塔格组中，是区内最主要的容矿古含水层；上古含水层位于霍什拉甫组中。这些古含水层都是由下部透水性砂岩与上覆相对不透水的碳酸盐岩层组成，若同时发生断裂引起的含矿卤水活动，则可形成 MVT 型多金属矿化及其伴随的白云石化等蚀变，该类矿床中容矿的最新地层为石炭系，推测其成矿时代可能为晚古生代末。

3．乌拉根式铅锌矿床

含矿岩系为一套亚陆相的杂色岩系，矿床具体产于白垩系与第三系的界面附近，为热卤水充填交代成矿。容矿的最新地层为老第三系古新统，矿床铅模式年龄 45～54 Ma(谢世业等，2002)，与容矿地层时代吻合。

综上所述，塔里木陆块西缘铅锌矿集区成矿事件序列可概括为：中-晚泥盆世在西北缘麦丹陆缘裂陷带中形成霍什布拉克式喷流沉积型铅锌矿床→晚古生代末(?)在西南缘铁克里克陆缘活动带中形成卡兰古式(MVT 型)铅锌矿床→老第三纪在西缘前陆盆地中形成乌拉根式(砂岩型)铅锌矿床。

(四) 构造控矿级序

在塔里木盆地西缘控矿构造大致可分为 3 级：第一级是塔里木陆块内的前陆盆地和边缘活动带等，它控制了成矿带的产出位置；第二级是次级沉积盆地或主控断裂，控制了矿化区即矿田的产出位置；第三级是局部沉积洼地和古含水层等，控制了矿床和矿体的产出(表 4-4)。

(五) 区域成矿模式

尽管上述 3 种矿化型式之间存在差异，但它们之间也有一些共性和内在联系，使之有可能建立其塔里木陆块西缘沉积岩容矿的层控型铅锌矿床的成矿区域模式。

1．塔里木陆块(盆地)西缘具有丰富的铅锌成矿物质基础

塔里木陆块由前寒武纪变质基底和巨厚的盆地沉积岩系组成，这套累计厚达万米的变质-沉积岩系，以长英质碎屑岩为主体，相对于中基性岩和灰岩类而言，其本身具有较高的铅锌含量，并且易于被淋滤活化，是形成塔里木陆块西缘铅锌富集区的重要物质基础，即矿源层。

表 4-4　塔里木西缘构造控矿特征

Table 4-4　Ore-controlling characteristics in the western margin of the Tarim Basin

级序	控矿构造	分区构造		成矿带
一级	塔里木西北缘陆缘活动带	拉张陆缘盆地		西南天山铅锌成矿带
	塔里木陆块	柯坪古生代前陆盆地		柯坪铅锌成矿带
		喀什白垩纪—第三纪前陆盆地		乌拉根铅锌成矿带
		铁克里克边缘地块		铁克里克铅锌成矿带
二级	次级沉积盆地或主控断裂	麦丹盆地	霍什布拉克矿化亚区：Pb-Zn-(Cu)-Ag	
			沙里塔什矿化亚区：Pb-Zn-Ag	
		喀什盆地	乌拉根矿化亚区：Pb-Zn(Cu)-Sr	
		克孜勒陶主控断裂	铁克列克矿化亚区：Pb-Cu-Ag	
			塔木矿化亚区：Fe-Cu-Pb-Zn-Ag	
			卡兰古矿化亚区：Pb-Zn-Ag	
三级	沉积洼地	霍什布拉克矿床、沙里塔什矿床		
	古含水层	塔木矿床、卡兰古矿床、乌拉根矿床		

2. 具有热卤水的发育条件

塔里木陆块西缘 3 类铅锌矿化型式的成矿流体具有共同特征，成矿温度低，一般 120～210℃，盐度低-中等，5%～20%，具这种特征的成矿流体应是一种含矿热卤水。而塔里木盆地内具备热卤水形成的良好条件，其在古生代和中新生代沉积演化过程中，形成了多层膏盐层，在有利的水动力和热条件下，可发育成规模较大的热卤水成矿系统。

3. 在构造演化的特定阶段形成了有利的构造-热卤水成矿条件

塔里木陆块西缘的铅锌矿床是区域构造演化的产物，是区域构造作用的成矿响应。中晚泥盆世在塔里木陆块西北缘形成了麦丹陆缘盆地，该盆地是陆壳拉张背景下形成的。拉伸作用导致地壳减薄，基底断裂的重新活动和同生断裂的生成；导致了含矿热卤水循环系统生成和喷流成矿作用发育，在局部的赋矿洼地中形成了霍什布拉克式(SEDEX 型)铅锌矿床。

塔里木陆块西南缘铁克里克铅锌成矿带，与大规模的区域性热卤水活动有关，其区域性的白云岩化代表了流体运移的通道，有利构造部位的古含水层和角砾岩带是矿体定位的场所，矿床的铅模式年龄 400～600 Ma，老于含矿的晚泥盆世-早石炭世的地层年龄，意味着其铅锌等成矿物质主要来自基底的变碎屑岩系。特别是该类矿床中 Co、Ni 含量较高，并出现独立的镍、钴矿物，这在一般 MVT 型矿床中是非常罕见的，可能与该矿带下部发育了广泛的基性-超基性岩类，即库地蛇绿岩套有关，热卤水对库地蛇绿岩套的淋滤作用可能是卡兰古式铅锌矿床中 Ni、Co 的异常富集的原因之一。导致含矿热卤水的区域性活动的原因，可能与西昆仑晚古生代造山作用有关。

乌拉根式铅锌(锶)矿床形成于塔里木陆块西缘喀什白垩纪-第三纪前陆盆地中，其成矿时代恰与印度板块和欧亚板块的主碰撞时期基本一致。印-亚板块碰撞的远程效应，改变了塔里木盆地白垩纪伸展的应力状态，由伸展到挤压的环境转变，导致了盆地热卤水大规模运移，在古含水层的有利部位沉淀成矿，形成乌拉根式铅锌矿床。

(六) 与有关矿床的比较

霍什布拉克式矿床和秦岭泥盆纪沉积岩容矿的喷流沉积型铅锌矿床(王集磊等,1996)是类似的。乌拉根式铅锌矿床与云南兰坪-思茅盆地的金顶超大型铅锌矿床具有可比性,这已基本得到有关研究者的共识。

卡兰古式铅锌矿床成矿地质特征与北美典型 MVT 铅锌矿床有许多相似之处(表 4-5)。塔木、卡拉牙斯卡克等为铅锌铜矿化,以锌为主,与 Viburnum Trend 矿带相似,卡兰古矿床与 Old Lead 矿带相似,几乎不含锌,而乌苏里克矿床与 Tri-States 的铅锌矿相似,只发育中粗粒硫化物矿石。同时,卡兰古式铅锌矿床与国外典型 MVT 铅锌矿床存在很多差别,如铅同位素组成均一,硫同位素演化的顺序不同等。

表 4-5 卡兰古式铅锌矿床与北美典型 MVT 铅锌矿床对比

Table 4-5 Comparison between Kalangu-style Pb-Zn deposits and the MVT-type deposits of the North America

	塔木-卡兰古地区	Missouri 东南部地区
构造背景	塔里木被动大陆边缘碳酸盐岩台地	被动陆缘碳酸盐岩台地
控矿地层	泥盆系、石炭系碳酸盐岩夹碎屑岩	$\in$、O、S
古含水层	碎屑岩与碳酸盐岩界面附近	碎屑岩与碳酸盐岩、白云岩与灰岩
围岩蚀变	白云石化、硅化、方解石化	白云石化、硅化、方解石化
角砾岩	普遍	普遍
矿体形态	不规则	不规则
矿物组合	闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿	闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、白铁矿、重晶石、萤石
矿物组构	胶状、草莓状、自形粒状	胶状、草莓状、自形粒状
主要矿石类型	细粒硫化物矿石、粗粒硫化物矿石	细粒硫化物矿石、粗粒硫化物矿石
成矿阶段	3 个阶段:早期块状黄铁矿脉,主成矿期细粒硫化物阶段,晚期粗粒硫化物阶段	早期块状黄铁矿脉,主成矿期细粒硫化物阶段,晚期粗粒硫化物阶段
Au、Ag 组分	Au $10\times10^{-9}+$, Ag$(10\sim30)\times10^{-6}$	Au、Ag 含量均很低
成矿温度、盐度	80~220℃,10%~20%	120~210℃,10%~20%
硫同位素	$\delta^{34}S=-40‰\sim+14‰$	$\delta^{34}S$ $-10‰\sim+40‰$
铅同位素	均一	分散,富含放射性成因铅

总之,塔木-卡兰古矿带的矿床属于碳酸盐岩容矿的低温热液矿床,其很多地质-地球化学特点可以与国外典型的 MVT 矿床类比。

三、与花岗岩类有关的铅锌矿床

该类矿床主要分布于博罗科努和库米什两个铅锌矿带。前者属这一类型的铅锌矿有肯登高尔铜(钼)矿(外接触带含铅锌矿化),东都津铜多金属矿(小型)及喀拉巴格铅锌矿(小型)等。后者属这一类型的铅锌矿有硫磺山铅锌矿(小型)、61 号多金属矿点及胡勒哈其铅

锌矿点等。目前尚未发现这一类型的中大型铅锌矿，其成矿主要是与钾长花岗岩、二长花岗岩有关。

(一) 含矿岩体及围岩特征

含矿岩体呈岩株及小岩体群产出。岩石类型主要有钾长花岗岩、二长花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩及石英斑岩等，常由同源岩浆多次侵入构成复式岩体，如博罗科努成矿岩体是由花岗闪长岩→钾长花岗岩两个侵入次组成，库米什也有花岗闪长岩和二长花岗岩(花岗斑岩)两个侵入次。

另据刘德权等(1996)资料，博罗科努带石炭纪花岗岩侵入的地层包括志留系、泥盆系和石炭系，该带内这3套地层的成矿元素含量情况见表4-6。与新疆北部平均值比较，Pb、Zn、W、Sn、Mo、Au、Sb等都明显偏高。

表4-6 新疆博罗科努铅锌矿带古生代地层成矿元素平均含量表($w_B/10^{-6}$)

Fig.4-6 Average contents of ore-forming elements in Paleozoic strata of the Boluokenu Pb-Zn belt, Xinjiang($w_B/10^{-6}$)

地层	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Hg	W	Sn	Mo	Sb
志留系	1.04	70.39	22.62	19.67	76.24	12.38	1.95	2.67	0.61	0.60
泥盆系	0.98	61.93	20.02	16.26	55.25	13.07	1.67	1.80	0.72	0.88
石炭系	0.71	80.10	28.21	20.17	77.89	11.87	1.43	2.31	1.06	0.69

注：Au、Ag、Hg含量为10^{-9}，据国家305项目1:50万化探扫面成果报告，1990。

(二) 矿床特征

1)与花岗岩类有关的铅锌矿床在博罗科努带和库米什带内可进一步分为斑岩型、矽卡岩型、热液脉型3个矿化型式，分别以硫磺山铅锌矿床、东都津和61号铜多金属矿床(点)、喀拉巴格和胡勒哈其铅锌矿床(点)等为代表。

2)博罗科努带铅锌矿床和矿点均围绕石炭纪钾长花岗岩体产出。其中肯登高尔小型铜钼矿床为产于钾长花岗岩岩基边部的花岗闪长岩小岩枝内、外接触带；东都津小型铜多金属矿床产于钾长花岗岩与石炭纪灰岩接触带的矽卡岩中；喀拉巴格小型铅锌矿床产于离钾长花岗岩体较远的志留系粉砂岩中，为含铅锌矿的方解石脉。

库米什带铅锌矿床和矿点主要围绕泥盆纪二长花岗岩岩体产出。其中硫磺山小型铅锌矿床产于石英斑岩、花岗斑岩内，61号铜多金属矿点产于二长花岗岩体外接触带矽卡岩中，胡勒哈其铅锌矿点产于远离岩体的中泥盆统大理岩中，为含铅锌的石英脉。

3)成矿蚀变：硫磺山矿床围岩蚀变有对称分带现象，由内向外大致可分为：石英-高岭土-绢云母化带、叶蜡石-黄铁矿-绢云母-绿泥石化带及绢云母化带；肯登高尔矿床围岩蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化和角岩化。

4)矿(化)体特征：硫磺山矿床矿体呈似层状、透镜状、扁豆状，赋存于岩体顶部，在强蚀变的石英斑岩中产有块状和细脉浸染状(斑岩型)矿化。肯登高尔矿床矿体呈筒状，矿化类型为细脉浸染型。其中包括辉钼矿-石英脉，辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿-石英脉，长石-石英脉，辉钼矿-绿泥石石英脉，石英脉，方铅矿-闪锌矿-碳酸盐脉，碳酸盐脉。

5)矿物组合：矿石矿物以方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铅矿为主，次有孔雀石、铜蓝、铅矾、角银矿、自然金等。

（三）成矿模式

该铅锌矿化类型具有复合性的特点。博罗科努矿带有3种矿化型式：钾长花岗岩岩基边部的花岗闪长岩内部和岩枝内外接触带中的斑岩型、钾长花岗岩与灰岩接触带中的矽卡岩型及离岩体较远的热液脉型。库米什成矿带也有3种矿化型式，即以石英斑岩、花岗斑岩中的斑岩型为主，其次为二长花岗岩岩体外接触带中的矽卡岩型及离岩体较远的热液脉型。

不同的矿化型式可能与矿床形成深度有关。博罗科努带斑岩型和矽卡岩型矿床定位较深，成矿系统的开放程度较低，含矿热液和富钙、镁的碳酸盐岩反应交代形成矽卡岩型矿床，深部岩体中形成斑岩型矿床，相对较浅部位形成热液脉型矿化；库米什矿带以斑岩型为主，定位于稍浅部位的相对开放体系中，故矽卡岩型矿化不甚发育，并出现了脉型矿化。这样构成了一个主要受定位深度控制的中酸性花岗质岩浆热液型铅锌矿成矿系列。

第三节　与周边国家和地区的铅锌成矿对比

一、与前苏联山区阿尔泰和蒙古阿尔泰成矿带对比

据彭守晋等(1987)资料[1]，前苏联山区阿尔泰和蒙古阿尔泰成矿带延伸到新疆境内，与可可托海(北阿尔泰)成矿带相接。

1)山区阿尔泰、可可托海和蒙古阿尔泰成矿带处在同一构造单元(塔利茨-蒙古阿尔泰地背斜褶皱带)。山区阿尔泰属阿尔泰-萨彦褶皱带西部一个巨大的构造-建造带，主要由霍尔宗-丘亚和塔利茨复背斜及其间的捷列克塔地垒和科尔岗上叠拗陷组成。该褶皱带向东延伸入新疆境内，相当于哈纳斯隆起和可可托海(富蕴)地背斜褶皱带的次级构造单元诺尔特复向斜和青河-哈隆复背斜，延入蒙古境内为蒙古阿尔泰褶皱带。诺尔特晚古生代上叠盆地，相当于乌列盖泥盆纪—石炭纪上叠盆地的南延部分。

2)山区阿尔泰、可可托海和蒙古阿尔泰均属加里东褶皱带，三者具有大体相同的构造演化史和沉积环境，以堆积巨厚的陆源碎屑沉积岩为特征。可可托海带早古生代为类复理石建造，变质程度相对也较深(其中部分可能为前寒武纪变质岩)。泥盆—石炭系为海相碎屑岩-火山岩建造，是诺尔特铅锌成矿带的含矿建造。

3)山区阿尔泰、可可托海和蒙古阿尔泰褶皱带构成了一个统一的塔利茨-蒙古阿尔泰稀有金属成矿带。稀有金属(锂、铍、钽、铌)伟晶岩带主要分布于可可托海带中，山区阿尔泰有零星的分布，东南延伸到蒙古境内，与蒙古阿尔泰复背斜南翼的伟晶岩矿田连接。可可托海带的北东部即为诺尔特铅锌成矿带。带内产出的矿产以海相火山岩型铅锌矿，热液型金矿及钨、钼矿等为主。钨、钼矿主要见于蒙古边境，属蒙古阿尔泰钨钼矿带的一部分(成守德，1996)。矿化类型有石英脉型、云英岩型及少量矽卡岩型。目前在新疆境内尚未发现此类矿产。

---

[1] 彭守晋，1987. 中国新疆周边邻国(省)有色金属矿产地质情报调研与对比报告。

二、与哈萨克斯坦阿尔泰成矿带对比

中哈阿尔泰多金属成矿带的对比一直存在一些不同的认识，原因之一是原苏联学者对哈萨克斯坦阿尔泰构造-建造带的划分不完全一致和“矿区阿尔泰”这一名称含义上的混乱，这就直接影响到两国区域地质及成矿单元的对比。

广义的矿区阿尔泰是指阿尔泰山前到额尔齐斯河之间的地区，以 P·M 谢尔巴等为代表，把阿尔泰山前至斋桑泊以北的广大地区称为阿尔泰带，自北而南划为 5 个构造成矿带：Ⅰ霍尔宗-萨雷姆克塔带；Ⅱ矿区阿尔泰带；Ⅲ额尔齐斯带；Ⅳ卡尔巴-纳雷姆带；Ⅴ西卡尔巴带。其中前 3 带大致相当于广义的阿尔泰带（王广瑞，1990；V_{14}报告）。这一划分方案具有一定的代表性，其中“矿区阿尔泰”的北界为别洛茨克-玛尔卡库里湖大断裂，延入我国大致相当于阿舍勒北部的快德弄大断裂，二者均表现为有“辉绿岩侵入的狭长岩带”；南界为额尔齐斯玛尔卡库里湖断裂，延入我国和玛尔卡库里断裂相接。可见，阿舍勒铜锌矿带即相当于矿区阿尔泰的延伸部位，二者以富铜、出现独立重晶石矿体为特征。

可可塔勒铅锌矿带则相当于霍尔宗-萨雷姆克塔带的东延部分（王京彬等，1998），它们在成矿建造上的共同特征是除铅锌多金属矿化外，铁（锰）矿化也较重要（矿石中含磷均较高），并出现与造山期花岗岩有关的稀有金属，是稀有金属-铁（锰）-多金属综合成矿带。二者为同一矿带的证据还有：①霍尔宗带与其北侧的山区阿尔泰接触部位“出露少量规模不大的透镜状和岩墙状蛇纹石化超基性岩、滑石菱镁片岩和辉长岩类”，即有构造-基性岩带产出，延入我国大致和巴寨-库卜基性岩带相接，该岩带主要位于加里东造山带和华力西造山带的结合部位；②均出现独立的铅矿化，代表性矿床有霍尔宗带的普洱夫矿床和可可塔勒带的阿克哈仁矿床，这种以铅为主的矿化在山区阿尔泰和矿区阿尔泰中均未出现过，可看成是霍尔宗-可可塔勒矿带中的标型矿床；③霍尔宗-萨雷姆克塔带北东部分的火山-沉积型铁锰矿化较早，其南侧的黄铁矿型多金属矿化略晚，并具有向西南迁移矿化时代趋新之势，可可塔勒矿带也是蒙库铁矿化亚带略早于其南侧的铅锌矿化，也有向南迁移矿化时代趋新之势，即二者均有相同的成矿演化趋势。由此也表明，可可塔勒矿带和其南西侧的阿舍勒矿带是一有机联系的整体，故把可可塔勒带分开划入山区阿尔泰带是欠妥的。

霍尔宗-萨雷姆克塔带与可可塔勒矿带之间最大的差别是，前者火山岩（时代为 D_2）主要发育在下泥盆统的碳酸盐岩-砂岩-页岩建造之上；而后者则直接发育在加里东基底之上，火山活动-成矿作用较早（D_1），结束也较早。其他各带似乎都有这一趋势，如我国阿尔泰南缘多金属矿带比哈萨克斯坦阿尔泰多金属矿带火山活动及成矿时间也早。

三、与哈萨克斯坦南准噶尔（捷克利）成矿带对比

我国新疆北天山与哈萨克斯坦巴尔喀什-准噶尔褶皱带属同一构造单元。博罗科努成矿带与南准噶尔（捷克利）成矿带不仅在地理位置上紧邻，在成矿地质背景上也很相似❶。

南准噶尔成矿带华力西期岩浆侵入活动表现强烈，主要为中石炭世花岗岩、花岗闪长岩

❶ 彭守普，1987，中国新疆周边邻国（省）有色金属矿产地质情报调研与对比报告。

类岩体及二叠纪偏碱性花岗岩，局部地区出露有加里东期花岗岩。花岗岩类岩体多分布于复背斜轴部，两翼发育各种脉岩，如花岗斑岩、花岗闪长斑岩、斜长斑岩和辉绿玢岩等。

博罗科努成矿带也有大量华力西期花岗岩类侵入体分布，两翼并有同源衍生的小侵入体，如花岗闪长斑岩、斜长花岗斑岩、钠长斑岩、英安斑岩等。沿 NWW 向断裂有少量加里东期花岗岩分布。

南准噶尔成矿带有大小铅锌矿床近 20 处（其中捷克利矿床为大型规模）。矿床成因类型有斑岩型（特什埃）、热液型（扎尔沙波坎）和层控型（捷克利）铅锌矿床，以后者工业意义最大。带内层控型铅锌矿床，含矿层位主要为寒武系捷克利组和前寒武系乌苏克丘别组页岩-碳酸盐岩（白云岩和白云质灰岩）。矿体多呈层状和透镜状，与围岩产状一致。矿石矿物组成比较简单，金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等，脉石矿物有石英、白云石和方解石。围岩蚀变主要为硅化和碳酸盐化。矿石构造以块状、条带状及浸染状为主。根据矿化特征，并结合此类矿床内矿石中的盐度（23%～28%）、爆裂温度（60～80℃）以及硫同位素具有不均一性和富重硫等特点，彭守普（1987）认为，捷克利铅锌矿床应划为沉积改造型为宜。此类矿床含矿围岩（碳酸盐岩）中的铅锌背景值都很高（高出克拉克值 70～100 倍），很可能就是该类矿床的矿源层。

博罗科努成矿带，在复背斜的轴部元古宇及下古生界（寒武系—奥陶系）有广泛分布，主要为一套碳酸盐岩-碎屑岩建造，彭守普（1987）认为，和捷克利层控铅锌矿的含矿层位基本一致，可以对比。在该带目前虽然尚未发现捷克利式层控铅锌矿床，但该带寻找捷克利式层控铅锌矿床是有地质前提的，在其北侧的赛里木（汗吉尕）矿带，受泥盆系碎屑岩、碳酸盐岩控制，矿体呈似层状、脉状和透镜状。脉状和透镜状矿体多产于构造裂隙中，金属矿物主要为方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿，属沉积-改造型矿床（陈哲夫等，1997）。在该带南侧的巴伦台矿带，受石炭系碳酸盐岩控制，矿体主要为似层状或透镜状，其次为与重晶石、萤石脉伴生的脉状。矿石矿物简单，金属矿物主要为方铅矿和闪锌矿；脉石矿物有方解石、重晶石和少量萤石，矿化有浸染状和脉状两类，属沉积-改造型矿床。

