

出版品第4号

国外勘查地球化学译文选编

第一辑



中国地质学会勘查地球化学专业委员会

1982

编 辑 说 明

本译文辑收集了国外主要是西欧国家近年来在勘查地球化学方面所取得的成果。文章主要选自第五、六、七届国际化探会议论文集，共27篇。其中包括区域化探方面的文章五篇、矿区化探六篇、金和铀矿勘查三篇、化探地热三篇、化学分析技术九篇及化探电算一篇。这些文章涉及的面较广，内容也较丰富，是国内从事化探工作同志有价值的参考资料。

由于我们的水平不高，恳请读者批评指正。

物探所化探情报组

目 录

亚利桑那州圣大克卢兹郡巴塔哥尼亚山脉区域地球化学研究	(1)
埃及东部沙漠干旱条件下锰矿床的地球化学试点测量	(17)
极干旱条件下的地球化学勘查	(26)
赤道地区的区域化探在法属圭亚那一例	(40)
印度西部拉贾斯坦部分地区铁帽地球化学作为勘 查不同类型硫化矿的指南	(62)
澳大利亚N. S. W. 乌德牢矿化带附近黄铁矿中的异常痕量元素	(75)
不列颠哥伦比亚中部内查科高原异常湖的湖积物地 球化学详查——卡浦斯湖和菲什湖痕量金属分布的对比	(82)
安大略拉纳克郡克莱德河锌矿点的地球化学研究	(100)
澳大利亚昆士兰西北雷第·洛丽塔锌—铅—银矿床 的发现——一个地球化学勘查例案	(110)
澳大利亚昆士兰西北部马默思铜矿床的地球化学	(120)
澳大利亚昆士兰伊萨山西北某地区隐伏铜矿床的地球化学指标	(132)
加拿大, 圣劳伦斯洼地(渥太华地区)部分井水中的 铀、钍、氡及其它微迹元素和气体	(146)
用于铀矿勘查的地表水及其沉积物的各种采样 技术中铀与共生元素的行为	(155)
美国矿产勘查中金组份分析的应用	(168)
用锂同位素测温技术——原子吸收“质谱法”勘查盲矿和地热储	(176)
应用于美国(怀俄明州)黄石公园热泉水地下温度的化学指标	(186)
作为地热勘探的蒸汽田的地球化学普查	(195)
适用于贝新和雷其省斑岩铜矿床的序列提取技术	(203)
勘查地球化学中的土壤序列分析	(216)
土壤和沉积物中Cu, Zn, Fe, Mn和Mo的选择循序提取法	(223)
用原子吸收——挥发性氢化物法测定土壤和沉积物中的锡石锡	(233)
用于砷的原子吸收分光光度测定的廉价、简单、 干扰最少的氢化物发生系统	(238)
用于先装好离子交换树脂的包提取水中铀离子的 一个快速简便方法	(246)
地球化学勘探中的氟分析	(251)
电感耦合氩等离子体(ICAP)原子发射光谱 在水系沉积物中的应用	(266)
地球化学样品的光电直读发射光谱分析	(274)
水系沉积物数据分析中的自相关研究	(285)

亚利桑那州圣大克卢兹 郡 巴塔哥尼亚山脉区域地球化学研究

M. A. 查菲 R. H. 希尔 S. J. 萨特利 J. R. 沃特森

摘 要

在亚利桑那州南部的巴塔哥尼亚山脉有深埋藏的红山(Red Mountain)斑岩铜矿系列及许多贱金属和 贵金属矿山和矿点。该区包括了前寒武纪到全新世的一套复合盆地和山脉。出现的岩石类型包括 火成岩和喷出岩系以及沉积岩和变质岩系, 其中大多数都已受到构造破坏。全区共采集了264个水系沉积物样品并分析了32个元素。提交了Sb、Ag、Pb、Te、B、Mn、Au、Zn、Cu(总量)、Cu(冷提取)、Mo以及Cu(冷提取)/Cu(总量)和Fe/Mn的地球化学图。

