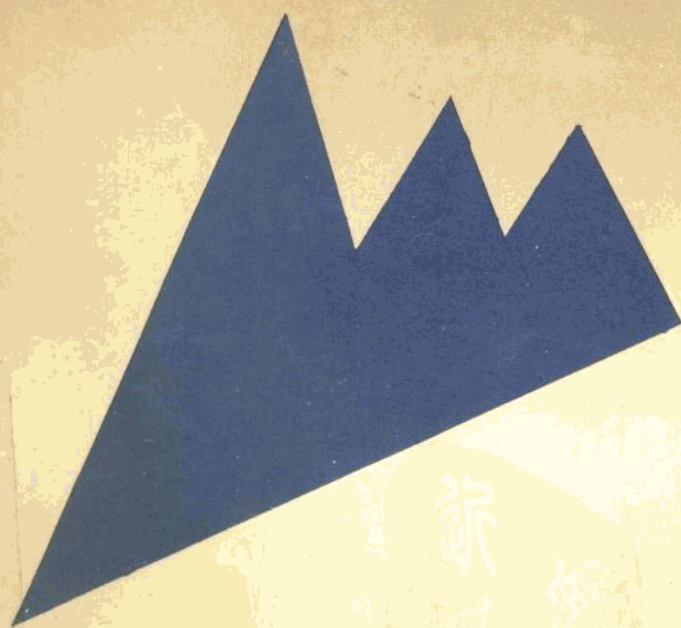


西秦岭泥盆系层控铅锌 矿带成矿地球化学 模式及其预测 系统的建立

中国地质大学

博士论文丛书 (3)

林兵著



地质出版社

地质出版社

PDG

地质出版社

西秦岭泥盆系层控铅锌矿带成矿地球化学 模式及其预测系统的建立

林 兵 著

中国地质大学出版社

• (鄂) 新登字第 12 号 •

• 版权所有 翻印必究 •

内 容 提 要

本书为作者在张本仁教授指导下完成的博士论文。作者以系统科学思想为主导,以地球化学系统物质为基础,以地球化学成矿作用与其时、空结构相结合,并运用现代计算机和成矿模拟实验,对西秦岭进行了详细研究,揭示了该区泥盆系含矿层的成矿地球化学特征、流体成矿系统的物理化学环境和重要的控矿地球化学因素,探讨了矿床成因和成矿物质来源,并将成矿地球环境转化为找矿地球化学标志,通过找矿标志的数值化处理和专家系统的初步应用,建立了找矿地球化学预测系统。

本书可作为地质院校师生、地质科技人员,特别是从事地球化学工作者的参考读物。

◎ 西秦岭泥盆系层控铅锌矿带成矿地球化学 模式及其预测系统的建立

林 兵 著

出版发行 中国地质大学出版社 (武汉市·喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 张华瑛 责任校对 熊华珍

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 4.875 插页 附图 字数 121 千字

1993 年 2 月第 1 版 1993 年 2 月第 1 次印刷 印数 1—400 册

ISBN 7-5625-0778-3/P·275 定价 5.00 元



作者简介 林兵，男，生于 1956 年 5 月，上海人，1988 年获中国地质大学地球化学博士学位。现任浙江省地质矿产研究所高级工程师。从事矿床和环境地球化学研究，曾在各类科技刊物上发表过 40 多篇学术论文，并多次获奖，1992 年获浙江省青年地质科技一等奖。

通讯地址：杭州市体育场路 232 号浙江省地质矿产研究所

邮政编码：310007

《中国地质大学博士 论文丛书》简介

中国地质大学是一所学科齐全的综合性地质大学。目前有博士后科研流动站两个,博士学位专业学科13个,硕士学位专业学科18个。《中国地质大学博士论文丛书》将择其优秀博士论文依次以专册陆续出版。

本丛书反映了我校在攻读博士学位领域内教与学的丰硕成果。这些论著中包含了作者们许多可贵的学术新思想、新论点和独特见解。这里传来了我国地质事业继往开来,后继有人的信息。

我们希望这套丛书的出版,将有助于国内外学术交流和学科间的相互借鉴、渗透,有助于丰富和发展地质科学,有助于提高我国的社会生产力,有助于促进地质事业生力军的茁壮成长。

前 言

层控矿床是一类受地层层位控制的矿床,它是多阶段、多成因和不同成矿作用的综合产物。这类矿床具有重要的理论研究意义和经济价值⁽¹⁾⁽²⁾。近20年来,此类矿床已愈来愈普遍地受到人们的重视,对这类矿床的研究已成为当前矿床学中主要课题之一。我国层控矿床分布十分广泛,类型复杂众多,并具有一定的特殊性。因此,有必要提高我国层控矿床的研究水平,总结我国层控矿床的地质地球化学特征、成矿模式和矿床时、空分布规律,并应用于找矿实践中。