在博罗科努带，华力西期花岗岩类广泛分布，其中围绕中石炭世钾长花岗岩体产出有斑岩型（肯登高尔）、矽卡岩型（东津都）及热液脉型（喀拉巴格）铜、钼、铅、锌矿化，其成矿地质条件和南准噶尔带科克赛矿床相似，在该带寻找与花岗岩类有关的多金属矿床也有一定远景。

博罗科努带向东，在卡瓦布拉克至星星峡一带的蓟县系—青白口系碳酸盐岩-碎屑岩建造中，产有层控型（碳酸盐岩型）铅锌矿床，代表性矿床有玉西铅锌（银）矿床、西铅炉子（红星山）铅矿床等。

南准噶尔成矿带与赛里木-博罗科努和卡瓦布拉克-星星峡成矿带之间主要的差别是，前者含矿层位主要是寒武系和前寒武系页岩-碳酸盐岩；而后者则主要是泥盆系—石炭系和蓟县系—青白口系碎屑岩-碳酸盐岩，成矿作用较晚，结束也较晚。

巴尔喀什-北天山-大兴安岭成矿带属世界 3 大斑岩铜（钼）成矿带之一。西起哈萨克斯坦的巴尔喀什和准噶尔，往东经新疆的北天山和甘肃北山一直到大兴安岭，长约 5000km。

在甘肃境内北山优地槽中有公婆泉和白山堂斑岩铜矿，前者与华力西早期英安斑岩和花岗闪长斑岩有关；后者成矿母岩为华力西早期流纹岩-流纹斑岩。还有矽卡岩型铜矿（辉铜山）和铅锌矿（花牛山），热液型钨锡矿（红尖兵）及金矿。

在内蒙境内有门乃庙、八大关、八八一等斑岩铜矿，前者成矿与华力西晚期花岗斑岩有关；后二者与燕山期斜长花岗斑岩有关。还有许多中小型矽卡岩、热液型铜、铅锌矿床以及石英脉型钨矿的地质前提是存在的❶。

四、与乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦南天山成矿带的对比

据彭守晋等(1987)❶ 资料，乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦南天山成矿带，由北而南分为6个次级矿带。其中只有中间两个带，东阿赖-科克沙勒汞、锑、锡矿带、克齐尔库姆-奴拉套-土尔克斯坦金、钨、钼、汞矿带向东延入中国新疆境内，北部的优地槽褶皱带在汗格腾里峰以西已经尖灭，故北部布坎套矿带内的穆龙套金矿没有延入中国新疆境内。

在成矿地质条件上有其相似性，主要的汞锑和铅锌矿床均属层控型，其含矿围岩主要为泥盆系—石炭系碳酸盐岩-碎屑岩建造。在乌、吉的南天山成矿带，东、西段有显著的差别，西段以金、钨为主，岩浆岩较多；东段以汞、锑为主，岩浆岩较少。南天山成矿带东、西段的差异在中国新疆境内同样存在。

中、乌、吉三国铅锌矿具有明显的共同特点。在乌、吉境内的南天山发现有为数较多，但规模不大的层控铅锌矿，赋存于志留纪和中泥盆—早、中石炭世地层中。在中国新疆境内同样分布有较多的铅锌矿床及矿点，其矿床类型有赋存于中、上泥盆统地层中的细碎屑岩型(热水沉积型)铅锌矿床，代表性矿床有霍什布拉克和沙里塔什矿床；与泥盆纪花岗岩类有关的热液脉型(胡勒哈共)、矽卡岩型(61矿点)及斑岩型(硫磺山)铅锌矿床等。

总之，在南天山成矿带，铅锌成矿地质条件比较有利，只要加强工作，在今后的找矿工作中会有大的突破。

---

❶ 彭守晋等，1987，中国新疆周边邻国(省)有色金属矿产地质情报调研与对比报告。

第五章　新疆铅锌矿床成矿预测

第一节　新疆大型铅锌矿床成矿条件

一、国内外大型-超大型铅锌矿床基本特征

大型-超大型铅锌矿床基本特征随着矿床类型不同而不同。据杨秀华(1987)和邱世联(1984)[1] 资料,国内外铅锌资源和开采量主要属于细碎屑岩亚类型(沉积层状型、石灰岩中的热液交代铅锌矿床)、碳酸盐岩亚类型(热液层状型、碳酸盐岩中成分简单的层状铅锌矿床)及与海相火山作用有关的层控型(火山岩型、喷出沉积岩中的铅锌矿床)3 类铅锌矿床。这 3 类铅锌矿床也是新疆主要的铅锌矿床类型。

(一) 细碎屑岩亚类型铅锌矿床

本类矿床是世界铅锌的重要来源之一。本类矿床是由热水沉积作用形成的,即在沉积-成岩作用的早期阶段成矿物质就进入含矿沉积岩中。据杨秀华(1987)和王集磊等(1996)资料,该类矿床多位于优地槽向冒地槽发展的过渡带、地台边缘的断裂带、裂陷槽和被动边缘盆地。矿化受断陷盆地中的次级洼地、同生断裂、礁石、生物礁的控制。矿化主要产于砂岩、粉砂岩、页岩、泥灰岩、白云质碳酸盐岩中,并常有凝灰质、碳质泥岩和膏盐层或白云岩。矿床位于地热增高点上,矿床受地热增高控制。矿体形态较简单,以层状透镜状最普遍,亦有脉状矿体。矿体层数以 1～2 层居多,很少超过 10 余层。矿体与围岩整合产出,随围岩产状起伏而变化。具有明显的分带性,但方向各异,锌相对于铅显著增高,铜和铅锌共生在一起,而铅锌则比铜富得多。矿石为浸染状、条带状、层纹状、角砾状和网脉状,以层纹状最发育。可分为铅-锌和铅-锌-重晶石型硫化矿。主要金属矿物为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿等。

本类矿床赋存层位以中—新元古界及上、下古生界最为普遍,其相应的时代是铅锌成矿的最盛时期。元古宙矿床有澳大利亚的布罗肯布尔、芒特艾萨、麦克阿瑟河,加拿大的沙利文,朝鲜的剑德和我国内蒙古狼山一带的矿床。古生代矿床有瑞典的莱斯瓦尔,德国的梅根、曼斯费尔德,哈萨克斯坦的杰兹卡兹干,波兰的卢宾和我国甘肃的厂坝等矿床。

(二) 碳酸盐岩亚类型铅锌矿床

本类矿床也是世界铅锌的重要来源之一。据杨秀华(1987)和汪东波等(1997)资料[2],

---

[1] 邱世联,1984,有色冶金矿山设计地质工作参考资料:291～307 页。

[2] 汪东波等,1997,塔木-卡兰古铅锌矿带成矿条件及评价研究,1996 年度总结报告。

本类矿床位于内地台构造，即地台隆起，结晶地块、地盾翼部、准冒地槽坳陷，限于大陆剥蚀带和搬运带的古隆起和古坳陷的平缓翼部和碳酸盐岩建造边缘带内。成矿介质为混合富盐卤水，温度在120～170℃之间，个别达220℃。在近地表处，以充填交代方式沉淀在构造隆起的礁石沙洲、溶蚀构造，与沉积同时的滑坡构造、断裂构造内。矿体赋存在白云岩化灰岩、大理岩、白云岩、砂岩及角砾岩中。矿体形态受断裂带、裂隙带、角砾岩带、层间破碎带控制。矿体成群出现，常以似层状、透镜状、筒状、管状、裂隙脉、网脉状产出。矿石具有充填和交代特征，呈细脉浸染、块状和角砾状。具有大晶体的晶洞充填是该类型矿床的典型特征。该类矿床矿体分布范围广、规模大，成群出现，埋藏较浅。矿化的水平分带和垂直分带明显。矿石常见铅-锌-重晶石型、铅-锌-方解石型、铅-锌-石英型及少数铅-锌-萤石型。近矿围岩普遍具有中低温热液蚀变特征，最重要的是白云石化、硅化、碳酸盐化和黄铁矿化等。

该类矿床以地台的浅海相碳酸盐岩建造为特征，矿化从新元古代开始就与地台及类地台的碳酸盐岩建造同时出现。矿化以下古生代的早期为成矿的高峰期，上古生代和中生代的早期次之。矿床赋存于古生代地层中的有美国的上密西西比河谷区、密苏里东南区，加拿大的派恩波因特，爱尔兰的纳文和我国广东的凡口等矿床。

（三）与海相火山作用有关的层控铅锌矿床

本类矿床也是世界铅、锌的一个主要来源。矿床位于古陆缘坳陷带或裂谷带，与地槽沉积和海底火山喷发的富钾、钠的玄武岩-流纹岩关系密切，火山岩常与火山-沉积岩呈互层产出。矿体受火山中心和局部沉积洼地和深大断裂控制。矿床具有明显的双层矿化结构；上部为块状-条带状硫化物矿层；下部为交切的细脉-浸染状矿化。矿化带内金属具有分带性，矿体成群出现。围岩具有绿泥石化、黄铁矿化和绢云母化等蚀变。

本类矿床按容矿岩石可分为两个亚类型：①火山岩容矿的块状硫化物铜锌矿床，主要分布区有加拿大地盾、斯堪的纳维亚加里东造山带，前苏联的乌拉尔，日本的别枝和我国新疆阿尔泰地区等；②火山沉积岩容矿的块状硫化物铅锌矿床，主要分布有美国的阿巴拉契亚山脉，日本黑矿地区，澳大利亚的塔斯马尼亚地区，哈萨克斯坦的矿区阿尔泰和我国甘肃白银厂和新疆阿尔泰地区等。

二、大型、超大型铅锌矿床成矿条件

到目前为止，新疆已知大型铅锌矿床仅有两处（可可塔勒、阿舍勒），超大型铅锌矿床迄今尚未发现。在借鉴和研究大型-超大型金属矿床的成矿条件（涂光炽，1994；李培铮、吴延之，1993；秦克章，1993；王集磊等，1996；翟裕生，1997）和新疆阿尔泰山南缘、塔里木盆地西缘铅锌成矿带等典型铅锌矿床特征的基础上，主要根据王京彬等（1998）和蔡宏渊等（1998）● 资料，对与海相火山作用有关的层控型、细碎屑岩亚类型及碳酸盐岩亚类型3个主要类型大型-超大型铅锌矿床的成矿条件作一探讨。

● 蔡宏渊等，1998，南天山铜、铅锌矿床成矿条件、靶区优选和评价研究1996～1997年研究工作报告。

(一) 与海相火山作用有关的层控铅锌矿床

1)地壳演化阶段:该类矿床以拉张型过渡壳阶段为主,汇聚型过渡壳阶段次之。此类矿床主要分布于阿尔泰山南缘成矿带内。在该带从拉张初期到后期,矿化特点有连续演化和向南迁移,早期为富含铅、锌的火山-沉积岩容矿的矿床,到中期为火山岩容矿的铜、锌矿床,晚期洋壳出现为含铜、金的磁铁矿床。

2)构造环境:以产于陆缘裂陷槽、裂谷、沟弧带为主,产于上叠盆地和缝合带次之。

3)构造条件:该类矿床为近火山产物,受火山喷发-侵入中心控制。产出的典型部位为火山局部洼地、同生断裂及流纹岩穹隆,少数产于火山隆起的斜坡部位。同生断裂起着海水下渗和循环通道作用。下部层位蚀变带发育,通常能识别出蚀变岩筒(代表矿液补给通道)。

4)岩浆岩条件:含矿岩系为双峰式火山岩、类双峰式火山岩及中酸性火山岩建造等。主矿层产于以流纹-英安质为主的火山岩中,陆源碎屑岩、碳酸盐岩较发育的沉积岩中和以英安质-玄武岩类为主的火山岩中,为火山喷发间歇期产物。岩系通常为钙碱性系列和拉斑系列。出现由酸性→中基性的双峰式分异或由基性→中性→酸性连续分异的火山岩组合。于矿下火山岩系中发育大规模的层控状蚀变带和出现元素地球化学分异场。

5)成矿时代:在新疆目前只在泥盆纪和石炭纪中发现该类型矿床。

(二) 细碎屑岩亚类型铅锌矿床

1)地壳演化阶段:此类矿床只产于拉张型过渡壳阶段。

2)构造环境:典型环境为陆缘盆地。岩相古地理环境为盆地由深海-次深海环境转为浅海环境。

3)物源区条件:剥蚀物源区富含铅、锌(有 Pb、Zn 丰度较高的岩石地层分布)。

4)含矿岩系:海相泥岩-细碎屑岩-碳酸盐岩系,铅锌矿化产于碎屑岩向碳酸盐岩的过渡部位,含矿岩石为钙质页岩、砂岩及页岩。

5)构造条件:沉积同时伴随有同生断裂活动。同生断裂是含矿热水活动的重要通道。含矿热水通过它们的导引而注入盆地,造成矿化就位。

6)区域热事件:沿区域断裂(基底同生断裂)分布有一系列花岗正长岩体及其各种脉岩,从而形成有大气降水补给的热水成矿系统,可能与地热增高点(地热异常)的形成有关,导致了热水沉积矿床的形成。

7)成矿时代:新疆目前只发现于泥盆纪有该类型矿床。

(三) 碳酸盐岩亚类型铅锌矿床

1)地壳演化阶段:前寒武纪基底陆壳阶段、拉张型过渡壳阶段、汇聚型过渡壳阶段。

2)构造环境:陆缘活动带、陆缘盆地、上叠盆地

3)物源区条件:剥蚀物源区富含铅、锌(有 Pb、Zn 丰度较高的岩石地层分布)。

4)构造条件:沉积同时或后期伴随有区域性断裂(同生基底断裂)活动。利于热液驱动的卤水对流循环,造成矿化就位。

5)含矿岩系:海相富镁碳酸盐岩系、碳酸盐岩-碎屑岩系,铅锌矿化主要产于泥盆系-石

炭系的3个古含水层系统,容矿岩石为白云岩、白云石化灰岩、钙质砂岩、含砾砂岩、角砾岩等。

6)成矿时代:该类矿床中容矿的最新地层为石炭系,推测成矿时代为晚古生代末(P-T)。此外,蓟县纪—青白口纪、奥陶纪—志留纪有矿化发现。

第二节　新疆铅锌矿床找矿评价准则、成矿远景区和找矿靶区

一、找矿评价准则

(一) 找矿评价的方法准则

1. 地质评价准则

1)了解成矿环境,运用"矿化集中区"和"多位一体"的找矿理论,借鉴大型铅锌矿床成矿模式对比提取地质异常,优先靶区。

2)围岩蚀变是地质异常的显著标志,是勘查评价的有效途径,可概括为蚀变类型和组合预测矿床类型;蚀变强度可预测矿床规模;蚀变范围和多期叠加可预测矿体位置;蚀变分带组合特征可预测剥蚀深度。

3)地表氧化带的异常反映是勘查选区的有效途径,在表生条件下,岩石、矿石和蚀变矿物的物理、化学和生物化学作用下发生变异,原生物质改组,变成一些在表生条件下相对稳定的新矿物和组构,形成了表生氧化带。如硅化黄铁矿化带形成"红化带(或称杂色带)";金属硫化物形成了"铁帽氧化带",这些醒目的异常反映,常是找矿的直接标志。

2. 地球化学评价准则

1)高背景区的评价准则:高背景区孕育着地球化学省和区域异常,是区域上最为明显的目标物,常反映矿带和矿化集中区。

2)共轭地球化学异常:多元素富集区和多元素亏损的相伴出现,这种高低配对的区域分布模式常是成矿作用中金属元素发生大规模迁移、再分配的反映。因此,识别正、负异常的共轭区,对正确选定大中型矿预测区有重要意义。

3)异常面积和规模的准则:一般情况下,异常面积、规模与矿(化)成正比,大矿大异常,小矿小异常,但异常规模、面积的大小还与矿床的剥蚀程度、出露面积、分散晕的发育程度有关,单纯异常规模大,而异常元素简单,无明显浓度分带和浓集中心,则矿致异常的可能性小;相反,一些弱小异常,只要成矿环境有利,异常元素组合好也可能为矿致异常,这一点在勘查选区中应引起注意。

4)异常群体的几何形态大体可分为线状、带状、环状和面状,它们往往是控矿构造、成矿带、火山机构和矿化区的反映。因此,应注意研究地球化学异常的结构特征。

5)异常元素组合结构与已知大(中)型矿床的矿物-元素组合结构的一致性原则,在已知矿床周边和外围,当有化探异常组合与已知矿床元素组合一致时,可做为该类矿床找矿的优选地段。

3. 地球物理评价准则

运用区域重、磁异常场特征及其对铅锌矿床控制的标志性规律进行选区，通过典型异常特征、场源体地质意义以及异常的定性定位分析，建立地质-地球物理模型系列，通过模式类比，圈定成矿有利地段。重力异常的梯度带和变异段是找矿的有利地区，就本区而言，铅锌矿床大多数均产出于重力梯级带或正磁异常带和高密度重力异常带的近侧。

总之，以上评价准则都有一定的有效性，在具体运用中也不是全部包容和排斥，是勘查选区和找矿评价过程中的系统思维，也是信息综合、加工，突出目标矿种、类型和地段优选的工作技术方法。在找矿评价中，既要注意综合信息判断，也要注意“不拘一格”，以突出找矿效果为目的。

（二）铅锌矿主要成矿系列的区域找矿评价准则

1. 构造准则

1)本区铅锌矿成矿与华力西期的构造运动及其演化密切相关。

2)不同的构造环境产有不同的铅锌矿床。阿尔泰南缘陆缘裂陷槽是海相火山岩型铅锌矿床成矿的有利环境，海相沉积岩型铅锌矿床产于塔里木陆块西缘，细碎屑岩型铅锌矿床产于麦丹他乌古生代陆缘盆地中，碳酸盐岩型铅锌矿床产于铁克里克地块中，砂砾岩型铅锌矿床产于喀什白垩纪—第三纪前陆盆地中。

3)与 NW 向或 NEE 向主构造线大角度斜交的近 SN(EW、NNW、NNE)向构造中或其交会部位是大中型铅锌矿床产出的有利构造部位。

2. 建造准则

阿舍勒组($D_{1-2}as$)、康布铁堡组(D_1k)、细山嘴组(C_1s)、大哈拉军组(C_1d)及小热泉子组(C_1x)是海相火山岩型铅锌矿成矿的有利地层；托格买提组(D_1t)和坦盖塔尔组(D_3t)，卡瓦布拉克群-天湖群(Jxkw-Qnth)、乔达依塔格群(O-Sq)、克孜勒陶组(D_2k)-克里塔格组(C_1k)-崔什拉甫组(C_1h)以及马鞍桥组(C_1m)，上白垩统土尔克斯坦组(K_2t)和老第三系阿尔塔什组(E_1a)分别是细碎屑岩型、碳酸盐岩型和砂砾岩型铅锌矿成矿的有利地层。

3. 岩浆准则

海相火山岩型铅锌矿与早—中泥盆世火山-侵入活动有关。而海相沉积岩型铅锌矿与岩浆活动无关。

4. 铅锌矿的区域地球化学评价准则

化探分散流 Cu、Zn、Pb、Au、As、Sb、Bi、Hg、B、Ag、Mo、Co、Ni 等元素的高丰度带(或称高背景区)和 Pb、Zn、Ag、As、Cd、Mn、Fe 元素组合异常的发育区是海相火山岩型铅锌矿找矿的有利地区。从找铅锌的角度来看，对主要成矿元素组合异常的判别和评价是铅锌矿找矿靶区优选的关键。

（三）主要类型铅锌矿床的找矿评价准则

1. 与海相火山作用有关的层控铅锌矿床

1)富钠的连续分异或“双峰式”钙碱性系列，要有一定数量的中酸性岩类，矿化多产于中酸性端元中或中酸性-基性过渡部位，但酸性岩石占绝对优势则与 Pb、Zn 有关。

2)层火山碎屑岩(特别是层凝灰岩)发育，角砾岩-集块岩-次火山岩分布区(火山喷发中

心)是有利的找矿部位。

3)硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化等蚀变规模大、分带性好,赋有大矿的矿下火山岩通常结晶粒度粗,石英变斑晶大(0.2~0.5cm±)。如阿舍勒、可可塔勒、铁木尔特等大中型矿床和加拿大、澳大利亚的一些矿床中均有此特征;

4)有硅质岩、铁-锰碳酸盐、层矽卡岩、赤铁矿岩、重晶石-石膏岩等热水沉积岩或含碳质层分布;

5)有局限的赋矿洼地,特别是火山喷发中心附近的局部洼地(破火山口),常是大中型矿床的产出部位。

2. 沉积岩容矿的层控铅锌矿床

(1)细碎屑岩亚类型矿床

1)泥岩-细碎屑岩-碳酸盐岩组合地段:矿化多产于细碎屑岩向碳酸盐岩的过渡部位,重晶石-石膏岩等发育地段;

2)生长断裂旁侧,倒转背斜的近核部;

3)陆缘盆地中的局限赋矿洼地;

4)白云石化、硅化、黄铁矿化、绢云母化等蚀变带规模大,具有分带性。

(2)碳酸盐岩亚类型矿床

1)矿床主要有3个产出层位:a. 中泥盆统克孜勒陶组碎屑岩中的碳酸盐岩夹层部分;b. 下石炭统克里塔格组碳酸盐岩与其下伏的上泥盆统奇自拉夫组碎屑岩接触部位;c. 下石炭统雀什拉甫组下部碎屑岩与上部碳酸盐岩接触部位。

2)主控矿断裂旁侧,次级紧密向斜核部和背斜倒转翼之间滑动断裂。

3)矿床全部受控于泥盆系—石炭系3个古含水系统的角砾岩带中。角砾岩全岩矿化,矿体为角砾岩的一部分,受控于沿层分布的角砾岩和横向断层。

(3)砂砾岩亚类型矿床

本区只有乌拉根一个中型矿床,其评价准则尚不完全清楚,但似应注意3点:①它产于次级赋矿洼地中;②生长断裂旁侧,次级向斜近核部;③粗碎屑岩-泥岩夹石膏层-碳酸盐岩组合地段,矿化产于粗碎屑岩与碳酸盐岩接触部位。