这些元素的异常模式一般出现在红山矿床上方和(或)沿着北-北西方向平行于哈什伍格里克大断层(Harsaw Greek Fault)分布。整个采样区大部分广泛分布Pb、Te和Cu异常, 其它元素仅出现局部异常。各种Cu(冷提取)/Cu(总量)的比值图并不比两种单独的铜异常图提供更清晰的新资料。Fe/Mn比值图圈出了许多黄铁矿矿化区。其中有几个地区可能会出现围绕深部埋藏的斑岩铜矿系列的黄铁矿矿。

红山斑岩系列最好的矿指标是Mo、Pb和Te正异常和Mn负异常的重合部位。另一些具有一套相同元素异常的地区出现在巴塔哥尼亚山脉范围内。

可以断定, 地球化学采样即使在一个强烈污染的地区, 也可用来描述如 象斑岩铜矿带和大断层这样的主要地质特征。在区域性工作时, 多元素地球化学测量可以有效地找到大的、深埋藏的、具矿物分带系列的矿床如象红山斑岩铜矿床。在情况比较清楚的地区元素比值图可以提供单一元素图不易辨别的地球化学信息。

引 言

美国地质调查所目前正在亚利桑那南部和墨西哥松那拉(Sonora)北部的一条或多条斑岩铜矿带上进行一次区域性基础地球化学特征的研究。这个地区内一个明显有意义的地区是巴塔哥尼亚山脉(图1), 它包括了红山大的深埋藏的斑岩矿床, 以及一系列较小的贱金属和贵金属矿山及矿点。

巴塔哥尼亚位于亚利桑那盆地和山脉省*内, 诺加利斯(Nogales)东部和亚利桑那一松那拉交界的正北。该区属半干旱区。所有水系都是间歇性的, 仅在大量降雨时期才有水流。巴塔哥尼亚山脉地势起伏约1000米; 因此, 侵蚀作用和后来沉积物沿河床的机械分散作用是较快的, 其结果使沉积物分选性差。由于侵蚀作用的速度很快的结果, 致使新鲜黄铁矿在某些峡谷中被暴露出来。铁的氧化物露头在许多地区是常见的; 含锰氧化物的露头则少见。

