

青海都兰地区 矿田构造与控矿特征

周显强 宋友贵 邓 军 陈正乐 等著
郑健康 尹华仁 徐守礼 许书火

地质出版社

青海都兰地区 矿田构造与控矿特征

周显强 宋友贵 邓 军 陈正乐 郑健康 尹华仁 著
徐守礼 许书火 徐炳川 刘晓峰 杨 农 尚 玲

技术顾问 孙殿卿 张国铎

地 质 出 版 社
· 北 京 ·

内 容 提 要

本书运用地质力学的理论和方法,在翔实的野外调查的基础上,从遥感地质、构造地质、构造地球化学、同位素地质、数学地质等多学科的角度多专业交叉,运用岩组分析、同位素地质、流体包裹体、电镜扫描、透射电镜、声发射、磁组构、高温高压实验、构造应力场模拟、模糊数学综合评价等多种新方法、新手段,系统研究了控矿构造特征,划分了区域构造体系;确定了控矿构造型式,以及它们成生、发展、演化历史;探索了成矿元素运移、富集规律和控制因素;研究了成矿物理化学特征,追索了成矿物质来源;模拟了成矿环境,确定了成矿最佳部位,划分了成矿远景区,优选了找矿靶区。

本书可供从事地质力学、构造地质、矿床地质、地球化学等专业的生产、教学和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

青海都兰地区矿田构造与控矿特征/周显强等著. —北京:地质出版社,1996.3
ISBN 7-116-02029-2

1. 青… I. 周… II. 矿田构造-控矿构造-中国-青海 N. P613

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 21293 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:白 铁 党顺行

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本 787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张:16 插页:6 页 铜版图:2 页 字数 450000

1996 年 3 月北京第一版·1996 年 3 月北京第一次印刷

印数:1—600 册 定价:30.00 元

ISBN 7-116-02029-2

P·1533

序

由周显强等研究人员,通过野外地质调查、研究完成的《青海都兰地区矿田构造与控矿特征》一书,即将出版面世,在此谨向作者致以衷心的祝贺。

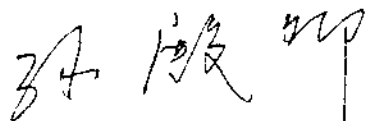
矿产的形成一般受多种因素控制。其中,构造是一个不可忽视的因素。矿产的分布规律,主要受构造控制。因此,研究控矿构造就成为普查找矿和矿产勘探开发中不可缺少的工作。矿田构造的研究历史大致经过了单个控矿构造研究、组合构造控矿研究和构造体系控矿研究三个阶段。原苏联对矿田构造研究非常重视,形成了某些观点,并总结出一定的研究方法和手段。我国矿田构造研究虽然起步较晚,但发展很快,提出了构造体系多级控矿的理论。青海都兰地区矿田构造和控矿特征的研究,就是在这一理论指导下进行的。首先,在研究区域构造体系成生、发展、演化和展布规律的基础上,通过对典型矿田、矿床的控矿构造的重点解剖,探讨了矿液运移、富集的规律和矿产的形成和分布规律,特别是矿产三度空间分布规律;建立了区内贵金属和有色金属控矿构造体系的多级控矿模式,标明了靶区,指出了找矿方向。这项研究具有以下特点:

第一,紧密结合了区域地质找矿。都兰地区位于昆仑—秦岭纬向构造体系、河西系和青藏歹字型三大构造体系的复合部位,构造复杂,控矿构造多样化。因此,摸清控矿构造,建立构造控矿模式,对区域找矿具有十分重要的意义。

第二,采用了多种新方法、新技术,如声发射、磁组构、透射电镜和X光岩组分析等研究了构造形变、矿物的形变与相变和构造运动的方式与方向等,并将构造体系,特别是控矿构造体系与构造应力场研究推进到半定量化的新阶段。

第三,将模糊数学理论和方法引入到成矿远景区综合评价中,并建立了综合评判数学模型,使矿田构造研究和矿产预测更加科学化。这不能不说是一个成功的尝试。同时,与前述声发射等新技术、新方法的采用一样,本项研究也充实、丰富了运用地质力学理论研究矿田构造的内容。

