

5234

56.2083

勘查地球物理 勘查地球化学文集

第 2 集

金属矿床勘查地球化学研究专集

张本仁 主编



地 质 出 版 社

勘查地球物理 勘查地球化学文集

第 2 集

金属矿床勘查地球化学研究专集

张 本 仁 主 编

地质出版社

**勘查地球物理
勘查地球化学文集**

第 2 集

金属矿床勘查地球化学研究专集

张本仁 主编

★
责任编辑：吴传璧

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

★
开本：787×1092¹/₁₆ 印张：23³/₈ 字数：551,000
1985年8月北京第一版·1985年8月北京第一次印刷
印数：1—3,385册 定价：5.50元
统一书号：15038·新1072

前 言

在整个地质普查勘探工作越来越困难和复杂的形势下，勘查地球化学的成就日益受到人们的重视。近十多年来，勘查地球化学在深度和广度上都迅速发展，在区域勘查和矿区勘探中发挥了相当重要的作用，特别在隐伏矿的普查评价中，显示了勘查地球化学的潜在能力。已知矿床上的勘查地球化学研究，对于总结不同类型矿床地球化学异常的元素组合和分布规律，建立相应的地球化学普查准则，深入认识成矿和控矿的地质-地球化学规律和条件，以及解决矿床成因、矿质来源等课题，进而推动隐伏矿普查工作，无疑具有重要的意义。

在地质矿产部1979—1982年地质科技发展计划中，列出了“多金属矿床地球化学特征与异常评价及成矿成晕机制的研究”项目。其任务是：通过已知矿床或矿田的研究，查明与矿体、矿床或矿田有关的原生地球化学异常特征，确定地球化学异常评价准则和标志，提高找盲矿的地质效果；通过矿床地球化学研究与原生晕（或原生异常）研究的紧密结合，探讨成矿成晕机制，查明异常与矿床的内在联系，提高矿床研究程度和勘查地球化学理论，扩大地球化学方法的应用范围。由于有关生产、科研、教学单位的共同努力和大力协作，该项目业已基本完成。

参加该研究项目的有，有关省（区）地质矿产局的地质队，地质矿产部物探化探研究所，武汉地质学院，长春地质学院等单位。他们分别或协作完成了近二十个矿区的研究课题或总结性研究工作。研究范围涉及铜、钼、铅-锌、金、银、锡、铁等矿种和斑岩型、热液型、矽卡岩型、火山岩型、沉积变质型等多种成因类型的矿床。部分课题还对预测结果作了一些初步验证工作。

本文集的论文是在各课题研究报告的基础上，由地质矿产部科学技术司组织，进一步加工改写而成的。文集反映了地质矿产部系统在矿床和矿田原生异常的勘查地球化学研究方面取得的主要成果和某些新进展。概括起来，有如下几点：

1. 在原生异常组分分带研究方面，进一步积累了较丰富的实际资料，并把研究范围由矿体、矿床扩大到矿田，初步建立了某些类型矿床或矿种原生异常的不同级次的元素分带模式和评价指标，这对于提高异常评价水平具有很大意义；

2. 在成矿、成晕机制研究方面取得了明显的进展和提高，积累了运用微量元素地球化学、高温高压模拟实验、热力学计算等研究成晕问题的初步经验；

3. 在一些矿区开展了矿床地球化学与原生晕（或原生异常）相结合的研究，取得了较好成果，深化了对异常特征和成矿作用的认识，提高了矿床地质研究程度，并在一些矿区取得了实际的找矿效果；

4. 在应用地球化学方法解决矿床成因、成矿物理化学条件、成矿物质来源、岩浆成因和岩浆系列，以及成矿构造环境等矿床地质问题方面，进行了初步探索，并取得了有意义的成果。

由于该项目参加单位的设备条件所限，对各矿区的样品分析未作统一技术要求，除少

数专题外，绝大多数是光谱半定量分析数据，因此在矿区或矿种间尚难进行定量性对比研究。有组织、有计划地开展此类勘查地球化学科学研究，在地质矿产部系统还是一次初步的尝试，因此，在课题协调、研究方法和某些认识方面，难免有不足之处。这些都有待于在今后工作中和推广应用时进一步检验和提高。

本文集由武汉地质学院张本仁教授任主编，地质矿产部物探化探研究所徐外生工程师、地质矿产部情报研究所吴传璧工程师、长春地质学院吴郁彦副教授任编辑。鉴于勘查地球化学正在迅速发展，各家讨论问题的角度不同，所用术语不尽一致，在编辑过程中，一般尊重作者的用法，未作统一要求。由于编辑水平和时间的限制，不免会有差错，敬请读者指正。