西秦岭泥盆系层控铅锌矿带属于秦岭多金属成矿带的一部分,是我国重要的和具代表性意义的多金属矿带,其中包括甘肃省的西-成矿田(西和-成县铅锌矿田)和陕西省的风-太矿田(凤县-太白铅锌矿田)。本书首先研究含矿层的特殊性,重点研究含矿层元素的分布和分配特征与成矿的关系,以及含矿层岩相古地理条件和同生沉积物理化学环境对同生成矿的控制作用;其次,探讨层控矿床成矿多阶段、多成因和矿质多来源的复杂特征。在研究过程中,始终以系统科学思想为主导,以地球化学系统物质为基础,按不同成矿阶段对成矿作用进行分别解剖,开展成矿历史分析。整个研究过程中,将成矿作用与其时、空结构相结合,采用无机和有机地球化学综合研究,运用电子计算机和成矿模拟实验等综合手段,来探讨主要控矿地球化学因素、矿床不同成矿阶段的物理化学环境和成矿物质来源等。在此基础上,建立了成矿地球化学模型。

在完成了将成矿地质特征转化为成矿地球化学环境的基础上,本书进一步将研究取得的有关成矿地球化学环境、机制和模式等成果转化为一系列找矿地球化学标志,并通过找矿标志的数值化处理和引入专家系统,来建立和完善成矿地球化学预测系统。

本书从选题至论文定稿整个过程都是在导师张本仁教授热情、细致的指导下进行和完成的。在此作者特致以衷心的感谢!

书中难免有不足和疏漏之处敬请专家、读者指正。

目 录

前 言

第一章 地质概况	(1)
一、区域地质简介	(1)
二、矿床地质概述	(5)
第二章 含矿层地球化学研究	(8)
一、中泥盆统元素分布和分配特征	(8)
二、化学元素概率分布型式的新认识	(11)
三、含矿层提供成矿物质的潜力和矿源层探讨	(13)
第三章 成矿流体运移和卸载的物理化学环境	(15)
一、成矿流体热压地球化学	(15)
二、成矿流体化学组成及其地球化学性质	(19)
第四章 成矿机制与因素	(24)
一、特定的同生沉积成矿地球化学环境	(24)
二、有机质对成矿流体卸载和沉淀的控制作用	(25)
三、控矿构造地球化学特征	(30)
四、硅质控矿的地球化学作用	(33)
第五章 成矿地球化学模式	(34)
一、矿物化学成分的标型特征	(34)
二、成矿物质来源	(35)
三、成矿地球化学模式	(44)
第六章 成矿地球化学预测系统的建立	(49)
一、地球化学找矿标志	(49)
二、铅锌成矿的原生晕特征	(52)
三、找矿标志的定量评价	(54)
四、层控铅锌矿床预测专家系统(SLZEX)的初步设计	(57)
结 论	(62)
参考文献	(67)
英文摘要	(69)
图版及其说明	(71)

CONTENTS

PREFACE

CHAPTER 1 GEOLOGICAL SETTING (1)

- 1. 1. Regional geology (1)
- 1. 2. Geology of ore deposits (5)

CHAPTER 2 GEOCHEMICAL STUDY OF THE ORE-BEARING STRATA

..... (2)

- 2. 1. Distribution of the elements in the Middle Devonian strata (8)
- 2. 2. New views on the probability distribution modes of geochemical elements (11)
- 2. 3. Potentiality of the ore-bearing strata in supplying ore-forming materials and discussion on the source-beds (13)

CHAPTER 3 PHYSICOCHEMICAL ENVIRONMENT OF MIGRATION AND DEPOSITION OF THE ORE-FORMING FLUIDS (15)

- 3. 1. Thermobarogeochemistry of the ore-forming fluids (15)
- 3. 2. Chemical composition and geochemical properties of the ore-forming fluids (19)

CHAPTER 4 MECHANISM AND FACTORS OF THE ORE-FORMING PROCESS (24)

- 4. 1. Sedimentary geochemical environment of syngenetic metallization (24)
- 4. 2. Ore-controlling role of the organic matter in deposition of the ore-forming material (25)
- 4. 3. Geochemical characters of the ore-controlling structure (30)
- 4. 4. Geochemical role of SiO_2 in the mineralization (33)

CHAPTER 5 GEOCHEMICAL MODEL OF THE METALLIZATION (34)

- 5. 1. Typochemical characteristics of the metallic minerals (34)
- 5. 2. Sources of the ore-forming material (35)
- 5. 3. Geochemical model of the metallization (44)

CHAPTER 6 GEOCHEMICAL PROGNOSTIC SYSTEM FOR ORE DEPOSITS

.....	(49)
6. 1. Geochemical prospecting criteria	(49)
6. 2. Primary halos of the lead-zinc deposits	(52)
6. 3. Quantitative valuation of the indicators for mineral exploration	(54)
6. 4. Tentative programme for prognostic expert system of the strata- bound lead-zinc deposits	(57)
 CONCLUSIONS	(62)
REFERENCES	(67)
ENGLISH ABSTRACT	(69)
PHOTOGRAPHS AND THEIR ILLUSTRATION	(71)