都兰地区地处高原缺氧环境,人烟稀少,自然环境恶劣,地质构造复杂,研究程度低,开展工作难度较大。作者克服重重困难,取得了大量的野外第一手资料,获得了多项新的认识和新发现,研究成果达到了即使在东部地区也不容易达到的精度和深度,实属难能可贵。我希望该专著的出版,在未来工作中能对区域找矿以及地质力学理论的发展有所裨益。



1995年10月

前 言

青海省都兰地区是青海省黑色、有色金属矿点、矿化点集中分布区之一。区内发现的大量金属矿产(铁、锰、铬、铜、铅、锌、钨、锡、金、银等矿化点,其中矿床8处)和非金属矿产(硅质石、玉石、水晶、硫铁矿、石榴石、白云石等矿化,其中矿床3处),具有矿种多、矿化普遍、多种元素伴生等特点。为进一步搞清该区矿田构造及控矿特征,优选成矿远景区和靶区,地质矿产部直管局和青海地矿局于1991年设立了定向科研基金项目“青海都兰地区矿田构造与控矿特征”,并委托地质矿产部地质力学研究所承担、青海省地矿局区调综合大队协作共同完成该项目的研究任务。著者从如下方面进行了研究:

1. 研究了区内结构要素、力学性质和复合关系,建立了构造体系;
2. 分别研究了区内变质岩系、陆相火山岩系和中酸性侵入岩的形变特征;
3. 对沙柳河有色金属矿区(或矿田)和什多龙矿田的构造进行了详细深入地研究;
4. 研究了上述构造对有色金属矿产及其它矿产的成矿控矿作用;
5. 提出了区内控矿条件、找矿方向,优选出2—3处找矿远景地段。对重点(矿田)的进一步普查或详查提出了论证意见。

著者运用地质力学的理论和方法并以构造为主线,点面结合,重点解剖的方法,在大量翔实的野外地质调查的基础上,采用遥感地质、构造地质、构造地球化学、同位素地质、数学地质等多学科、多专业,协同作战,运用岩组分析、同位素地质、流体包裹研究、电镜扫描、透射电镜、声发射、磁组构、高温高压实验、构造应力场模拟、模糊数学预测等多种新方法、新手段、新理论,经综合分析研究,确定了区域构造体系、控矿构造体系、控矿构造型式以及它们成生发展、演化历史;探索了成矿元素运移、富集规律和控制因素;研究了成矿物理化学特征,追索了成矿物质来源;在利用多种方法、手段获取大量可靠参数的基础上,模拟了成矿环境,确定了成矿最佳部位,即成矿远景区和找矿靶区。

在上述研究成果的基础上,著者撰写成此书。其内容有以下特点:

1. 采用陆地卫星 TM 图像、国土卫星图像和部分彩色红外航空像片等多种遥感资料相结合进行构造解译,并对解译结果进行了电算处理和数理统计分析,获取了大量线性构造和环形构造信息,有效地揭示了隐伏和半隐伏构造,完善了区域构造格架;还将这些信息同已知矿点进行相关分析,为成矿预测提供了依据。

2. 通过宏观、微观相结合和对构造形迹筛分的方法,厘定出区域构造体系,探讨了它们的成生、发展、演化的历史和相互之间的复合关系;指出了区域东西向构造体系是区内成生最早、发育历史最长的基础构造,河西系和青藏歹字型构造(头部外围褶皱带)是主要成矿期构造体系。它们分别同南北向构造体系和西域系构造体系重接复合,对区内成岩、成矿和矿产分布有重要的控制作用。

3. 对区内典型矿田、典型矿床,特别是沙柳河南区有色金属矿床进行了重点解剖,详细研究了矿床的控矿构造特征,断裂系统的成生、发展、演化历史及对矿产的不同控制作用,提出了青藏歹字型构造(头部外围褶皱带)与区域东西向构造体系复合控制了沙柳河矿田;沙柳河南区有色金属矿床受歹字型构造的一组近东西向扭裂复合改造东西向低级别的断裂形成