二、成矿远景区和找矿靶区

(一) 成矿远景区

1. 远景区划分

成矿远景区是矿产资源预测研究的基本单元,也是矿产资源预测工作要求的规定。成矿远景区是在成矿带划分的基础上,依据找矿评价准则(或成矿综合信息),对地区矿产资源潜力进行科学预测,而划分的成矿有利地区。根据新疆铅锌矿床现有资料、工作程度和本课题的要求,在远景区划分方面我们采用以下原则:①以成矿理论为基础,强调地质成矿环境、地质条件和找矿评价准则,突出理论预测;②充分利用与铅锌矿床有关的地质、物探、化探、遥感、科研等资料,进行综合信息预测;③以大型-超大型矿床为目标,重点研究其大型-超大型矿床成矿条件的远景区;④按择优研究的原则,在主攻类型中对具大型-超大型矿床远景

的Ⅰ类和Ⅱ类预测区进行研究，Ⅲ类不进行研究。

根据上述原则，对远景区进行了深入研究，共划分出铅锌矿成矿远景区12个(详见表5-1)，即阿尔泰4处，塔里木4处，中天山(南缘)4处。

表5-1 新疆铅锌成矿远景区及找矿靶区表

Table 5-1 Prospecting potential and target areas for Pb-Zn deposits in Xinjiang

矿带	铅锌成矿远景区		铅锌找矿靶区	
	编号	名称	编号	名称
诺尔特	〈1〉	库马苏		
可可塔勒	〈2〉	冲乎尔	①	克因布拉克
	〈3〉	克兰	②	铁木尔特-阿巴宫
	〈4〉	麦兹	③	可可塔勒
康古尔塔格	〈5〉	小热泉子	①	小热泉子
巴伦台	〈6〉	马鞍桥		
阿吾拉勒	〈7〉	奇岗诺尔	⑤	欠哈布盖克
库米什	〈8〉	彩华沟	⑥	彩华沟
麦丹他乌	〈9〉	霍什布拉克	⑦	霍什布拉克
	〈10〉	沙里塔什	⑧	沙里塔什
乌拉根	〈11〉	乌拉根	⑨	乌拉根
铁克里克	〈12〉	塔木-卡兰古	⑩	塔木-卡兰古

按矿床类型分：海相火山岩型7处、细碎屑岩型2处、碳酸盐岩型2处、砂砾岩型1处。

由上可见，远景区类型以海相火山岩型、细碎屑岩型、碳酸盐岩型3个主攻类型为最多。此次研究在工作程度较高的阿尔泰山南缘和塔里木盆地西缘两个老区圈出8处远景区(占66%)，在工作程度较低的中天山(南缘)等新区圈出4处远景区(占34%)，这对深化老区和开拓新区均有重要意义。

在各远景区中，具有寻找大型-超大型矿床远景的有麦兹、塔木-卡兰古、克兰、霍什布拉克远景区4处；具有寻找大型矿床远景的有库马苏、冲乎尔、小热泉子、马鞍桥、欠哈布盖克、彩华沟、沙里塔什、乌拉根远景区8处。

2. 远景区分述

(1)库马苏铅锌远景区〈1〉

位于阿尔泰北东部库马苏地区，呈东西向展布，长50km，宽10km，属诺尔特铅锌矿带的中段。

成矿主要受诺尔特晚古生代上叠盆地控制，出露地层为泥盆系-石炭系，下石炭统构成了复向斜核部，红山嘴组(C_1hs)为海相火山-碎屑岩建造，铅锌矿化产于红山嘴组下亚组的中酸性火山-沉积岩系中。该区产有库马苏铅锌矿点以及一些矿化点。是Au、Cu、Pb、Zn、As、Sb等元素的高丰度带和异常集中区。是寻找大型铅锌矿床的远景区。

(2)冲乎尔铜锌远景区〈2〉

位于阿尔泰山南缘西段冲乎尔地区，呈北西向展布，长30km，宽10km，属可可塔勒铅锌矿带的西段。大地构造属于阿尔泰山南缘晚古生代陆缘裂陷槽北部麦兹-冲乎尔构造-建造带。

成矿受冲乎尔火山沉积盆地控制，出露下泥盆统康布铁堡组(D_1k)地层，构成了复向斜北东翼部，铜锌矿化产于康布铁堡组上亚组的海相中酸性火山-沉积岩系中。该区产有克因布拉克铜锌矿床及一些矿点。区内圈出 Pb、Zn、Cu、As、Ag 组合异常 3 个，克因布拉克矿床即为化探 M-1 异常区，另两个化探异常区尚未开展检查评价工作，表明该区有扩大矿床规模和在外围找到新矿床的远景。

(3)克兰铅锌(铜、金)远景区〈3〉

位于阿勒泰市东部铁木尔特-阿巴宫一带，属可可塔勒铅锌矿带中段，克兰复向斜的北东翼，呈北西向展布，长 45km，宽 10km。

成矿受克兰火山沉积盆地控制，下泥盆统康布铁堡组(D_1k)酸性富钾钠的火山沉积建造是小型乌拉斯特、恰夏铜矿以及铁木尔特、阿巴宫铅锌矿和萨热阔布金矿床的赋矿地层。在地层分布的局部地段发育有偏基性的火山岩层，对该区铜矿化有控制作用。

Cu、Pb、Zn、Ag、Au、As、Sb 等组合异常发育，多元素浓度中心明显，并与多金属矿床(点)相吻合。铁木尔特铜多金属矿床产于局部洼地中，阿巴宫铁-铅锌矿床产于同生断裂带中。这两个主要铅锌矿床深部工程控制浅，外围有多处矿点和异常区尚未进行检查评价，表明本区为寻找大型-超大型铅锌矿床的重要远景区。

(4)麦兹铅锌远景区〈4〉

位于阿尔泰山南缘麦兹地区，属可可塔勒铅锌矿带东段，麦兹复向斜东段，呈北西向展布，长 20km，宽 10km。本区勘查和科研工作程度较高。基本完成了 1:5 万地质普查，进行了可可塔矿床中矿段(大平台)详查及外围大比例尺地质、物探、化探研究工作。

成矿受麦兹火山沉积盆地控制，地层主要为下泥盆统康布铁堡组上亚组(D_1k_2)，拉张阶段的中酸性熔岩-喷发碎屑岩-碳酸盐岩建造。其铅锌矿化有 3 个层位，即 $D_1k_2^2$ 下部为磁铁硫化物型铅锌矿化(大桥式)；$D_1k_2^2$ 中部为块状硫化物型铅锌矿化(可可塔勒式)；$D_1k_2^3$ 为萤石(重晶石)方铅矿型矿化(阿克哈仁式)。在空间上铅锌矿划分为南、北两个矿带，受 NW 向同生断裂控制。北带靠近大陆内缘，火山作用强烈，铅锌矿化和异常均较南带强。北带包括以可可塔勒特大型矿床为中心的阿什勒萨依矿床和 1、3、7、8 号次生晕异常；南带包括大桥、阿克哈仁矿床和 12、13、14 号次生晕异常。矿化与中心式火山机构附近的火山沉积洼地、同生断裂及火山穹隆有关。

该区经大、中比例尺(1:20 万、1:5 万、1:2 万、1:1 万)成矿预测研究，共划分出找矿靶区 5 处。其中一级一处(可可塔勒矿床即 9、10、11 号次生晕异常)，二级 2 处(阿什勒萨依矿床即 1、2、4 号次生晕异常、大桥即 5 号次生晕异常)，三级 2 处(蒙克木、什根特矿点)。

上述矿床中，有的深部控制浅，有的深部未控制；7 个次生晕异常中，有的尚未进行检查评价，有的深部未控制。

该区是新疆目前最大的铅锌成矿集中区，铅锌资源前景十分开阔，是寻找超大型铅锌矿床最有希望的远景区之一。

(5)小热泉子铜锌远景区〈5〉

位于吐鲁番市南，即康古尔塔格矿带。构造上属于康古尔塔格晚古生代沟弧带西端。远景区近东西向，长 30km，宽 20km，面积约 600km^2。

区内分布下石炭统小热泉子组基-中-酸性火山岩建造，矿区范围内以凝灰岩类为主，少量流纹斑岩、英安玢岩，以及石炭纪花岗岩、闪长岩、花岗斑岩等侵入体。

小热泉子矿床为绿泥石化、硅化、绢云母化的凝灰岩及部分凝灰砂岩中浸染状黄铜矿化,初步查明由Ⅰ、Ⅲ号矿床、Ⅱ号矿点及Ⅳ号含矿蚀变带组成。Ⅰ号矿床控制储量锌14.84万吨,铜14.15万吨。达到中型规模。

本区Ⅰ号矿床区尚有部分物探异常等待检查,Ⅱ、Ⅲ号矿床、矿点详查尚未开展。此外,矿区外围发现2个物探和3个化探异常。化探铜浓度高,与锌或铅、锌、镉、汞等异常套合好,与充电异常吻合,地表已见硅化、褐铁矿化等蚀变。因此,本区仍具很大远景。

(6)马鞍桥铅锌远景区〈6〉

位于托克逊县南西马鞍桥-巴伦台一带,属巴伦台矿带。构造上属于博罗科努古生代复合岛弧带东端。远景区呈东西向展布,长200km,宽25km。

成矿主要受博罗科努岛弧带东端下石炭世上叠盆地控制。出露地层主要为下石炭统马鞍桥组(C_1m),为碎屑岩-碳酸盐岩夹中性火山岩建造。铅锌矿化产于马鞍桥组上部块状灰岩、礁灰岩或大理岩夹重晶石岩中,矿体主要赋存于块状灰岩中。

产有马鞍桥碳酸岩型铅锌矿床(小型)及一些矿点。马鞍桥至巴伦台一带,沿EW向断裂带继续出露马鞍桥组,显示了较大的找矿潜力。是寻找大型碳酸岩型铅锌矿床远景区。

(7)查岗诺尔铅锌远景区〈7〉

位于和静县西北,艾肯达坂-查岗诺尔一带,阿吾拉勒铅锌矿带东段。远景区近东西向,长40km,宽10～20km。构造上属于阿吾拉勒晚古生代裂谷。

区内分布下石炭统拉张阶段大哈拉军山组中酸性火山岩建造,及阿克沙拉组碳酸盐岩-碎屑岩建造,以及上覆的中石炭统依斯基里克组中基性火山岩建造。石炭纪花岗岩类侵入其中。欠哈布岱克铅锌矿床(小型)即产于大哈拉军山组中酸性火山-沉积岩系中,主要赋矿岩石为结晶灰岩。矿化与火山机构有关。本区工作程度低,是寻找大型与海相火山作用有关的层控铅锌矿床有利的远景区。

(8)彩华沟铅锌远景区〈8〉

位于托克逊县南的彩华沟-黄龙沟-也格尔达坂一带,为那拉提-红柳河成矿带库米什铅锌矿带东段。东西长45km,宽15km。构造上属于那拉提-红柳河缝合带中段。

区内为早古生代发育起来的非岩浆型被动陆缘。拉张阶段为巨厚陆源碎屑岩建造,泥盆纪转入汇聚,发育中酸性火山岩建造及复理石建造。下泥盆统中酸性火山岩建造中有海相火山岩容矿的铜-铅锌矿化。已知有彩华沟矿床、黄龙沟、也格尔达坂等多处矿(化)点。彩华沟矿床经普查已控制储量达小型,预测具大型矿床远景。黄龙沟矿点在彩华沟东,地质条件和矿化特征、物化探异常等均与后者相似,具一定远景。

本区为目前新疆产于汇聚阶段铜-铅锌矿床成矿条件最好、最具远景的地区,值得进一步工作。

(9)霍什布拉克铅锌远景区〈9〉

位于阿图什市北西霍什布拉克—麦丹他乌一带,为塔里木盆地西缘成矿带麦丹他乌铅锌矿带东段。远景区呈北东东向,长110km,宽30km。构造上属于麦丹他乌古生代陆缘盆地东段。

区内为早古生代发育起来的陆缘盆地,铅锌矿化受该盆地中次级盆地控制。出露地层主要为拉张阶段的泥盆系和汇聚阶段的石炭系。前者为上泥盆统坦盖塔尔组(D_3t),构成了背斜轴部,为一套泥岩-细碎屑岩-碳酸盐岩建造。霍什布拉克细碎屑岩型铅锌矿化即产

于此建造中。后者为上石炭统，为厚度巨大的复理石建造。华力西晚期的钾长花岗岩、石英二长岩和花岗斑岩小岩株侵入其中。断裂构造发育，以 NEE、EW 及 SN 向为主。SN 向与 EW 向断裂交汇处控制着矿床的产出。

本区已知有崔什布拉克铅锌矿床(中型)及一些矿点，矿区外围分布有上泥盆统赋矿地层，是麦丹他乌铅锌锑汞省的西段，显示着很大的找矿潜力。是区内寻找细碎屑岩型大型-超大型铅锌矿床的主要远景区。

(10)沙里塔什铅锌远景区〈10〉

位于乌恰县北的沙里塔什-托格买提一带，为塔里木盆地西缘成矿带麦丹他乌铅锌矿带西段。远景区呈北东东向，长 110km，宽 30km。构造上属于麦丹他乌古生代陆缘盆地西段。

区内为早古生代发育起来的陆缘盆地，铅锌矿化受该盆地内次级托格买提盆地控制。出露地层主要为拉张阶段的泥盆系和汇聚阶段的石炭系。中泥盆统构成了背斜轴部，托格买提组(D_2t)为泥岩-细碎屑岩-碳酸盐岩建造，有细碎屑岩型铅锌矿化。石炭系为厚度巨大的复理石建造。侵入岩不发育，仅在局部出现华力西晚期花岗正长岩小岩株。褶皱紧密。区域性大断裂发育，以 NEE、EW、NNW 向为主。南缘 NEE 向乌恰断裂对沉积作用、岩浆活动和成矿作用都有控制作用。EW 向与 NNW 向断裂交汇部位控制着矿床的产出。

本区已知有沙里塔什铅锌矿床(中型)及一些矿点，沿东西向的托格买提盆地分布有中泥盆统赋矿地层，是麦丹他乌铅锌锑汞省的西段，表明有大的找矿潜力，是区内另一个寻找细碎屑岩型大型矿床的主要远景区。

(11)乌拉根铅锌远景区〈11〉

位于乌恰县西的乌拉根地区，为塔里木盆地西缘成矿带乌拉根铅锌矿带东段。远景区呈北北西向展布，长 60km，宽 30km。构造上属于塔里木地块西北缘喀什白垩纪-第三纪前陆盆地东段。

区内出露地层主要为上白垩统土尔克斯坦组(K_2t)和老第三系阿尔塔什组(E_1a)，为陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造。已知乌拉根砂砾岩型铅锌矿床(中型)产于上尔克斯坦组上部和阿尔塔什组下部的砂砾岩和灰岩角砾岩带中，为一沿不同时代地层界面上的良好的古含水层构造，其上、下均有粘土质岩作隔挡层。

产有乌拉根中型铅锌(锶)矿床及一些矿点，这些铅锌矿床、矿点均分布于库什维克复向斜的北翼，并受该翼更次级的向斜控制。近年来，新疆鑫汇矿业公司在向斜南翼发现了较好的铅锌矿化，初步控制矿化带长大于 3000m，平均水平厚 9.32m，矿化以锌为主，铅含量较低，有多层富矿体产出，说明该区具有较大的找矿潜力，是寻找大型铅锌矿床的远景区之一。

(12)塔木-卡兰古铅锌远景区〈12〉

位于阿克陶县南的塔木-卡兰古一带，为塔里木盆地西缘成矿带铁克里克铅锌矿带西段。远景区呈北北西向展布，长 225km，宽 10km。构造上属于铁克里克地块西段。

本区为前寒武纪基底出露区。南部边缘出露的为泥盆系-石炭系盖层沉积。区内缺乏古生代以来的岩浆侵入活动。成矿受 NNW 向克孜勒陶断裂带控制。出露有泥盆系-石炭系，下石炭统构成了向斜核部。克孜勒陶组(D_2k)和克里塔格组(C_1k)、霍什拉甫组(C_1h)为碎屑岩-碳酸盐岩建造，铅锌矿化产于泥盆系至石炭系的 3 个古含水层系统的角砾岩带中，同时与横向断层密切相关。

产有塔木、卡兰古、铁克列克 3 个中型铅锌矿床，以及乌苏里克、阿巴列克等众多铅锌矿

床(点)。国家 305 项目汪东波等研究,发现古含水层中角砾岩具全岩铅锌矿化,为找矿开拓了新的思路。本区为新疆目前寻找碳酸盐岩型大型-超大型铅锌矿床的主要远景区。

(二) 找矿靶区

从上述远景区中,筛选出新疆近期铅锌找矿靶区 10 处,按其远景及经济地位次序排列叙述如下:可可塔勒、塔木-卡兰古、铁木尔特-阿巴宫、霍什布拉克、沙里塔什、克因布拉克、小热泉子、彩华沟、乌拉根、火哈布依克。兹对可可塔勒、塔木-卡兰古、铁木尔特-阿巴宫、霍什布拉克 4 处靶区叙述如下,其他靶区参见前远景区叙述。

1. 可可塔勒靶区

本矿区国家"305"项目 $I_{2\text{-}10}$课题组提交科研预测储量 206.1 万吨。85-902-01-02 课题组和有色 706 队提交科研预测储量 430.48 万吨。现通过钻探已控制储量约 300 万吨,其中富矿(Pb + Zn>8%)87 万吨。若加上矿区南东段(0～12 线深部)、7～0 线南西侧可能存在的深部 H8815 异常的科研预测量,则可可塔勒矿田铅锌资源量可达超大型规模(≥500 万吨)。

由于该矿床矿体向下有变厚、变富趋势,现有工程控制不全,因此,加深勘探深度(如 11 号矿体,西部地段 12、13、14、15 号矿体、大平台 7 线附近、大平台 0～12 线间,8 线、12 线等,加深至 750m 以上),近期即可大幅度增加储量。

此外,在侧向找矿方面,可可塔勒沟东侧 H8815 异常,存在多个次级褶曲,地表有矿化显示,化探异常强度和组合亦较好。在其次级洼地中心部位有较好赋矿空间,加之次级褶曲使之变厚、变富。如果在第二层大理岩层位向北东东方向打深孔(600～700m),穿过两层大理岩,探求主含矿层的矿化延伸成功,则矿区远景可望更加扩大。

2. 塔木-卡兰古靶区

该靶区已知由 3 个中型矿床组成,控制铅锌储量达 62 万吨,预测可成为大型-超大型靶区。主要依据是:

1)为沉积岩容矿的层控铅锌矿床中的碳酸盐岩型,这是国内外大型-超大型铅锌矿床的重要类型,此类型铅、锌储量分别占国外总储量的 32%、20%,特点是分布于稳定的地块,属台型沉积,以碳酸盐岩建造为主。

2)靶区位于塔里木盆地西缘成矿带铁克里克铅锌矿带塔木-卡兰古锌远景区内。含矿地层为中泥盆统和下石炭统碳酸盐岩和碎屑岩,主要有 3 个层位,与 3 个古含水层一致。铅锌矿化产于 3 个古含水层系统中的白云石化和角砾岩化带内。区内无岩浆岩。这些特点与世界上同类型矿床相似,表明成矿条件良好。

3)已知矿产地 20 余处,以塔木铅锌矿、卡兰古铅矿、铁克列克铅铜矿较大,为中型矿床。该 3 个矿床工作程度低,地表没有全部控制,深部仅局部控制 200m,特别是向斜核部未控制,两侧找矿未开展,表明有扩大为大型矿床的条件。

4)从区域看,泥盆系石炭系分布广,塔木至卡兰古一带铅锌矿划分为东、西两个矿化带,白云石化和角砾岩化带发育,矿点多,找矿有宽阔的地区。

5)区内 1:50 万化探有异常面积 300km^2,元素组合为 Pb、Zn、Ag、Cd、Hg、Cu、Sb、As、Mo 等,与矿化地区一致。

总之,本区矿化类型好,矿点多,成矿条件优越,是新疆寻找大型-超大型铅锌矿主要地区之一。

3. 铁木尔特-阿巴宫靶区

此为已知大中型矿床预测可扩大为大型-超大型的靶区，主要依据是：

1)位于阿尔泰山南缘成矿带可可塔勒铅锌矿带克兰铅锌铜金远景区内。克兰火山盆地分布下泥盆统火山-沉积建造，容矿岩石为火山岩系中的沉积岩。

2)已知矿床有铁木尔特大中型铅锌铜金矿床(块状硫化物型)、阿巴宫大中型铁-铅锌矿床(磁铁硫化物型)等。以上矿床深部工程控制不够，如主矿体控制浅、倒转向斜的转折端、西部洼地等都尚未控制。

3)总体上看，本靶区除铁木尔特和阿巴宫两个矿床达到普查程度外，矿区外围如M10E、哈瓦萨依、A-2、A-3、A-4、A-6铅锌异常区和矿点等尚未进行检查评价工作。

综上所述，本靶区矿床有扩大规模和外围有发现新矿床的条件，因此，有扩大为大型-超大型矿床远景。

4. 霍什布拉克靶区

此为已知中型矿床预测可扩大为大型-超大型的靶区，主要依据是：

1)为沉积岩容矿的层控铅锌矿床中的细碎屑岩型，是国内外铅锌矿床的主攻类型。

2)位于塔里木盆地西缘成矿带麦丹他乌铅锌矿带霍什布拉克铅锌远景区内。含矿地层为上泥盆统钙质页岩、砂岩和页岩互层，顶部有石灰岩。矿体为层状或似层状，受局部洼地和同生断裂控制，并是多期次成矿，具有丰富的矿源层，岩相和构造对成矿有利。

3)霍什布拉克矿床产于倒转背斜的北翼东端，铅锌储量达中型、品位高，该矿床深部控制不够，深部有发展潜力；且倒转背斜南翼可能有矿层分布，尚未进行工作。可望扩大为大型。

4)从区域看，上泥盆统分布长11km，已工作地段仅1.5km，大多地段尚未工作，有可能找出新的矿床。

第三节　新疆大型-超大型铅锌矿床找矿方向与建议

一、新疆大型-超大型铅锌矿床找矿方向

(一) 新疆铅锌矿找矿潜力分析

由于大型特别是超大型矿床的经济意义巨大，当前国内外都把超大型矿床的研究列为重要前沿课题之一。新疆国家"305"项目也将大型-超大型矿床研究列为重点专题。

当前，对超大型矿床划分标准尚不统一。本文采用涂光炽提出的标准，即以大型矿床储量标准的若干倍为准。新疆目前有两处大型铅锌矿床，从已知条件分析，存在超大型矿床的可能是有的，而且是我国超大型矿床的重要远景区之一。其主要依据有：

