

陕西柞水—山阳 成矿带区域地球化学

编著：张本仁 陈德兴 李泽九 谷晓明

蒋敬业 胡以铿 李方林 郭五寅 李耀成

中国地质大学出版社

前 言

成矿区、带多数与区域构造活动带有关，既是区域地质构造发展复杂历史的集中体现，又是区域矿产群集的场所。因此，成矿带的研究历来受到地质学家与找矿工作者的注视。这种研究不仅对于深化区域地质构造认识，而且对于解决新的矿产基地均具有重大意义。

当前，我国成矿带研究多数还处于，或者是以地质学方法为主，辅以一些地球化学证据，或者是开展很少配合地球化学研究的成矿带规模的地球化学测量。然而既以探讨区域地质和成矿规律，又以解决区域找矿问题为目标的综合性地球化学研究尚属少见。虽然已往的成矿带研究已经取得很大成果并带来重要经济、社会效益，但是由于缺少系统地球化学研究的配合，致使区域地质构造发展历史和成矿规律的探讨失去一个重要学科兵种强有力的支持，又使矿带地球化学找矿工作仍然难于摆脱基本上就异常评异常的局面。

为了探索在区域地质调查研究和改善区域地球化学找矿方法方面尽可能地发挥地球化学的潜在作用，以及改进和完善区域地球化学研究的理论格架与方法，1983年地质矿产部设立了“成矿区带区域地球化学与地球化学找矿方法”研究课题，属于部“六五”攻关项目——《区域与矿区地球化学找矿方法》（编号83064）中的一个独立二级课题，本专题研究即为该课题的一个组成部分（三级专题）。

柞水-山阳成矿带位于陕南东秦岭褶皱系的南带，商洛地区的柞水、山阳、镇安县境内。矿带内广泛分布着泥盆系地层，受秦岭东西向主干构造带的控制，其中中、酸性岩浆侵入活动也相当发育。矿带内的优势矿产为赋存于泥盆系地层中的层状层控型菱铁矿-铅、锌、银多金属矿床，其次为与燕山期浅成-超浅成中、酸性斑岩类小岩株有成因联系的以铜为主的多金属矿床以及裂隙控制的热液型多金属和金矿化点。因此，本区存在着沉积层控及岩浆-热液两个成矿系列。

陕西省地质矿产局和陕西冶金地质勘探公司所属生产和研究单位以及国内一些科研机构 and 地质院校，已在区域地质调查、矿产普查与矿床、地层等专题研究方面做了大量工作，局部地段还开展过不同类型的地球化学找矿工作，积累了较为丰富的地质和矿产资料。然而，至今对于成矿带的控制构造、含矿地层对成矿的作用、层状矿床的成因和形成环境、各类矿床与矿化的找矿标志中、酸性侵入岩类的成因及其与成矿的关系以及区域蚀变带的性质和地质意义等问题，或者存在严重认识分歧，或者研究不足。

根据二级课题总体设计的要求，针对本成矿带地质构造特征与存在的问题，本专题主要开展了含矿地层的地球化学特征、沉积地球化学环境与控矿意义，层状矿床的成因、形成过程、成矿环境与找矿地球化学标志；中、酸性侵入岩（以花岗岩类为主）的成因、形成的构造环境、与成矿的关系及岩体含矿性评价的地球化学标志；岩浆-热液型矿床与矿化的地球化学特征及找矿标志区域蚀变带地球化学特征、成因及其与成矿关系；成矿带区域地球化学特征、区域地球化学图示方法和成矿作用空间结构；以及区域地球化学异常评价方法等问题的研究。同时，还开展了本成矿带内成矿远景的地球化学预测。

根据我们以前开展区域地球化学试验研究总结的经验，结合成矿带研究的特点，提出了

以下理论格架作为本专题研究的指导思想,即开展成矿带地球化学研究应以区域地壳(最好为岩石圈)为系统,以各类地质体的地球化学资料为基础,以历史地球化学理论与观点为指导,通过地球化学专题研究与区域地球化学测量相结合的途径,探讨元素通过各类地质-地球化学作用发生分配、演化的趋势,查明区域地球化学场特征,性质与地质意义,开展成矿带构造环境和成矿规律的地球化学分析,进而实现成矿地质因素、环境、条件向地球化学因素、环境、条件的转化及成矿地球化学因素、环境、条件向找矿标志与参数的转化,并连同异常特征建立异常评价的指标或模型,开展测区成矿远景预测。遵照上述构想,我们设立了区域地层、岩浆岩、典型矿床和区域蚀变带等专题地球化学研究,同时开展了成矿带内石咀子、凤镇和小河口三个1/5万比例尺图幅的基岩地球化学测量,总面积约为1300km²。

本专题在预订的各个目标上都取得了一定的进展。由地质矿产部科技司委托组成的评审委员会认为,本专题研究“全面提高了成矿带的地球化学研究程度,为成矿远景区划和今后普查找矿提供了重要依据,并且积累了在层控矿床分布地区开展区域地球化学勘查的有益经验。”对于各专题研究及基岩地球化学测量研究成果评审委员会也一一作了肯定的评价。评审意见书指出的本专题的主要研究成果为:

1. 依据区域主要矿产的成矿特征,开展了地层地球化学的深入研究,区分了区域地层微量元素的初始本底含量和总体平均含量,阐明了含矿岩系的沉积环境和成矿元素局部富集的地球化学条件,并在此基础上建立起比较完整的评价地层含矿性的地球化学准则。

2. 以大西沟-银洞子矿田层状层控矿床为重点,进行了以成矿作用机制、矿床分带性和原生晕基本特征为主要内容的矿床地球化学的全面研究。依据地球化学资料,详细论证了该类矿床成因属于热卤水沉积为主伴有后期叠加改造的层状层控矿床。阐明了区域矿床的分带规律及其原因。在上述研究基础上,确定了沉积层控系列不同矿种矿床的找矿标志和指标,对寻找深部盲矿体有重要指导意义。