的断裂密集带控制矿体成带状展布,矿体(走向 NEE)在断裂密集带内呈小角度(雁列角 $< 10^\circ$)的左行雁列(雁列轴走向 EW)。

通过对沙柳河南区有色金属矿床物理化学特征和同位素地质研究认为,沙柳河群为成矿元素原始堆积的矿源层。元古宙,早古生代的区域动力变质作用,使成矿元素相对富集,印支期—燕山期的岩浆热液叠加其上,使成矿元素进一步富集成矿,故矿床既具有变质热液特征,又有岩浆热液(矽卡岩型的)特征;其成因类型为变质-岩浆热液叠加型。

通过对什多龙典型矿床控矿地质构造特征的研究,认为主要控矿构造为东西向构造和北北西向(河西系)构造。矿床中的Ⅲ号矿带位于向斜转折端部位,向深部,矿体可能加大加厚。I、II号矿带相对抬升不高,地表出露为上部的黄铁矿,向下可能出现铅锌矿体,应加强深部勘探。

4. 通过对区内地层、变质作用、岩浆活动等成矿地质条件的研究,建立了区内贵金属、有色金属的多级控矿构造模式。区域东西向构造控制了主要矿源层的展布和阿尔茨托山蛇绿岩套;河西系同南北向构造重接复合的北北西向构造带和歹字型构造头部外围褶带同西域系重接复合的北西向构造带控制了成矿期的侵入活动,形成了区内矿带呈现出北北西至北西和东西成带分布的复杂格局。它们的斜接或截接复合部位控制了矿田的展布,如沙柳河矿区、海寺矿田及卧龙矿田等。矿床受次级或低序次构造的控制,如沙柳河南区有色金属矿床受次级东西向和与北西向构造伴生的近东西向断裂密集带控制;小卧龙钨、锡磁铁矿受次级张裂控制等。更次级的构造及其按一定规律组合的构造型式控制了矿体或矿脉。区内主要的控矿构造型式有“多字型”、“入字型”、“S 和反 S 型”及“棋盘格式”等。

5. 不同构造体系的复合往往使早期构造体系结构面力学性质发生转变。压性、压扭性结构面和不同构造体系的复合位往往是应力、应变的高值区和强化区,强大的构造动力对成矿元素的活化、运移有重要作用。张性、张扭性结构面对成矿元素的运移、聚集非常有利,成矿阶段的构造多具张性或张扭性。压性或压扭性向张性或张扭性转化阶段对成矿最有利。

6. 提出了构造岩浆成矿系列的观点。构造动力作用,可以控制岩浆分异和成矿元素的分异。在同一成矿期内,受同一成矿构造体系及其应力场的控制,可以形成空间位置不同、成矿阶段不同、矿床类型不同,具有内在成因联系的矿床共生组合。例如,就金矿而言,在大的断裂破碎蚀变带内可形成规模较大的蚀变岩型金矿,远离断裂破碎带,岩石破碎程度变低,往往形成复脉型、网脉型或石英脉型金矿。又如矽卡岩型矿床的外围,由于矿液赋存条件的改变,沿围岩的层间断裂或裂隙可形成热液交代或裂隙充填型矿床。不同力学性质的结构面也可能控制不同类型的矿产。

7. 首次提出在都兰地区北部可能存在一个受区域东西向构造控制的蛇绿岩套。这是一个早古生代以前的东西向海槽(或裂谷),沉积了海相中—基性火山岩和硅质岩类,加里东期超基性岩沿东西向展布,至古生代末期海槽封闭,洋壳生长终结,晚三叠世以后为陆相沉积。它是区域东西向构造发展、演化的产物。这套岩石来自地壳深部(大洋壳),往往带来重金属、贵金属和一些有色金属,形成一个有利成矿带,为进一步找矿指出了方向。

8. 通过构造地球化学的研究,探讨了在构造动力作用下应力场对岩浆分异和对成矿元素分异、运移和聚集的关系;指出了成矿元素的组合受岩石和构造的双重控制,构造动力形成的挤压带、岩性陡梯度变化带,或沿张裂隙充填的各类脉岩和透镜体,以及压性构造尖灭端和大曲率的弯曲段对成矿元素的聚集有重要的意义。特别是区内不太引人重视的由北东