1)新疆地跨世界3大成矿域中的两个，且处于中亚成矿域的中心，成矿条件十分有利。新疆周边国家和地区分布多处超大型矿床，如俄罗斯列宁诺戈尔斯克超大型海相火山岩型铅锌矿床，哈萨克斯坦济良诺夫超大型海相火山岩型铅锌矿床和捷克利超大型碳酸盐岩型铅锌矿床，以及我国甘肃厂坝超大型细碎屑岩型铅锌矿床等。新疆成矿地质条件与上述周

边国家和地区基本可以对比，由此显示新疆同样具有超大型矿床的远景。

2)新疆已知铅锌矿床亚类型有 8 种，其中是世界铅、锌的重要来源之一的海相火山岩型、细碎屑岩型、碳酸盐岩型等在新疆均有重要矿床发现，前景可观。

3)新疆地域辽阔，重要铅锌矿带有 14 个，总面积大，成矿信息多。

4)1994 年，新疆地矿局第二轮成矿区划中提出，新疆铅、锌预测资源量分别为 1981.79 万吨、2789.29 万吨，表明有巨大的找矿潜力。

(二) 新疆铅锌矿床主攻类型

涂光炽指出："在一定程度上，某一种矿床对其可能出现的超大型矿床在类型上是有选择性的。常见的情况是某一矿种的矿化类型中有一两个类型或两三个类型可形成超大型矿床"。关于铅锌矿超大型矿床类型，据杨秀华(1987)资料，世界铅、锌资源和开采量主要属细碎屑岩型(沉积层控型)、碳酸盐岩型(热液层控型)、海相火山岩型(火山岩型)3 类铅锌矿床。

如前所述，新疆铅锌矿床主攻类型也是海相火山岩型、细碎屑岩型和碳酸盐岩型 3 类型矿床。按最新的资料，新疆已知大型铅锌矿床 2 处，均为海相火山岩型；中型铅锌矿床 12 处，其中 6 处为海相火山岩型，2 处为细碎屑岩型，3 处为碳酸盐岩型和 1 处为砂砾岩型。由上可见，新疆超大型铅锌矿床与世界超大型铅锌矿床类型是一致的。

1. 与海相火山作用有关的层控铅锌矿床

本类型铅锌矿床为世界最重要的铅锌矿床类型。由于该类型铅锌矿床在大型-超大型铅锌矿床的重要位置，国内外对该类矿床的勘查和研究也非常重视。

近 15 年来，新疆在与海相火山作用有关的层控型铅锌矿床勘查和研究方面取得重大发现和突破，使人们对新疆与海相火山作用有关的层控型铅锌矿床的巨大找矿前景有了肯定的认识。

与海相火山作用有关的层控铅锌矿床作为新疆大型-超大型铅锌矿床首选类型的主要依据是：

1)阿尔泰山南缘多金属成矿带，是世界闻名的有超大型海相火山岩型铅锌矿床的哈萨克斯坦矿区阿尔泰成矿带东延区。

2)新疆主要造山带都有拉张阶段或汇聚阶段海相火山岩发育，特别是发育酸性至中性、基性的喷发-侵入活动，具备了形成海相火山岩型矿床的基本地质条件。其中一些矿带具有大型-超大型海相火山岩型铅锌矿床发育所需要的成矿物质的定位条件。

3)一些矿带的成矿后保存条件和剥蚀程度适中。

4)已经在多个构造带中发现了与海相火山作用有关的层控型铅锌矿床及大量矿点，其中可可塔勒和铁木尔特-阿巴宫矿区有超大型矿床远景。

5)有多个与海相火山作用有关的层控铅锌矿床为主的矿带和成矿远景区。

2. 碳酸岩亚类型铅锌矿床

该亚类型铅锌矿床也是世界最重要的铅锌矿床类型。因此，国内外对该类型矿床的勘查和研究也非常重视。

近 15 年来，新疆在碳酸盐岩亚类型铅锌矿床研究方面取得了重要进展。"九五"期间，塔木-卡兰古矿带铅锌全岩矿化角砾岩带的发现及其可与密西西比河谷型铅锌矿床对比等，

才重新使人们认识新疆碳酸盐岩亚类型铅锌矿的巨大找矿前景。

碳酸盐岩亚类型作为新疆大型-超大型铅锌矿床主攻类型的主要依据是：

1)新疆周边国家已知有该类型大型-超大型矿床，如哈萨克斯坦捷克利铅锌矿床等。新疆成矿地质条件与上述周边国家基本可以对比，表明有良好的找矿前景。

2)新疆碳酸盐岩亚类型矿床多分布于稳定的地块及其边缘的碳酸盐岩台地和上叠盆地中。以陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造为主，受主控断裂和古含水层构造控制。这些地质特点与国内外同类型矿床相似，表明成矿条件良好。

3)一些矿带的成矿后保存条件和剥蚀程度适中。

4)已在多个成矿带中发现了碳酸岩亚类型铅锌矿床及众多矿点，其中塔木-卡兰古等矿区有超大型矿床远景。

5)有多个碳酸盐岩亚类型铅锌矿床为主的矿带和成矿远景区。

3．细碎屑岩亚类型铅锌矿床

该类型矿床也是世界最重要的铅锌矿床类型。因此，国内外对该类型矿床的勘查和研究也是非常重视的。新疆在“九五”期间，将崔什布拉克和沙里塔什两个矿床重新厘定为细碎屑岩型铅锌矿床，并作为大型-超大型铅锌矿床的主攻类型。依据是：

1)新疆邻区甘肃西城为一巨型铅锌矿带，有超大型矿床，如厂坝矿床铅锌储量1300万吨；

2)该类矿床主要赋存的元古宙和古生代地层在新疆广泛发育。目前已发现产此类型矿床的地层主要为泥盆系。西南天山构造带等泥盆系具有可与厂坝矿床的地层对比的岩相建造特征。

3)按成矿条件和矿化特征，已圈定出本类型矿床的成矿远景区。其矿床和矿点，矿化范围大，找矿线索多。

（三）新疆铅锌矿找矿主攻地区

根据新疆各类铅锌矿床成矿特征和成矿地质条件分析，我们把阿尔泰山南缘和塔里木盆地西缘并列为新疆首选铅锌矿找矿主攻地区，并拓天山中段地区。

1．阿尔泰山南缘地区

该区列为新疆首选找铅锌矿主攻地区。阿尔泰山南缘成矿带包括可可塔勒和阿舍勒两个铅锌矿带。前者为海相火山-沉积岩容矿的铅锌矿床，后者为海相火山岩容矿的铅锌矿床。其中以可可塔勒海相火山岩型铅锌矿矿带最具远景，为新疆超大型铅锌找矿首选主攻矿带。

2．塔里木盆地西缘地区

该区也被列为新疆首选铅锌矿主攻地区。塔里木盆地西缘成矿带包括麦丹他乌铅锌矿带(细碎屑岩型)、柯坪铅锌矿带(碳酸盐岩型)、乌拉根铅锌矿带(砂砾岩型)、铁克里克铅锌矿带(碳酸盐岩型)。其中以铁克里克碳酸盐岩型铅锌矿矿带最具远景，为新疆超大型铅锌矿找矿首选主攻矿带。

麦丹他乌铅锌矿带，为新疆细碎屑岩型铅锌矿重要远景区，可望找到大型-超大型矿床。

柯坪和乌拉根铅锌矿带，分别为新疆碳酸盐岩亚类型和砂砾岩亚类型铅锌矿重要远景区，可望找到大型矿床。

3. 天山中段地区

该区包括康古尔塔格铅锌矿带(海相火山岩型)、巴伦台铅锌矿带(碳酸盐岩型)、阿吾拉勒铅锌矿带(海相火山岩型)、库米什铅锌矿带(海相火山岩型、斑岩型)。其中以康古尔塔格和库米什两个矿带较有远景,为新疆海相火山岩型铅锌成矿远景区和找矿靶区,可望找到大型矿床。

除上述3区外,其他可列为找矿对象的尚有:诺尔特矿带(海相火山岩型)、赛里木矿带(碳酸盐岩型)、博罗科努矿带(斑岩型、矽卡岩型)、星星峡矿带(碳酸盐岩型)。

综合上述,新疆近期可作为铅锌矿找矿首选地区见表5-2。

表5-2 新疆近期大型-超大型铅锌矿找矿主攻地区

Table 5-2 Target areas for large and super-large scale Pb-Zn deposits of Xinjiang in the near future

矿床类型	铅锌矿矿带
海相火山岩型	可可塔勒、阿舍勒、康古尔塔格、库米什、阿吾拉勒、诺尔特
碳酸盐岩型	铁克里克、柯坪、巴伦台、赛里木、星星峡
细碎屑岩型	麦丹他乌
砂砾岩型	乌拉根
斑岩型	博罗科努、库米什

二、新疆铅锌矿勘查工作建议

党中央和国务院提出的"西部大开发"的伟大战略,给新疆地质勘查和矿业开发事业带来了机遇。铅锌是国家重要矿产之一,是新疆优势金属矿产,新疆作为铅锌资源有远景的地区之一,加强新疆铅锌矿勘查工作是实施西部大开发的重要先行步骤之一。为此,我们提出如下几点建议:

1. 加强新疆铅锌矿勘查工作

以找大型-超大型矿床为目标,把新疆建成我国重要的铅锌矿基地。为实现此目标,关键是要在短时期内找到开发条件好的超大型铅锌矿床及一批大中型矿床。

1)把新疆铅锌大型-超大型矿床研究列入"十五"国家科技攻关项目;

2)将新疆铅锌矿勘查工作列入国土资源大调查、地质勘查中央专项资金项目;

2. 用先进的地质成矿理论,选好主攻矿床类型

为了尽快找到大型-超大型矿床,就必须选好主攻矿床类型。根据我们的研究,新疆铅锌矿床主攻类型是:与海相火山作用有关的层控型、碳酸盐岩亚类型、细碎屑岩亚类型3种铅锌矿床。

1)与海相火山作用有关的层控型:首选地区为阿尔泰山南缘的可可塔勒矿区及铁木尔特-阿巴宫矿区。

2)碳酸盐岩亚类型:首选地区为铁克里克的塔木-卡兰古矿区。

3)细碎屑岩亚类型:首选地区为麦丹他乌的霍什布拉克矿区。

3. 加强地质成矿环境和成矿条件的研究，在更深的层次上把握矿床的时空分布规律

1)重视地质成矿环境和成矿条件的研究，把成矿与地质环境紧密的联系起来。

2)除继续加强古生代地区找矿科研外，还要加强对中-新生代及前寒武纪地区找矿科研工作，以拓宽找矿领域。

3)继续加强新疆与周边国家和地区成矿条件的对比研究工作。

4)加强矿床成矿系列的研究。

5)对地质工作程度低的南天山、昆仑山、阿尔金山地区开展基础地质调查工作。

4. 加强科技攻关，建立植根于新疆的铅锌矿成矿理论

新疆地处中亚成矿域，成矿环境复杂多样，成矿条件优越，矿床类型多，成矿时空跨度大，有着区别于世界其他巨型成矿域的重要成矿特征，极具科学研究价值。因此，继续在国家 305 项目中安排攻关课题，集中国内专家优势力量，针对重大难点开展深入研究。发展新疆的矿床成矿理论，为地质科学的发展作出贡献。

结束语

通过本轮以铅锌矿主要矿床类型、典型矿床、成矿规律及成矿预测为主要内容的攻关研究，“新疆铅锌矿成矿规律与成矿预测”子课题取得了以下主要成果。

1. 进一步深化了新疆铅锌矿床和主要矿带的成矿地质背景的认识

1)根据区内对比及最新同位素年龄数据，首次提出蓟县—青白口系、奥陶系—志留系、泥盆系、石炭系、上白垩统—老第三系为新疆铅锌矿的赋矿地层。其中泥盆系、石炭系为新疆铅锌矿的主要赋矿地层。详细阐述了赋矿地层的区域分布与岩相建造特征，从而密切了与成矿的关系。

2)按新的资料和观点，划分了新疆大地构造单元。指出了阿尔泰南缘晚古生代裂陷槽、塔里木陆块铁克里克地块及麦丹他乌古生代陆缘盆地等为控制新疆铅锌矿的主要Ⅲ级构造单元。

3)引用何国琦等(1994)创立的陆壳构造演化“五阶段模式”的新概念，根据目前已有的资料，划分出了一个四阶段演化格架，每一阶段都有一套特征的铅锌成矿作用。

4)深化了新疆重点铅锌矿带成矿地质背景的认识：

a. 可可塔勒铅锌矿带：位于早泥盆世阿尔泰南缘陆缘裂陷槽北部近(古)陆断陷火山沉积盆地内，并受复活的基底断裂右行走滑控制，使麦兹、克兰、冲乎尔3个局限海盆均呈楔形斜插入古陆边缘；是哈萨克斯坦霍尔宗-萨雷姆克塔铁、多金属、稀有金属综合矿带的东延部分，在本区铁和铅锌在成矿时间上有交叉性；受早泥盆世NW向主控盆断裂和NNE(或近SN)向隐伏基底断裂的共轭控制，麦兹、克兰两个盆地基底均有明显的块断镶嵌特征，它们控制了火山沉积相区和火山-热水(沉积)成矿建造的分布。

b. 铁克里克铅锌矿带：位于塔里木陆块西南缘的铁克里克断陷(地块)，沉积相主要是滨浅海相，属于碳酸盐台地环境；控矿地层为一套厚层不纯碳酸盐岩与碎屑岩互层，矿体直接受控于泥盆系—石炭系3个含含水层系统的角砾岩带中；NNW向主控矿断裂控制了矿带和主矿(化)体的走向，与NEE(或EW)向断裂交汇部位控制了主矿体的产出。

c. 麦丹他乌铅锌矿带：位于中晚泥盆世麦丹他乌陆缘盆地内，为近洋一侧，属于拉张型过渡壳环境；是乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦南天山铅锌和汞锑成矿带的东延部分，在乌、吉两国铅锌的成矿时代稍早，有部分是志留纪；矿区(次级盆地)受中晚泥盆世NEE向主控盆断裂和EW(或NNW)向断裂的复合控制。

2. 系统总结并提出了新疆铅锌矿的主要矿床类型及成矿特征，划分了以铅锌为主的重点成矿区带

1)在矿床类型划分方面

突破了以往新疆铅锌矿床分类多以成因为主的方案，采用以铅锌矿床产出的含矿岩系和(或)主导成矿作用作为类型划分原则，把新疆铅锌矿床划分为3大类，8亚类，即：

(1)与海相火山作用有关的层控铅锌矿床：①火山-沉积岩容矿的块状硫化物亚类型铅

锌矿床;②火山岩容矿的块状硫化物亚类型铅锌矿床。

(2)沉积岩容矿的层控铅锌矿床:①细碎屑岩亚类型铅锌矿床;②碳酸盐岩亚类型铅锌矿床;③砂砾岩亚类型铅锌矿床。

(3)与花岗岩类有关的铅锌矿床:①热液脉亚类型铅锌矿床;②矽卡岩亚类型铅锌矿床;③斑岩亚类型铅锌矿床。在层控铅锌矿床中按主要容矿岩系和矿化特征的差异,又分为亚类和矿床式。对可可塔勒式和卡兰古式铅锌矿床成矿特征和成矿模式进行了详述和讨论。

2)根据新的资料,在分类中提出了新的矿床类型。

首次确认了新疆存在世界上具有重要意义的细碎屑岩型,即热水沉积型铅锌矿床(如西南天山霍什布拉克和沙里塔什矿床等);根据塔木-卡兰古铅锌矿带的矿床成矿地质-地球化学资料,首次提出该类矿床属碳酸盐岩为主岩的层控铅锌矿床即密西西比河谷型(如塔木、卡兰古、阿巴列克矿床等);根据新疆与海相火山作用有关的层控铅锌矿床的成矿特征,划分出火山-沉积岩容矿的和火山岩容矿的块状硫化物型铅锌矿床。这些新类型的提出为新疆铅锌矿找矿开拓了一条新的思路。

3)提出了与海相火山作用有关的层控铅锌矿床、碳酸盐岩亚类型、细碎屑岩亚类型3个类型为新疆铅锌矿床主要类型,并对时空分布、成矿主要特征进行了详细研究和阐述。新疆铅锌矿床主要类型也是世界上重要的层控铅锌矿床类型。层控铅锌矿床发育,类型齐全,是新疆铅锌矿床的重要特色。

4)以查尔斯克-乔夏哈拉、那拉提-红柳河及康西瓦-阿尔喀3条断裂(或缝合带)为界,将新疆划分为阿尔泰山南缘、塔里木盆地西缘、中天山(南缘)及阿克赛钦4条铅锌成矿带。根据主要构造-建造-成矿特征的差别,又在成矿带中划分出14个铅锌矿带。对重点成矿带和矿带成矿地质背景及矿化特征进行了较为详尽的论述,提出阿尔泰山南缘和塔里木盆地西缘两条铅锌成矿带为新疆铅锌重点成矿区带。

3.在以往研究工作的基础上,补充"九五"新的研究成果,对新疆典型铅锌矿床和成矿模式进行了更深入的全面系统的研究工作,丰富了矿床学内容,指明了铅锌找矿方向

1)在以往基础上,从宏观和微观方面对火山-沉积岩容矿的块状硫化物亚类型铅锌矿床(可可塔勒、阿巴宫、阿克哈仁矿床)进行了更深入的全面系统研究,建立和完善了可可塔勒式铅锌矿床成矿模式。

2)根据新的资料,从宏观和微观方面对沉积岩容矿的层控铅锌矿床(霍什布拉克、卡兰古、乌拉根矿床)进行了全面系统研究,建立了卡兰古式铅锌矿床成矿模式。

4.从时空分布、重要铅锌矿床类型以及与有关矿床比较等方面,系统总结并提出了具有新疆特色的铅锌矿床成矿规律

1)确立了新疆铅锌矿床成带分布、分段集中,构造交叉部位和横向构造控矿以及铅锌成矿与成熟度高的陆壳有关的空间分布总体规律性。由于新疆以层控型铅锌矿床为主,因此,具有明显的成矿时空性,泥盆纪、石炭纪—二叠纪和老第三纪成矿时期,是新疆重要的3个铅锌成矿高峰期。

2)从有利聚矿部位及矿化型式、成矿的分区分带性、成矿演化序列、构造控矿级序、区域成矿模式及与有关矿床比较等多方面入手,对重要铅锌矿床类型进行了详细研究,丰富了各主要铅锌矿床类型特有的成矿规律性的新认识。

3)对与花岗岩类有关的铅锌矿床含矿岩体及围岩特征、矿床特征、成矿模式等方面进行

了阐述。

4)对新疆与周边国家和地区铅锌矿床成矿的对比,取得了一些重要认识,主要有:①阿舍勒铜锌矿带即相当于矿区阿尔泰的延伸部分,而可可塔勒铅锌矿带则相当于霍尔宗-萨雷姆克塔带的东延区。②我国新疆北天山与哈萨克斯坦巴尔喀什-准噶尔褶皱带为同一构造单元。博罗科努成矿带与南准噶尔(捷克利)成矿带不仅在地理位置上紧邻,在成矿地质背景上也很相似。③乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦南天山成矿带向东延入中国新疆境内。在乌、吉境内的南天山铅锌矿化赋存于志留纪和中泥盆世—早、中石炭世地层中,属层控型矿床。在中国新疆境内南天山铅锌矿化赋存于中、上泥盆统中,属层控型和与花岗岩类有关的铅锌矿床。

5.成矿预测研究取得重要进展,提出了成矿远景区和找矿靶区,明确了新疆铅锌矿的主攻类型和近期重点找矿区

1)在分析国内外大型-超大型铅锌矿床特征基础上,结合新疆实际,提出了新疆海相火山岩型、碳酸盐岩型、细碎屑岩型3个主要类型大型-超大型铅锌矿床的成矿条件。

2)综合地物化资料,结合成矿理论和矿床模式、找矿评价准则,以寻找大型-超大型矿床为目标,提出了铅锌成矿远景区12处,铅锌找矿靶区10处,其中可可塔勒、塔木-卡兰古、铁木尔特-阿巴宫、崔什布拉克4个靶区作为新疆寻找大型-超大型铅锌矿床的靶区。

3)通过成矿条件分析和成矿预测以及与周边国家和地区铅锌矿床成矿对比,提出了新疆寻找大型-超大型矿床的主攻类型和主攻地区。主攻类型为海相火山岩型、碳酸盐岩型及细碎屑岩型;主攻地区是阿尔泰山南缘和塔里木盆地西缘。

6.编制了1:150万新疆维吾尔自治区铅锌矿成矿规律及成矿预测图、1:700万新疆维吾尔自治区铅锌矿产地质图和1:700万新疆维吾尔自治区铅锌矿成矿规律及成矿预测图,前者供专题编图所用,后二者作为本专著之附图。

参 考 文 献

陈哲夫等 .1997. 新疆井合构造与成矿 . 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社

何国琦等 .1994. 中国新疆古生代地壳演化与成矿 . 乌鲁木齐:新疆人民出版社、香港:香港文化教育出版社

江远达 .1984. 关于准噶尔地区基底问题的初步探讨。新疆地质,2(1):11～16

姜齐节 .1994. 火山岩块状硫化物矿床的类型、评价标志和成因,有色金属矿产与勘查 .(1):4～9

李培铮,吴延之 .1993. 世界级(超大型)金属矿床的形成条件见:第五届全国矿床会议论文集,北京:地质出版社,154～156

刘德权等 .1996. 中国新疆矿床成矿系列 . 北京:地质出版社

邱世联 .1984. 铅锌矿,见《有色冶金矿山设计地质工作参考资料》(内部).291～307

芮宗瑶 .1989. 海底喷流沉积矿床研究的新进展 . 国外矿床地质,(2):1～5

涂光炽 .1993. 新疆北部地质演化与成岩成矿作用的若干特点,涂光炽主编,《新疆北部固体地球科学新进展》. 北京:科学出版社,3～9

涂光炽等 .1989. 中国铅锌矿床,见:中国矿床(上册). 北京:地质出版社

王集磊等 .1996. 中国秦岭型铅锌矿床 . 北京:地质出版社

王京彬等 .1998. 新疆可可塔勒铅锌成矿带成矿规律 . 新疆地质,3,236～244

王京彬等 .1998. 阿尔泰山南缘火山喷流沉积型铅锌矿床 . 北京:地质出版社

谢世业,莫江平,杨建功,杨金明 .2002. 新疆乌恰县乌拉根新生代热卤水喷流沉积铅锌矿地质特征及成矿模式 . 矿床地质,21(增刊)495～498

新疆维吾尔自治区地质矿产局 .1993. 区域地质志 . 北京:地质出版社,6～264

杨蔚华等 .1993. 新疆北部石炭系大陆拗拉槽与浊流盆地沉积序列中铅锌金等层控矿床 . 见:涂光炽主编,新疆北部固体地球科学新进展 . 北京:科学出版社,95～105