3. 通过区域花岗岩类和区域蚀变带的研究,查明了岩浆结晶时期和岩浆期后热液作用阶段成矿元素的地球化学行为,为区域内生成因的金、铜等矿产的预测、普查提供了一定的依据。

4. 对区域岩石地球化学测量的工作方法进行了探索和总结。在进行多种方法的试验和对比的基础上,论证了在国内尚属首次应用的泛克立格法编制地球化学图和划分异常的有效性;对异常按不同成因系列分别采用相应数量化指标进行解释评价,形成了一套比较科学、比较完整的区域岩石地球化学勘查的工作方法。

5. 在全面的综合研究基础上,开展了区域成矿远景预测。在圈定的34个组合异常的基础上,划分出8个成矿远景区,其中9个组合异常为本次研究工作所发现,4个远景区内尚无已知工业矿床存在。这为今后找矿工作指明了方向。

研究成果进一步表明,将地球化学专题研究与化探工作紧密结合,与地质调查紧密结合的综合调查研究的方向是正确的、方法是可行的、效果是显著的。本次研究还以新的资料与成果发展和丰富了按照“两个转化”的思路改善地球化学异常评价的经验。所谓“两个转化”即指上述概括的首先将成矿的地质因素、环境和条件转化为地球化学因素、环境和条件,然后再将成矿的地球化学因素、环境和条件转化为异常评价的标志与参数,从而使异常评价工作由单纯就异常评异常的局限中摆脱出来。当然,在第一个转化中还应包括:(1)将地质问题转化为地球化学课题进行研究,以便更好地发挥地球化学的学科优势;以及(2)、注意查明元素组合、含量与其他地球化学参数的地质意义,即将地球化学资料转化为地质信

息。

本专著是在专题研究报告基础上，参照评审委员会意见，进行认真修改和补充后完成的。

本项研究中，区域基岩地球化学测量共采集样品4756件，分析元素21项，其中Cu、Pb、Zn、Ag、Mn、Sr、Ba、Ti、Co、Ni、Cr、V、Zr、Bi、Sn、As和Sb17种元素采用加罩电极法光谱分析；W和Mo采用催化极谱法；F采用离子选择电极法；Au采用化学光谱分析。各专题地球化学研究的岩石和矿石样品，主要由地质矿产部岩矿测试技术研究所采用等离子体光谱计直读光谱法定量分析，每个样品分析37种元素。

本项研究是由中国地质大学（武汉）地球化学系负责，陕西省地质矿产局区域地质调查队协作共同完成的。中国地质大学地球化学系张本仁教授为课题总负责人兼本专题研究的业务技术指导，他提出了成矿带地球化学研究的理论格架和指导思想，制定了为完成本专题任务的技术路线与要求，并对本书全文进行审定、修改和定稿。

本书除前言和结论外，共有六章。参加各章编写与工作的人员分工如下：前言，张本仁；第一章，郭五寅、王良忱、罗新民；第二章，谷晓明；第三章，陈德兴、李方林、凌文黎；第四章，李泽九、张宏飞；第五章，胡以铿；第六章，蒋敬业、郭五寅；结论，谷晓明。

陕西省地质矿产局区调队李耀成、张兴汉、汪岳杰等和511区调分队及中国地质大学（武汉）地球化学系高山和地球化学专业81—82级部分学生参加了野外资料收集和基岩地球化学测量工作；区调队刘克全参加了部分室内报告编写工作。中国地质大学地球化学系中心实验室和陕西省地矿局区调队实验室承担了基岩地球化学测量样品的分析和实验研究工作。

在项目开展过程中，得到了中国地质大学（武汉）地球化学系、陕西省地矿局地矿处、科技处及区调队的支持；陕西省地矿局十三地质队和原00534部队为本项目的开展提供了有关区域和矿区地质资料；在野外工作期间，我们还得到陕西省山阳县锌矿、小河口铜矿和柞水县银铅矿广大职工和技术人员的热情支持；许多测试单位为本项目各类样品进行了鉴定和测试，地矿部北京计算机应用技术研究所承担了成矿带区域基岩地球化学测量数据的计算机处理和成图。对于上述各单位的支持和帮助，我们表示衷心感谢。

本项研究涉及的面宽、工作量大，获得的资料数据较多，由于我们编写人员经验和水平有限，在资料综合整理上错误及不足之处在所难免，敬希读者批评指正。

目 录

第一章 矿带地质特征	(1)
第一节 矿带地层地质	(2)
第二节 中、晚泥盆世沉积相的初步分析	(5)
第三节 矿带构造地质	(6)
第四节 岩浆岩	(8)
第五节 矿产	(9)
第二章 成矿带含矿地层地球化学	(11)
第一节 成矿带含矿岩系地层地球化学特征	(11)
第二节 中、晚泥盆世地球化学相分析	(40)
第三节 地层含矿性的地球化学评价	(51)
第三章 层状层控型矿床成矿作用的地球化学	(58)
第一节 大西沟-银洞子菱铁矿-银铅多金属矿田成矿作用的地球化学	(58)
第二节 黑沟菱铁矿-银铅多金属矿床的地球化学特征	(82)
第三节 桐木沟锌-铅-(镉)矿床成矿作用地球化学	(83)
第四节 层状层控型矿床的成矿机制与找矿标志	(97)
第四章 花岗岩类及岩浆热液系列成矿作用的地球化学	(100)
第一节 花岗岩类的岩石学、矿物学及地球化学特征	(101)
第二节 花岗岩类的成因及构造环境分析	(115)
第三节 燕山期岩浆作用和成矿的关系	(124)
第四节 斑岩型矿床的地球化学特征	(131)
第五节 裂隙充填型热液矿化的特征	(138)
第五章 区域蚀变带的地球化学研究	(139)
第一节 蚀变带的分布与产出的地质条件	(139)
第二节 蚀变带的岩石和矿物	(141)
第三节 蚀变岩石的化学成分及蚀变过程中元素的地球化学行为	(145)
第四节 蚀变岩石的微量元素地球化学特征	(149)
第五节 蚀变作用与矿化的关系	(153)