第一章 地质概况

一、区域地质简介

(一) 构造格架

西秦岭泥盆系层控铅锌矿带的构造位置,处于昆仑秦岭地槽褶皱区秦岭地槽系海西-印支冒地槽褶皱带中部⁽³⁾(图 1-1)。

秦岭褶皱带夹持在华北陆块和扬子陆块之间,它自晋宁运动晚期伊始,经历了加里东、海西和印支运动,最终在印支期(T_2 末)实现南北古陆碰撞对接,从而使秦岭成为一个完整的褶皱山系。李春昱等(1978)、冯本智等(1979)、王鸿祯等(1980)、冯益民(1980)、吴汉泉(1980)、马少龙(1981)、吴正文等(1986)、杨巍然等(1987)、张国伟等(1987)和秦德喻等(1987)都先后报导过对本区板块运动特征及其构造发展史的研究成果,集中提出了秦岭褶皱带大的板块运动有晋宁、加里东、海西和印支等几期,这几期板块运动对秦岭褶皱带的矿产分布有着重要的影响。如王海山(1983)就曾将秦岭区划分出 5 个板块俯冲带,并对应有 6 个成矿带。秦岭泥盆系层控铅锌矿带属临潼—柞水层控菱铁矿-多金属成矿带,位于北秦岭海西俯冲带以北的泥盆纪—石炭纪边缘海盆中。^②

从依据航磁异常推断的构造格架图上可反映出秦岭地区线性构造分布具“米”字形特点(周国藩等,1987)。通过引进的美国陆地卫片解释,发现东西向、南北向和北东向构造系是秦岭褶皱带内的基底构造,它们长期控制着区内表层构造、地层、岩体和金属矿产的形成和分布。

秦岭褶皱系大致有 5 个东西向展布的基底断裂带,组成了 5 个东西向古断陷带和古隆起带,区内矿床和矿点往往赋存在上述 5 个东西向断陷带内而形成成矿带。

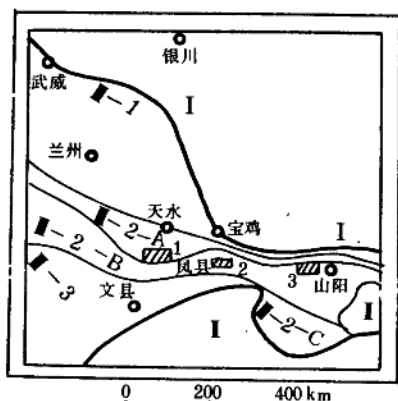


图 1-1 西秦岭铅锌矿带大地构造位置图

Fig. 1-1 Geotectonic scheme of the lead-zinc metallogenic belt in west Qinling

(据喻锡铨等, 1984 改编)

I. 中朝塔里木陆块; II. 扬子陆块; III. 昆仑秦岭褶皱区; III-1. 祁连褶皱系; III-2. 秦岭褶皱系; III-2-A. 海西褶皱带; III-2-B. 印支褶皱带; III-2-C. 大巴山加里东褶皱带; III-3. 松潘甘孜印支褶皱带; 1. 西-成矿田; 2. 凤-太矿田; 3. 柞-山矿田^①

① 柞-山矿田指柞水-山阳矿田。

② 王海山, 1983, 西北冶金地质, 第 2 期。

如西秦岭铅锌矿带就位于大峪—成县—留坝东西向断裂带北侧。南北向基底断裂带以形成地堑式盆地，控制着一些大型矿床（如厂坝、李家沟、邓家山和铅硐山等矿床）而具有重要的控矿意义。

盖层断裂构造较发育，以东西向为主，北东向次之，再次为北西向及南北向。矿带内北东向断裂具张性和张扭性，它们对地层和矿体起着破坏作用。但也有一些断裂，由于在中泥盆世时断裂活动，因此控制和影响着沉积岩相的变化和铅锌矿床的分布。例如厂坝矿区的 F_1 和 F_2 断裂以及毕家山矿区 F_3 、 F_4 和 F_5 断裂。

矿带西部褶皱构造以吴家山背斜为骨架，构成西—成矿田的 I 级褶皱。该背斜核部由下泥盆统组成，两翼出露中泥盆统和上泥盆统。

东部凤—太矿田褶皱构造总体由古岔河—一段家坝复式向斜和马家河—大箭河复式背斜组成。整个矿带内，次级背斜构造对矿体具有明显的控制作用，矿体常产于这类背斜构造的褶皱转折端和背斜两翼地层的层间虚脱剥离处。

本区环形构造以正环形为主，正环形构造的中心往往位于古隆起带脊线通过位置，又是基底断裂的复合部位，常发育着较大的花岗岩岩基。而环缘带由于是不同热能级别和物理化学环境的分界面，并有利于形成矿液聚集、矿质沉淀的场所，以及喷气、热卤水喷溢的通道。因此环缘带的有利构造部位，常赋存有金属矿床（图 1-2）。

（二）地层及沉积岩相古地理

秦岭区出露的盖层主要有泥盆系、石炭系和三叠系。下泥盆统仅见于西部成县吴家山地区，为浅海相泥、钙质粉砂岩夹碳酸盐岩。中泥盆统在东端山阳—柞水一带为青石崖组、池沟组和牛耳川组；凤县和镇安一带为星红铺组、古道岭组和王家楞组，为板岩、砂岩夹灰岩和泥灰岩，组成一套浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩建造，其中以古道岭组的碳酸盐岩厚度最大；西端的礼县—成县一带的西汉水组和安家岔组为浅海相碳酸盐岩台地及细碎屑岩夹碳酸盐岩。安家岔组和古道岭组属海侵层序，其下段地层为海侵初期颗粒较粗的碎屑岩沉积；上段地层为海侵高潮期颗粒较细的碳酸盐岩沉积。西汉水组和星红铺组地层沉积韵律发育，总体属海退层序。上泥盆统在柞水—山阳一带划为二峪河组和桐峪寺组，在凤县一带则为九里坪组，它们是砂岩、板岩和少量灰岩组成的浅海相碎屑岩；西部西和一带的洞山组为细砂岩、粉砂岩夹灰岩的浅海相碎屑岩夹碳酸盐岩。