目 录

1. 河南省南泥湖钼矿田地球化学特征及原生地球化学异常的探讨
.....王忠虎、崔燮祥、岳金寿, 张本仁、马振东、韩吟文(1)
2. 河南省南泥湖钼矿田成矿物质来源及成矿成晕机理的探讨
.....张本仁、韩吟文、马振东, 王忠虎、崔燮祥、岳金寿(27)
3. 斑岩铜(钼)矿床原生地球化学异常.....朱炳球、徐外生、吴承烈(51)
4. 江西LS斑岩型铅锌矿区勘查地球化学研究
.....邓尚明, 吴郁彦、范继章(79)
5. 浙江省横圳火山岩型铅锌矿床地球化学异常模式.....徐外生, 尤岳昌(99)
6. 江西W山铜矿床地球化学特征及地球化学异常模式
.....许绍文、徐文权, 黄熏德、孟良义、仲崇学(121)
7. 河南银家沟多金属硫铁矿矿床成矿过程的地球化学研究
.....范成瑜、张本仁(149)
8. 铜绿山铜铁矿床地球化学特征及外围成矿预测.....周亚特(179)
9. 河南小秦岭灵湖金矿床地球化学异常及评价标志研究
.....王定国、胡子亭、吴启明(201)
10. 白乃庙斑岩铜矿田地质地球化学特征及化探找矿研究
.....赵仑山、陈德兴、陈守余、杜海燕, 王振元、景德武、祁广田(217)
11. 四川岔河锡石-硫化物矿床原生晕研究刘炳章(243)
12. 江苏安基山铜矿原生地球化学异常特征及其形成因素的探讨.....冯学敏(271)
13. 湖北银洞沟银铅锌矿床地球化学分带.....朱维新、冯钜昌(287)
14. 运用地球化学方法寻找铁矿床的研究.....邵跃、羌荣生、古平等(301)
15. 河南省小秦岭金矿田成矿物质来源及成矿机理的地球化学研究
.....蒋敬业、张本仁(323)
16. 内蒙白乃庙古岛弧型火山岩的地球化学特征高长林、王振元(355)

CONTENTS

1. On geochemical characteristics and the pattern of the primary dispersion halos over Nannihu molbdenum ore field, Henan
.....*Wang Zhonghu, Zhang Bengren et al.* (1)
2. On the sources of metals in the deposits and the mechanism of the ore- and halo-forming process, Nannihu molbdenum ore field, Henan.....*Zhang Benren, Wang Zhonghu et al.* (27)
3. Primary geochemical anomalies of porphyry copper (-molbdenum) deposits.....*Zhu Bingqiu et al.* (51)
4. Exploration geochemistry investigation of the LS porphyry-type Pb-Zn ore deposit, Jiangxi province
.....*Deng Shangming, Wu Yuyan et al.* (79)
5. The geochemical anomaly pattern of Hengzhen volcanic type Pb-Zn deposit, Zhejiang province.....*Xu Waisheng et al.* (99)
6. The geochemical characteristics and the pattern of primary dispersion of W-Hill copper deposit, Jiangxi
.....*Xu Shaowen, Huang Xunde et al.* (121)
7. On geochemistry of the ore-forming process in the Yinjiagou pyrite-polymetallic deposit in Henan province.....*Fan Chengyu et al.* (149)
8. Geochemical characteristics of Tonglushan copper-iron deposits and ore prognoses.....*Zhou Yate*(179)
9. A study on primary geochemical anomalies of the Linghu gold deposit in Xiaoqinling, Henan and their criteria for evaluation
.....*Wang Dingguo et al.* (201)
10. Geological and geochemical characteristics and geochemical prospecting in Bainaimiao ore field, Inner Mongolia
.....*Chao Lunshan et al.* (217)
11. A research on primary halos of a cassiterite-sulfides deposit in Chahe, Sichuan.....*Liu Bingzhang*(243)
12. A study on characteristics of primary geochemical anomalies and their formation in Anjishan copper deposit.....*Feng Xuemin* (271)
13. Geochemical zoning in the silver-zinc-lead deposit in Yindonggou, Hubei.....*Zhu Weixin et al.* (287)
14. A study on geochemical methods for searching iron deposits
.....*Shao Yue et al.* (301)
15. Geochemical researches on the source of metals and the ore-forming mechanism in the Xiaoqinling gold metallogenetic zone in Henan province.....*Jiang Jingye et al.* (323)
16. The geochemical characteristics of the ancient island arc volcanic rocks in Bainemiao, Inner Mongolia.....*Gao Changlin et al.* (355)

河南省南泥湖钼矿田地球化学特征及原生地球化学异常的探讨

王忠虎 崔燮祥 岳金寿 张本仁 马振东 韩吟文

(河南第一地质调查队)

(武汉地质学院)

南泥湖钼矿田是东秦岭钼矿带的一个重要组成部分,矿田内的矿床多经详细勘探。在此基础上开展矿田、矿床地球化学研究,探讨原生地球化学异常特征,对于提高成矿规律的认识和指导今后进一步的找矿工作均具有意义。

1979年以来,我们在矿田44.5平方公里范围内开展了系统的岩石地球化学测量(比例尺1/100000。),同时进行了地层、花岗岩类侵入体和主要矿床的专题地球化学研究。本文是其成果的一部分,将论述矿田内地层和花岗岩类的地球化学特征及矿田、矿床原生异常模式。

一、矿田地质概况

南泥湖钼矿田位于东秦岭钼矿带的东端,处于华北地台和秦岭褶皱系两大构造单元的过渡带。

矿田内出露的地层为元古代栾川群,是一套碎屑岩、火山碎屑岩、碳酸盐岩的沉积浅变质岩系。下栾川群(有人称南天门群)在本区出露的有巡检司组(Zjx)、杜关组(Zjd)和冯家湾组(Zjf)。上栾川群有白术沟组(Zjb)、三川组(Zjs)、南泥湖组(Zjn)、煤窑沟组(Zjm)、大红口组(Zjdh)(图1)。