第六节 蚀变带的成因及其找矿的指示意义	(155)
第六章 矿带地球化学场特征及地球化学异常评价	(156)
第一节 工作方法	(156)
第二节 矿带地球化学基本特征	(160)
第三节 区域地球化学场特征	(171)
第四节 区域地球化学异常与成矿远景预测	(189)
第五节 矿带基岩地球化学测量的评价	(205)
结 论	(208)
参考文献	(220)

Contents

Foreword

Chapter 1. Geological Background of The Metallogenic Belt

1. The stratigraphy
2. Preliminary analysis of the Middle and Late Devonian sedimentary facies
3. The structural geology
4. The magmatic rocks
5. The mineral resources

Chapter 2. Geochemistry of The Ore-containing Strata

1. The geochemical characteristics of the ore-containing stratigraphic sections
2. Geochemical facies analysis of the Middle and Late Devonian strata
3. Geochemical evaluation of the ore-bearing potential of the strata

Chapter 3. Geochemistry of The Ore-forming Processes of The Stratiform stratabound Deposits

1. Geochemistry of the Daxigou-Yindongzi siderite and Ag, Pb-polymetallic orefield
2. Geochemical characteristics of the Heigou siderite and Ag, Pb-polymetallic deposit
3. Geochemistry of the Tongmugou Zn-Pb-(Cd) deposit
4. The ore-forming model of the stratiform-stratabound deposits

Chapter 4. Geochemistry of The Granitoids and The Ore-forming Processes of The Magmatic-hydrothermal Series

1. Petrological, mineralogical and geochemical characteristics of the granitoids
2. The origin and tectonic settings of the granitoids
3. Relation between the magmatic and ore-forming processes of the Yanshan period
4. Geochemical characteristics of the ore deposits of the porphyry type
5. Geochemical features of the hydrothermal mineralizations of the fissure-filling type

Chapter 5. Geochemical Study of The Regional Alteration Zones

1. Distribution and occurrence condition of the alteration zones
2. Petrology and mineralogy of the alteration zones

3. Chemical composition of the altered rocks and geochemical behavior of chemical elements during the alteration
4. The minor element characteristics of the altered rocks
5. Relation between the alteration and mineralizations
6. The origin of alteration zones and their indicating meaning for mineral exploration

Chapter 6 Characteristics of The Geochemical Fields in The Metallogenic Belt and Evaluation of Geochemical Anomalies

1. The working method
2. The essential geochemical features of the metallogenic belt
3. Characteristics of the regional geochemical fields
4. Regional geochemical anomalies and prediction of the perspective of mineral resources
5. Assessment of the geochemical rock survey in the metallogenic belt