矿带内出露地层主要为泥盆系，虽矿带西部（西—成矿田）和东部（凤—太矿田）的地层划分略有不同，但其地层都属一套浅海相类复理石建造（表 1-1）。

泥盆系展布区，许多地方皆可明显地见到扬子地台地层为古生代盖层的基底，诸如以突出或古岛屿形式出露于柞水、旬阳坝等地的前泥盆系。

泥盆纪的海侵是从迭部—武都等地向东推进，经略阳、勉县、宁陕逐渐到达旬阳海湾；秦岭泥盆系范围的北界，基本以商南—丹凤—沙沟街—唐藏—娘娘坝—漳县断裂为界，比较整

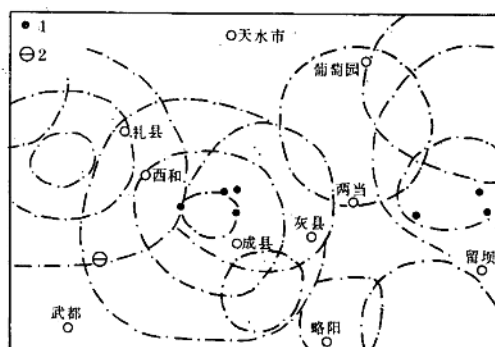


图 1-2 环形构造与成矿关系示意图

Fig. 1-2 Diagram showing relationship of ring structures with mineralization

1. 铅锌矿床；2. 铜矿床

表 1-1 西-成矿田及凤-太矿田地层表

Table 1-1 Stratigraphic characters of the Xi-Cheng and Feng-Tai orefields

系	统	西 部 ^① (西-成矿田)					
		组	层	符号	厚度 (m)	岩 性	含矿性
泥 盆 系	上泥盆统	双狼沟组		D _{3s}	>273 未见顶	灰绿、灰黑至黄褐色中—薄层泥钙和粉砂质板岩。	
		洞山组		D _{3d}	306.7	浅白色—深灰色中—巨厚层生物及生物屑粒泥灰岩、粘结灰岩，底部有薄层泥质条带灰岩、含生物泥灰岩。	铅锌矿化
		黄家沟组		D _{3h}	617.5	底部为灰绿色中厚层砂岩、砂质板岩。向上渐变为泥质板岩、泥灰岩、条带状灰岩。	
	中泥盆统	西汉水组	2	D _{2x2}	705—1345	上部：绢云方解千枚岩、粉砂及钙质千枚岩、绿泥方解千枚岩夹千枚状含生物泥灰岩。 中部：厚层状微晶灰岩，生物灰岩、泥晶灰质白云岩。 下部：中薄层细粒石英砂岩，粉砂岩，钙泥质砂岩夹少量泥质灰岩、生物屑灰岩。	大一小型铅锌矿床及铜矿化
			1	D _{2x1}	235 340 570	中厚层细石英砂岩夹粉砂质千枚岩，向上变为泥晶含生物屑灰岩，生物灰岩。	铅锌矿化
		安家岔组	2	D _{2a2}	570 720	细石英砂岩，粉砂质千枚岩，绿泥千枚岩、绢云方解千枚岩、生物灰岩、泥质条带灰岩，粉晶灰岩。	铅锌矿化
			1	D _{2a1}	40 1236	厚层大理岩夹细白云岩、含炭生物灰岩、角砾状灰岩、钙质砾泥岩、泥粒灰岩、礁灰岩、砂质灰岩、生物碎屑灰岩。厂坝一带相变为结晶灰岩、大理岩、片岩和石英岩，向阳山一带又相变为石英岩、片岩和片麻岩。	大一中型铅锌矿床
	下泥盆统	吴家山组	2	D _{1w2}	260 530	黑云石英片岩，二云石英片岩、绿泥石英片岩，含炭千枚岩及片岩。	
			1	D _{1w1}	>200 未见底	黑云方解石英片岩，条带状黑云石英大理岩，含透闪钾长石方解石大理岩。	
系	统	东 部 ^② (凤-太矿田)					
		组	层	符号	厚度 (m)	岩 性	含矿性
泥 盆 系	上泥盆统	九里组	2	D _{3j2}	300—2123	粉砂质、钙质板岩夹细砂岩、粉砂岩、砂质灰岩。	
			1	D _{3j1}	20—1445	以砂岩为主，夹板岩、千枚岩和薄层砂质、泥质灰岩。	
	中泥盆统	星红铺组	2	D _{2x2}	226—1254	上部：钙质千枚岩、炭质千枚岩为主，夹少量砂质千枚岩。顶部夹薄层生物灰岩或灰岩透镜体。 下部：砂质千枚岩、绿泥千枚岩、铁白云质千枚岩为主，夹有薄层灰岩。	
			1	D _{2x1}	250—2200	上部：铁白云质千枚岩、钙质千枚岩夹薄层灰岩。 中部：绢云千枚岩、钙质千枚岩、铁白云质千枚岩。 下部：铁白云质千枚岩夹薄层灰岩及绢云千枚岩、钙质千枚岩夹薄层灰岩及炭质千枚岩。	铅锌矿化
		古道岭组	2	D _{2g2}	441—915	上部：中厚—薄层灰岩、含炭生物灰岩，顶部界面以下硅岩，是为本区最主要的含矿层位，下部为薄层含炭灰岩及生物灰岩。 中部：中厚层结晶灰岩夹薄层灰岩。 下部：含炭生物薄层灰岩夹炭质千枚岩。	大一小型铅锌矿床铜矿化
			1	D _{2g1}	232—2020	上部：细砂岩、钙质砂岩、砂质千枚岩。 下部：中厚层砂质灰岩，夹粉砂岩、粉砂千枚岩含生物灰岩薄层。	