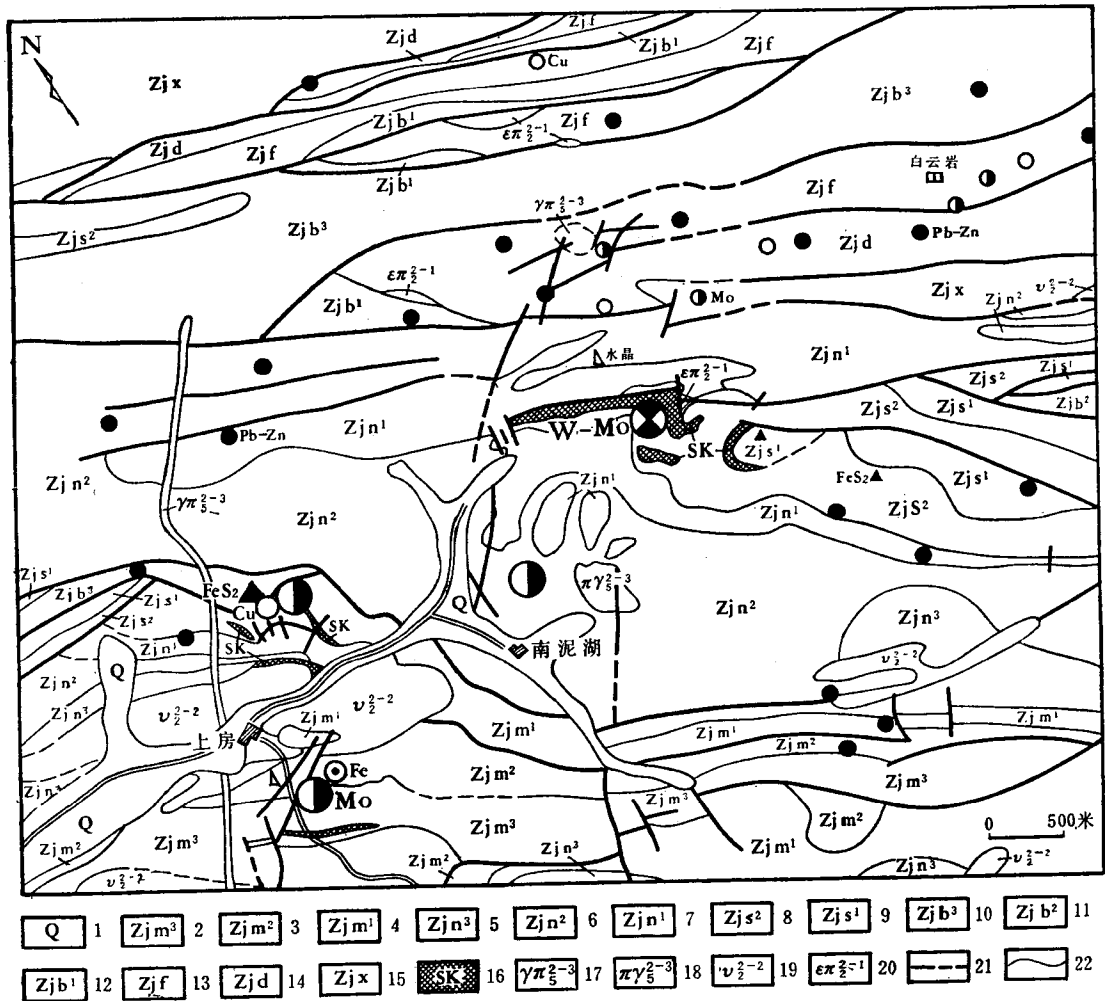
岩浆岩在矿田内亦较发育,主要有前加里东期细晶正长斑岩和辉长岩(已变质)及燕山期花岗岩类。细晶正长斑岩呈脉状零星分布。变辉长岩呈不规则大岩脉状,主要分布于矿田西南部。花岗岩类呈小岩株状产出,在矿田内小岩体共有三个,即南泥湖斑状花岗岩体(其下部为花岗闪长岩)、上房花岗斑岩体和马圈花岗斑岩体。它们在地表一般呈椭圆或不规则状,出露面积由0.07到0.15平方公里,向深部不同程度地扩大。岩体现有的同位素年龄数据为173—120百万年。岩体,尤其是南泥湖岩体外接触带中的浅变质沉积岩,由于热变质作用已转变为各种角岩。

矿田所在的三川—栾川陷褶皱断带为一单斜式褶皱断带。其中北西、北西西向褶皱和断裂构造成为主干构造;其次则为北东和北东东向构造(以断裂为主)。矿田内褶皱一般较区域上的舒缓,仅在断层附近才见有部分地层的倒转。在构造转折处常有两组构造的交叉,这种部位则控制着花岗岩类小岩体的侵入和矿床的形成。

区内矿产丰富,除巨大型钼、钨矿床外,尚有中、小型铁、硫、铅、锌矿床和矿点。其中主要有南泥湖钼(钨)矿床、上房钼(铁)矿床、骆驼山硫多金属矿床和马圈钼矿床。

前两矿床为本次研究的主要对象。

南泥湖钼(钨)矿床,产于南泥湖斑状花岗岩体的内外接触带,主要矿体赋存于岩体西北侧的三川组和南泥湖组地层中。岩体与矿床空间上受南泥湖—三道庄箱状背斜及其北翼 F_1 断层的控制。矿体呈似层状,产状平缓,呈北西西向延伸,大体与围岩产状一致。矿体长2500米,宽1500米,一般厚80—150米,最大厚度364米。含矿围岩为斑状花岗岩、长英质和透辉石斜长石角岩和钙矽卡岩化大理岩。主要矿石类型为钙矽卡岩型钼矿石、角岩型钼矿石和斑状花岗岩型钼矿石。围岩蚀变,除钙矽卡岩化外,主要有钾化、硅化及沸石—碳酸盐化。



上房岩体及上房钼(铁)矿床赋存于上房沟向斜中。矿体呈椭圆筒状产于岩体的内外接触带,矿体轴线倾向南西,倾角 60° 。在地表,矿体东西长800米,南北宽500米,最大延深超

过1000米。含矿围岩主要为花岗斑岩、镁矽卡岩化大理岩、角岩和变辉长岩。相应地有四种矿石类型。围岩蚀变除镁矽卡岩外，其余与南泥湖矿床类似。同南泥湖矿床的另一重要差别，在于镁矽卡岩化大理岩中赋存有铁矿石。