Conclusion

References

第一章 矿带地质特征

柞水-山阳成矿带位于秦岭褶皱系内礼县-柞水海西褶皱带和南秦岭印支褶皱带中 凤县-

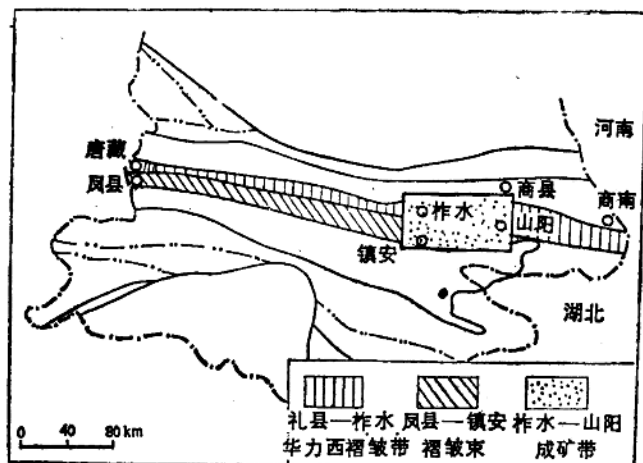


图1-1 矿带构造位置图

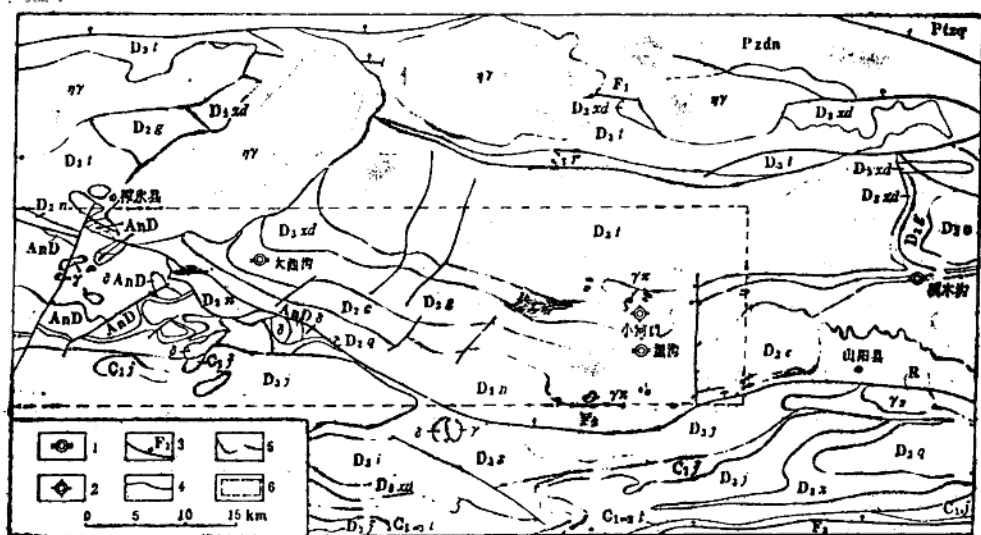


图1-2 陕西省柞水-山阳成矿带地质略图

R第三系；石炭系：（北部） C_{1f} 二峪河组；（南部） C_{1-sf} 铁厂铺组， C_{1j} 界河街组；泥盆系：（北部） D_{3t} 桐岭寺组， D_{3zd} 下东沟组， D_{3q} 青石垭组， D_{3e} 池沟组， D_{3n} 牛耳川组；（南部） D_{3j} 九里坪组， D_{3x} 星红铺组， D_{3g} 古道岭组； AnD 前泥盆系； $Pzdn$ 古生界丹凤群； $Pzqn$ 元古界秦岭群； δ 闪长岩类侵入体； γ_s 加里东期花岗岩； $\eta\gamma$ 印支期花岗岩； γ_n 燕山期花岗岩；1层状层控型矿床系列；2岩浆热液成矿系列；3深断裂；4次级断裂；5地质界线；6基岩地球化学测量范围。

镇安褶皱束之东端,其北以唐藏-商南深大断裂与北秦岭加里东褶皱带为界,南以酒奠梁-板岩镇断裂与留凤关-金鸡岭褶皱束邻接(图1-1)。

区内广泛分布着古生代泥盆纪地层、少量前泥盆纪(震旦纪-奥陶纪)和石炭纪地层零星分布。中、酸性岩浆侵入体相当发育。区内除了横贯全区呈北西西向的唐藏-商南、凤镇-山阳、酒奠梁-板岩镇三条大断裂外,尚发育有不同方向的次级断裂构造,褶皱亦较发育(图1-2)。

分布于泥盆纪地层中的层状层控型菱铁矿-铅银锌多金属矿床,与燕山期浅成-超浅成中酸性小斑岩体有成因联系的以铜为主的多金属矿床,构成了本成矿带两个主要成矿系列。

第一节 矿带地层地质

矿带内地层主要属秦岭一级地层区中礼县-柞水分区的唐藏-山阳小区和凤县-镇安小区的东部地段。

现按地层小区分述成矿带内地层地质特征。

一、唐藏-山阳小区

本成矿带在该地层小区出露的地层主要为中-上泥盆统和少量下石炭统,缺失志留系-下泥盆统,以及二叠系、中生界地层。

(一) 泥盆系(D)

中-上泥盆统构成本成矿带地层的主体。本次工作实测了二峪河剖面、金钱河剖面(霍家台-红岩寺)、以及柞水大西沟矿区车房沟剖面、山阳黑沟矿区剖面和桐木沟矿区的磨沟剖面。通过我们研究,并参考了陕西省地质矿产局区域地质调查队对泥盆系地层划分的意见,将中泥盆统由老到新划分为牛耳川组(D_2n)、池沟组(D_2c)、青石垭组(D_2q);上泥盆统由老到新划分为下东沟组(D_3xd)、桐峪寺组(D_3t)。且各组均可分为上、下段。现将中、上泥盆统各组段岩石组合特征归纳如下。

1. 中泥盆统(D_2)

分布于本矿带南部及中部,呈北西西向延伸,从山阳-凤镇断裂开始,由南向北依次为牛耳川组、池沟组、青石垭组,为一套滨、浅海砂泥质-泥灰质沉积,最大厚度可逾万米。

(1) 牛耳川组(D_2n^1)

由整个地层小区看,该组为整合于下泥盆统王家堡组与中泥盆统池沟组之间的一套碎屑岩、粘土岩夹碳酸盐岩的沉积,岩性横向变化较大。由于受凤镇-山阳深断裂影响,在本成矿带中未见底。

据实测金钱河、二峪河剖面,该组下段(D_2n^1)为灰色、青灰色细砂岩、粉砂岩、板岩夹结晶灰岩,水平层理普遍发育;上段由灰色、灰白色、青灰色中厚层细砂岩,粉砂岩,粉砂质板岩,钙质板岩及砂质结晶灰岩组成,显示出多次多级沉积小旋回或韵律,水平纹层发育。两段岩石中,特别是泥质岩中,可见到稀疏浸染状分布的微、细粒黄铁矿(或磁黄铁矿)。

可见厚度为1774~3761m。

(2) 池沟组(D_2c)

(三) 成矿元素分布的不均匀程度

由于成矿作用的叠加, 必然使成矿元素及某些伴生元素的标准离差(S)和变异系数(V)增大, 因此, 反映元素分布不均匀程度的标准离差和变异系数可作为地层含矿性的评价标志。

前面已经阐明本矿带中、上泥盆统微量元素分布的不均匀性特征为: 不同地段含矿层位青石砭组Pb、Zn、Cu、Ag、Ba等成矿元素以及Mn的总体平均含量的标准离差具有非常显著的差异。表2-35为中、上泥盆统各组微量元素总体含量的变异系数。从中可知大西沟-银洞子、黑沟矿区青石砭组各成矿元素的变异系数(V)也大。

表2-35 成矿带中、上泥盆统各组微量元素含量的变异系数(V)