①部分地层资料及分组意见参考甘肃省有色金属地质勘探公司 (1984)；

②据王俊法等 (1987) 资料而改编。

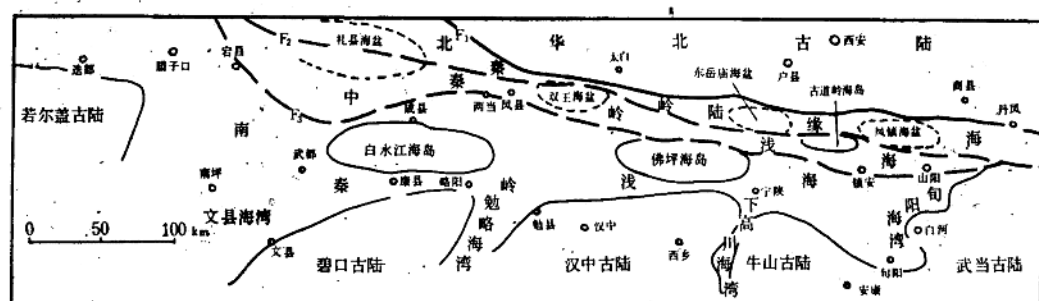


图 1-3 秦岭中泥盆世古地理略图

Fig. 1-3 Paleogeographic map of the middle Devonian Epoch in the Qinling

(据赵享, 1987)

F₁, 商南—淅县断裂; F₂, 山阳—礼县断裂; F₃, 板岩镇—宕昌断裂

齐, 呈北西西向线性舒缓延伸; 南界则呈港湾状、凹凸不齐地分布着旬阳、下高川等 4 个海湾 (图 1-3)。各海湾间又依次有武当、牛山等 5 个古陆, 显示了扬子地台基底有北北东、北东向的拗陷和隆起。在泥盆纪海槽内部, 显示了 4 处沉降较深的海盆, 它们似乎各自与海湾的自然延伸方向相对应。4 个海盆—海湾带 (断陷带) 按其深入扬子地台内部的长度和宽度比较, 由西向东有逐渐减弱的趋势, 形成时间以文县—礼县和勉略—双王断陷带最早, 凤镇—旬阳次之, 东岳庙—下高川断陷带最迟 (赵享, 1987)。前三处北北东断陷带的深陷海盆分别对应于已知的西-成、凤-太和柞-山 3 个多金属矿田。

根据地层的岩性及组分特征、韵律、颜色和特征矿物、层理构造、化石组合和种类以及各矿田在秦岭海槽中所处的位置, 初步认为古道岭组下段地层属浑水无障壁碎屑岩建造沉积模式的生物礁滩—近滨相沉积, 上段地层属清水有障壁碳酸盐岩建造沉积模式的生物礁滩—局限台地相沉积。星红铺组地层属浑水无障壁碎屑岩建造沉积模式的近滨相、浅滩相、前滨相和后滨相带沉积 (杨锦源, 1985)。西-成矿田的安家岔组下段地层属浅海碳酸盐台地相, 并可进一步细分为台地边缘礁滩相、台地边缘浅滩相、局限台地相、台内 (沟) 陆源砂滩相、礁后泻湖相和台内 (沟) 盆地相等亚相; 安家岔组下段及西汉水组地层属浅海陆棚相, 并可细分出滨外砂滩相、盆地相、生物点礁相、礁滩—层礁 (滩) 相等亚相。^①

(三) 侵入活动及变质作用

区域上岩浆活动以海西期、印支期和燕山期的酸性、中酸性、基性—超基性岩浆活动为主, 在铅锌矿带北侧形成一个区域性的岩浆岩带。

矿带内除海西期侵入一些超基性脉岩外, 主要为印支期至燕山期的中酸性岩体。凤-太矿田北侧有太白花岗岩基, 南侧有华阳花岗岩基, 矿田内还有狮子岭花岗闪长岩体等; 而西-成矿田内有草关花岗闪长岩、大山花岗岩、糜署岭花岗闪长岩、黄渚关花岗闪长岩和二长花岗岩、厂坝黑云母花岗岩和沙坡里二长花岗岩等。在两个矿田内, 上述侵入体在空间上分布皆具有东部多、西部少的特征。西-成矿田内侵入岩分布还具有北部以花岗闪长岩为主、南部以