向构造动力引起的应变作用,形成了两条以铅锌矿为主的正异常带。通过对成矿期和成矿期后构造动力应变场对成矿元素的聚矿、控矿作用的研究,为隐伏和半隐伏矿床的预测提供了重要的参数。

9. 首次利用高温高压实验研究了工作区成矿元素的迁移和富集,及其与温压条件的相互关系,认为构造应力的作用不仅能驱使成矿元素发生运移和富集,而且具有明显的元素分带性。这方面的研究虽然是初步的,但具探索性。

10. 首次在工作区采用声发射方法测定了岩石所受的历史应力值;使用透射电子显微镜超微观技术研究了变形石英晶格位错,估算了主要断裂的差应力值;运用X光岩组分析及磁组构分析等方法研究了岩石应变特征和构造带运动方式和方向,为进一步模拟构造应力场提供了科学的、半定量-定量的可靠参数。

11. 首次应用了当今富有生命力的前缘科学——模糊数学理论和方法,对区内成矿远景区进行了综合评价,划分了A、B、C三类综合评价区。模糊数学的运用,克服了地质信息隐形残缺、贫泛有限、客观随机事件频繁、动态多变、缺乏明确判据和难以定量描述的弱点,通过模糊集合论的隶属函数、隶属度的分析,尽可能逼近了真实,用“以量见质”的数学分析来实现由模糊向精确的转化。这方面的运用,使工作区内的成矿预测逐渐走向科学化、量化,具有开创性。

12. 根据成矿地质条件和控矿构造特征的分析,在确定的成矿有利地区内,通过野外调查,首次发现了金矿高异常点5个,其中两个(巴音格莉沟,沙柳河东山)被列为靶区;铜矿高异常点2个(柯柯赛孕鲁贡玛,小通突尔西),均列为靶区,有重要经济效益。

13. 总结了工作区预测、寻找贵金属、有色金属的11个方面的信息依据,提出了5个成矿带、7个成矿远景区和5个区域上的靶区及3个典型矿床的靶区。

14. 在研究区今后工作方向上,提出了以下建议:北部地区可能存在蛇绿岩套,是成矿有利区,应进一步工作;在老变质岩、印支—燕山期花岗岩、断裂破碎蚀变带“三位一体”地区,可寻找蚀变岩型金矿;重视在泥盆系砾岩中发现“砾岩型金矿”;以哇洪山断裂为找矿战略重点区,运用构造岩浆成矿系列理论发现不同类型矿床等。

本书由集体编写而成,大致分工如下:周显强:前言,第一章第三、四、六、七节,第六章,第八章第一、二、三、五节;宋友贵:第二章第一、二节,第三章第一、二、三、四节,第八章第四节;邓军:第四章,第七章,第三章第五节;陈正乐:第一章第五节,第二章第三节,第五章第四节;尹华仁:第五章第一、二、三节;郑健康:第一章第一、二节;徐守礼:数理计算机程序及成图;许书火:铅同位素总结。

本书最后由周显强统编定稿。

在本项目研究过程中,始终得到了地矿部直管局、青海省地矿局、地质力学研究所领导的关心和支持,得到了青海省地矿局区调综合大队、地质八队、地质三队、化探队等单位的大力协作和热情帮助。在野外调查期间,地质八队无条件提供了有关地质矿产资料,在工作、生活等诸多方面给予了我们方便和照顾,李世柱、李永地工程师等多次陪同野外调查,讨论地质情况,使本书编写得以圆满完成。地科院矿床所稳定同位素研究室和矿物包体实验室、地质所K-Ar同位素实验室、国家岩石矿物测试中心、核工业部北京地质所同位素地质研究室、中科院地质所矿物包体实验室、青海省地矿局中心实验室、中国地质大学(北京)古地磁实验室等单位 and 地质力学所开放实验室协助完成了有关测试工作。苏北油田徐守礼高级工

程师帮助完成了应力场、模糊数学的计算和作图。本书顾问、地质力学所名誉所长孙殿卿院士十分关注本书的编写工作,多次听取工作汇报,并在学术指导思想、工作方法等方面作了重要指示。本书顾问张国铎研究员亲临野外指导工作,传授经验,在本书编写过程中,给予了具体指导和帮助。在本书编写的图件清绘过程中,青海省区综队李衍霖工程师和地质力学所刘雨昕、郭初荀工程师等给予了大力帮助,英文目录及摘要由白铁同志翻译,在此一并致谢。