地 段	层 位	Cu	Pb	Zn	Zr	Ni	Co	V	Ti	Mn	Sr	Ba	Cr	Rb	Ag	As
金钱河地段	桐峪寺组	75	79	44	48	52	80	47	47	101	113	83	47	55	—	—
	下东沟组	83	179	41	39	48	42	44	42	46	98	44	40	44	—	—
	青石砭组	341	83	57	23	32	38	35	29	52	68	59	30	38	—	—
	池沟组	106	56	50	31	46	50	43	31	53	79	37	37	36	—	—
	牛耳川组	421	209	136	32	36	50	34	27	55	75	58	32	53	—	—
二峪河地段	青石砭组	70	69	71	78	33	42	37	22	27	37	65	21	—	39	233
	池沟组	94	86	215	40	37	50	43	26	43	47	68	27	—	220	250
	牛耳川组	55	138	94	79	30	47	30	19	34	50	62	18	—	17	233
大西沟—银洞子矿区 黑沟矿区 桐木沟矿区	青石砭组	287	288	51	21	30	47	21	20	98	72	189	21	43	—	—
		215	335	170	20	45	50	19	17	153	102	79	53	—	143	150
		68	58	88	31	37	50	39	39	42	43	66	39	35	—	—

表2-36 成矿带不同地段青石砭组上、下段微量元素初始本底含量的标准离差(S_1)和总体含量的标准离差(S_2)

地 段	层 位	Cu		Pb		Zn		Zr		Ni		Mn		Sr		Ba		Ag		As	
		S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
大西沟	上段	22	582	18	270	23	23	26	26	14	14	437	1026	37	89	222	4992	—	—	—	—
一银洞子矿区	下段	21	33	14	19	36	37	14	14	5	5	252	407	22	45	210	746	—	—	—	—
金钱河地段	上段	18	103	21	48	29	30	19	19	7	7	252	310	71	80	150	150	—	—	—	—
	下段	19	19	23	23	46	55	34	36	11	11	282	282	62	112	181	456	—	—	—	—
黑沟矿区	上段	21	288	15	459	26	241	15	25	14	14	350	2453	104	164	357	2343	0.055	0.645	73	73
	下段	16	24	8	8	23	23	11	11	11	11	261	1700	35	35	227	498	0.009	0.009	67	67
二峪河地段	上段	14	14	9	9	50	76	22	29	9	9	202	236	43	47	129	129	0.012	0.012	2.78	9.58
	下段	18	18	9	9	31	83	23	110	13	13	173	173	41	41	245	382	0.018	0.018	3.89	9.30

为进一步说明含矿层位青石砭组内部微量元素分布的不均匀程度, 计算了不同地段青石砭组上段和下段微量元素的标准离差和总体含量的变异系数(表2-36, 表2-37)。可以看出:

(1) 矿区青石砭组上段(含矿段)Pb、Ag、Zn、Cu、Ba等成矿元素以及大多数伴生元素如Zr、Ni、Co、V、Ti、Mn、Sr、As等的总体含量的标准离差(S_2)和变异系数(V)一般都远远大于下段。

(2) 无矿地段青石砭组上、下段成矿元素和其他伴生元素总体含量的标准离差和变

表2-37 成矿带不同地段青石垭组上、下段微量元素含量的变异系数(V)

地 段	层 位	Cu	Pb	Zn	Zr	Ni	Co	V	Ti	Mn	Sr	Ba	Cr	Rb	Ag	As
大西沟—银洞子矿区	上 段	230	300	45	25	41	61	25	26	102	66	155	27	42	—	—
	下 段	94	42	42	11	12	19	14	10	63	59	106	12	33	—	—
金钱河地段	上 段	271	89	39	17	21	29	28	21	49	65	33	23	32	—	—
	下 段	90	45	128	38	50	50	57	48	62	74	134	46	64	—	—
黑沟矿区	上 段	198	298	163	22	47	55	21	19	152	95	68	49	—	111	170
	下 段	69	53	40	9	27	25	7	9	155	53	42	49	—	15	112
二峪河地段	上 段	64	76	64	29	25	27	21	28	33	34	32	21	—	32	170
	下 段	75	64	81	92	35	50	28	15	22	37	70	21	—	41	251

异系数一般差别不大，且大多数元素（包括成矿元素）在下段总体含量的标准离差和变异系数大于上段。

(3) 矿区青石垭组上段成矿元素Pb、Ag、Cu、Zn、Ba总体含量的标准离差(S_2)远远大于初始本底含量的标准离差(S_1)，而下段两种标准离差差别不大或相等。

综合上述，从地层中元素分布的不均匀程度，总结出如下地层含矿性评价标志：

(1) 菱铁矿-多金属矿床产出地段含矿层位Pb、Ag、Zn、Cu、Ba等成矿元素总体含量的标准离差显著大于无矿地段，这些元素的变异系数亦较大，且总体含量的标准离差(S_2)要明显大于初始本底含量的标准离差(S_1)。在这样地段含矿层位一个组中，成矿元素总体含量的标准离差应达到：Pb、Zn、Cu： >100 ，Ag：0.6左右，Ba： >2000 。各元素的变异系数应达到：Pb、Zn、Cu： $>170\sim330$ ，Ag： >100 ，Ba： >80 。

(2) 在矿体赋存的含矿段，Pb、Zn、Cu总体含量的标准离差应达到： >200 ，变异系数： >100 ；Ag的标准离差应 >0.6 ，变异系数 >100 ；Ba的标准离差 >2300 ，变异系数 $60\sim160$ 。

(3) 其他大多数伴生元素在含矿段的总体含量的标准离差和变异系数应大于非含矿段。

最后需指出，以上各方面的评价指标是相辅相成的，在评价地层含矿性时必须综合考虑，不能片面强调某一两个方面而不及其他方面。

四、关于中泥盆统地层作为矿源层的可能性问题

目前，对于矿源层尚无统一的认识，一般认为，矿源层是区域地球化学背景较高的层位，经后期叠加地质作用，形成工业矿体的物质来源。对于矿源层的识别，是层状层控金属矿床地球化学研究中的一个重要问题。