^① 喻锡锋、姜元杰, 1984, 西-成铅锌矿田地质科研论文集。

花岗岩为主的特点。反映侵入活动东强西弱、北偏中性、南偏酸性的特点。

矿带内地层普遍经受了变质作用。根据岩石的结构、构造和矿物组合,判断本区区域变质相相当于低绿片岩相,推测变质温度为 300—400°C,压力在 $(1-5) \times 10^8 \text{Pa}$ (喻锡锋等, 1984)。在区域性浅变质作用的基础上,局部还有接触变质作用的叠加,如侵入活动强烈的厂坝地区。区域变质主要与海西期—印支期地槽回返阶段的板块对接挤压应力有关,而接触变质作用则由岩浆侵入引起的地热异常和挤压应力所造成。

(四) 区域矿产

秦岭海西期—印支期褶皱带内矿产丰富,以铅、锌、铜、汞、锑为主,铁、金、铀、钒、钼等矿产次之。泥盆系—三叠系中的矿产,可分为南、北两个矿带,前者为产在泥盆系及三叠系碳酸盐岩中的汞、锑矿带,后者则为泥盆系碳酸盐岩和细碎屑岩中的菱铁矿—多金属矿带。

西秦岭泥盆系层控铅锌矿带位于泥盆系菱铁矿—多金属矿带的西部,属于最主要的组成部分。西秦岭泥盆系铅锌矿带的东、西两个矿田横跨两个构造单元。西部的西—成矿田(图 1-4)位于秦岭海西褶皱带,而东部的凤—太矿田(图 1-5)则处于秦岭印支褶皱带。

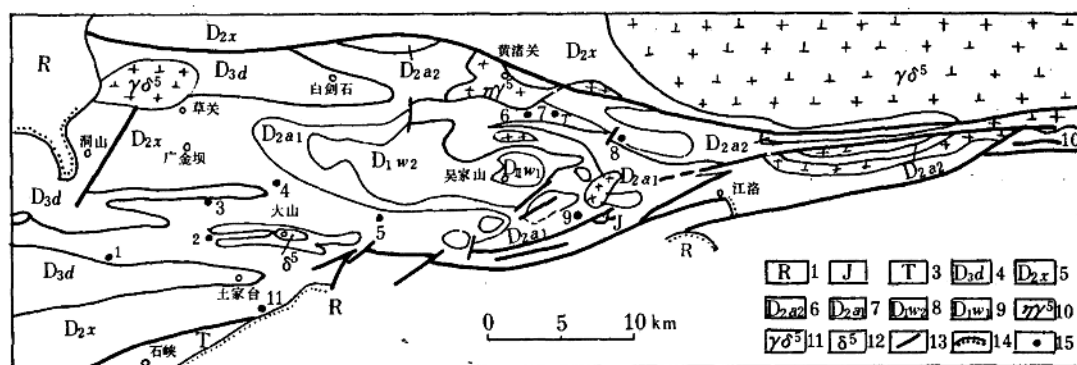


图 1-4 西—成矿田地质图

Fig. 1-4 Schematic geological map of the Xi-Cheng orefield

(据甘肃有色勘探公司地质 106 队)

1. 第四系; 2. 侏罗系; 3. 三叠系; 4. 上泥盆统洞山组; 5. 中泥盆统西汉水组; 6. 中泥盆统安家岔组第二层;
7. 安家岔组第一层; 8. 下泥盆统吴家山组第二层; 9. 吴家山组第一层; 10. 印支期二长花岗岩; 11. 印支期花岗岩内长岩; 12. 印支期闪长岩; 13. 断裂; 14. 不整合线; 15. 矿床(点)位置及编号(1—页水河; 2—邓家山; 3—尖崖沟; 4—焦沟; 5—庙沟; 6—厂坝; 7—李家沟; 8—向阳山; 9—毕家山; 10—洛坝; 11—人土山)

二、矿床地质概述

西秦岭泥盆系层控铅锌矿带按地理位置、矿化和地质特征可分出南锌铅(铜)矿化带和北锌铅(银)矿化带。前者包括邓家山、毕家山、页水河、尖崖沟、铅硐山、洛坝、焦沟和庙沟等矿床(点);而后者则主要为厂坝、李家沟、向阳山和银母寺等矿床。