杨秀华 .1987. 第四章铅、锌 . 见:国外主要有色金属矿产,中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所主编 . 北京:冶金工业出版社,204～284 页

杨志华等 .1991. 边缘转换盆地的构造岩相与成矿 . 北京:科学出版社,210～220

叶庆同,吴一平,傅旭杰等 .1999. 西南天山金和有色金属矿床成矿条件和成矿预测 . 北京:地质出版社

翟裕生等 .1997. 大型构造与超大型矿床 . 北京:地质出版社,51～92

郑庆年 .1996. 广东凡口铅锌矿 . 北京:冶金工业出版社

周济元等 .1996. 东天山古大陆及其边缘银、铼钼、金和铜矿地质 . 北京:地质出版社,70～100

祝新友,汪东波,王书来 .1999. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿带角砾岩岩石学特征 . 地球学报,20(增刊)

祝新友,汪东波,王书来 .2002. 新疆阿克陶县塔木-卡兰古铅锌矿带矿体地质特征 . 地质与勘探,36(6),32～35

Hutchinson R W.1980.Massive base metal sulphide deposits as guides to tectonic evolution.Geol.Assoc.Canada Spec.Paper,1980,20:659～684

Kase K Yamamoto M,Nakamura T and Mitsuno C.1990.Ore mineralogy and sulfur isotope study of the massive sulfide deposit of Filon Norte,Tharsis Mine,Spain.Mineralium Deposita,25:289～296

Large R R.1977.Chemical evolution and zonation at massive sulfide deposits in volcanic terrains.Econ.Geol.,72:549～572

Large R R.1992.Australian volcanic hosted massive sulfide deposits: Features,styles and genetic models.Economic Geology,87:479～510

McDougall T J. 1984. Fluid dynamic implication for massive sulfide deposits of hot saline fluid flowing into a submarine depression from be low. Deep-Sea Research, 31: 145 ~ 170

Ohmoto H et al. 1974. Hydrogen and oxygen isotopic compositions and fluid inclusions in the kuroro deposits, Japan. Econ. Geol. 69: 947 ~ 953

Ohmoto H, Rye R O. 1979. Isotopes of sulphur and carbon. In Barnes HL (ed), Geochemistry of hydrothermal ore deposits Wiely, New York, 509 ~ 567

Solomon M. 1981. An introduction to the geology and metallic mineral resources of Tasmania. Econ. Geol., 76: 194 ~ 208

Stanton R L. 1990. Magmatic evolution and the ore type-lava type affiliations of volcanic exhalative ore. Australian Inst. Mining Metallurgy Mon., 15: 101 ~ 107

Sato T. 1972. Behaviour of ore – forming solution in sea-water. Mining Geology, 22: 31 ~ 42

Saze R, Pascual E, Almodovar G R. 1999. The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposit. Mineralium deposita, 34: 549 ~ 570

Urabe T et al. 1978. Kuroko deposits of the Kosaka mine, the Miocene seafloor. Econ. Geol., 73: 161 ~ 179

Wang J, Deng J, Zhang J, Qin K. 1999. Massive sulfide deposits related to the volcano-passive continental margin in the Altay region. Acta Geologica Sinica, 73: 253 ~ 263

Wang J, Zhang J, Ding R, Fang T. 2000. Tectono-metallogenic system in the Altay orogenic belt, China. Acta Geologica Sinica, 74: 253 ~ 263

Lead-Zinc Deposits in Xinjiang, China

LI Boquan[1]　WANG Jingbin[2]

1, Xinjiang Nonferrous Geological Exploration Bureau Urumqi, 830000;

2, Beijing Institute of Geology for Mineral Resources, Beijing, 100012

Abstract

Located in the hinterland of Eurasia, Xinjiang is an important constituent of the Central-Asia Metallogenic Province, where the 215 lead-zinc deposits and occurrences are distributed, including the proved 1 large-scale, 11 medium-sized and 25 small-sized Pb-Zn deposits. They are dominantly concentrated on three metallogenic belts: southern margin of Altay Mountains, western margin of Tarim Basin and the Central Tianshan "crystallize axis". The controlled Pb-Zn reserves have totaled 6 million ton at present.

1. Genetic types and distribution of lead-zinc deposits

Based mainly on host rocks and combined with ore-controlling factors, lead-zinc deposits in Xinjiang have been genetically classified into three types and eight sub-types as follows:

Ⅰ. Strata-bound deposits related to volcanism (volcanogenic massive sulfide deposits), including volcano-sedimentary massive sulfide Pb-Zn deposits and volcanic-hosted massive sulfide Cu-Zn deposits. They are mainly distributed on the southern margin of Altay Mountains and the northern Nuoert belt in the Altay area.

Ⅱ. Strata-bound Pb-Zn deposits related to sedimentary rocks, including fine clasolite-hosted one (SEDEX), carbonate-hosted one and sandstone-conglomerate-hosted one. They are mainly distributed in the western margin of Tarim Basin, which may further divided into three metallogenic belts: the Maidan belt in the north, the Wulagen belt in the west and the Tiekelik belt in the southwest.

Ⅲ. Granitoid-related Pb-Zn deposits, including hydrothermal type, skarn type and porphyry deposit. They are concentrated on the Central Tianshan "crystallize axis" (Precambrian complex)and its periphery.

2. Strata-bound Pb-Zn deposit related to volcanism

The strata-bound Pb-Zn deposits related to volcanism, mainly distributed on the southern margin of Altay Mountains, and associated with Devonian volcanism.

The Devonian volcanic belt in the southern Altay Mountains, over 360 km long and 30～70km wide is located between the Bazhai fault and the Ertix fault (a boundary between Kazakhstan-Junggar terrane and Siberian terrane). The volcanic rocks are interpreted as products of continental margin rifting or volcanism along an extensional continental margin. The vol-

canic belt was divided into two sub-belts: the Koktal Pb-Zn sub-belt underlain by felsic volcanic and sedimentary rocks in the north, and the Ashele Cu-Zn sub-belt associated with sodium-rich bimodal volcanic rocks in the south. The Koktal Pb-Zn sub-belt consists of three fault-bounded volcano-sedimentary basins, Maize, Aletai (Kelang) and Qongkur, from southeast to northwest respectively. Massive sulfide deposits include Koktal (Pb-Zn) in the Maizi basin, Abagong (Pb-Zn) and Tiemuerte (Pb-Zn-Cu) in the Aletai basin, and Keyinbulak (Zn-Pb) in the Qongkur basin. The exposed strata in the Koktal sub-belt are stratigraphically composed of Lower Devonian Kangbutiebao Formation (D_1k) and Middle Devonian Altayzhen Formation (D_2a). The former hosts the Pb-Zn massive sulfide ores, and it can be subdivided into fault-bounded, upper (D_1k_2) and lower (D_1k_1) sub-formations. The latter consists of sedimentary rocks, but lacks polymetallic mineralization. The Devonian volcano-sedimentary rocks metamorphically experienced greenschist to lower amphibolite facies, and were folded into syncline during late deformation.

The deposits in the Koktal sub-belt possess similar features of mineralization, and was named Koktal-style Pb-Zn mineralization represented by the Koktal deposit. The Koktal massive sulfide deposit discovered in 1986 offers about 3 million tons of Pb + Zn metal reserves with a mean grade of 1.51% Pb, 3.16% Zn, and 0.08% Cu. It occurs in Maizi Devonian volcano-sedimentary basin within the Southern Altay Mountains and is hosted mainly in metasedimentary rocks comprising schist, tuffaceous metasiltstone, marble and siliceous banded iron formation. These metasedimentary rocks are evenly distributed and range from 120～350m in thickness between two volcanic layers. A suite of calc-alkaline volcanic rocks with felsic breccia, agglomerates and flows underlies the ore horizons. It is obvious that the base metal mineralization developed during a pause in the volcanic activity.

The Koktal deposit occurs as stratiform bodies underlain by disseminated and stringer (or stockwork) styles of mineralization. Disseminated ores in stratiform ore bodies are mainly mineralization type; other types, such as banded, massive and breccia ores rank second. Semi-conformable alteration zones, dominated by potassium metasomatism and chloritization, as well as an obvious alteration pipe, are recognized in the footwall. The negative δ^{34} S values of stratiform ores (e.g $-1.4‰$ to $-15.8‰$) strongly suggest that bacterial-reduced sulfur was involved in the ore-forming process. The lead isotope signature of the ores reflects a homogeneous processes with a mean model age of 382Ma. The δ^{13} C values of calcite from ores and mineralized horizons range from $-11.6‰$ to $-6.7‰$ reflecting carbon derivation from both oxidized organic carbon and the HCO_3 in seawater.

It is concluded that the Koktal-style deposits, hosted mainly in the sedimentary rocks of the volcano-sedimentary succession, are not a typical volcanogenic massive sulfide ones but similar to "Iberian-type" instead. Therefore, it represents the transition from volcanogenic ones to shale-hosted massive sulfide deposits.

3. Strata-bound Pb-Zn deposits related to sedimentary rocks

The strata-bound Pb-Zn deposits related to sedimentary rocks are mainly distributed at the

western margin of Tarim basin (terrestrial massif). According to the metallogenic characteristics of representative deposits, it can be classified into three mineralization styles: Huoshibulak-style, Wulagen-style and Kalangu-style.

(1) Huoshibulak-style Pb-Zn deposits

The Huoshibulak-style deposits belong to fine clastic rocks-hosted Pb-Zn deposits (SEDEX type), which were formed in the Maidan Devonian epicontinental sedimentary basins. Within the area, there occur the Shalitashi and Huoshibulak medium-size Pb-Zn deposits. The former is hosted in fine clastic and carbonates on the top of the Middle Devonian Tuogemaiti Formation (D_2t_2), and the latter in gypsum-bearing fine clastic-carbonate rocks of the Upper Devonian Tangaitaer Formation (D_3t_2).

The common features of the Huoshibulak-style deposits are as follows: ① Mineralization is controlled by sub-sedimentary basin indicated by the large sedimentary thickness near the ore bodies. ② Orebodies, as the form of stratiform and/or stratiform-like occur on the lithological transition from clastic rocks to carbonates; ③ The deposits occur as stratiform massive sulfide bodies that are underlain by veinlet-disseminated (or stockwork) type mineralization. The stratiform mineralization with banded, laminated and syngenesis brecciated fabrics represents the hydrothermal- exhalatine sedimentary origin, and the grain size of ore minerals like galena and sphalerite is extremely fine. ④ Carbonatization, silicification and pyritization occurred in the footwall rocks, which possibly represents the feeding zone for the ore-forming fluid.

It is concluded that the Huoshibulak-style Pb-Zn deposits is similar to SEDEX mineralization. The homogenization temperature of fluid inclusion in dolomite ranges from 89℃ to 198℃, and the salinity ranges from 3.2% to 6.5% (NaCl)eq, δ^{34}S value of sulfides from to 14.4‰ to 24.2‰, and the Pb-Pb age of galena from515 Ma to 554Ma, which reflects that the ore-forming materials might be mainly derived from the leaching of underlying basement rocks, and the sulfur from sea-water sulfate.

(2) Kalangu-style Pb-Zn deposit (MVT type)

More than 20 Pb-Zn (-Cu) deposits and occurrences of carbonate-hosted deposit (Kalangu-style), such as Tamu, Kalangu, Apaleike, etc. was formed in the Tiekelik metallogenic belt (or named as Tamuo-Kalangu lead-zinc belt), the southwestern margin of Tarim terrestrial massif. These deposits share the common mineralization features with MVT Pb-Zn deposits.

① All Pb-Zn deposits and ore occurrences are distributed along NWW-oriented faults. Mineralization is limited to three Devonian and Carboniferous permeable horizons, of which the permeable horizon between Upper Devonian and Lower Carboniferous is the most important ore-bearing bed where the Tamuo, Kalangu, Wusulike, and Kalayasikake deposits were found.

② The known mineralization occurs in brecciation carbonates zoning from carbonates→ crevice carbonates→ brecciated carbonates. All brecciated carbonates in the Tiekelik belt are mineralized (Pb + Zn > 0.1%). Orebodies are hosted in the strongly brecciated zones, while sulfides like galena and sphalerite exist in the cement.

③ Three mineralization stages from early to late were recognized as follows: strawberry-

form and colloform pyrite stage→ fine grain sulfide stage (principal stage) → medium-coarse grain sulfide stage, which correspondingly formed three types of ores.

④ Dolomitization dominates wall rock alterations. It can be divided into two types: one is regional dolomitization primarily distributed along the brecciation section of permeable zones; the other is small-scaled sparite dolomitization, occurring in Pb-Zn orebodies and synchronizing with mineralization.

⑤ Dolomite and sphalerite have following fluid inclusion parameters: 196～104℃ of homogenization temperature, (13.5～18.5)wt%(NaCl)eq. of salinity, 1.07～7.18 of Na^+/K^+ ratio and 0.096－0.024 of F^-/Cl ratio of liquid phase composition.

⑥ The sulfide of Kalangu-style deposits have a wide range of δ^{34} S varying from －39.2‰ to ＋14‰. The δ^{34} S value is associated with different ore types and ore structure. Strawberry-form and colloform pyrite is rich in light sulfur, and the δ^{34} S value ranges from －39.2‰ to －17.5‰; δ^{34} S value from fine grain sulfide ore ranges from －12.1‰ to ＋5.1‰ with $\delta^{34}S_{pyrite} < \delta^{34}S_{sphalerite} < \delta^{34}S_{galena}$, indicating that the sulfur isotope fractionation among sulfides is far from equilibrium state; The later stage medium-coarse grain sulfides (galena and sphalerite) have higher δ^{34}S value of －3.0‰～＋5.1‰ with $\delta^{34}S_{pyrite} > \delta^{34}S_{sphalerite} > \delta^{34}S_{galena}$, indicating that the sulfur isotope fractionation among sulfides generally comes to equilibrium state.

⑦ The $^{206}Pb/^{204}$pb ratio of the sulfides in the deposits ranges from 17.798 to 18.364, $^{207}Pb/^{204}Pb$ ratio from 15.481 to 15.727, and $^{208}Pb/^{204}Pb$ ratio from 37.969 to 38.588. The model age mostly concentrates in the range of 400～600Ma.

⑧ Systematic studies on geology and geochemistry suggest that the Kalangu-style deposits is formed by the mixing of two different types of fluid. One is rich in sulfur and lower metal contents with lower ore-forming temperature and higher f_{S_2}, which possibly derived from adjacent host strata. The other is rich in metal and lower sulfur content with higher ore-forming temperature and lower fo_2 and f_{S_2}, which possibly transported for long distance. The deposition of a large amount of fine grain sulfides was resulted from the quick precipitation of fluid mixing.

(3) Wulagen-style Pb-Zn deposit

Belonging to sandstone and conglomerate-hosted deposits, the Wulagen-style Pb-Zn deposits represented by Wulagen deposit and its adjacent ore occurrences, occur in the Kashi Meso-Cenozoic depression of western Tarim Basin. They are hosted in brecciated dolomitite on the bottom of Tertiary and sandstone-conglomerate on the top of Upper Cretaceous, which formed two mineralization types: breccia one and sandstone one. The former dominantly yields veinlet ore, and the latter is mainly disseminated ore with local breccia form and banded ores. Sulfides include galena, sphalerite, pyrite and minor chalcopyrite or trace arsenopyrite. Gangue minerals are exhibit dolomite, quartz, celestite, calcite, sericite and gypsum. The ore-forming element assemblage is Pb and Zn associating with Sr and Cd, while the SrO grade can reach 21.82%～26.22%.

The minerogenetic epoch of the Wulagen deposit is in accord with the transition period of

the Tarim Basin from Cretaceous extension to Tertiary compression. The host rock, i.e., Upper Cretaceous sandstone and Lower Tertiary conquina-dolomitite breccia zone, is a palaeo-water-bearing bed structure along the boundary of different strata that are isolated by clay rock on hanging wall and footwall. The ore-forming fluid is characterized by thermal brine with temperature of 144～193℃ and salinity of(12.8～20.3)wt % (NaCl)eq.

Based on the above characteristics, it is suggested that the thermal brine in palaeo-basin during Cretaceous extension period was well developed, it resolved and leached ore-forming material such as lead and zinc out of clastic rocks of the basin and basement, and then formed the ore-forming thermal brine. Affected by long-distance effect of collision between the India plate and Eurasian plate, the basin transformed from extension to compression, the ore-forming thermal brine was extracted out and migrated along K_2-E_1 boundary of palaeo-permeable zone, and precipitated ore-forming material on favorable place. As a result, the Wulagen and its adjacent strata-bound sandstone-conglomerate type of Pb-Zn deposits formed in this way.

Although there exists metallogenic difference among the three mineralization styles in the western margin of the Tarim Basin, several common characters and genetic connections among them make it possible to establish a regional metallogenic model for Pb-Zn mineralization.

(1) The Tarim Basin offers abundant ore-forming material. The Tarim Basin is composed of Precambrian metamorphic basement and sedimentary cover. This suite of meta-sedimentary and sedimentary rocks, total thickness >10,000 m, lithologically dominated by felsic clastic rocks, which are rich in Pb-Zn component and easily to be leached, and is an important source-bed for Pb-Zn mineralization in the western margin of the Tarim Basin.

(2) There exists a condition for thermal brine. The ore-forming fluid for the three Pb-Zn mineralization styles share common features of lower temperature (generally 120～210℃) and of low to medium salinity with(5～20)wt % (NaCl)eq.. This kind of fluid should be an ore-bearing thermal brine. The Tarim basin possesses favourable condition for the formation of thermal brine, because several gypsum-beds in the sedimentary column formed in Paleozoic and Meso-Cenozoic can develop into larger scale ore-forming thermal brine system under the favorable hydro-dynamic and thermal condition.

(3) The favorable structure-thermal brine condition was formed on specific stage of tectonic evolution. The Huoshibulak-style (SEDEX type) Pb-Zn deposits was formed in the Maidan extension basin during Middle-Upper Devonian. The Kalangu-style Pb-Zn mineralization has connection with large-scale regional thermal brine activation possibly caused by the West Kunlun orogeny during Carbonniferous-Permian period. The regional dolomitization represents the channel way for the fluid migration. The breccia zone not only offered the place for orebody, but also causes regional activation of ore-forming thermal brine. The Wulagen-style Pb-Zn (-Sr) mineralization is geochronologically consistent with the collision between India plate and Eurasian plate, which leads to the migration of ore-forming thermal brine and then precipitation in the favorable position of palaeo-permeable zones.

4. Pb-Zn deposits related to granitoid

The Pb-Zn deposits related to granitoid dominate the Central Tianshan "crystallize axis" and its periphery (the Keziletage-Boluohuoluo belt). They are hosted inside and outside the contact zones between granitoid (granite-porphyry, monzonitic granite and moyite) and Silurian—Devonian epicontinental clastic- carbonate rocks. From the intrusion to distal location, the mineralization changed from porphyry, skarn into hydrothermal veins. The porphyry deposits are hosted in quartz porphyry, granite-porphyry, etc.; the skarn deposits occur at contact between moyite and limestone; and the hydrothermal veins hosted in slate, siltstone and limestone. Liuhuangshan, Kendenggaoer, Dongdujin, and Kalabage are the representatives of Pb-Zn mineralization related to granitoid.

5. Metallogenic regularity of Pb-Zn deposits in Xinjiang

(1) Strata-bound Pb-Zn deposits are the most important Pb-Zn mineralization

All discovered large and medium-size Pb-Zn deposits in Xinjiang are strata-bound type that accounts for more than 90% of the total Pb-Zn reserves. The Pb-Zn deposits related to granitoid are only small-sized and occurrences.

All the important types of strata-bound Pb-Zn deposits in the world can be recognized in Xinjiang, including volcanic-hosted massive sulfide type (VHMS, Ashele Cu-Zn deposit), volcano-sediment-hosted massive sulfide (VSMS) type (Koktal Pb-Zn deposit), fine grain clastic-hosted (SEDEX) type (Huoshibulak Pb-Zn deposit), carbonates-hosted MVT type (Tamuo and Kalangu Pb-Zn deposits) and sandstone-conglomerate-hosted type (Wulagen Pb-Zn deposit). Well-developed and various types of strata-bound Pb-Zn deposits is the important peculiarity of Pb-Zn mineralization in Xinjiang.

(2) Time-bound character of Pb-Zn mineralization

Although Pb-Zn deposits in Xinjiang were formed in variety of ages, they have time-bound character obviously due to strata-bound type dominating mineralization. The Pb-Zn metallogenetic epoch is successively Devonian, Carboniferous—Permian and Lower Tertiary in the order of importance. Devonian strata are the most important horizon for exhalative-sedimentary Pb-Zn deposits. Most strata-bound Pb-Zn deposits were formed in Devonian, such as Koktal-style deposits hosted in Lower Devonian volcanic-sedimentary rocks, Hoshibulak-style Pb-Zn deposits in Middle -Upper Devonian clastic-carbonates, and some Devonian stratiform Pb-Zn polymetallic deposits in Tuokexun area (eg. Caihuagou deposit). Carboniferous—Permian marks the second metallogenetic epoch. The Maanqiao and Akesake exhalative-sedimentary Pb-Zn-barite deposits were formed and hosted in Lower Carboniferous on the Central Tianshan superposed rift basin (aulacogen). While, the MVT type deposit hosted in Upper Devonian—Lower Carboniferous strata in the Tiekelike Pb-Zn metallogenic belt is of epigenetic origin, and was probably formed at the end of Permian. The third metallogenetic epoch is Paleogene represented by Wulagen Pb-Zn deposit, which accords also with Pb isotope model age.

(3) Pb-Zn mineralization associated with mature continental crust

The Pb-Zn deposits in Xinjiang are mainly distributed in three metallogenic belts: southern margin of the Altay Mountains, Central Tianshan "crystallize axis" and western margin of the Tarim terrestrial massif (basin). Particularly, the southern margin of Altay Mountains and the western margin of Tarim terrestrial massif are the most important Pb-Zn mineralization area.

Precambrian crystalline basement characterized by felsic composition (schist, felsic gneiss and migmatite) exists in the all three Pb-Zn metallogenic belts. Meanwhile, the S-type granite is well developed and associated rare metal mineralization occurs in the Pb-Zn belts. These factors indicate that the Pb-Zn metallogenic belt is mainly related to mature continental crust. They were formed in the active belt of continental margin and the superposed continental rifting basin. On the other hand, the Junggar terrene which rarely exists Precambrian basement produced Cu, Ni and Au mineralization in stead of Pb-Zn deposits. It is indicated that the well-developed Precambrian felsic metamorphic basement is not only a determination for Pb-Zn metallogenic belt, hut also an important prospecting indicator for Pb-Zn deposit.