由于,因工作区地处高原缺氧环境,范围大,矿种多,时间紧,加之我们水平有限,故文中错漏和不当之处在所难免,谨请不吝指正。

作者

1995年5月

目 录

第一章 区域地质概述	(1)
第一节 区域地层.....	(1)
第二节 区域岩浆活动.....	(4)
第三节 遥感资料线性构造解译.....	(6)
一、遥感资料的选用.....	(6)
二、TM 图像线性构造的目视解译.....	(7)
三、线性构造的统计分析.....	(8)
第四节 构造体系的划分及特征.....	(12)
一、区域东西向构造体系.....	(12)
二、青藏歹字型构造体系头部外围褶皱带.....	(16)
三、西域构造体系.....	(20)
四、河西构造体系.....	(21)
五、南北向构造带.....	(23)
六、北东向构造.....	(24)
第五节 区域显微构造特征及岩组分析.....	(25)
一、东西向构造带.....	(25)
二、北北西向构造带.....	(33)
三、北西向构造带.....	(38)
第六节 构造体系演化史.....	(39)
一、主要构造运动时期.....	(39)
二、古构造体系的分析.....	(42)
三、构造体系发展史.....	(47)
第二章 典型矿田——沙柳河有色金属矿田地质构造特征	(50)
第一节 有色金属矿产简况.....	(50)
一、沙柳河本区钨、锡——多金属矿点.....	(50)
二、小通突尔沟西钨锡多金属矿点.....	(50)
三、沙那黑沟口铅锌钨锡矿点.....	(51)
四、沙柳河铅锌(银)矿点.....	(53)
五、阿尔茨托山南坡多金属矿点.....	(55)
六、沙柳河西区铅锌矿点.....	(56)
七、沙那黑沟脑铅锌矿点.....	(56)
八、吉给申沟铅锌矿点.....	(56)
第二节 矿田构造.....	(56)
一、构造背景.....	(57)

二、构造形迹	(57)
三、构造控岩控矿作用	(60)
四、沙柳河矿田有色金属矿产空间分布规律	(61)
第三节 沙柳河矿田显微构造特征	(62)
一、东西向构造	(62)
二、北西向构造与北东向构造	(72)
三、老铅锌矿	(74)
四、沙那黑	(74)
五、沙柳河本区	(76)
第三章 典型矿床地质特征	(77)
第一节 沙柳河南区有色金属矿床成矿条件分析	(77)
一、含矿地层	(77)
二、侵入岩	(80)
三、控矿构造特征	(83)
第二节 沙柳河南区矿床、矿体特征	(89)
一、含矿带特征	(90)
二、矿体特征	(90)
三、矿体空间分布特征	(95)
四、矿石、矿物	(98)
五、围岩蚀变	(102)
六、成矿时代、成矿期和成矿阶段	(105)
第三节 矿床物化特征	(107)
一、包裹体类型和特征	(107)
二、矿床形成温度	(109)
三、成矿溶液盐度、密度	(114)
四、成岩成矿压力	(116)
五、流体成分	(116)
六、成矿流体的 pH 值、Eh 值	(121)
七、成矿流体的氧逸度、二氧化碳逸度	(122)
第四节 成矿物质来源及矿床成因类型归属	(123)
一、成矿热液主要成分及演化特征	(123)
二、成矿物质来源	(124)
三、成矿热液来源	(132)
四、矿床成因类型	(138)
第五节 什多龙矿床	(139)
一、矿区地质概述	(139)
二、控矿构造格局	(142)
三、矿床地质特征	(144)
四、同位素构造地球化学特征	(145)