二、矿田中地层的地球化学特征

1. 区域地层中微量元素的平均含量

在远离矿田地段，沿剖面系统采集了栾川群各地层组、段的样品（岩石基本未受热液蚀变影响）。除应用离子选择电极分析测定F含量和应用化学分析测定As含量外，其余元素（Mo、W、Sn、Cu、Pb、Zn、Ag、Mn、Ni、V等）均用光谱半定量分析方法测定。

利用分析结果，按地层组、段计算了微量元素的平均含量（几何平均值，见表1）。将表列数据同维诺格拉多夫（1962）地壳克拉克值对比，可以看出：

表1 区域地层各组段微量元素含量

地 层		样 品 数	元素平均含量 (ppm)												
组	段		Mo	W*	Sn	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Co	Ni	V	Mn	F
大红口组	Zjdh	35	2.0	11	4.6	8	10	39	0.05	1.7	6	8	48	1380	2089
煤窑沟组	Zjm ³	37	0.6	10	1.3	4	4	30	0.05	2.5	4	7	12	2239	295
	Zjm ²	36	0.3	14	1.5	4	3	22	0.03	1.9	4	4	5	2818	174
	Zjm ¹	35	1.0	10		8	9	20	0.05	1.9	6	10	27	513	871
南泥湖组	Zjn ³	56	0.9	11	2.1	4	11	19	0.05	2.1	5	9	10	2089	676
	Zjn ²	35	0.7	10	2.7	9	7	19	0.06	4.1	5	8	17	331	550
	Zjn ¹	35	0.9	15	2.5	7	5	14	0.1	4.8	4	6	10	132	323
三川组	Zjs ²	53	0.5	10	1.5	3	5	13	0.04	2.0	4	6	5	1288	372
	Zjs ¹	36	0.9	12	2.7	5	5	19	0.08	1.9	5	8	14	182	302
白木沟组	Zjb ³	34	3.7	10		7	10	15	0.14	6.0	4	11	102	98	724
	Zjb ²	35	1.1	10	3.0	8	7	35	0.09	5.6	6	11	46	309	1072
	Zjb ¹	33	1.0	10	2.5	9	8	30	0.06	6.3	6	13	46	316	589
冯家湾组	Zjf	37	0.4	13	1.0	3	4	11	0.03	1.9	3	4	4	851	55
杜关组	Zjd	35	1.0	11	2.1	5	5	13	0.05	2.5	6	8	9	1445	537
总平均值			1.1	11	2.3	6	7	21	0.06	3.2	5	8	25	999	616
地壳克拉克值 (维诺格拉多夫, 1962)			1.1	1.3	2.5	47	16	83	0.07	1.7	18	58	90	1000	660

• 平均含量普遍偏高，这同分析灵敏度低有关，故不予讨论。

(1) 下栾川群中，只有杜关组和冯家湾组中的As及杜关组中的Mn含量略高于地壳克拉克值，其余元素均偏低。

(2) 上栾川群中, 白术沟组(尤其是上段)和大红口组为两个相对富集金属元素的地层。前者中Mo、Sn、Ag、As、V和F平均含量均高于克拉克值; 在白术沟组上段黑色炭质千枚岩中, Mo的浓集系数达3.38, Ag的为2.0, As的为3.55, V的为1.14。在大红口组中富集Mo、Sn、As、Mn、F。此外, 煤窑沟组、南泥湖组和三川组碳酸盐地层中Mn也相对富集, 浓集系数1.29—2.82。

(3) 在全部栾川群地层中, 除As普遍偏高及Mo、Sn、Ag、Mn和F的平均含量接近地壳克拉克值外, 其余金属元素(Cu、Pb、Zn、Co、Ni、V等)均明显偏低。

区域地层中各类岩石微量元素平均含量, 一般多低于或接近世界同类岩石相应元素的丰度(表2), 只有炭质千枚岩中Mo、Ag、V、F的含量明显高于世界页岩中的元素丰度。这同样说明白术沟组地层是区域内最富金属元素的层位。

表2 区域地层各类岩石中微量元素平均含量

岩石名称	样品数	元素平均含量(ppm)												
		Mo	W	Sn	Cu	Pb	Zn	Ag	As*	Co	Ni	V	Mn	F*
石英岩	34	<1	<30	<3	4	5	<30	<0.1	2.9	<10	<10	15	151	263
炭质千枚岩	43	4.2	<30	3	17	13	20	0.12	6.3	<10	13	251	145	1000
云母片岩	33	1.2	<30	<3	7	9	24	<0.1	2.0	<10	10	31	357	1096
大理岩	39	<1	<30	<3	2	4	<30	<0.1	1.9	<10	<10	<10	1318	288
白云质大理岩	42	<1	<30	<3	<3	3	<30	0.1	1.6	<10	<10	<10	1096	91
世界砂岩*		0.2	1.6	0.n	×	7	15	0.0n	1	0.3	2	20	n·10	270
世界页岩**		2.6	1.8	6	45	20	95	0.07	13	19	68	130	850	740
世界碳酸盐岩**		0.4	0.6	0.n	4	9	20	0.0n	1	0.1	20	20	1100	330