柞水—山阳成矿带菱铁矿-多金属矿床严格受中泥盆统青石垭组层位控制。那么，中泥盆统地层有无向这类矿床提供成矿物质来源的可能性呢？换句话说，本矿带中泥盆统地层能否作为矿源层呢？

通过以上各方面的研究，我们认为，中泥盆统，特别是青石垭组地层对矿床的形成充其量只可能提供了部分成矿物质（对后期叠加改造成矿作用而言），但不是成物质的主要来源。也就是说，中泥盆统地层难于构成成矿物质“主要来源”的矿源层。其理由是：

(1) 本矿带大西沟-银碛子、黑沟菱铁矿-多金属矿床明显具有同生沉积的特征, 热卤水同生沉积是形成矿床的主导作用, 即在同生沉积阶段就已构成工业矿体。这种与控矿地层同时形成的矿床, 不可能从该地层中寻求成矿物质来源。因此, 含矿层位青石垭组不是同生成矿作用的矿源层。

(2) 含矿层位青石垭组在同生沉积时期是一个很不均匀的成矿金属元素的富集层位, Pb、Zn、Ag、Cu、Ba等只在大西沟、黑沟等矿区地段富集, 在这些地段这些元素的 M/A 比值大于1, 总体含量的标准离差(S_2)远远大于初始本底含量的标准离差(S_1)。而在无矿地段除Pb、Ba外, Zn、Ag、Cu的总体含量均低于陆壳丰度, 各成矿元素的 M/A 比值等于1或接近于1, S_1 与 S_2 无明显差别。这在很大程度上是局部地段热卤水同生沉积作用的结果, 而不是由成矿元素的高背景层位经后期地质作用叠加改造的结果。

(3) 中泥盆统牛耳川组、池沟组除Pb外, Ag、Zn、Cu、Ba等成矿元素的初始本底含量、总体平均含量均较低(多低于陆壳丰度), 亦很难作为菱铁矿-多金属矿床的物质来源。

从上面的分析可知, 本矿带大西沟、黑沟Pb、Ag、Zn多金属矿床的成矿物质主要地不是控矿地层本身提供的, 而应是热卤水从深部带来的。

(4) 含矿层位青石垭组可能为菱铁矿-多金属矿床的形成提供部分成矿物质。即在青石垭组岩石, 由于后期地质作用的叠加, 使由于热卤水同生沉积作用已经在青石垭组地层中(特别是矿体下盘)富集的成矿元素活化转移, 形成团块状、细脉状矿石。在大西沟、黑沟矿区均有这种情况。地层中硫化物相、碳酸盐相、特别是吸附态中的Pb、Zn、Cu等成矿元素是可以活化转移的。可能无外来物质的加入。而桐木沟矿区, Zn-Pb-(Cd)矿床的形成主要是后期含矿热液作用叠加的结果(也有一部分是同生沉积的), 成矿物质可能主要是后期热液带入的。

总的讲, 柞水-山阳成矿带中泥盆统地层对菱铁矿-多金属矿床只具有时控-层控意义, 而无矿源意义。

第三章 层状层控型矿床成矿作用的地球化学

中泥盆统地层(青石垭组)中赋存的层状矿床是本矿带中占优势的矿产资源,它们形成一个成矿系列,其成矿元素组合为Fe-Pb-Ag-Cu及Zn-Pb-Cd两类。空间分布上,西起柞水县境内的大西沟-银洞子菱铁矿-铅银多金属矿田,经由黑沟菱铁矿-铅银多金属矿到东面山阳县境内的桐木沟锌(铅)镉矿,相距约66km。成矿元素组合有着明显的分带特征,即自西向东分别为Fe-Pb-Ag-Cu→Fe-Pb-Ag→Zn-Cd-Pb-(Fe)。三个矿区呈直线间距33公里的等距离分布。

第一节 大西沟-银洞子菱铁矿-银铅多金属矿田成矿作用的地球化学

该矿田是柞水-山阳成矿带中典型的层状层控型矿床。自50年代末在该处发现航磁异常(编号M-87-1)以来,原陕西省冶金地质勘探公司714地质队、中国人民解放军00534部队先后进行了勘探,西安地质矿产研究所等科研单位及高校也曾进行过地质、矿床学研究。化探方面进行过地表及部分剖面Cu、Pb、Zn、Ag、As等几种元素的原生晕研究。但以上研究多数偏于矿床本身地质特征、物质成分和形成条件的探讨,提出的热卤水成因观点等亦缺乏充分的地质-地球化学论证;矿床原生晕的研究仍多沿用典型热液矿床的研究方法,分析的元素种类也过少。针对前人工作的不足,根据前述课题研究设计要求,对矿田进行了研究。研究的主要地段为铁矿的第40勘探线(头道剖面);银铅矿的坑道(代号IIIT)内第33、41、57、61、69、77勘探线和部分钻孔以及车房沟剖面(实测了1/1000地质-地球化学剖面图)。

采样方法:剖面及钻孔岩样按比例尺采用连续拣块法采集,钻孔矿芯从00534部队保存的副样中分取,特殊研究样品则按研究需要分别采集。

室内,对所采集的各类样品按研究的需要进行各种分离、鉴定和分析测试,从而获得相应的数据。在此基础上,对数据分别进行整理及计算机处理,得到以下的认识。

一、矿田地质地球化学特征

(一) 地质特征

大西沟-银洞子菱铁矿-银铅多金属矿田以车房沟为界可以划分为东西两个矿床,车房沟以西为菱铁矿矿床(称大西沟菱铁矿床),以东为银铅多金属矿床(称银洞子银铅多金属矿床)。矿体均产在中泥盆统青石垭组上段底部地层中。