五、矿床成因	(146)
第四章 构造应力场研究	(147)
第一节 构造应力场的分析原则	(147)
第二节 构造应力场主应力方位的确定	(147)
一、利用共轭剪节理法确定主应力方位	(147)
二、利用磁组构确定主应力方位	(149)
第三节 构造应力场差异应力大小的估算	(149)
一、根据声发射方法测定历史应力值	(149)
二、根据石英动态重结晶颗粒大小估算差异应力值	(149)
三、根据石英自由位错密度估算差异应力值	(153)
四、控矿构造差异应力结果分析及空间变化规律	(154)
五、控矿断裂构造磁组构要素变化规律分析	(154)
第四节 构造应力场有限元数值模拟	(160)
一、计算模式	(160)
二、结果分析	(161)
第五章 构造地球化学特征及高温高压实验	(165)
第一节 地质单元的划分及单元内几种化学元素的背景值变化范围	(165)
第二节 主要成矿构造带的构造地球化学特征	(175)
第三节 矿床构造地球化学特征	(180)
第四节 高温高压条件下成矿元素运移聚集模拟实验	(185)
一、实验过程	(185)
二、高温高压下岩块的形变特征	(186)
三、元素的迁移和富集规律探讨	(187)
四、讨论	(190)
第六章 主要成矿地质条件	(191)
第一节 成因类型	(191)
一、贵金属——金	(191)
二、有色金属	(191)
第二节 地层与成矿作用	(192)
一、贵金属“矿源层”	(192)
二、有色金属	(193)
第三节 变质作用与成矿作用	(195)
一、提供变质热液	(196)
二、增强成矿元素活动性	(196)
第四节 岩浆活动与成矿作用	(197)
一、贵金属	(197)
二、有色金属	(197)
第五节 构造与成矿作用	(199)
一、构造体系对成矿建造的控制作用	(199)

二、构造体系对矿产分布规律的控制作用	(200)
三、控矿构造型式	(204)
四、构造体系复合的控矿作用	(206)
第六节 成矿系列及区域成矿模式	(208)
一、成矿系列	(208)
二、区域矿床形成模式	(208)
第七章 成矿远景区的模糊综合评价	(210)
第一节 模糊数学的基本思路和概念	(210)
一、模糊集合和隶属函数	(210)
二、模糊集贴近度	(211)
第二节 模糊综合评判及数学模型	(211)
一、模糊综合评判	(211)
二、模糊综合评判的数学模型	(212)
第三节 成矿预测区的模糊综合评判	(212)
一、模糊评价因素的选取	(212)
二、各因素评判集及隶属度的确定	(213)
三、确定评价因素的权重集	(216)
第八章 成矿预测	(221)
第一节 成矿预测依据	(221)
一、地层信息	(221)
二、岩浆侵入体信息	(221)
三、脉岩信息	(222)
四、构造信息	(222)
五、围岩蚀变信息	(223)
六、重砂异常信息	(223)
七、物化探信息	(223)
八、遥感信息	(223)
九、构造应力场信息	(224)
十、模糊综合评价信息	(224)
十一、已知矿化和原生矿化信息	(224)
第二节 区域成矿带及成矿远景区的划分	(224)
一、哇洪山—扎龙加当根北北西向金、铜金属成矿带(I)	(225)
二、沙柳河北西向金、钨、锡多金属成矿带(I)	(226)
三、柯柯赛钨、锡、铜、金多金属成矿带(II)	(226)
四、大海滩—斜龙口—他温山金、多金属成矿带(N)	(227)
五、下西台—隆统金、多金属成矿带(V)	(228)
第三节 区域靶区预测	(228)
一、哇洪山巴音格莉沟金矿 I 级靶区	(228)
二、海寺金矿靶区	(229)

三、阿尔茨托山东山Ⅰ级金矿靶区	(229)
四、柯柯赛杂鲁贡玛沟Ⅱ级铜矿靶区	(230)
五、小通突尔西铜矿靶区	(230)
第四节 典型矿田靶区预测	(230)
一、典型矿田成矿条件评价	(230)
二、沙柳河南区有色金属矿床隐伏矿体预测靶区	(231)
第五节 对今后工作的几点建议	(233)
一、工作区北部可能存在的蛇绿岩套是找矿有利远景区	(233)
二、在具备老变质岩、印支—燕山期花岗岩、构造破碎蚀变带“三位一体”的 地区作为寻找金矿的突破口	(233)
三、在泥盆系底砾岩中,寻找“砾岩型”金矿	(234)
四、哇洪山断裂带作为找矿的战略重点地区	(234)
五、运用构造岩浆成矿系列的理论发现不同成因、不同类型的矿床	(234)
主要参考文献	(235)
英文摘要	(237)