北矿化带含矿层主要为安家岔组,系一套区域变质基础上又叠加了接触变质的中级变质岩石,主要有黑云(方解石)石英片岩、大理岩、结晶灰岩、石英岩和千枚岩。含矿层总的

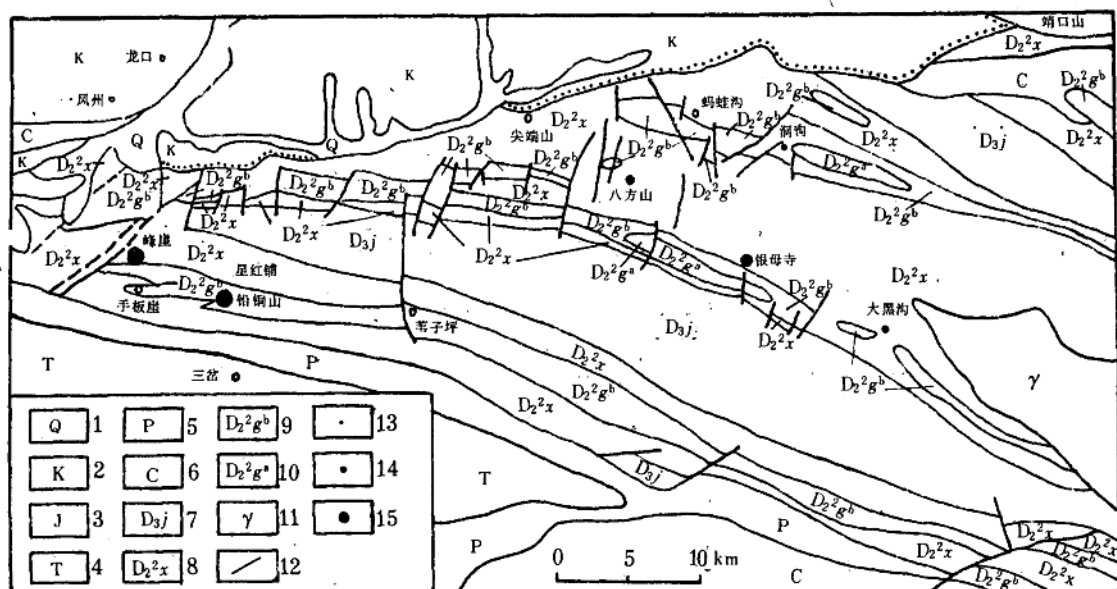


图 1-5 风-太矿田地质图

Fig. 1-5 Schematic geological map of the Feng-Tai orefield

(据西北有色勘探公司 717 队)

1. 第四系; 2. 白垩系; 3. 侏罗系; 4. 三叠系; 5. 二叠系; 6. 石炭系; 7. 上泥盆统九里坪组; 8. 中泥盆统星红铺组; 9. 中泥盆统古道岭组第二层; 10. 古道岭组第一层; 11. 花岗岩; 12. 断层;
13. 多金属矿点; 14. 中型多金属矿床; 15. 大型多金属矿床

沉积环境处于潮坪-潮下相(碳酸盐岩)和潮坪相(细碎屑岩)之间,水深相对较浅(<50m)。南矿化带含矿层在西部为安家岔组和西汉水组,在东部为古道岭组,局部为星红铺组。含矿层由下至上一般为绢云和粉砂质千枚岩—生物灰岩—绢云方解千枚岩和炭质千枚岩。矿体主要产于灰岩和千枚岩的接触带或偏近灰岩一侧。含矿层的沉积环境处于浅海陆棚灰岩、生物礁相等和外陆棚细碎屑岩相之间沉积环境的转换带,即相变带是控矿的主要因素,推测沉积水深100—200m左右。

北部含矿岩石主要是黑云(方解)石英片岩和条带状大理岩;而南部含矿岩石几乎无例外都是一套(铁白云石)硅化—硅质岩。

(铁白云石)硅化—硅质岩由微晶基质和活化脉体两大部分组成。微晶硅岩的矿物成分最主要的是细粒等轴状它形石英,其次为铁白云石、方解石、绢云母和少量金属矿物,岩石富含炭质。石英粒径多在0.01—0.03mm,颗粒之间没有胶状硅质连结,表明形成温度高于正常生物沉积的硅质岩。各种矿物之间呈共生关系,具共沉淀的同生沉积特征。由于成岩压实作用和成岩后的构造应力作用,在微晶硅岩基础上活化形成了大量的脉状和斑杂状硅质体,使微晶硅岩呈不规则状、角砾状残存在活化脉体中。活化石英脉体与微晶硅岩在成分上具一定的继承性,矿物组合类似;在空间上具有原地继承性,没有长距离迁移。这些活化脉体可分出细粒石英不规则早期脉体和粗晶方解石、石英晚期脉体,前者与铅锌矿化关系密切。(铁白云石)硅质岩层常产于生物灰岩和千枚岩之间,可呈单层或多层出现,与围岩产状一致,并随围岩同步褶皱。在空间上和时间上,它们与铅锌矿体关系密切。当沿走向硅质岩层变为生物灰岩时,矿体就急剧变贫并尖灭。因此,实质上硅化—硅质岩本身就是矿体。在硅质岩

层内的含碳、泥质微纹层中，常可见到黄铁矿显微状莓球体（图版1）以及方铅矿、闪锌矿和黄铜矿的莓球体^{〔4〕〔5〕}。对这套硅化—硅质岩层的地质观察和分析，初步认为这套岩层是海底热液喷流同生沉积的产物，与铅锌成矿关系密切。

北部矿床的矿体规模大，产状为层状—似层状，形态简单。矿体随围岩地层同步褶曲，矿体长度几十米至千米左右，延伸可大于600—700m，矿体具多层性，条纹—条带状矿石构造极为发育，反映同生热液沉积成矿特征。