* 参加统计的F含量样品数为17个, As为34个

** 根据涂里干和魏德波1961年资料

在各类岩石间, Mo、Cu、Pb、Zn、V、Ag、Ni、F等的含量在炭质千枚岩和云母片岩(相当泥质岩石或页岩)中最高, 在石英岩(相当砂岩)和大理岩中依次降低, 在白云质大理岩中含量最低。相反, 在沉积过程中活动性较大的元素Mn则最富集于碳酸盐岩层中。微量元素在各类岩石间的上述分配规律, 很类似于斯特拉霍夫(H.M.Страхов, 1960)在研究沉积作用地球化学时所划分出的明显规则型分配^[1]。据此, 可以推测本区栾川群地层沉积时, 沉积物源区岩层的化学风化是强烈的, 同时沉积盆地中沉积物的分选也较彻底。

2. 矿田范围内地层中微量元素含量特征

利用矿田内两个地质地球化学剖面中的地层样品及部分岩石地球化学测量中的地层样品, 统计了矿田内主要地层组、段微量元素平均含量, 并与区域相应地层组、段的平均含量(背景含量)相对比, 得出相对于区域背景的浓集比率 K' (矿田地层元素平均含量 \bar{x} /区域地层元素平均含量), 结果列于表3中。

由表可见:

(1) Mo、Cu、Zn在表3中所列全部地层中均较区域相应地层明显富集, 它们相对于区域背景值的浓集比率 K' 都较高, 例如Mo的 K' 值为1.2~230, 平均为31.7; Cu: 2.3—

10.1, 平均4.6; Zn: 1.9—14.7, 平均4.6。可见主要成矿元素在矿田地层中的浓集比率最高。

(2) W、Sn、Ni、Co和V, 除个别地层组段外, 矿田地层中的平均含量均高于相应地层的区域背景含量, 但它们在矿田中相对于区域背景值的浓集比率 K' 均较上组元素低, 除V的平均 K' 值为5.2外, 其余元素均等于或小于2。

表 3 矿田内主要地层组段元素平均含量及浓集比率

地 层	项 目	元素的平均含量 (\bar{x} , ppm)及 K'											
		Mo	W	Sn	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Co	Ni	V	Mn
煤窑沟组上段 Zjm ³ (16)	\bar{x}	0.7	12	1.9	12	12	118	0.08	1.4	4	6	10	1613
	K'	1.2	1.2	1.5	3	3	3.9	1.6	0.6	1	0.9	0.9	0.7
煤窑沟组中段 Zjm ² (20)	\bar{x}	0.5	17	1.3	9	2	41	0.07	0.9	4	6	8	1167
	K'	1.7	1.2	0.87	2.3	0.7	1.9	2.3	0.5	1	1.5	1.4	0.4
南泥湖组中段 Zjn ² (39)	\bar{x}	161	44	7.0	32	25	70	0.09	1.8	10	20	145	319
	K'	230	4.4	2.6	3.6	3.6	3.7	1.5	0.4	2	2.5	8.5	1
南泥湖组下段 Zjn ¹ (22)	\bar{x}	52	23	3.0	16	21	47	0.08	1.9	4	8	33	108
	K'	57.8	1.5	1.2	2.3	4.2	3.4	0.8	0.4	1	1.3	3.3	0.8
三川组上段 Zjs ² (22)	\bar{x}	44	61	9.0	10	3	76	0.03	0.8	7	9	9	10362
	K'	88.2	6.1	6.0	3.3	0.6	5.8	0.75	0.4	1.8	1.5	1.8	8
三川组下段 Zjs ¹ (23)	\bar{x}	7	20	2.0	21	17	49	0.10	3.4	4	8	37	166
	K'	7.8	1.6	0.7	4.2	3.4	2.6	1.25	1.8	0.8	1.0	2.6	0.9
白术沟组上段 Zjb ³ (21)	\bar{x}	15	10	4.0	70	42	45	0.20	5.2	5	36	659	85
	K'	4.1	1.0	4.0	10.1	4.2	3.0	1.4	0.9	1.3	3.3	6.5	0.9
冯家湾组 Zjf (26)	\bar{x}	0.5	10	1.0	9	29	68	0.19	2.2	3	5	6	2110
	K'	1.3	0.77	1.0	3.0	9.8	6.2	6.3	1.2	1.0	1.3	1.5	2.5
杜关组 Zjd (15)	\bar{x}	4.9	13	3.0	34	43	191	0.20	1.1	7	9	19	2722
	K'	4.9	1.2	1.4	6.8	8.6	14.7	4.0	0.4	1.2	1.1	2.1	1.9
矿田地层平均	\bar{x}	34.87	22	4.6	27.6	28.7	96.6	0.12	2.24	6	13.6	130	1998
	K'	31.7	2.0	2.0	4.6	4.1	4.6	2.0	0.7	1.2	1.7	5.2	2.0

(3) 在矿田部分地层中Pb、Ag和Mn的平均含量高于区域相当地层的背景含量, 而在另外一些地层中含量明显低于区域相当地层的背景值。但它们在矿田地层总体中的平均 K' 值均大于2 (Pb) 或等于2 (Ag、Mn)。