本文的部分成果已在1979年4月在亚利桑那州图森(Tucson)由 勘查地球化学家协会主办的区域讨论会上宣读过。

* 译者注: the Basin and Range province系指构造省而言。

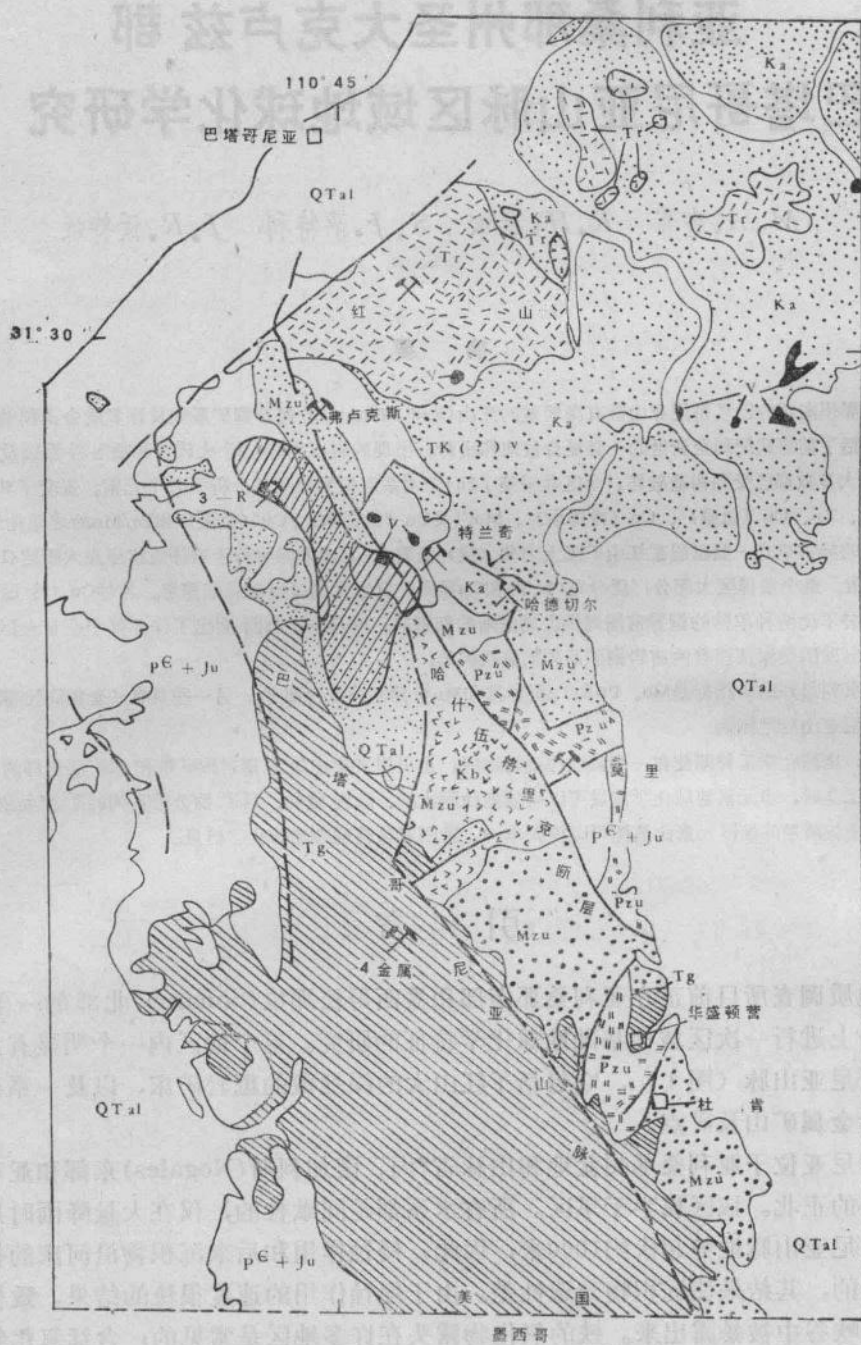


图 1. 亚利桑那州研究区位置图和巴塔哥尼亚山脉的综合地质图

图 例

QTal

未固结和固结砾石及冲积层(第四系和第三系)——局部含凝灰岩和石灰岩

Tr

红山火山岩(第三系): V, 火山口

Ig

花岗闪长岩岩株(第三系)——局部包括石英二长岩和石英闪长岩

TK(γ)

硅质火山岩(第三系和白垩系)——可能与红山火山岩有关: V, 火山口

Ka

粗面安山岩岩流(白垩系): V, 火山口

Kb

比斯比建造(下白垩系)——沉积岩

Mzu

侵入岩和喷出岩, 未分(侏罗系和三叠系)

Pzu

沉积岩, 未分(古生界)

Pc + Ju

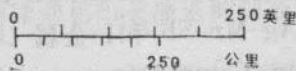
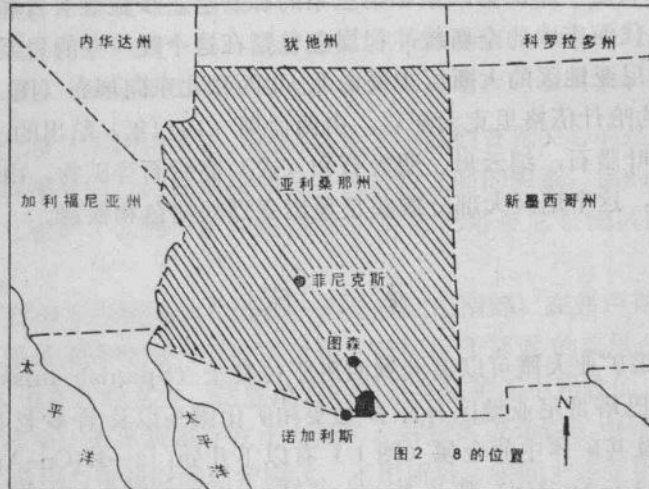
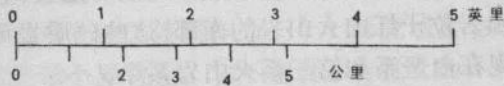
火成侵入岩和变质沉积岩或次火山岩(前寒武系)——被侏罗系花岗岩侵入, 未分

——

断层——虚线表示推断的或覆盖的断层



西孟斯强烈蚀变带(1974)