In conclusion, Xinjiang possesses great Pb-Zn potential and would be an important succeeded base for Pb-Zn resource in China, due to its favourable metallogenic background, variety of Pb-Zn types, lower study and exploration degree.

附录 1　国家三〇五项目“七五”、“八五”、“九五”期间项目委员会、专家委员会名单

1.“七五”、“八五”期间项目委员会、项目技术委员会名单

项目委员会

宋汉良　主任　新疆维吾尔自治区党委书记
毛德华　副主任　新疆维吾尔自治区副主席
夏国治　副主任　地质矿产部副部长
孙鸿烈　副主任　中国科学院副院长
张　键　副主任　中国有色金属总公司副总经理
杨维哲　顾问　原国家科学技术委员会委员
王　勇　委员　国家科学技术委员会社会发展司副司长
卢国利　委员　国家计划委员会科学技术司副司长
刘霞中　委员　新疆维吾尔自治区人民政府秘书长
孙　枢　委员　中国科学院资源环境局局长
李　藩　委员　中国有色金属总公司副总经理
吴　骧　委员　新疆维吾尔自治区计划委员会副主任

项目技术委员会

张良臣　主任　高工　新疆地矿局总工程师、项目办副主任
张　驰　副主任　高工　中国科学院地质研究所
李庆昌　副主任　高工　新疆有色地勘局副局长、项目办副主任
谢学锦　副主任　院士　地质矿产部物化探所名誉所长
熊光楚　副主任　高工　有色金属总公司矿产地质研究所
刘清泉　委员　高工　有色金属总公司物化探研究所
王中刚　委员　研究员　中国科学院地球化学研究所
任天祥　委员　高工　地质矿产部物化探研究所
江远达　副秘书长　高工　国家三〇五项目办公室
孙文柯　委员　高工　地质矿产部物探局副总工程师
滕吉文　委员　研究员　中国科学院地球物理研究所
邓振球　委员　高工　新疆地质矿产局副总工程师
侯启尧　委员　高工　国家三〇五项目办公室副处长
孙　枢　委员　研究员　中国科学院资源环境局局长
何国琦　委员　教授　北京大学地质系主任
姜春发　委员　研究员　地质矿产部地质研究所

于钟琪　秘书长　高工　国家三〇五项目办公室
高振家　委员　高工　地质矿产部五六二队
陈毓川　委员　研究员　地矿部地矿司司长、中国地质科学院院长
姜齐节　委员　高工　有色金属总公司地质矿产研究所
林传仙　委员　副研　中国科学院地球化学研究所
刘德权　委员　高工　新疆地质矿产局地质矿产处处长
宁广进　委员　高工　新疆有色地勘局副总工程师
魏春海　委员　高工　地质矿产部经济研究院
钱抗生　委员　研究员　北京 850 信箱
孙孚望　委员　高经　新疆地质矿产局计财处副处长
东乃良　委员　高工　北京矿冶研究总院
于润仓　委员　高工　北京有色金属设计总院
兰海苍　委员　高工　北京有色金属研究总院
赖声伟　委员　高工　北京有色冶金研究所所长
沈亚震　委员　高工　北京有色冶金研究所总工程师
尹奎业　委员　高工　北京有色金属设计总院
张远新　委员　高工　有色总公司科技处处长
曹士倬　委员　高工　有色总公司科技部总工程师
刘东升　委员　高工　有色总公司地质矿产研究院

2.“九五”期间项目委员会、专家委员会名单

项目委员会

宋汉良　名誉主任　全国政治协商会议常务委员
米吉提·纳斯尔　主任　新疆维吾尔自治区副主席
王怀玉　主任　新疆维吾尔自治区副主席(1998 年接任)
王志雄　副主任　国家科学技术委员会社会发展司助理
张洪涛　委员　地质矿产部地质调查局副局长
崔德文　委员　冶金部黄金局副局长
孙肇均　委员　有色金属总公司地勘总局副局长
秦大河　委员　中国科学院协调局局长
黄　黔　委员　国家教育委员会科学技术司司长
马福臣　委员　国家自然科学基金委地球科学部主任
马映军　委员　自治区科委副主任、项目办公室主任

项目专家委员会

涂光炽　主任　院士　中国科学院地学部主任
孙　枢　副主任　院士　国家自然科学基金委副主任、中国科学院地学部副主任
肖序常　委员　院士　地质矿产部地质研究所
陈毓川　委员　院士　地质矿产部总工程师、中国地质科学院院长

刘益康	委员	高工	冶金部地勘总局总工程师
何国琦	委员	教授	北京大学地质系主任
汪贻水	委员	高工	有色金属总公司科技部副总工程师
吴乃元	委员	高工	国家三〇五项目办公室总工程师

3.“七五”、“八五”、“九五”期间项目办公室成员名单

(1)“七五”期间项目办公室成员名单

吴吕和　杨旭明　张良臣　李庆昌　陶钧政　胡德义　朱忠琪　郭永昌　侯启尧
于忠琪　江远达　谢德顺　董永泉　吴乃元　常振亚　王学谦　马仲元　张远新
马济正　伍典彬　沈贵山　王俊英　陈　新　马春华　刘子秀　祁九峰　李文修
王俊英　陈　煜　王国芝　王德一　赵更新　顾庆高　王金良　王端伦　张珍请
金松岭　苻怀如　陈　燕　龚淑媛　姜文化　张兆孟　王成贵　姚荣平　庞国清

(2)“八五”期间项目办公室成员名单

杨旭明　马映军　张良臣　李庆昌　陶钧政　郭永昌　王庚元　侯启尧　徐　新
于忠琪　江远达　谢德顺　吴乃元　马济正　王学谦　马仲元　伍典彬　顾庆高
王金良　王端伦　李复民　李月臣　陶　湘　刘子秀　沈贵山　陈　燕　王俊英
陈　煜　马春华　马喜兰　丛　晶　杨瑞云　王国芝　王德一　陈　新　邵民尧
张珍请　金松岭　苻怀如　闫志坚　王小文　文志军　龚淑媛　李桂琴　姜文化
张兆孟　王成贵

(3)“九五”期间项目办公室成员名单

马映军　王宝林　王庚元　徐　新　吴乃元　王金良　王隆平　王学谦　谢德顺
江远达　马济正　侯启尧　顾庆高　伍典彬　王端伦　李复民　李月臣　王　煜
沈贵山　陶　湘　刘子秀　马春华　马喜兰　丛　晶　闫志坚　王小文　邵民尧
杨瑞云　甄中尧　金松岭　李桂琴　姜文化　张兆孟　王成贵　冷　冰　宋宜山

附录 2　国家三〇五项目专题承担单位和主要研究人员

国家"七五"科技攻关计划 75－56 项目
《加速查明新疆矿产资源的地质、地球物理、地球化学综合研究》

75－56－01－01 额尔齐斯成矿区 L－46－(6)(大桥)幅低密度化探方法应用研究

承担单位：河南省地矿局第一地质调查队

主要研究人员：

龚启厚　崔燮祥　王定国　牛　云　黄守民

75－56－01－02 额尔齐斯成矿区 L－46－(13)(阿拉图拜)幅低密度化探方法应用研究

承担单位：吉林省有色 608 地质队

主要研究人员：

张洪恩　邹立岩　徐安忠　程松安　于洪斌　陈兆仁　王桂珍

75－56－01－03 额尔齐斯成矿区 M－45－(32)(33)(34)等幅低密度化探方法应用研究

承担单位：江西省地矿局物化探大队

主要研究人员：

尹思文　胡　斌　周建昌　高思军

75－56－01－04 东天山成矿区 K－46－(13)、(14)幅低密度化探方法应用研究

承担单位：河北省地矿局物探大队

主要研究人员：

史新民　王凤楼　潘汉雄　刘福山

75－56－01－05 东天山成矿区 K－45－(17)幅低密度化探方法应用研究

承担单位：西北大学地质系

主要研究人员：

张长年　刘德轩　张振兴　韩天魁　秦高山　张积贤　王存道

75－56－01－06 东准噶尔多金属成矿区 L－46－(32)(33)幅低密度化探方法应用研究

承担单位：陕西省地矿局物化探队

主要研究人员：

杨　柯　李志杰　史振声　陈育民　郭守孝　张怀峰　全占荣　韩天魁
白引登　王祖荣　张天社

75－56－01－07 新疆西天山 K－44－B、K－45－A 幅甚低密度化探方法应用研究

承担单位：青海省地球物理勘查队

主要研究人员：

何启琛　赵寿山　黄忠才　韩天魁　程志春　黄笑梅　黄仕明

75－56－01－08 阿尔泰多金属成矿带地球化学方法研究与开发性试验

承担单位：新疆有色地勘局物探大队

主要研究人员：

胡剑辉　文圣荧　陈克强　蒋崇阳　廖启林　王荣广　马　涛

75－56－01－09 额尔齐斯成矿区以重力资料为主的区域物探资料研究与找矿靶区优选

承担单位：新疆地矿局物化探大队

主要研究人员：

陈义荣　高玉山　张新民　高振斌　张伟权　司水林　程东兴　石洪兴

李天永　龚纪明

75－56－01－10 东准噶尔东天山 K－46－(3)(28)(34)幅北部低密度化探方法应用研究

承担单位：陕西省地矿局物化探队

主要研究人员：

蒙长荣　沙丁茂　罗生芳　古　虑

75－56－01－11 西准噶尔中部地区高精度航空综合站开发性试验研究

承担单位：地矿部航空物探总队

主要研究人员：

张文斌　郑宝生　孙殿华　段　朋　熊盛青　王越胜　范正国　王　平

75－56－01－12 应用综合物化探方法对阿尔泰南缘多金属成矿带异常进行快速评价

承担单位：地矿部物化探研究所、新疆有色物探队

主要研究人员：

曹洛华　滕世哲　刘文锦　于德武　张喜丰　朱金路　王福根　邬文俭

庆景毓　陈　雷　边亚光　尹照立　王士明　朱齐学　姚炳荣

75－56－01－13 综合物化探方法在喀拉通克铜镍矿区圈定和评价隐伏岩体中的应用

承担单位：中国科学院地球物理所

主要研究人员：

张赛珍　刘元龙　王玉和　任国泰　石昆法　刘庆云　王锦龄　闫雅芬

吴前明　李英贤　周季平　王自力　郑建昌

75－56－01－14 综合物化探方法在萨尔托海一号金矿区找矿及预测研究

承担单位：中南工业大学

主要研究人员：

何继善　彭龙祥　黎超群　陈绍球　吴智圣　邓隆校　杨楚雄　仇勇海

赵　起　高宪明　张宪润　鲍光淑

75－56－01－15 高精度重力测量等方法在黄山铜镍矿区圈定和评价隐伏岩体中的应用

承担单位：西安地质学院物探系

主要研究人员：

潘作枢　郭进田　叶顺祥　刘　展　周绵远　陈大生

75－56－01－16 新疆北部前寒武系及含矿性研究

承担单位：新疆地质矿产局地质矿产研究所

主要研究人员：

高振家　陈晋镛　陆松年　彭昌文　秦正永　吴昌华　李　铨　肖　兵
段承华　李永安　董玉杰　李怀坤　朱世兴　胡小蝶　张文治　修群业
刘　拓

75－56－01－17 新疆北部泥盆系及其含矿性研究

承担单位：新疆地质矿产局矿产研究所

主要研究人员：

肖世禄　侯鸿飞　吴绍祖　王宝瑜　王书容　刘本培　龚一鸣　闫　毅
崔　曦　蔡士赐　刘兆友

75－56－01－18 新疆北部石炭系及其含矿性研究

承担单位：中国科学院南京地质古生物研究所

主要研究人员：

廖卓庭　杨蔚华　魏洲龄　王玉净　李社高　王克良　夏凤生　秦清番
高汗元

75－56－01－19 新疆北部大地构造及其与成矿作用的关系研究

承担单位：地矿部地质研究所

主要研究人员：

肖序常　汤耀庆　冯益民　朱宝清　李锦轶　赵　民

75－56－01－20 新疆北部主要矿产成矿规律及找矿方向的研究

承担单位：中国科学院地球化学研究所

主要研究人员：

涂光炽　王中刚　成守德　田培仁　曹荣龙　章振根　胡霭琴　梅厚钧
王广瑞　杨树德　罗发祚　彭守晋　杨炳滨　吴柏青

75－56－01－21、02－40、02－41 塔里木南缘喀拉喀什河金刚石成矿条件与找矿方向研究

承担单位：新疆地矿局第二、十地质大队

主要研究人员：

杜品龙　梁月暄　杜黑肖　王懿圣　苏　犁　施恩权　贾庆昌　周玉林
刘吉敏

75－56－01－22 新疆铝土矿成矿地质条件及找矿方向研究

承担单位：中国有色金属工业总公司河南矿产地质研究所

主要研究人员：

王志光　吴国炎　吕　夏　岳　根　李启津　郭保健

75－56－01－23、48、54 天山－塔里木地块北缘古地磁研究

承担单位：新疆地矿局地质矿产研究所、美国斯坦福大学地学院地球物理系

主要研究人员：

高振家　李永安　爱伦考克斯　麦克斯威廉斯　张正坤　翟永健　李燕平
李　强　罗博特麦普

75－56－01－24 东准噶尔多金属成矿区 L－45～(24)(30)等幅低密度化探方法应用研究

承担单位：陕西省地矿局物化探队

主要研究人员：

杨　柯　赵宽录　李宝强　李剑利　王祖荣　田明善　韦建中　刘文锦
齐望平　张迎年　李英武　郭守蒋　张天社　宁国政

75～56　01－25 库鲁克塔格地区铜镍、金、铅锌、金刚石等成矿条件及远景评价研究

承担单位：长春地质学院

主要研究人员：

冯本智　刘鹏鄂　彭文明　周裕文　倪崇学　迟实福　叶松青　杨天奇
张守员　张国扬　彭齐鸣　刘正宏　田丽艳

75～56－01－26 新疆霍什布拉克铅锌成矿带 K－43－(36)等低密度化探方法应用研究

承担单位：江西省地矿局物化探大队

主要研究人员：

胡　斌　周建昌　潘斯洪

75－56－01－27 新疆北部主要地质事件同位素地质年代学研究

承担单位：中国科学院地球化学所广州分所

主要研究人员：

胡霭琴　张国新　张前锋　范嗣昆　李启新　胡树荣　朱炳泉　张鸿斌
毛存孝　刘莉英　朱乃娟　蒲志平　吴国良　施泽恩　申估林　彭建华

75－56－01－28 额尔齐斯成矿区 L－46－(1)(7)、L－45～(18)幅化探方法研究及成矿区圈

承担单位：吉林省有色 608 地质队

主要研究人员：

张洪恩　邹立岩　徐安忠　于洪斌　陈键仁　王桂珍

75－56－01－29 东天山成矿区 K－45～(21)(22)(28)幅低密度化探方法应用研究

承担单位：河北省地矿局物探大队

主要研究人员：

史新民　赵永平　潘汉雄

75－56－01－30 可可托海—木垒—哈密—柳园—阿克赛综合地球物理测深剖面

承担单位：地矿部勘查技术院

主要研究人员：

袁学诚　左　愚　朱介寿　周济元　徐新忠　李　立　金　昕　赵子言
张朝文　金国元　周友松　蔡　纲

75－56－01－31 西准噶尔成矿区低密度化探方法应用研究及成矿区带圈定与优选

承担单位:中国地质科学院科技开发总公司
主要研究人员:
谢学锦　李明喜　杨占武　史长义　王克钧　于兆云
75-56-01-32 东天山成矿区 K-45-(4)(5)(10)(16)幅低密度化探方法应用研究
承担单位:四川省地矿局物探队、青海省地矿局地球物理勘查队
主要研究人员:
吴泽高　张柏青　周　平　张志民　刘逊礼　卢嘉陵　罗宣德　王承杰
何致敬　何永健　贾树强　李自杰　陈其昌　顾道宗　刘宏民　宿和平
祁祖安　王　涛　马生春　方建军　卫肖宝　赵宝萍　翁英琪
75-56-01-33 东天山成矿区南部(北山成矿远景区)低密度化探方法应用研究
承担单位:甘肃省地矿局酒泉地质矿产调查队
主要研究人员:
王天佐　芦青山　李增明　雷淑国　康呈富　曲长世　百水浩　丁仁平
马佩文　查建祥　谢怀明
75-56-01-34 霍什布拉克成矿区 J-43(3)(4)幅北半部低密度化探方法应用研究
承担单位:新疆地矿局第一区调大队
主要研究人员:
雷增朝　陈铭荣　李双久　周润章　马哈木提　李振强
75-56-01-35 东准噶尔成矿区 L-46-(34)(35)(36)幅低密度化探方法应用研究
承担单位:新疆地矿局第二区调大队
主要研究人员:
白光群　曹光涛　王　进　杨礼荣　胡克兵　朱志新　倪新元　郭志清
戴向天
75-56-01-36 新疆北部 1:100 万航磁编图及综合地质研究
承担单位:地矿部航空物探遥感中心
主要研究人员:
朱　英　刘元生　吴文书　张　静　朱　梅　赵小芹　温世新　律克丽
何富强　孙景文　张雪菊　黄丽萍　黄喜文　祝兰英
75-56-01-37 额尔齐斯成矿区西部寻找铜镍矿的综合物探普查评价研究
承担单位:地矿部物化探研究所
主要研究人员:
刘文锦　朱金路　王福报　张喜平　吴和平　张素兰　刘旭华　董国利
75-56-01-38 额尔齐斯成矿区东部寻找铜镍和铅锌矿的综合物探评价研究
承担单位:新疆有色地勘局物探大队
主要研究人员:
肖有奎　强立炎　金雄心　魏再强　曾志刚　尹照立　强铁成　石文龙
王荣广　罗春元　卞凤玉　冯建文　夏　芳　庞丽军
75-56-01-39 新疆(天山)东部区域物探资料综合研究及成矿远景区圈定
承担单位:地矿部第二综合物探大队

主要研究人员：

涂亚辉　苗棣华　庄国钧　程光耀　李　津　刘宽厚　王栓龙　王权利
龚纪明　岳占山　童茂荣　蒋秀琴　丁慈民　杨明哲　袁　波

75－56－01－40 黄山矿区外围寻找铜镍矿的综合物化探评价研究

承担单位：新疆地矿局物化探大队

主要研究人员：

郑光华　严隋强　李进全　黄明渊　朱华立　郭进田　熊仁海
刘学清　戎俊英　罗文珲

75－56－01－41、49 新疆铂族元素成矿地质条件及找矿方向

承担单位：地矿部西安地质所

主要研究人员：

李先梓　李　行　高纪璞　王懿圣　师占义　罗玉鹏　陆　瑶　郭炳北
杨　星　杨合群　魏贵安　苏　犁　姚文先　李文明　李　玉　于河长
张爱民　易爽庭　宋俊声　黄春景　王省民　熊　彬　付学辉

75－56－01－42 新疆北部 1:100 万区域重力图编制及综合地质研究

承担单位：地矿部第二综合物探大队

主要研究人员：

黄振中　李凤林　赵　波　周玉泉　邱永勤　路都有　刘忠生　奉大勇
张为仁　李秀英

75－56－02－01(03－15、78、83、92)喀拉通克铜镍成矿带地、物、化综合研究及找矿靶区优选

承担单位：新疆地矿局第四地质大队

主要研究人员：

王福同　马天林　刘光海　李应桂　胡旺亮　赵鹏大　冯　骐　孙立菁
王建平　赵昌龙　王润民　邹海卿　袁紫林　马开义　徐外生　王小凤
李中坚　马文鹏　陈芝萱　李本海　李紫金　魏　民　肖宏森　战新志
王原钧　薛光琦　董英君　余学东　刘崇民　成杭新

75－56－02－02(02－54、68,03－53、54、82、76、98)阿尔泰山南缘铜多金属成矿带探综合研究及找矿靶优选

承担单位：有色总公司北京矿产地质研究所、地矿部矿床地质研究所

主要研究人员：

姜齐节　刘　璞　温华民　邓运松　陈汉栋　虞景毓　胡剑辉　李纯杰
吴志亮　韩东南　吕凤翔　石准立　高润平　黄鉴聪　张西平　李裕伟
曾湘月　陈元正

75－56－02－03 阿尔泰花岗岩类及其与成矿关系的研究

承担单位：中国科学院地球化学研究所

主要研究人员：

王中刚　赵振华　邹天人　吴柏青　康　旭　桂训唐　金生今　侯洪泉
赵剑峰　李龙乾　张凤祥　余时美　邓访陵　陈惠芳　杨富贵　张　杰

方得芳　周频波

75－56－02－04、60 额尔齐斯火山岩及其含矿性研究

承担单位：中国科学院地球化学研究所

主要研究人员：

于学元　梅厚钧　姜福芝　罗才让　刘铁庚　相学昌　王俊达　白正华

付　锐　相炳滨　王玉往　向　虹

75－56－02－05 额尔齐斯构造带构造演化与成矿系列研究

承担单位：北京大学地质系

主要研究人员：

何国琦　郑亚东　王　式　王嘉珩　韩宝福　岳永君　曲国胜　张进江

常宗广　许国儒

75－56－02－06 额尔齐斯构造带构造演化及成矿系列研究

承担单位：中国科学院长沙大地构造研究所

主要研究人员：

张湘炳　隋静霞　李志纯　刘　伟　杨新岳　刘顺生　黄怀勇

75－56－02－07 喀拉通克 I 号铜镍矿床地球化学异常模式研究

承担单位：地矿部物化探所

主要研究人员：

李应桂　徐外生　刘崇民　余学东　王英秀　万　特

75－56－02－08、09 新疆 1:200 万勘查地球化学环境类型区划图的编制

承担单位：地矿部物化探所

主要研究人员：

任天祥　杨少平　张　华　蒋瑞金　高　平　马生明　曹　锋　李宗群

75－56－02－10 新疆托里县哈图金矿地球化学异常模式与金异常评价方法的研究

承担单位：地矿部物化探研究所

主要研究人员：

邵　跃　古平等　余学东　汪明启　谢　勇　沈夏初　杜广通

75－56－02－11 新疆哈密金窝子矿床成矿成晕地球化学模式研究

承担单位：有色总公司矿产地质研究院

主要研究人员：

栾继深　赵友方　姚锦琪　陈运胜　顾祖伟　欧阳宗圻

75－56－02－12 新疆萨尔托海 I 号金矿床成矿—成晕地球化学模式研究

承担单位：吉林省有色矿产地质研究所

主要研究人员：

孙宝田　张承恒　周剑峰　周凤楼　刘敏韬

75－56－02－13 应用相分析技术评价阿尔泰前缘多金属矿带分散流异常的研究

承担单位：西北有色研究所

主要研究人员：

龚美菱　宋国梁　黄毓立　侯嘉丽　王立华　王庆如　张　敏

75－56－02－14、15、16 西准噶尔地区 1:20 万区域勘查地球化学方法研究与开发性试验

承担单位:地矿部第二综合物探大队、陕西地矿物探队

主要研究人员:

李正永　蔡分良　舒　驳　阴永春　杜佩轩　沙丁茂　杨玉杰　宋来忠
王学彦　潘淮良　伊　坚　帅上和　王其鸣　童茂英　刘玉林　邱友谊

75－56－02－18 哈图金矿带地质、物探、化探综合研究及找矿靶区优选

承担单位:中国科学院地质研究所

主要研究人员:

沈远超　金成伟　齐进英　丁奎首　肖增岳　张秀棋　刘小汉　郝　杰
杨　忆　郑祥身　熊义大　杨连生　李慎之　李保勋　彭龙祥　王　哲

75－56－02－19 新疆西准噶尔蛇绿岩套地质特征及含矿性研究

承担单位:中国科学院地质研究所

主要研究人员:

张　弛　吴浩若　潘正甫　王广瑞　赵中岩　马鸿文　杨瑞英　黄　萱
张炳义　翟明国　边千韬

75－56－02－20 克因布拉克地区硫化物氧化带及红墩区物化探异常钻探验证

承担单位:新疆有色 706 队

主要研究人员:

李博泉　邓运松　王　宏

75－56－02－23 新疆鄯善县卡特卡尔塔格铜镍异常检查评价研究

承担单位:新疆地矿局物化探队

主要研究人员:

谭文汉　李进全　张定虎　朱华立　熊仁海　任胜卜　唐相嘉　王维舟

75－56－02－26 黄山铜镍成矿带地质地球物理地球化学综合研究及找矿靶区优选

承担单位:新疆地矿局第六地质大队

主要研究人员:

李德惠　周　守　殷定泰　竺国强　张伯南　包相臣　程扶华　韩昭文
孙建江　徐人炎　杨浩存　黄明渊　蒋寄云

75－56－02－27 星星峡金和多金属成矿带地物化综合研究及找矿靶区优选

承担单位:新疆有色地质勘探公司 704 大队

主要研究人员:

赵殿甲　王建业　章振根　徐仲平　张积斌　朱星南　王　钟　张臣庆
查仁荣

75－56－02－28 新疆巴仑台多金属成矿带地物化综合研究及找矿靶区优选

承担单位:西北大学

主要研究人员:

车自成　张全辉　蒋有渝　吴文奎　韩天儒　刘洪福　姜常义　杨　复
李良辰　张长年

75－56－02－29 东天山火山岩及其含矿性研究

承担单位：成都地质学院

主要研究人员：

周济元　茅燕石　何大伦　黄志边　王道永　肖渊甫　黄方方　张　安

75－56－02－30 东天山花岗岩及其含矿性研究

承担单位：南京大学地球科学系

主要研究人员：

胡受奚　顾连兴　严正富　周顺之　武耀成　王金珠　郭继春　杨　浩

75－56－02－31 东天山构造格局地壳演化和成矿系列研究

承担单位：南京大学地球科学系

主要研究人员：

马瑞士　闫文元　叶尚天　王赐银　刘冠邦　姜凤琪　王　超　郭召杰

朱文斌　朱慧娟　卢银桢　王天新　张福勤　马家常

75－56－02－33 新疆 1∶200 万地质构造—建造图说明书

承担单位：新疆地矿局地质矿产研究所

主要研究人员：

成守德　王广瑞　杨树德　靳金生　祝皆水　黄德俊　李天福　赵惠莲

欧阳恕　李春林

75－56－02－35 额尔齐斯河地区遥感地质矿产图说明书

承担单位：新疆地矿局第一区调大队

主要研究人员：

王嘉桁　张双全　斐庚祥　王于一　王建军　付世华

75－56－02－36 西准噶尔地区遥感地质矿产图说明书

承担单位：新疆地矿局第一区调队

主要研究人员：

张成经　张玉谦　漆树基　杜青松　徐应南

75－56－02－37 东疆地区遥感地质矿产图说明书

承担单位：新疆地矿局第六地质大队

主要研究人员：

杨文勇　贾书振　王广平　黄文斌　潘富生　吴乃元　王海鹏　梁云海

刘洪炳　陈　辉　及进华

75－56－02－38 新疆东准噶尔地区遥感地质矿产图说明书

承担单位：新疆地矿局第二区调大队

主要研究人员：

马文义　张纪衡　郭文周　陆　军　丁崇义　崔曰武　杨礼泉　祁世军

张晋萍　白光群　刘生海

75－56－02－39 新疆地质情报综合分析与对比研究

承担单位：新疆地矿局地矿研究所

主要研究人员：

张鸿昌　刘学义　乌统旦　王家枢　吴振寰　古　方　刘曼华

75－56－02－42 新疆东准噶尔锡金等多金属成矿带地物化综合研究及找矿靶区优选

承担单位：地质矿产部 562 综合大队

主要研究人员：

张以熔　朱明玉　田慧新　姜　枚　张丕富　潘洪魁　张景涛　明奎海
吴　海　刘序琼

75－56－02－43 博乐钨锡成矿带综合研究

承担单位：中国科技大学

主要研究人员：

满发胜　孙立广　王奎仁　周泰禧　刘泽均　岳书仓　李曙光　周导之
王华俊　周大庄　吴守让　邓衍尧　陈江峰　陈道公　周有勤　倪守斌
兰天佑　金福全　刘　因　徐晓春　王文彬　方永康　黄建华　席道瑛
付容珊　李时灿　刘文忠　邵必建

75－56－02－46、47、48 新疆阿尔泰原生金矿地、物、化综合研究和找矿靶区优选

承担单位：地矿部南京地质矿产研究所

主要研究人员：

芮行建　顾巧根　周维康　孙南圭　王曰辉　胡　斌　刘吉敏　黄　海
朱韶华　施华生　董永观　王　仲

75－56－02－49 新疆赛米斯台—巴尔鲁克金汞锡多金属成矿远景区地物化综合研究

承担单位：中国地质科学院科技开发总公司

主要研究人员：

谢学锦　马开义　张以熔　姜　枚　刘煜洲　李跃西　朱裕生　王雪英
李革芝　卢荫府　兹善先　杨占武

75－56－02－50 北山远景成矿区地物化综合研究与找矿靶区圈定

承担单位：中国地质大学(武汉、北京)

主要研究人员：

赵鹏大　胡旺亮　方锡廉　高怀忠　张旺生　陈新平　李鸿福　池顺春
李四维　何维岳　朱云海　周治新　吕瑞英　李炎冰　刘兆有

75－56－02－51 博罗崔洛远景成矿区地物化综合研究及找矿靶区圈定

承担单位：中国有色金属工业总公司新疆地质勘查局

主要研究人员：

丁乾俊　黄　煌　吴文奎　黄世乾　关明珍　王崇礼　谢广成　满发胜
边亚光　齐长纯

75－56－02－52 新疆东准噶尔纸房—段家地北汞矿带控矿条件、富集规律及找矿方向

承担单位：陕西省地矿局物化探大队

主要研究人员：

陈育民　崔志英　何世杰　李志杰　王文昭

75－56－02－53 新疆东准噶尔贝勒库都克锡矿带地质特征和成矿预测综合研究

承担单位：地质矿产部 562 综合大队

主要研究人员：

明奎海　张以熔　孙惠礼　张春山　王型珍

75－56－02－57 镜儿泉铜镍金钼成矿带地、物、化综合研究及找矿靶区优选

承担单位：新疆地矿局第六地质大队

主要研究人员：

周　宁　何维岳　吴益平　阿不来提　张拓夫　王学清　汪振文　周　卫　钟　莉

75－56－02－58 新疆天格尔金矿成矿带地物化综合研究及找矿靶区优选研究

承担单位：西北大学

主要研究人员：

车自成　韩天儒　炎金才　王润三　刘洪福　刘　良　刘养杰

75－56－02－59 康古尔塔格金成矿带地物化综合研究及找矿靶区优选研究

承担单位：西安地质学院

主要研究人员：

姬金生　陶洪祥　杨兴科　杨永德　曾章仁　李志泉　张立冬　张连昌　杨前进　薛春纪

75－56－02－60 新疆富蕴县也克沙尔布拉克铜金矿点地表评价与研究报告

承担单位：中科院贵阳地化所

主要研究人员：

白正华　马文义　王学元　梅厚钧　邱玉忠　杨学昌　李志涛　刘铁庚

75－56－02－62 康古尔塔格地区硅灰石矿地表检查评价与研究专题报告

承担单位：西安地质学院

主要研究人员：

姬金生　薛春纪　杨兴科　曾章仁　张连昌　李民贤　杨永德

75－56－02－63 哈密图兹雷克金伯利岩检查评价

承担单位：南京大学地球科学系

主要研究人员：

马瑞士　王赐银　闫文元　周国庆　楚雪君

75－56－02－64 新疆哈巴河县多拉纳萨依金矿田南段西矿带快速远景评价研究报告

承担单位：南京地质矿产研究所

主要研究人员：

施华生　傅德鑫　董茂兴　芮行健　黄　海

75－56－02－65 新疆坡北1号、10号基性－超基性岩体地质特征及其成矿远景

承担单位：中国地质大学

主要研究人员：

高怀忠　胡旺亮　李鸿儒　周治新　何惟岳　吕瑞英　李四维　李水如

75－56－02－66 新疆北部铜矿主要类型成矿条件和找矿方向分析研究报告

承担单位：地矿部矿床所

主要研究人员：

芮宗瑶　季克俭　宋叔和　张洪涛　王书凤　李　宁　张效民　王龙生

75－56－02－67 新疆哈密玉西银矿带优选异常检查评价及成矿条件研究年度工作报告

承担单位：新疆地矿局六大队

主要研究人员：

耿　建　王晓亭　曹宏礼　杨在峰　彭章春　彭方红

75－56－02－69 新疆哈密独峰山硅灰石矿评价研究

承担单位：新疆地矿局六大队

主要研究人员：

刘人俊　王端伦

75－56－03－02 热电系数及复介电系数在矿床研究及探测隐伏矿体中的应用研究

承担单位：有色总公司矿产地质研究院

主要研究人员：

肖树建　刘靓娴　刘齐跃　王发强

75－56－03－03 同位素方法评价铁帽、化探异常研究

承担单位：有色总公司矿产地质研究院

主要研究人员：

陈民扬　朱炳泉　吴存孝　庞春勇　王士明　黄　斌

75－56－03－04 高精度重磁测量在喀拉通克寻找弱磁或隐伏矿床上的方法和技术研究

承担单位：地矿部物化探研究所

主要研究人员：

刘文锦　刘行义　于德武　滕世哲　曾洛华　杨辟元　朱金路　张喜丰
郝文俭　王褐根　李晓昌　李元厚

75－56－03－05 高分辨率地震方法在喀拉通克铜镍矿区的应用研究

承担单位：地矿部物化探研究所

主要研究人员：

张世洪　王家和　李兆福　张俊瑜　谭　鹏　达　来　伍建华　仇玉忠
张殿成　孙惠荣

75－56－03－06、20、27、111 过渡场法为主的井中综合物探在寻找盲矿体的应用研究

承担单位：有色总公司矿产地质研究院

主要研究人员：

张怀享　温少光　朱明忠　王列俊　李娄娄　李杰春　邵孟林

75－56－03－07 阿尔泰多金属矿床物理—地质模型及找矿预测研究

承担单位：有色总公司矿产地质研究院

主要研究人员：

肖树建　王　钟　黄　东　武润亭　张小路　吴　虹　曾汀车　虞景毓

75－56－03－08 频谱激电法在黄山地区寻找盲矿体及评价岩体含矿性的应用研究

承担单位:新疆有色地勘局物探大队、中南工业大学

主要研究人员:

蒋　彬　海戴媛　王庆乙　温培林　杨　生　胡玉平　曾　阳　强立炎　刘书健

75－56－03－09 新疆喀拉通克地区 Au、Ba 和水化学异常评价研究

承担单位:地矿部物化探研究所

主要研究人员:

任天祥　杨少平　马生明　张　华　李应桂　余学东　王英秀　古平莱　庞庆恒　刘崇民　刘吉敏

75－56－03－10 遥感技术在地质找矿中的应用研究

承担单位:中国科学院遥感应用研究所

主要研究人员:

郭华东　李　丽　王道经　崔承禹　蒋保林　林树道　张圣凯　刘嘉麒　朱重光　李乃煌　刘子贵　蔺启忠

75－56－03－11 遥感地质技术在地质找矿中的应用研究(星星峡地区)

承担单位:中国有色金属工业总公司地质遥感中心

主要研究人员:

吕启昌　曾益文　杨铭君　植起汉　彭恩生　王光伟　张佩民　于长监　张　信　陈　信　李领军　朱谷昌　张远飞　贺　进　胡晓斌

75－56－03－12 新疆主要矿产资源、主要成矿区(带)及重要矿床的地质技术经济条件

承担单位:地矿部中国地质矿产经济研究院

主要研究人员:

贾芝锡　孙孚望　李政洙　孔　坷　刘随臣　宋永琪　刘德权　唐廷龄　刘人俊　王金山

75－56－03－14 新疆地区有用矿产 X 射线荧光技术应用研究

承担单位:成都地质学院

主要研究人员:

曹利国　吴建平　丁益民　郭晓明

75－56－03－16 激光单原子探测技术在地质找矿中的应用研究

承担单位:清华大学

主要研究人员:

陈陡延　文克玲　惠　秦　田嘉禾　马万云　尚仁成　赵文正　王世亮　许祥源　张连芳　林桂明　陈学俊　李良权

75－56－03－23 新疆博罗霍乐—北山地区航空遥感摄影及其地质找矿应用研究

承担单位:地质矿产部地质遥感中心

主要研究人员:

张学勤　赵福岳　吴承芝　方洪宾　杨清华　张　雍　郭大海　孙　莉　赖吉生　赵振远　刘洪学　李承贤　王青华　张志峰

75－56－03－30 哈巴河 HM－76 号异常评价研究

承担单位:地矿部物化探研究所

主要研究人员:

刘文锦　曹洛华　朱金路　王福根　张喜丰　郝文俭　李元厚　姜立超　李晓昌　卢景奇

75－56－03－32 新疆富蕴县麦兹地区化探异常评价

承担单位:新疆有色物探大队

主要研究人员:

金雄心　王昭辉　王泽毅　倪福宝　赵学平　翟新成　邓　吏　赵　琳

75－56－03－34 贝勒库都克锡矿综合地球化学新方法及找矿评价标志研究

承担单位:有色总公司矿产地质研究院

主要研究人员:

栾继深　赵友方　顾祖伟　陈远荣　黎　武　欧阳宗圻

75－56－03－35 应用气体测量及化探方法评价戈壁厚层覆盖含矿远景区及遥感影像异常

承担单位:甘肃有色地质研究所

主要研究人员:

刘泉清　王维熙　蒋　峰　任育智　史琳华　王俊生　陈伟明　杨　惠

75－56－03－39 西准哈图山至达尔布特地区金异常检查评价研究

承担单位:新疆地矿局物化探大队

主要研究人员:

王耀辉　樊　锐　阎永孝　李思白　郑光华

75－56－03－43 综合物(化)探方法对沙尔布拉克重、磁、化探异常评价研究

承担单位:中国科学院地球物理研究所

主要研究人员:

张赛珍　刘元龙　石昆法　任国泰　刘庆云　王绵龄　闫雅苍　郑建昌　张树椿

国家"八五"科技攻关计划 85－902 项目
《加速查明新疆贵重、有色金属大型矿产资源基地综合研究》

85－902－01－01 阿舍勒铜锌成矿带成矿条件及重点矿床综合评价研究

承担单位:中国地质科学院

主要研究人员:

陈毓川　叶庆同　刘　宝　牟传龙　邢雪芬　黄光照　李　瑛　周良仁　任秉琛　王登红　张国清　赵昌龙　冯　京　王全明　庄道泽　张愉才　张晓华

85－902－01－02 可可塔勒铅锌成矿带成矿条件及重点矿床综合评价研究

承担单位:中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所

主要研究人员:

王京彬　邓运松　李思强　秦克章　吴志亮　胡剑辉　邓吉牛　张进红

范　勇　李　峰

85－902－01－03 阿尔泰南缘金矿控矿规律与富矿赋存条件研究

承担单位：地矿部南京地质矿产研究所

主要研究人员：

芮行健　朱韶华　董永观　孔庆寿　张松林　程忠富　吴礼道　刘抗娟
孙南圭

85－902－01－04 可可托海—柯鲁木特一带锂铍铌找矿靶区筛选与综合评价

承担单位：成都理工学院

主要研究人员：

栾世伟　毛玉元　范良明　巫晓兵　林金辉　刘援朝　黄继钧　万永文
叶祥华　邱元德　葛君伟　李家福　李才明　杨明高　张湘宸　贾富义

85－902－01－05 阿尔泰南缘大型变形构造及与成矿作用关系研究

承担单位：中国科学院长沙大地构造研究所

主要研究人员：

李志纯　杨新岳　刘　伟　谢国源　彭文澜　郭定良　关壁红

85－902－01－06 中哈阿尔泰多金属矿带地质及成矿对比研究

承担单位：新疆地矿局地质矿产研究所

主要研究人员：

李天德　祁志明　吴柏青　肖世禄　黄　煌　赵昌龙　屠罕平　肖有奎

85－902－01－07 阿尔泰经济区矿产资源开发地质技术经济评价研究

承担单位：地矿部中国地质矿产经济研究

主要研究人员：

杨福田　王　文　张应红　吴文盛　孙孚望　唐廷龄　关凤峻　范宴良

85－902－02－01 西准噶尔成矿区成矿地质条件与矿产资源综合评价

承担单位：中国科学院地质所　陕西有色物化探队　甘肃省地质矿产局物探队

主要研究人员：

沈远超　金成伟　刘红涛　李慎之　范宏瑞　杨　忆　孙秀英　肖增岳
王　哲　齐进英　李尚儒　徐永生

85－902－02－02 西准噶尔地区重点靶区和综合化探异常评价研究

承担单位：西北有色地勘局物化探队、甘肃省地矿局物化探队

主要研究人员：

宋　国　杨占武　汪　旭　秦高山　韩天魁　徐　杰　吴　杰

85－902－03－01 绿石沟铜矿、索尔库都克铜矿及外围靶区评价研究

承担单位：中国地质科学院矿产地质研究所

主要研究人员：

刘光海　白大明　陈仁义　董英君　王君恒　薛光琦　熊寿庆　毛玉元
刘玉琳　赵克林　黎益壮　肖俊峰　陈金吾　曹亚平

85－902－03－02 卡拉麦里一带金矿成矿条件与靶区综合评价研究

承担单位：中国地质大学(北京)

主要研究人员：

赵鹏大　胡旺亮　高怀忠　张旺生　吴瑞英　李鸿儒　曹新志　孙有济
袁艳斌

85－902－03－03 东准噶尔地区铜、金、多金属化探异常筛选与评价研究

承担单位：地矿部 562 综合大队

主要研究人员：

张以熔　吴　海　杨富全　潘洪魁　刘序琼　张丕富

85－902－03－04 东准噶尔地区铜、金、多金属化探异常筛选与评价研究

承担单位：桂林工学院

主要研究人员：

袁奎荣　刘家远　悻建刚　吴郭泉　刘　生　喻亨祥　李少游　刘亮明

85－902－04－01 新疆伊宁县阿希金矿控矿规律与外围靶区评价研究

承担单位：地矿部沈阳地质矿产研究所

主要研究人员：

毋瑞身　田昌烈　杨芳林　刘海山　贾　斌　沙德铭　漆树基　翟　伟
董莲慧　王世新

85－902－04－02 喇嘛苏铜矿成矿条件及外围靶区评价研究

承担单位：中国有色金属工业总公司矿产地质研究院

主要研究人员：

植起汉　朱谷昌　王　炎　曾宪仁　隗合明　宁晰春　孙继东　杨军臣
李志德

85－902－04－03 新疆阿吾拉勒铜矿带成矿规律与重点靶区评价研究

承担单位：中国有色金属工业总公司矿产地质研究院

主要研究人员：

黄明杨　吴文奎　莫江平　王士明　覃龙芳　刘　刚　卢汉提　姜常义
陈克强

85－902－04－04 新疆乌鲁木齐县胜利(冰)达坂金矿及外围靶区评价研究

承担单位：西北大学

主要研究人员：

王润三　炎金才　刘养杰　王居里　王　焰

85－902－04－05 察布查尔铜、金找矿评价研究

承担单位：地矿部地球物理化学勘查研究所

主要研究人员：

曹洛华　姚敬金　王隆平　张素兰　陈英功　李月臣　刘　刚

85－902－04－06 中—乌西天山斑岩铜矿成矿条件对比与成矿远景预测

承担单位：新疆有色地勘局、乌兹别克斯坦共和国中亚地质与矿产资源研究所

主要研究人员：

蔡宏渊　马学义　朱　渊　郑跃鹏　李福春　裴存建

85－902－04－07 温泉县莫扎特煤矿成矿前景评价研究

承担单位:中国科技大学
主要研究人员:
孙立广　王奎仁　葛宁洁　张兆峰
85-902-05-01 康古尔塔格金矿带控矿规律及靶区优选评价研究
承担单位:西安地质学院
主要研究人员:
姬金生　曾章仁　杨兴科　罗桂昌　薛春纪　杨建国　张连昌　卢登蓉
韩照信　苏生瑞　陶洪祥
85-902-05-02 黄山铜镍成矿带浅富矿赋存条件及靶区优选评价研究
承担单位:成都理工学院
主要研究人员:
李承德　蒸纪录　孙　燕　唐菊兴　陈建平　苗　放　李　革　肖渊甫
竺国强　阳正熙
85-902-05-03 东天山东段重要靶区综合评价研究
承担单位:成都理工学院
主要研究人员:
周济元　张　斌　张朝文　卫管一　陆　彦　夏　军　崔炳芳　王崇云
李保华
85-902-05-04 阿其克布拉克—梧桐沟一带金、铜成矿前景及找矿靶区优选评价
承担单位:中山大学
主要研究人员:
李兆麟　吉　雄　孙晓明　毛艳华　杨荣勇　袁家义　吴建军　王达忠
朱冬梅　彭家驹　李师兰　毕承彬　余成就　熊晓明
85-902-06-01 新疆北部与邻区超大型矿床成矿背景条件对比研究及其前景评估
承担单位:中国科学院贵阳地球化学研究所
主要研究人员:
涂光炽　赵振华　梅厚钧　刘铁庚　王　琪　成守德　田培仁　王中刚
王广瑞　白正华　肖森宏　高技元
85-902-06-02 新疆北部造山带前寒武纪基底特征及成矿前景研究
承担单位:中国科学院广州地球化学所
主要研究人员:
胡霭琴　张国新　张前峰　陈义兵　张鸿斌　蒲志平　施泽恩　毛存孝
申佑林
85-902-06-05 新疆北部主要有色金属矿床成矿期同位素年代学研究
承担单位:地矿部宜昌地质研究所
主要研究人员:
李华芹　谢才富　常海亮　蔡　红　朱家平　周　肃　余必胜　叶伯丹
85-905-06-06 新疆北部地壳化学成分研究
承担单位:中国科技大学
主要研究人员:

倪宇斌　满发胜　黎　彤　张　巽　肖广松　程先富

85－902－06－07 新疆北部晚古生代花岗岩陆相火山岩及其含矿性研究

承担单位：中国科学院地球化学所

主要研究人员：

王中刚　赵振华　于学元　洪文兴　白正华　陈繁荣　刘铁庚　杨富贵　郭国章

85－902－06－08 洪古勒楞—阿尔曼太蛇绿岩及其与成矿关系研究

承担单位：中国科学院地质研究所

主要研究人员：

张　驰　金成伟　黄　萱　李日俊　徐永生　孙世华　田新林　杜世宝　张鸿昌　王玉瑾

85－902－06－09 哈尔克山蛇绿岩与成矿关系的研究

承担单位：地矿部地质研究所

主要研究人员：

汤耀庆　高　俊　赵　民　李锦轶　王　军

85－902－06－10 依兰里克地区碱性岩及成矿关系研究

承担单位：地矿部矿床地质研究所

主要研究人员：

邹天人　徐　珏　杨岳清　张建华　周玉林　吴澄宇　余时美　万德芳　林月英

85－902－06－11 兴地基性、超基性杂岩带评价研究

承担单位：地矿部西安地质矿产研究所

主要研究人员：

叶良和　杨合群　洛长义　朱宝清　罗玉鹏　张开春　师占义　朱生英

85－902－06－12 天山东段大型推覆构造及与成矿关系研究

承担单位：南京大学地球科学系

主要研究人员：

马瑞士　舒良树　孙家齐　王赐银　朱文斌　刘建华

85－902－06－13 多源遥感技术在地质找矿中的应用研究

承担单位：地矿部地质遥感中心

主要研究人员：

张学勤　赵福岳　张　雍　方洪宾　赵长英　苏德荣　张瑞江　李志忠　周维宝

85－902－06－14 航天遥感技术寻找大—超大型矿找矿靶区应用研究

承担单位：中国科学院遥感应用研究所

主要研究人员：

蔺启忠　郭华东　李　林　王志刚　燕学勋　王　琪　刘子贵　林树道　邵　芳

85－902－06－15 彩色红外遥感技术在准噶尔地质找矿中的应用研究

承担单位:地矿部地质遥感中心
主要研究人员:
张　雍　赵福岳　杨清华　郭鸿洲　孙永军　张瑞江　周淮宝　唐伯军
李　谨　段　鹏

85－902－06－16 新疆大型靶区和异常快速评价研究
承担单位:中国科学技术大学
主要研究人员:
满发胜　赵寿山　高怀忠　刘长生

85－902－06－17 天山西段大型推覆构造及与找矿关系研究
承担单位:北京大学地质学系
主要研究人员:
何国琦　李茂松　高　俊　陆书宁　王学朝

85－902－06－18 航天遥感技术在东昆仑—阿尔金山地质找矿中的应用研究
承担单位:中国科学院新疆地理研究所
主要研究人员:
迟国彬　丁　暄　袁方策　包安明　徐文新　吴文莹　陈锡飞　刘爱辉
唐肖宇　张占军

85－902－06－19 新疆大型找矿靶区快速评价研究
承担单位:地矿部矿床地质研究所
主要研究人员:
李纯杰　邓颂平　刘　瑛　傅旭杰　刘亚玲　余金生　蒋金荷　赵克林
杨绍成

85－902－07－01 浅表矿快速找矿与评价方法组合研究
承担单位:新疆地矿局物化探大队
主要研究人员:
熊光楚　龚美菱　胡兴凤　刘靓娴　赵友方

85－902－07－02 隐伏矿快速找矿与评价方法组合研究
承担单位:新疆有色地质勘查局物探大队
主要研究人员:
熊光楚　邓振球　谢德顺　王隆平　兰　险　刘吉敏　李应桂　邓祖琰
张国清　边亚光

85－902－07－03 井中综合物探在找矿中的应用研究
承担单位:中国有色金属工业总公司矿产地质研究院
主要研究人员:
张兆京　朱明忠　蒋　明　王列俊　侯飞洪　蔡柏林

85－902－07－04 高精度航空综合站测量在找矿中的应用研究
承担单位:地矿部航空物探遥感中心
主要研究人员:
张文斌　熊盛青　徐东宸　郑宝山　刘振军　赵玉刚　赵晋芳　范正国

王启辉

85－902－07－05 天山东段低密度勘查地球化学研究

承担单位：陕西省地矿局物化探队

主要研究人员：

杨　柯　李剑利　李宝强　林高原　杨小兵　吴泽高

85－902－07－06 新疆北部地球化学图编制及综合研究

承担单位：陕西省地矿局物化探队

主要研究人员：

杜佩轩　仁明哲　王敬恺　何　磊　王军团　王炜红　王　岩

85－902－07－07 西准噶尔地区区域物化探地质资料数字图像处理及模式识别应用研究

承担单位：地矿部航空物探遥感中心

主要研究人员：

赵举孝　王硕儒　邓振球　沈效群　孙瑞芬　徐起德　刘宁宁　王广平

孔祥忠　王禾波

85－902－07－08 新疆康古尔塔格地区高精度航空物探综合研究

承担单位：地矿部航空物探遥感中心

主要研究人员：

张天阁　吴其岳　王庆华　赵玉刚　蔡玉梅

85－902－08－03 新疆铜镍冶炼中钴渣及贵金属综合利用中间试验

承担单位：新疆有色冶金研究所

主要研究人员：

张一鸣　员　玺　马育新　李文生　侯家璇　马国斌　刘　江　杜沛林

杨玉娟

85－902－08－04 新疆含砷金矿加层氧化预处理新工艺研究

承担单位：新疆有色冶金研究所

主要研究人员：

张一鸣　员　玺　马育新　李文生　侯家璇　马国斌　翟建民

85－902－08－05 辉石硫酸法提　碳铵沉　半工艺试验

承担单位：新疆有色冶金研究所

主要研究人员：

王桂英　章　跃　石　颖　叶茂新　任　伟　陈廷扬　周　鹏

85－902－09－01 新疆北部及邻区贵重、有色金属成矿系列图及说明书的编制

承担单位：新疆地矿局科研所

主要研究人员：

成守德　王广瑞　彭守晋　杜佩轩　冯荣坤　温华民　欧阳恕　杨树德

张致民　陈颂光

85－902－09－03 攻关成果的动态分析与综合研究

承担单位：地矿部矿床地质研究所

主要研究人员：

芮宗瑶　肖树建　王龙生　陈仁义　刘玉琳　黄　东　武润庭　高清深　刘　成

国家“九五”科技攻关计划96－915项目《加速查明新疆优势金属矿产资源及大型矿床的综合研究》

96－915－01－01 阿尔泰晚古生代火山沉积盆地流体系统与有色金属成矿作用研究

承担单位：中国科学院广州地球化学所

主要研究人员：

于学元　牛贺才　许继峰　陈繁荣　郑作平　杨瑞英　张海祥

96－915－01－02 阿尔泰成矿省的成矿系列及成矿规律研究

承担单位：中国地质科学院

主要研究人员：

陈毓川　王登红　徐志刚　李天德　林文蔚　李红阳

96－915－01－03 阿舍勒铜、锌矿床深部及外围隐伏矿的三维定位研究

承担单位：中国地质科学院

主要研究人员：

朱裕生　徐　珏　王全明　肖克炎　冯　京　庄道泽　高永峰　方一平　郑陈辉　宋国耀

96－915－01－04 哈巴河—布尔津河流域金、铜成矿条件研究及找矿靶区优选

承担单位：南京地质矿产研究所

主要研究人员：

董永观　张传林　芮行健　张松林　骆宏玉　袁旭音　范洪源　胡兴凤　徐　宁　殷健生　陈陇刚

96－915－01－05 萨吾尔山金、铜成矿条件与找矿评价研究

承担单位：有色矿产地质研究院

主要研究人员：

尹意求　陈大经　唐红松　李嘉兴　安银昌　胡兴平　郭正林　黄有德　陈远荣

96－915－02－01 阿尔泰变形变质及流体作用研究

承担单位：中国科学院长沙大地构造所

主要研究人员：

刘顺生　李志纯　徐学纯　谭凯旋　赵志忠　郑常青　郭定良

96－915－02－02 阿尔泰成矿区多源信息系统成矿预测研究

承担单位：长春科技大学

主要研究人员：

王世称　范继璋　杨毅恒　李景朝　叶水盛　马生忠

96－915－02－03 可可塔勒多金属矿带隐伏矿定位预测研究

承担单位:有色北京矿产地质研究所

主要研究人员:

王京彬　张进红　丁汝福　方同辉　李嘉兴　姜　俊　马忠美　刘　刚
李春霞　安银昌

96－915－02－04 库马尔矿带金、多金属找矿预测研究

承担单位:南京地质矿产研究所

主要研究人员:

袁旭音　周涛发　周华平　袁　峰　胡兴凤　代玉才　沈　军　毛伟明
马天林　孙立菁

96－915－02－05 布尔根矿带金、铜找矿评价研究

承担单位:有色北京矿产地质所

主要研究人员:

邓吉牛　王军升　廖启林　温华民　冯荣坤　赵殿甲　郭华春　胡柏青
刘义学　刘　钢

96－915－02－06 阿尔曼太—双峰山—带金、铜找矿评价及勘查地球化学研究

承担单位:桂林工学院

主要研究人员:

刘家远　钱建平　张旺生　胡承琦　喻亨祥　夏佐铎　林锦富　高怀忠
李鸿儒　程志平

96－915－03－01 西天山高压—超高压变质带变质作用、折返机制及其与构造演化关系

承担单位:中国地质科学院地质研究所

主要研究人员:

高　俊　张立飞　黄德志　刘圣伟

96－915－03－02 西天山北部晚古生代火山—浅侵位岩浆活动与金、铜、多金属矿床成矿关系的研究

承担单位:中国科学院广州地球化学所

主要研究人员:

赵振华　白正华　芮宗瑶　熊小林　梅厚钧　王龙生　王一先　包志伟

96－915－03－03 喇嘛苏—科古琴地区铜、金等矿化的控矿条件研究和大型矿床成矿预测

承担单位:中南工业大学

主要研究人员:

彭省临　赖健清　王　核　邵拥军　钟运鄂　申茂德　张云孝　隗含明
张友山　张宪润

96－915－03－04 阿吾拉勒西段—伊什基里克地区铜银金多金属铁锰矿化规律与找矿预测评价

承担单位:有色矿产地质研究院

主要研究人员:

杨志军　黄明扬　王正云　莫江平　汪劲草　刘文锦　于德武　朱炳球
许德树　刘铁庚

96－915－03－05A 天格尔—巴伦台地区铜、金等矿床成矿规律及找矿评价

承担单位：武警黄金十五支队，北京大学

主要研究人员：

陈衍景　常西临　刘玉琳　陈华勇　王居里　刘养杰　王祖银　王　焰
夏　勇　包景新　胡建民　朱永峰

96－915－03－05B

承担单位：冶金部天津地质研究院

主要研究人员：

朱凯军　章志安　姚国龙　赵今庆　陈新帮　黄金水

96－915－03－06 吐拉苏—也里莫墩矿带金、银成矿规律研究和找矿评价

承担单位：沈阳地质矿产研究所

主要研究人员：

毋瑞身　田昌烈　沙德铭　贾　斌　漆树基　王永新　伍宗华　古　平
杨　森　杜　青　卢　渊　施　明　原玉香

96－915－04－01 南天山古生代沉积盆地演化与层控多金属矿成矿条件研究

承担单位：成都地质矿产研究所

主要研究人员：

刘　宝　颜仰基　周铭魁　吴应林　赵玉光　刘本培　张传恒　周洪瑞
王自强　王家生

96－915－04－02 南天山碰撞后构造变形、盆山演化过程及对成矿作用的影响

承担单位：北京大学

主要研究人员：

韩宝福　何国琦　李茂松　刘建波　王学潮　吴泰然　王宝瑜　李向东
刘玉琳　董熙平

96－915－04－03 南天山大型贵重、有色金属矿床成矿条件研究、靶区优选与评价

承担单位：中国地质科学院矿床地质所

主要研究人员：

王立本　郑明华　蔡宏渊　叶庆同　张寿庭　邓贵安　杨富全　刘家军
龙训荣　朱谷昌

96－915－04－04A 查汗萨拉锑、银矿带成矿条件研究与找矿评价

承担单位：中国科学技术大学

主要研究人员：

满发胜　倪守斌　王兆荣　胡世玲　康成德　赵寿山　寇玉才　张岳山
刘树林　蔡宏渊

96－915－04－04B 南天山东段贵重有色金属成矿条件研究及找矿靶区优选

承担单位：核工业北京地质研究院

主要研究人员：

蔡根庆　姜常义　张子敏　李月湘　吴文奎　马汉峰　林锦荣　孙志富
胡敏知　穆艳梅

96－915－04－05 塔里木盆地北缘碱性岩带及稀土、宝玉石、金刚石成矿条件研究

承担单位：中国地质科学院矿床地质所

主要研究人员：

邹天人　徐　珏　路凤香　李昌年　夏风荣　陈伟十

96－915－05－01 觉罗塔格古生代构造演化与成矿关系研究

承担单位：南京大学

主要研究人员：

马瑞士　舒良树　王赐银　朱文斌　孙家齐　刘砥帮　罗桂昌　赵　明
印东浩　王觉富

96－915－05－02 东天山隆起带基底特征、隆升过程及早前寒武纪杂岩成矿远景分析

承担单位：北京大学

主要研究人员：

郭召杰　刘树文　张志诚　郑海飞　王建君　李　海　瘳国辉

96－915－05－03 达坂城铜、金矿带成矿条件研究和矿床定位预测

承担单位：有色矿产地质研究院

主要研究人员：

鄢德火　莫江平　王正云　汪劲草　顾连兴　严正富　于春水　李宏宇
毛玉元　刘援朝　彭晓明　文圣荧　张承智　王保林

96－916－05－04 觉罗塔格金、铜成矿带成矿系列分布规律研究及矿床定位预测

承担单位：西安工程学院

主要研究人员：

姬金生　杨兴科　刘光海　慕纪录　韩照信　杜佩轩　张兆京　陈文明
罗桂昌　张连昌

96－915－05－05 库鲁克塔格—星星峡基底隆起带金银铜成矿条件研究与找矿靶区定位预测

承担单位：南京地质矿产研究所

主要研究人员：

周济元　崔炳芳　肖惠良　陈世忠　朱宝清　朱生英　于寿南　刘新营
冯玉武　周松林　杨前进

96－915－05－06A 新疆东天山地区高精度航空综合站测量在找矿中的应用研究

承担单位：国土资源部航空物探遥感中心

主要研究人员：

张文斌　张天阁　梁月明　黄旭钊　邓振球　蔡玉梅

96－915－05－06B 新疆哈尔克山地区航空遥感技术在找矿中的应用研究

承担单位：国土资源部航空物探遥感中心

主要研究人员：

赵福岳　张瑞江　孙永军　姜德仁　盖世英　张申计

96－915－06－01A 东昆仑—阿尔金大型矿床成矿地质条件及远景预测

承担单位：中国科学院地质研究所

主要研究人员：

沈远超　刘铁兵　曾庆栋　李光明　杨金中　邹为雷　张连昌　李厚民　谢宏远　刘红涛

96－915－06－01B 东昆仑—阿尔金大型矿床成矿地质条件及远景预测

承担单位：地质科学院地质力学所

主要研究人员：

王小凤　陈正乐　陈宣华　杨　凤　王克卓　周显强　徐兴旺　陈柏林

96－915－06－02 西昆仑贵金属、有色金属大型矿床成矿远景及靶区预测

承担单位：中国地质科学院矿床地质所

主要研究人员：

孙海田　李纯杰　韩　发　吴　海　李锦蓉　汪东坡　祝新友　王书来　王宏君　张东生等

96－915－06－03 昆仑—阿尔金地区大地构造格局、蛇绿岩及其与成矿关系

承担单位：中国地质科学院地质所

主要研究人员：

李继亮　郝　杰　侯泉林　肖文交　王志洪　方爱民　周　辉　秦克章　俞良军　张国成

96－915－06－04 阿尔金断裂构造带及其与青藏高原隆升的关系

承担单位：中国地质科学院地质所

主要研究人员：

崔军文　杨经绥　张建新　李朋武　李　莉　陈　文　吴才来　史金松　王连捷　王　薇　史宇清

96－915－06－05 昆仑—阿尔金岩浆活动及成矿作用

承担单位：中国科学院贵阳地球化学所

主要研究人员：

王元龙　王中刚　朱笑青　毕　华　张志德　黄智龙　杨富贵

96－915－06－06 西昆仑金刚石、宝玉石找矿评价研究

承担单位：中国地质大学(北京)

主要研究人员：

赵　磊　帕拉提　何明跃　安玉林　李友枝　李建哲　黄　翔　王丽娟　李小波　张照志　李　剑

96－915－06－07 航天遥感技术在昆仑—阿尔金地区找矿预测及靶区优选中的应用

承担单位：中国科学院遥感应用研究所

主要研究人员：

蔺启忠　郭华东　燕守勋　马建文　包安明　荆林海　刘素红　朱亮璞　陈广浩　张明华　王长林　王雪曼

96－915－07－01 新疆构造格局及地壳演化

承担单位:中国地质科学院矿床地质所

主要研究人员:

肖序常　何国琦　李继亮　徐　新　李锦轶　成守德　郝　杰　田培仁
邓振球　郭福祥　李永安　胡剑辉　王广瑞

96－915－07－02 新疆优势金属矿床主要类型、成矿规律及成矿区划研究

承担单位:新疆有色地质研究所

主要研究人员:

涂光炽　陈毓川　张良臣　吴乃元　李庆昌　王有标　刘德权　李博泉
周汝洪　唐延龄　赵殿甲

96－915－07－03 新疆地学大断面地质—地球物理综合研究(南段)

承担单位:中国地质科学院地质研究所

主要研究人员:

肖序常　刘　训　高　锐　姚培毅　付德荣　卢德源　王　永　李秋生
罗照华　王彦斌　高　俊　管　烨　李德兴　吴绍福　李向东　李永安
李德贵　高　弘　李建成

96－915－07－03 新疆地学大断面地质—地球物理综合研究(北段)

承担单位:国家地震局地质研究所

主要研究人员:

汪一鹏　杨主恩　张先康　王椿镛　赵国泽　朱令人　樊祺诚　杨晓平
顾梦林　赵瑞斌　史兰斌　周伟新　苏酡秦　楼　海　李　强　陈　杰
祖金华　孙君秀　张成科　嘉世旭　赵金仁

96－915－07－03C 新疆地学大断面地质—地球物理综合研究(东段)

承担单位:中国地质科学院矿床地质所

主要研究人员:

姜　枚　马开义　宿和平　薛光琦　董英君　魏素华　钱　辉　张春贺
刘　妍

96－915－07－04 国家三〇五项目地质矿产综合信息库

承担单位:中国地质科学院矿床地质研究所

主要研究人员:

余金生　王金良　邓颂平　王　煜　韩小明　孙嘉昶　向运川　杜佩轩
李华芹　敬占国

96－915－07－05A 新疆主要地质事件及成矿作用的同位素年代学研究

承担单位:中国科学院广州地球化学所

主要研究人员:

胡霭琴　张国新　陈义兵　张鸿斌　张前锋　涂湘林　刘　颖　王甘霖
刘海臣　蒲志平

96－915－07－05B 新疆全区优势金属矿产成矿作用的同位素年代学研究

承担单位:宜昌地质矿产所

主要研究人员:

李华芹　陈富文　常海亮　蔡　红　昌　红　周　肃　刘后群

96－915－08－01 吐拉苏低品位大矿量硅质岩型金矿开发利用研究

承担单位：中国地质科学院矿产综合所

主要研究人员：

罗德璋　潘志兵　刘伯琴

96－915－08－02 大矿量砂岩型氧化铜矿的开发利用研究

承担单位：北京矿冶研究总院

主要研究人员：

崔学仲　王成彦　刘述宗　胡福成　傅文章　谷晋川　李复民

96－915－08－03 优势非金属矿产资源利用研究

承担单位：中国科学院地质研究所

主要研究人员：

叶大年　张振禹　张乃娴　赵黎安　马玉光　韩　成　苏振东　曹俊臣

冉红彦　王扬传　姬树荣　陈开惠　刘蔚玲　溪道权　朱秀松　赵连权

苗　强　李英堂　卢永定　冯永生　王士元　肖金凯　荣天君　张宏源

李洪潮　张银年　李　黎

96－915－08－04 查汉萨拉锑、银矿开发工艺研究

承担单位：中南工业大学

主要研究人员：

杨天足　宾万达　陈西鸿　刘爱莲　俞　瑞

96－915－08－05 罗布泊地区钾盐资源开发利用研究

承担单位：中国地质科学院矿床地质研究所

主要研究人员：

王弭力　刘成林　焦鹏程　韩蔚田　陈明勇　陈永志

96－915－08－06 北疆矿产资源开发与可持续发展的环境问题研究

承担单位：中国科学院贵阳地球化学研究所

主要研究人员：

欧阳自远　郑宝山　李社红　赵成义　任立军

96－915－08－07 新疆矿产资源开发与产业发展战略研究

承担单位：新疆科技厅政策研究所

主要研究人员：

陈哲夫　刘随臣　汪贻水　刘理才　陈毕业　马映军　黄文房

范庆平　康玉柱　赖声伟　王福同　杜焕民　胡小平　苏　迅

[General Information]
书名=中国新疆铅锌矿床
作者=
页数=171
SS号=0
出版日期=
Vss号=59214614

封面
书名
版权
前言
目录
正文