(4) As, 除在矿田冯家湾组和三川组下段中平均含量高于相应地层的区域背景值外, 在其余地层组、段中均较区域相应地层明显贫化 (K' 值为0.4—0.9)。

对比矿田内地层组、段中元素富集和贫化程度及其同地层遭受矿化、蚀变的强度与部位的关系 (对比图1和表3), 可以看出: (a) 分布在南泥湖岩体附近, 明显遭受成

表 4 矿田中花岗岩类岩石的平均化学成分

岩体名称	岩石名称	样品数	组分平均含量(%)													
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O + Na ₂ O	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	$\frac{Fe_2O_3}{Fe_2O_3 + FeO}$
南泥湖	斑状花岗岩	23	73.63	0.17	13.06	1.15	0.48	0.021	0.40	1.05	2.67	6.14	0.053	8.81	2.30	0.71
	黑云母花岗岩 闪长岩	3	66.73	0.55	14.83	1.80	1.62	0.047	1.54	2.37	3.75	5.00	0.312	8.75	1.33	0.53
上房	花岗岩	4	70.22	0.27	13.47	3.18	1.24	0.01	0.95	1.38	2.44	6.34	0.04	8.78	2.60	0.72
马圈	黑云母花岗岩 斑岩	1	72.34	0.20	14.34	1.43	0.20	0.036	0.73	1.29	3.83	5.45	0.085	9.28	1.42	0.88
	世界花岗岩 (戴里, 1936)		70.18	0.39	14.47	1.57	1.78	0.12	0.88	1.99	3.48	4.11	0.19	7.59	1.18	0.47
	中国花岗岩 (黎彤, 1962)		71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03	0.16	7.82	1.06	0.43
	世界花岗岩 (戴里, 1936)		65.05	0.56	15.94	1.74	2.65	0.07	1.91	4.42	3.70	2.75	0.20	6.45	0.74	0.39
	中国花岗岩 (黎彤, 1962)		64.98	0.52	16.33	1.89	2.49	0.09	1.94	3.70	3.67	2.95	0.32	6.62	0.80	0.43

矿热液作用影响的南泥湖组中段和下段及三川组中段和下段地层中, Mo的富集程度最大 (K' 值达7.8~230), W、Sn、Cu、Zn富集程度也较高; (b) Pb在这些地层中也较富集, 但在三川组中段却同时存在明显贫化现象 ($K'=0.6$), 此外在遭受成矿热液影响的煤窑沟组中段地层(上房矿床的主要围岩)中亦出现Pb的贫化 ($K'=0.7$); (c) 在受热液影响的三川组、南泥湖组和煤窑沟组地层中, As和Mn均有在多数组、段中贫化和在个别组、段中富集的现象。这些事实表明, 矿田中多数元素的富集(相对于区域地层)均与成矿热液活动有关, 其中Mo、Cu、Zn、Pb、W、Sn、Ag主要为热液带入元素, 但Pb和Ag有从矿化中心部位围岩中局部带出, 进行再分配的现象; Mn也有在矿化围岩中局部迁移再分配的表现; 而As自矿化中心部位地层向外带出现象更为明显。

三、矿田花岗岩类小侵入体的地球化学特征

(一) 造岩元素的含量特征

矿田中花岗岩和花岗闪长岩的平均化学成分列于表4中。由表列数据可以看出, 与世界和中国同类岩石相比较, 矿田中的斑状花岗岩、花岗斑岩及黑云母花岗闪长岩均呈现出富硅、富碱和高钾的特征。它们的 K_2O/Na_2O 和 $Fe_2O_3/FeO + Fe_2O_3$ 比值均显著偏高, 前者表明岩石中高钾的特点, 而后一比值偏高可能同岩体形成于浅部较氧化环境中有关。

(二) 花岗岩类岩石微量元素含量特征

南泥湖和上房岩体花岗岩类岩石中微量元素平均含量见表5。由表列数据可看出:

(1) 主要成矿元素Mo和W在矿田花岗岩类岩石中均有显著富集, 它们的平均含量均明显高于世界花岗岩中相应元素的平均含量;

表5 南泥湖岩体与上房岩体花岗岩类的微量元素含量及比值

岩体、岩石名称	元素平均含量 (ppm)										$\frac{Rb}{Sr}$	$\frac{Ba}{Rb}$	$\frac{Ba}{Sr}$
	Mo	W	Sn	Pb	Zn	Rb	Sr	Ba	Be	F			
南泥湖黑云母花岗闪长岩(10)	40	3.6	1.7	4	60	234	934	>1500	1.8	2600	0.25	>6.4	>1.6
南泥湖斑状花岗岩(18)	54	54	1.5	4	8.9	305	150	820	1.5	1040	2.04	2.69	5.52
上房花岗岩斑岩(14)	328	44.6	1.5	4	29.4	267	114	503	1.5	600	3.16	1.93	4.42
世界花岗岩 (维洛格拉多夫, 1962)	1.0	1.5	3.0	20	60	200	300	830	5.5	800	0.67	4.1	2.77

注: Rb、Sr为“X”荧光光谱分析, Mo、W为化学分析, Pb、Zn为原子吸收分光光度分析, F为离子选择电极分析, Be、Ba、Sn为直读光谱分析; 括弧中数字为样品数

(2) Sn、Be和Pb在两个岩体岩石中的平均含量均明显低于世界花岗岩相应元素的平均值;

(3) Zn除在花岗闪长岩中平均含量接近世界花岗岩外, 在花岗斑岩中的含量均低于世界花岗岩;

(4) 矿田花岗闪长岩和花岗岩还以富Rb(含量均高于世界花岗岩)和F(南泥湖岩

表 6 矿田花岗岩类岩石及其黑云母的稀土元素含量 (ppm)