地 质

大多数盆地和山脉省的地质是复杂的;巴塔哥尼亚地区也不例外。图1示出了该区范围内的综合地质。在西孟斯(Simons, 1974年)、德鲁斯(Drewes, 1971年)、和科恩(Corn, 1975年)填制的详细地质图基础上,我们编绘了这张图。本区最老的岩石包括山脉东部前寒武系的黑云母石英二长岩和角闪闪长岩以及沿西部分布的黑云母角闪石二长岩和角闪辉长岩。

古生代沉积岩均出现在山脉东部的两个地区内,该区出露的地层包括博尔萨(Bolsa)石英岩;阿布赖戈(Abrigo)组,马泰因(Martin)组;伊斯卡布罗萨(Escabrosa)灰岩;伊阿普(Earp)组;科莱纳(Colina)灰岩;伊派塔佛(Epitaph)白云岩;斯卡赫勒(Scherrer)组;康克哈(Concha)灰岩。

中生代岩石大量地出现在该山脉一条北-北西走向的带中,在该山脉西翼有侏罗系花岗岩侵入到前寒武系岩石。这些中生代岩石主要是火成岩,其中包括中性的长英火山凝灰岩和火山岩流及侵入二长岩、石英二长岩,闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩和正长岩。局部出现碎屑沉积岩。

比斯比(Bisbee)组由碳酸盐岩和碎屑沉积岩组成,它也出现在北-北西走向带中。粗面安山岩岩流在该区东北部是常见的。

拉拉米时期(Laramide-age)(晚白垩世)花岗闪长岩岩株主要呈岩核状出现于山脉的中部和南部。红山火山岩包括层状的一系列火山岩和遭受到二长斑岩和石英二长斑岩侵入的角页岩。硅质火山岩位于红山火山岩的南部。这些硅质岩可能是火山杂岩体的一部分。为数众多的火山口出现在白垩系和第三系火山岩系中。

围绕着老的岩石是一厚层第四系和第三系的砾岩层。少数凝灰岩和灰岩都包括在这一岩系中。出现在现代河床中的全新统冲积层也包括在这个晚一些的岩系中。

出现在巴塔哥尼亚地区的大断层主要沿北-北西和北东向展布(图1)。最重要的构造是北-北西走向的什伍格里克大断层。由西孟斯(1974年)绘出的一个强烈蚀变区示于图1。该区含有叶腊石、绢云母、明矾石和(或)高岭石等矿物。由于暗色造岩矿物和黄铁矿分解的结果,这个地区大部分露头呈现出强烈的褪色和铁锈。

矿 床

巴塔哥尼亚的采矿业大概可以追溯到西班牙传教士(Spanish missionary)时期(Schrader, 1915年)。巴塔哥尼亚地区有许多蚀变和矿化露头以及许多老矿山。某些比较重要的矿山和矿产地及其矿体中的金属(图1)有以下几处:3-R(Cu-Au-Pb),弗卢克斯(Flux, Cu-Pb-Zn-Ag-Au-Mn),特兰奇(Trench, Pb-Ag-Mn),哈德切尔(Hardshell, Pb-Ag-Mn),莫里(Mowry, Pb-Ag-Mn-Sb)和4-金属(Cu-Ag-Au-Pb)矿山以及华盛顿营-杜肯地区(The Washington Camp-Duquesne district, Cu-Pb-Zn-Ag-Au-As)(Schrader, 1915年)。

红山斑岩铜矿床(Cu-Mo-Pb-Zn-Ag)(图1)位于巴塔哥尼亚山脉北端附近。这一矿

床为带状深埋藏的具黄铜矿矿石品位的Cu-Pb-Zn矿化，它位于1070米深处（3500英尺）或较低于目前地表(Corn, 1975)。新鲜黄铁矿和近地表铜的次生富集带均局部出露。铁的氧化物，粘土矿物和二氧化硅在矿床上方的露头中常见。