图版

附图

1. 青海都兰地区构造体系图(1:20万)
2. 青海都兰地区地质矿产图(1:20万)
3. 青海都兰地区几种成矿元素异常组合地质图(1:20万)
4. 沙柳河地区矿田构造地质图(1:5万)
5. 沙柳河南区有色金属矿床地质构造、物化探平面图(1:5000)
6. 青海都兰地区成矿预测图(1:20万)

CONTENTS

Chapter 1 Outline of Regional Geology	(1)
1. Regional Stratigraphy	(1)
2. Regional Magmatic Activity	(4)
3. Interpretation on Linear Features from Remote-sensing Data	(6)
1) Selection of remote-sensing data	(6)
2) Visual interpretation on linear features of TM image	(7)
3) Statistic analysis on linear features	(8)
4. Classification and Characteristics of Structure Systems	(12)
1) Regional latitudinal structural system	(12)
2) Periphery folded zone of the head of Qinghai-Tibet eta-type structural system	(16)
3) Xiyu structural system	(20)
4) Hexi structural system	(21)
5) Longitudinal structural belt	(23)
6) Northeast-striking structures	(24)
5. Regional Microstructures and Petrofabric Analysis	(25)
1) Latitudinal structural belt	(25)
2) NNW-striking structural belt	(33)
3) NW-striking structural belt	(38)
6. Evolution of Structural Systems	(39)
1) Main periods of tectonic movement	(39)
2) Analysis on paleo-structural systems	(42)
3) Development of structural systems	(47)
Chapter 2 Geological-Structural Characteristics of A Typical Orefield:	
The Shaliuhe Nonferrous Metallic Orefield	(50)
1. An Introduction to Nonferrous Metallic Minerals	(50)
1) Shaliuhe W-Sn-polymetallic orespot	(50)
2) W-Sn-polymetallic orespot to the west of Xiaotongtu'ergou	(50)
3) Pb-Zn-W-Sn orespot at Shanahegoukou	(51)
4) Pb-Zn(-Ag) orespot of Shaliuhe	(53)
5) Polymetallic orespot on the south slope of A'ercituo mountain	(55)
6) Pb-Zn orespot in western Shaliuhe	(56)
7) Pb-Zn orespot in Shanahegounao	(56)
8) Pb-Zn orespot in Jigeishen	(56)

2. Orefield Structure	(56)
1) Structural background	(57)
2) Structural features	(57)
3) Structural ore-control and rock-control	(60)
4) Spatial distribution of nonferrous metallic minerals of Shaliuhe orefield	(61)
3. Microstructures of Shaliuhe orefield	(62)
1) Latitudinal structures	(62)
2) NW- and NE-striking structures	(72)
3) Old Pb-Zn mines	(74)
4) Shanahe	(74)
5) Shaliuhe district	(76)
Chapter 3 Geological Characteristics of Typical Deposits	(77)
1. Metallogenic Conditions of Nonferrous Metallic Deposits in Southern Shaliuhe	(77)
1) Ore-bearing strata	(77)
2) Intrusive rocks	(80)
3) Characteristics of ore-controlling structures	(83)
2. Characteristics of Ore Deposits and Orebodies in Southern Shaliuhe	(89)
1) Characteristics of ore-bearing belt	(90)
2) Characteristics of orebodies	(90)
3) Spatial distribution of orebodies	(95)
4) Ores and minerals	(98)
5) Wall-rock alteration	(102)
6) Epochs, periods and stages of mineralization	(105)
3. Physicochemical Characteristics of Mineral Deposits	(107)
1) Types and their characteristics of inclusion	(107)
2) Metallogenic temperature	(109)
3) Salinity and density of metallogenic solution	(114)
4) Pressure of diagenesis and mineralization	(116)
5) Fluid composition	(116)
6) pH and Eh values of mineralizing fluid	(121)
7) Fugacity of oxygen and carbon dioxide	(122)
4. Sources of Mineralizing Materials and Genetic Types of Mineral Deposits	(123)
1) Main components of mineralizing hydrothermal solution and their evolution	(123)
2) Sources of mineralizing materials	(124)
3) Sources of mineralizing hydrothermal solution	(132)
4) Genetic types of mineral deposit	(138)
5. Shiduolong Pb-Zn Deposit	(139)