矿田出露地层为中泥盆统池沟组、青石垭组,上泥盆统下东沟组,为一套巨厚的浅海相沉积岩。岩石具纹层状-中厚层状构造,有明显的韵律,反映了一种静水的沉积环境,岩石均已遭受浅的区域变质,成为板岩、千枚岩、结晶灰岩。

各组岩石特征为:

池沟组(D_2c): 主要由变泥质粉砂岩、含钙质变质粉砂岩组成, 局部夹结晶灰岩、粉砂质板岩。分布在矿田的南部。

青石垭组(D_2q): 出露于矿田的中部。主要由粉砂质板岩、千枚岩、结晶灰岩组成, 局部发生方柱石化。本组为含矿层位, 矿体顶板主要为粉砂质板岩夹结晶灰岩(近矿体围岩), 远离矿体转为变泥质砂岩、粉砂岩, 底板围岩为粉砂质板岩。

下东沟组(D_2x): 仅在矿田北侧出露, 其范围小, 主要由含泥质条带的变质细砂岩组成。

青石垭组地层岩相变化明显, 产于此层中的不同矿种的矿体, 其产出部位各具特征。总的来说, 含矿层处于由泥质、粉砂质沉积转向泥质、碳酸盐岩沉积的过渡部位。在含矿层下部的泥质、粉砂质岩石中, 当铁、镁碳酸盐增加时, 出现菱铁矿体; 当重晶石或类似碧玉的硅质条带增多时出现铜或银矿体; 有机质、钙质及重晶石增多时出现铅银(锌)矿体。在铅银矿体群的上部亦有少量小的菱铁矿出现。矿体与地层为整合接触, 且可见渐变关系。

矿田处于由中、上泥盆统地层所构成的文公庙复式向斜内, 向斜轴向NW330°, 向东南倾伏, 西端仰起并被柞水岩基所截。矿体产于该向斜南翼西侧。(图3-1)

矿田内常见云斜煌斑岩和闪斜煌斑岩脉, 脉宽几米到几十米不等, 并切穿地层与矿体。与其他类型岩石比较, 煌斑岩相对富集Ni、Ti、Sr、Zr、Ca、Mg、Na等元素。

在矿田范围内还偶见长英岩脉和方解石脉等。

(二) 矿田的地球化学分带特征

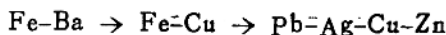
大西沟-银硐子矿田具有明显的地球化学分带特征。反映在矿化类型、成矿元素组合和赋存形式、同位素组成、有机炭含量及成矿作用物理化学条件等诸方面。这些分带均以车房沟为界显示出东、西两矿区的不同。

1. 矿化类型的分带及矿体特征:

车房沟以西为菱铁矿、重晶石为主体的矿化, 构成菱铁矿、重晶石矿体, 伴有铜矿体, 以东为Pb-Ag-Cu-Zn的硫化物、硫酸盐为主体的矿化, 构成方铅矿、闪锌矿、黄铜矿及银-铜硫酸盐组成的矿体, 伴有少量菱铁矿体及重晶石矿体。各类矿体在空间上的分布亦具有明显分带规律。

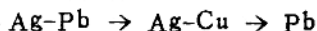
大西沟菱铁矿矿床由菱铁矿矿体、铜矿体、重晶石-磁铁矿矿体及重晶石矿体组成。就产出层位而言, 其演化顺序自下而上为: 菱铁矿矿体→铜矿体→重晶石-磁铁矿矿体→重晶石矿体。

银硐子银铅多金属矿床是由层状铅矿体(含Zn)、铜矿体、银铜矿体等构成。沿走向矿化类型的分带为(自西向东):



(15号勘探线以西) (7—33号勘探线) (25—101号勘探线)

多金属矿床的主矿体为13号矿体。矿体长达1900m, 分布在25—101勘探线之间, 按成矿元素组合特征也呈现出沿走向的规律分带特征:



25—65勘探线 61—85勘探线 85—101勘探线

时间上的演化规律自早到晚(剖面中由下而上)为:

铜银矿体→锌铅矿体→铅矿体。

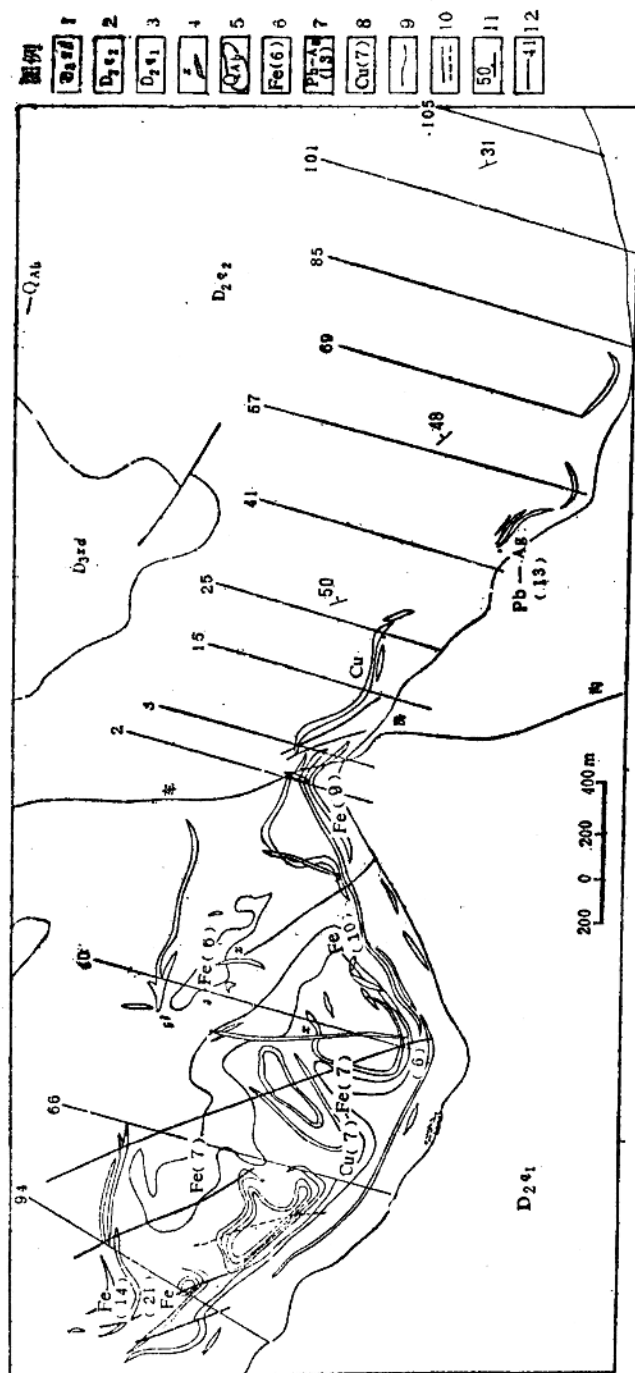


图3-1 大西沟-银洞子菱铁矿-银铅多金属矿田地质图 (引自00534部队资料改编)

1. 下东沟组 2. 青石崖组上段 3. 青石崖组下段 4. 煌斑岩脉 5. 长英岩脉 6. 铁矿体及编号
7. 铅银矿体及编号 8. 铜矿体及编号 9. 地质界线 10. 断层 11. 地质产状 12. 勘探线及编号

各类矿体的主要地球化学特征如下：

层状菱铁矿矿体：

由主矿体6号、7号（占总矿量90%以上）以及9、10、21、22号等数十个小矿体组成。呈层状产出，层位稳定，产状与围岩一致。顶底板围岩为含全铁5~15%的条带状菱铁矿千枚岩，矿体与围岩呈渐变过渡关系。矿体最长达2km，厚度20~70m不等，小矿体长数百米，厚几米，品位低，（T Fe.20~30%）但较稳定。

矿石矿物以菱铁矿为主，有少量磁铁矿，后者呈星散状、不规则脉状、网脉状产于菱铁矿层中。脉石矿物以绢云母为主，次为石英、白云石。

菱铁矿矿石成分与其围岩成分相比较（表3-1）富含Mn、Ba、Cu、Cd，而相对贫V、Ti、Sr、Zr、K、Ca。由于受后期热液叠加作用的改造，菱铁矿矿体中局部出现磁铁矿-黄铁矿矿石、磁铁矿-黄铁矿-重晶石脉及石英-菱铁矿脉等。但总的来说叠加作用不很强烈，未发生物质大规模的迁移，主要还属于与断裂有关的热改造作用。菱铁矿遭风化后呈猪肝色，为明显的地表找矿标志。

表3-1 菱铁矿矿石及围岩的成分特征

样品类型	样品数	Pb	Zn	Ag	Cu	Cd	Mn	Sr	Ba	V	Ti	Ni	Co	Zr	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K
铁矿石	23	23	68	0.35	325	1.52	6863	48	6059	82	1986	42	9	39	4.1	28	0.84	0.78	0.2	1.8
围岩	52	34	68	0.61	97	1.25	1478	169	2613	96	3380	31	10	91	7.4	6.7	4.58	0.88	0.21	3.23

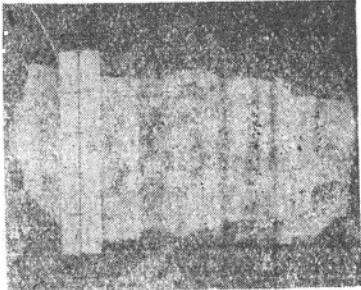
注：等离子光谱分析结果。Al、Fe、Ca、Mg、Na、K单位为（%），其它元素含量单位为ppm。

层状重晶石-磁铁矿矿体、磁铁矿矿体和重晶石矿体：

这三类矿体呈层状产于菱铁矿体之上的重晶石磁铁矿绢云千枚岩中，多数产状与围岩一致，亦见少数穿切围岩。矿物组合以磁铁矿、重晶石为主，含少量黄铜矿、黄铁矿。磁铁矿多集中在下部，向上部重晶石增多，磁铁矿相对减少，构成磁铁矿重晶石矿体、重晶石矿体。

层状铅矿体

此类矿体构成车房沟以东银洞子多金属矿床的主体。13号矿体为主矿体，其上部还分布有多层宽达1m左右的小铅矿体群以及宽度仅有0.5~2cm的方铅矿条带，顺层产出。13号矿体平均厚度4m左右（变化在0.75~23.55m），呈层状产出，与围岩产状一致。矿石具条纹、条带状构造（照片3-1）。条纹、条带由硫化物、重晶石、硅质等组成，它们相间排列。矿石条纹、条带中的脉石矿物和紧邻的无矿条纹、条带的主要组成矿物有渐变过渡的现象，在硅质条带中还见到钠长石颗粒。这种矿石构造特征，反映了同生沉积成因特点。矿石矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿、毒砂及黄铜矿、辉银矿、银铜的硫酸盐等；脉石矿物为重晶石、钠长石、铁锰方解石、铁白云石、绿泥石等。矿石品位：Pb2~8%、Zn0.5~1%、Ag54~100g/t。矿体底板围岩普遍有褪色现象。后期叠加作用导致局部地段层状矿石发生重结晶作用，形成结晶颗粒粗大的方铅矿-闪锌矿矿石，呈团块状分布；并形成镜铁矿脉。后期叠加还表现在铜的活动，如见黄铜矿交代方铅矿等现象，导致局部出现角砾状、网脉状构造。



照片3-1

条纹-条带状矿石

- ①硅质条带 ②重晶石条纹
- ③黄铁矿-方铅矿条纹（光块）