地球化学采样和分析

对巴塔哥尼亚地区的研究，我们采集了264个水系沉积物样品。所提供的每一个样品都是在实际采样点15到20米的半径范围内采集冲积土。过0.25毫米孔径（小于60网目）筛子的沉积物样品保留并研磨备分析用。这些样品分析了32种元素*。除金、锑、锌和锡以外，所有的元素都是用发射光谱半定量分析方法测定(Grimes和Marranzino, 1968)。用原子吸收分析方法分析了金（辅助方法，Ward等人，1969），锑(Welsh和Chao, 1975)，锑(Chao等人，1978)，和锌(Ward等人，1969)。还用冷提取方法分析了铜(Ward等人，1963)。

根据分析数据的分布和肉眼观察的数据图选择确定了每一个元素的异常下限**。

地球化学图

图2A示巴塔哥尼亚地区锑的分布。在这张图和以后的图上标出了采样点位置，在具有异常样品以上的一部分水系用粗线表示。我们首先以锑为例说明如何将上游异常源区和下游较远的异常区区别开，下游异常显然是由上游物质源向下游运移的结果。因此，在有两个或更多的毗邻水系中出现异常的地方，我们只圈定围绕每一个流域盆地最上游的那一部分异常部位。每一个用阴影表示的地区就被作为一个上游流域盆地的异常。就本次研究而言，我们感到最困难的通常是单个异常点，它不能表示有意义的异常；因此，在这篇论文的图上大多数这样的异常未被勾绘出来。

和这篇论文讨论的许多元素一样，锑异常存在于各种岩性和各个时代的围岩中。显然，对锑来说即使不是全部，这些划出阴影的大多异常都与老废矿堆有关。按我们目前的工作规模看来我们对这件事并不特别关心。在这篇论文中我们首先关心的是研究宽阔的区域地球化学趋势并试图解决它们与已知地质和另一些参数之间的关系。锑的载体矿物并不完全清楚；黝铜矿、深红银矿、水锑铅矿和脆硫锑铅矿在巴塔哥尼亚地区的矿山中已有报导(Schrader, 1915)。

银(图2B)广泛分布在该区的北部，一般是在红山南部。在弗卢克斯，特兰奇和哈德切尔地区的矿山中银是被回收的一个重要金属。银存在于邻近的莫里(Mowry)、4-金属和华盛顿营-杜肯矿山也在意料之中，这些地方的银也是从矿石中回收的。与锑一样，银存在于各种类型的围岩中。大多数银存在于方铅矿、辉银矿或角银矿中(Schrader, 1915)。

铅(图3A)显示出与银相似的异常模式，不出所料，实际上许多矿山都在开采铅-银(方铅矿)矿石。然而，最大的铅异常相当大地延伸到最大银异常的北部并覆盖了红山的大部分。

* 32种元素是：Ag, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, La, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Sb, Sc, Sn, Sr, Te, Th, Ti, V, W, Y, Zn, Zr。