样号	岩体名称	岩石及矿物名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
J D—14	南泥湖	花岗闪长岩	66.5	122.0	11.6	36.0	6.3	1.3	4.9	0.80	2.1	0.43	0.61	0.23	0.45	<0.25	10.2
—22	南泥湖	花岗闪长岩	58.9	101.0	10.8	28.3	4.8	1.0	4.2	0.70	2.0	0.43	0.82	0.26	0.76	<0.25	10.2
—28	南泥湖	斑状花岗岩	31.6	36.6	6.2	15.2	2.5	0.46	2.3	0.46	1.1	0.28	0.65	0.20	0.88	<0.25	7.2
—39	南泥湖	斑状花岗岩	41.0	70.0	7.3	18.0	3.1	0.48	2.7	0.60	1.7	0.36	0.77	0.25	1.0	<0.25	11.0
—10	上房	花岗斑岩	25.6	57.0	8.3	15.9	3.2	0.62	2.6	<0.2	1.5	0.38	0.68	0.28	0.63	<0.25	7.9
—42	上房	“石英斑岩”	12.0	22.0	4.0	5.2	1.5	0.17	1.0	<0.2	0.57	0.34	0.46	0.23	0.47	<0.25	3.9
D F—57	马圈	花岗斑岩	30.7	55.4	7.3	15.9	3.4	0.61	2.8	<0.2	1.6	0.49	0.75	0.30	0.76	<0.25	9.4
J—6	南泥湖	花岗闪长岩中黑云母	146.7	293.0	29.8	137.1	18.0	3.0	19.1	2.6	5.1	2.3	2.7	0.75	4.04	<0.25	49.2
D F—45	上房	花岗斑岩中黑云母	92.1	146.5	19.8	68.6	7.5	1.1	8.7	1.7	2.3	1.8	1.9	0.53	2.1	<0.25	12.1
球粒陨石平均值*			0.80	0.84	0.12	0.58	0.21	0.074	0.30	0.049	0.31	0.073	0.21	0.033	0.20	0.031	2.00

* 哈斯金等, 1966

体F含量明显高于世界花岗岩; 上房岩体F含量略低, 但接近世界花岗岩)为特征;

(5) Sr和Ba在黑云母花岗闪长岩中的平均含量明显高于斑状花岗岩、花岗斑岩和世界花岗岩, 而斑状花岗岩和花岗斑岩的Sr、Ba含量则低于或接近世界花岗岩。

(6) 在南泥湖岩体中, 由深部的黑云母花岗闪长岩到上部的斑状花岗岩, Mo、W、Rb含量明显增长, 而Sn、Be、Sr、Ba、F和Zn含量则有不同程度的降低;

(7) 斑状花岗岩和花岗斑岩的Rb/Sr和Ba/Sr比值明显大于世界花岗岩和本矿田的黑云母花岗闪长岩; 但其Ba/Rb比值则低于世界花岗岩和黑云母花岗闪长岩;

(8) 黑云母花岗闪长岩的Rb/Sr和Ba/Sr比值略低于世界花岗岩, 而其Ba/Rb比值则高于世界花岗岩。

总之, 两岩体中花岗闪长岩、斑状花岗岩和花岗斑岩均具有富Mo、W、Rb和F的特征。

(三) 稀土元素特征

对矿田三个花岗岩类小岩体的岩石及其造岩矿物(黑云母)进行了稀土元素成分测定(由地质科学研究院测试所用等离子源发射光谱分析), 其结果列于表6中。在此基础上进行了稀土总量(Σ REE)、稀土配分、轻重稀土比例和铕亏损度(δ Eu)等统计计算(表7), 并编制了花岗岩类岩石和黑云母的稀土组成模式图。

矿田花岗岩类岩石的稀土元素组成具有如下特点:

(1) 岩石的稀土总含量, 除南泥湖黑云母花岗闪长岩比较接近世界花岗岩平均值(略偏低)外, 其余岩石的稀土总含量均明显偏低。上房“石英斑岩”的稀土总量仅52.09ppm, 考虑这种岩石实际系由花岗斑岩经硅化形成, 稀土元素的如此贫化, 很可能是花岗斑岩在热液蚀变过程中稀土元素遭受淋滤流失所致。

表 7 花岗岩类岩石和黑云母稀土元素总量配分及铕亏损度

岩体名称	岩石及矿物名称	轻稀土占 总量的百分数 (La—Nd)	中稀土占总 量的百分数 (Sm—Ho)	重稀土占总 量的百分数 (Er—Lu)	ΣREE (ppm)	$\frac{La}{Yb}$	δEu
上房	“石英斑岩”	88.56	7.75	3.69	52.09	25.53	0.47
马圈	花岗斑岩	90.74	7.55	1.71	129.66	40.39	0.68
上房	花岗斑岩	91.17	7.26	1.57	124.84	40.63	0.74
南泥湖	斑状花岗岩	91.75	6.52	1.73	132.13	38.62	0.61
南泥湖	花岗闪长岩	93.03	6.19	0.78	243.96	103.64	0.78
南泥湖	花岗闪长岩中黑云母	91.29	7.54	1.17	713.54	36.31	0.56
上房	花岗斑岩中黑云母	92.14	6.51	1.35	366.88	43.86	0.48
世界花岗岩平均 (维诺格拉多夫, 1962)		84.79	11.90	3.27	Σ292	15.00	0.56

(2) 除“石英斑岩”的重稀土所占的比例相对较高, 并接近世界花岗岩的平均配分外, 其余花岗岩中中稀土和重稀土所占的比例均低于世界花岗岩的平均配分, 而轻稀土所占比例则高于世界花岗岩的平均配分。因此, 本区花岗岩、花岗闪长岩和花岗斑岩的稀土元素组成特征是富轻稀土、贫中稀土和更贫重稀土, 这一特征对于黑云母花岗闪长岩表现得更为明显, 这种岩石的La/Yb比值高达103.64。

(3) 南泥湖岩体花岗闪长岩和上房岩体花岗斑岩的黑云母中稀土元素总含量均明显高于其组成岩石中的稀土总量, 但其稀土元素配分则基本与岩石的稀土配分一致。

南泥湖岩体、上房岩体和马圈岩体岩石的稀土组成与配分的基本一致, 说明形成这些岩体的岩浆具有相同的成因和统一的来源。

由矿田花岗岩类岩石的稀土组成模式图(图2)可以看出, 南泥湖岩体黑云母花岗闪长岩和斑状花岗岩及上房岩体花岗斑岩的稀土组成均呈现为向左陡倾, 起伏较小的曲线, 并具有明显的负铕异常(图2B)。两岩体造岩黑云母的稀土组成模式曲线也基本与岩石的相似, 只是在重稀土部分黑云母曲线的波动较大(图2C), 这可能与黑云母晶格对稀土元素的选择结合有关。本区花岗岩类岩石稀土组成模式同埃默曼等(Emmermann R. et al 1972)所确定的岩浆分异结晶作用形成的花岗岩的稀土组成模式基本相似^[2]。这可说明矿田内小侵入体是岩浆分异作用的产物。