南部矿床的矿体产状较为复杂，主要为透镜状、似层状、鞍状、脉状等。矿体常在背斜转折端加厚变富，而呈鞍状矿体。另外，倒转翼的剥离虚脱带也是容矿有利部位。矿体中矿石构造相对较复杂，主要有斑杂状、块状、胶结角砾状、浸染状和脉状构造等。矿石结构以交代溶蚀结构为主而有异于北部矿石主要为变晶粒状结构的特征。

整个铅锌矿带所有矿床的矿石矿物组成都较为简单，主要金属矿物为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿，并有少量的铜、银、锑、砷类硫化物。相对而言，北部矿床一般黄铁矿含量较高，并常有磁黄铁矿、硫锑铅矿，且局部地带富银。而南部矿床则以含铜类矿物为特征，主要铜类矿物有黄铜矿、黝铜矿和砷黝铜矿，个别地段黄铜矿可富集形成工业矿体。

矿床围岩蚀变一般较弱，范围也不大。主要蚀变有硅化、绢云母化、重晶石化、绿泥石化和阳起石化等。

本区矿床都有两大成矿期，即同生热液沉积成矿期和变质热液弱改造成矿期（北矿化带）或动力分异热液强改造成矿期（南矿化带）。南、北矿化带的改造成矿期都可分出早、晚两个不同矿化阶段。

第二章 含矿层地球化学研究

目前国内在层控矿床含矿层研究工作中,经常出现两类问题:①工作中采用单一剖面法,或在沿含矿层走向较短的区间内工作。这种做法难以对含矿层沿走向上的变化规律得出较为全面、客观的认识;②地层含矿性评价的地球化学剖面常设置在矿区内,并且对所取得的地球化学数据不经检验、处理就进行使用。这样就无法防止后期矿化作用或微量成矿元素叠加的可能性,并使所取得的成矿元素及伴生元素含量不能真实地反映其同生沉积本底含量。针对上述两类问题,本次沿西秦岭泥盆系地层走向设置了多条地层地球化学剖面。除其中一些矿区含矿层剖面是为了和区域含矿层进行对比,并了解局域矿化的地球化学特征外,其余所有剖面都选择在非矿化地段。为了检验和排除成矿元素后期叠加的可能性,除对地层岩石样品进行大量的岩矿鉴定外,还根据於崇文(1983)提出的方法,采用柯尔莫哥洛夫正态检验法,在Victor-9000型计算机上,对本次取得的几万个似定量分析数据进行了元素分布型式检验和处理。在此基础上,对泥盆系中化学元素的时、空分布特征和成矿规律进行了研究。

一、中泥盆统元素分布和分配特征

西秦岭和东秦岭地区泥盆系沉积建造的差异,造成了东、西两段不同的地球化学分区:东秦岭泥盆系相对高的 SiO_2 ($\bar{X}=56.62\%$)和 Al_2O_3 ($\bar{X}=13.13\%$)等碎屑岩组分,而贫碳酸盐岩造岩组分 CaO ($\bar{X}=8.11\%$),并且微量元素含量普遍较高;而西秦岭则相对富集碳酸盐岩造岩组分 CaO ($\bar{X}=28.33\%$)、而贫 SiO_2 ($\bar{X}=31.53\%$)和 Al_2O_3 ($\bar{X}=7.61\%$)等碎屑岩组分。并且除元素Sr外,几乎所有微量元素含量都低于东秦岭,尤其是Zn、Pb、Ba、Zr、Co、Ni、Ti等元素含量,在两个地区差异很大(表2-1)。

西秦岭地区的矿区含矿层298件样品的铅、锌平均含量分别为 $(50-162) \times 10^{-6}$ 和 $(53-396) \times 10^{-6}$,明显高于西秦岭区域中泥盆统的铅、锌平均含量(22.4×10^{-6} 和 49.7×10^{-6}),伴生元素Cu、Ba、Mo、Cd、Co、Ni等含量也有显著增高。并且矿区含矿层中,化学元素含量的离散程度也相应增大。

各矿区含矿层主要岩石的绝大部分微量元素含量都比正常沉积区同类岩石有明显的增高。若从矿区各类岩石元素平均含量($\bar{X}$)与正常沉积区相当层位同类岩石元素平均含量的比值(M)来看,矿区岩石的绝大部分元素的比值都高于1,其中成矿元素Zn、Pb和伴生元素Cu、Ba、Co、Ni比值相对较高(表2-2)。这不仅表明微量元素在矿区普遍受到成矿作用的影响,而且其中Zn、Pb、Cu、Ba、Co、Ni等元素受矿化叠加强度相对较大。其次,矿区碳酸盐岩的元素 M 值往往高于碎屑岩,说明碳酸盐岩是本区有利于成矿的主要容矿岩石。

R型因子分析结果表明,在矿区地层中,出现两套正常沉积区没有的成矿元素组合:第一套为反映铅、锌(铜)矿化作用的成矿元素组合,由元素Pb、Zn、Cd、Cu、Mn组成;第二套组合包括Cu、Co、Ni、Fe元素,系一套反映黄铁矿化的成矿元素组合。