1
E
I
3
海

1) Geology of mining area	(139)
2) Ore-controlling structural framework	(142)
3) Geology of mineral deposit	(144)
4) Isotopic-structural geochemistry	(145)
5) Genesis of mineral deposit	(146)
Chapter 4 Study on Tectonic Stress Field	(147)
1. Analytical Principles of Tectonic Stress Field	(147)
2. Determination of Principal Stress Orientation of Tectonic Stress Field	(147)
1) Determination of principal stress orientation by conjugate shear joint method	(147)
2) Determination of principal stress orientation by magnetic fabric method ...	(149)
3. Estimation of Differential Stress of Tectonic Stress Field	(149)
1) Determination of historical stress values by sofar method	(149)
2) Estimation of differential stress values by grain sizes of quartz's dynamic recrystallization	(149)
3) Estimation of differential stress values by quartz's free dislocation density	(153)
4) Differential stress analysis and its spatial variation of ore-controlling structures	(154)
5) Variation of magnetic fabric's factors of ore-controlling faults	(154)
4. Finite-element Numerical simulation of Tectonic Stress Field	(160)
1) Calculation model	(160)
2) Result analysis	(161)
Chapter 5 Characteristics of Structural Geochemistry and Experiment of High Temperature and High Pressure	(165)
1. Classification of Geological Unit and Variation Ranges of Background Values of Some Chemical Elements	(165)
2. Characteristics of Structural Geochemistry of Main Mineralization Structural Belts	(175)
3. Characteristics of Structural Geochemistry of Mineral Deposit	(180)
4. Simulation Experiment on mineralizing Elements' Migration and Accumulation Under High Temperature and High Pressure	(185)
1) Process of experiment	(185)
2) Deformation of rock blocks under high temperature and high pressure	(186)
3) Elements' migration and Accumulation	(187)
4) Discussion	(190)
Chapter 6 Main Geological Prerequisites of Mineralization	(191)
1. Genetic Types of Mineral Deposits	(191)
1) Precious metal; Gold	(191)

2) Nonferrous metals	(191)
2. Strata and Mineralization	(192)
1) Sources of precious metal	(192)
2) Nonferrous metals	(193)
3. Metamorphism and Mineralization	(195)
1) Metamorphism provides metamorphic hydrothermal solution	(196)
2) Metamorphism enhances mobility of mineralizing elements	(196)
4. Magmatism and Mineralization	(197)
1) Precious metal	(197)
2) Nonferrous metals	(197)
5. Structure and Mineralization	(199)
1) Structural system's control over mineralizing formations	(199)
2) Structural system's control over the distribution of mineral resources	(200)
3) Style of ore-controlling structures	(204)
4) Composite ore-control of structural system	(206)
6. Mineralization Series and Regional Mineralization Model	(208)
1) Mineralization series	(208)
2) Regional model of mineral deposit	(208)
Chapter 7 Fuzzy Composite Evaluation of Prospective Mineralizing Regions	(210)
1. Basic Thoughts and Concepts of Fuzzy Mathematics	(210)
1) Fuzzy set and subordinate function	(210)
2) Closeness of fuzzy set	(211)
2. Fuzzy Composite Evaluation and Its Mathematic Model	(211)
1) Fuzzy composite evaluation	(211)
2) Mathematic model of fuzzy composite evaluation	(212)
3. Fuzzy Composite Evaluation of Forecasting Mineralizing Region	(212)
1) Selection of fuzzy evaluation factors	(212)
2) Evaluation set of various factors and determination of subordinate degree	(213)
3) Determination of evaluating factor's weight set	(216)
Chapter 8 Mineralization Forecast	(221)
1. Basis for Mineralization Forecast	(221)
1) Stratigraphical information	(221)
2) Magmatic intrusion information	(221)
3) Information from vein rocks	(222)
4) Information from structures	(222)
5) Information from wall-rock alteration	(223)
6) Information from heavy minerals	(223)
7) Information from physicochemical exploration	(223)