南泥湖岩体深部黑云母花岗闪长岩铕的亏损度相对小一些(δEu=0.78), 而上部斑状花岗岩铕的亏损度明显增长(δEu=0.61)。考虑到在花岗岩浆的一般结晶分异过程中, 稀土元素的演化规律是, 随着长石类矿物(分配系数 $K_{Eu}^{晶体-熔体} > 1$)的结晶析出, 残余岩浆中铕就愈益亏损, 即晚期阶段形成的岩石负铕异常更加明显。再对比邻区八宝山和银家沟岩体, 在那里花岗闪长岩成分的岩石是较早期侵入产物, 钾长花岗斑岩是晚期侵入产物, 而铕的亏损度就是由早到晚规律增长。基于上述分析对比, 可以初步认为南泥湖岩体花岗闪长岩与斑状花岗岩应为统一岩浆先后侵入结晶的产物, 两者的形成是一个连续的分异作用过程, 很可能不存在较长的时间间断^[3]。

(四) 岩体年龄及锶同位素组成特征

对南泥湖岩体6个斑状花岗岩样品和1个黑云母花岗闪长岩样品*, 进行了全岩铷—

* 其中1个样是花岗岩中的长石

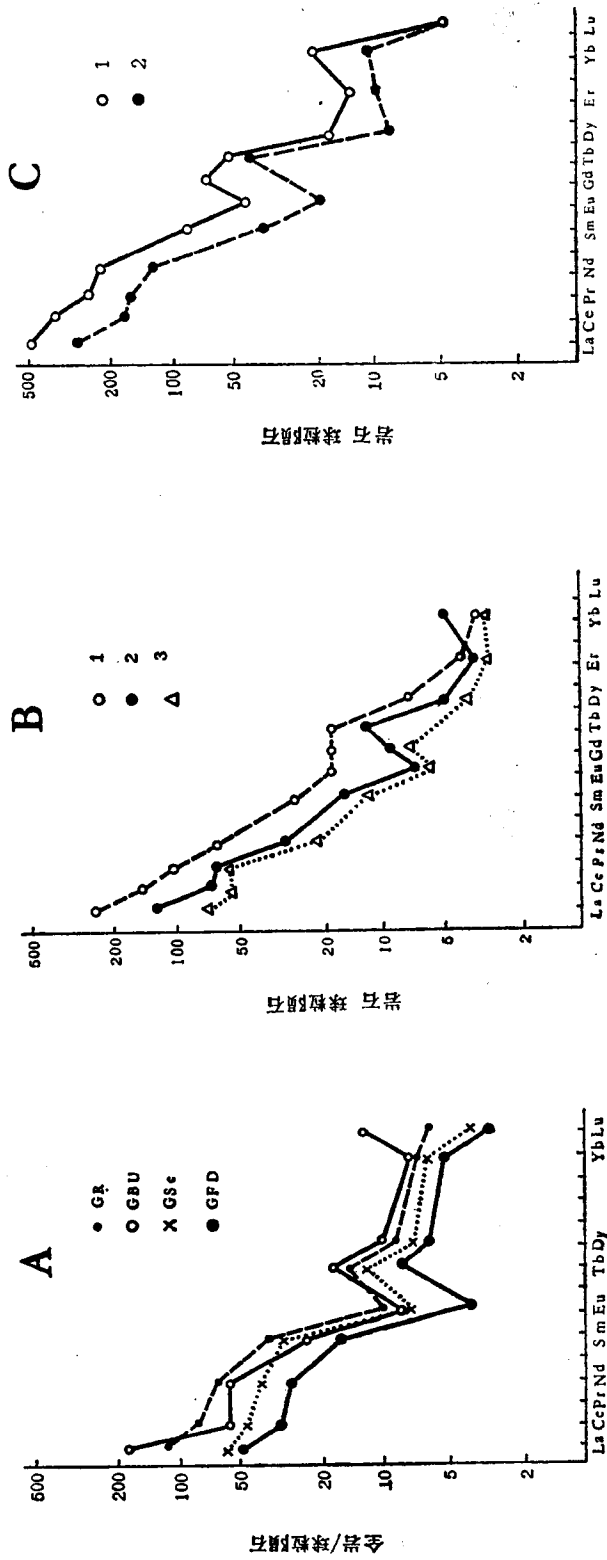


图 2. 矿田花岗岩类岩石和黑云母的稀土组成模式 (据 R. Emmermann, 1972): GR—劳姆扎奇花岗岩; GBU—布勒托花岗岩; GSs—谢巴奇花岗岩; GFD—福巴奇花岗岩 (图中误为 GFD)

A. 岩浆分异结晶形成花岗岩的稀土组成模式; 1—南泥湖岩体黑云母; 2—南泥湖岩体斑状花岗岩; 3—上房岩体花岗岩

B. 本矿田花岗岩类岩石的稀土组成模式; 1—南泥湖岩体黑云母; 2—南泥湖岩体斑状花岗岩; 3—上房岩体花岗岩

C. 黑云母的稀土组成模式; 1—南泥湖岩体花岗岩; 2—上房花岗岩中黑云母