** 对一个正异常来说，异常下限是最高背景值，而对负异常呢，则是最低背景值

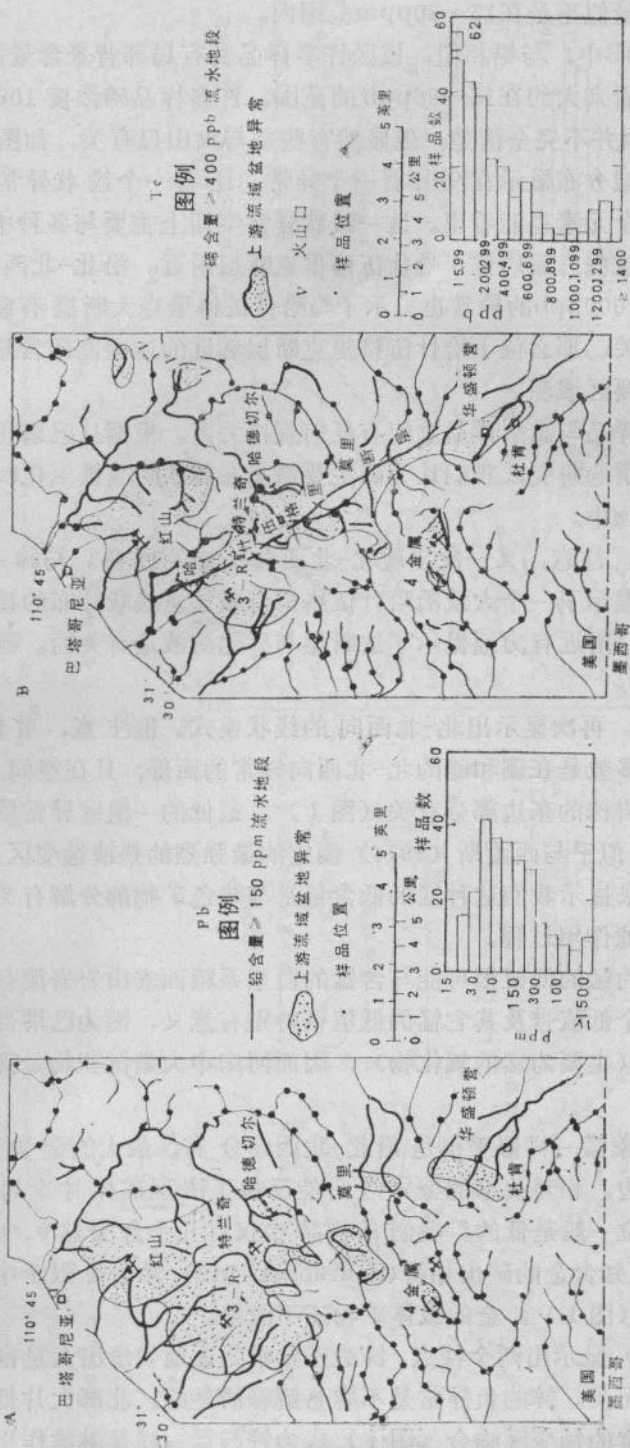


图 3. 亚利桑那州巴塔哥尼亚山脉铅(A)和碲(B)的浓度及其异常分布。Pb的区域背景含量是15—30ppm, 而Te是15—99ppb (十亿分之一)。铅的局部背景含量是50—100ppm, 而Te是100—399ppb. 划有圆圈的样品Te浓度 ≥ 1000 ppm。

在图3A中,我们对铅定了两个背景范围。根据我们对亚利桑那州南部许多地区铅值的研究表明,铅与局部岩性无关,这一元素具有从50—100ppm的大片异常(称为局部背景),而实际的区域背景含量似乎是在15—30ppm范围内。

碲的分布示于图3B中,与铅相似,该区许多样品具有局部背景含量范围或更高含量。实际的区域背景含量看来大约在15—99ppb的范围。许多样品碲浓度1000ppb或更高(图3B)。碲浓度高的原因并不完全清楚,但显然有些是与火山口有关,如图3B的北部标有火山口的位置。碲的区域分布显示在红山有一个异常,还有一个线状异常呈北-北西向延展,这个特点其它几个元素也能看出。这一线状异常空间上主要与各种中生代岩系及比斯比建造有关系,所有这些岩系均位于喀什伍格里克断层附近。沿北-北西向空间分布的碲异常,包括许多大于1000ppb的异常也提示了与喀什伍格里克大断层有联系。要是假设碲与晚期的矿化热液有关,那么位于喀什伍格里克断层邻近的这些高碲含量提示了这一断层可能是矿液的一个重要区域源。

我们未发现高碲样品与高金样品之间有任何直接关系。根据从巴塔哥尼亚不同位置采集的不同类型样品物质的研究,我们认为碲主要富集在黄铁矿或铁氧化物或由黄铁矿化岩石风化而成的粘土矿物中。

图4A示硼的分布。注意,又一次出现北-北西向分布的趋势。与碲一样,用划园圈表示样品含硼最高,提示了一个大致沿喀什伍格里克断层呈线状分布的模式。碲和硼的高浓度都出现在这个断层附近有力地提示了这断层与矿化溶液是有关的。硼的载体矿物还不清楚。

图4B示锰的分布。再次显示出北-北西向的线状模式。但注意,对锰来说这是一个负异常。这个异常大多数是在硼和碲的北-北西向异常的西部,且在空间上与中生代岩系和第三系花岗闪长岩岩株的东边部分有关(图1)。最低的一组锰异常值(上游流域盆地异常(≤ 200 ppm)看来似乎与西孟斯(1974)圈定的最强烈的热液蚀变区基本吻合(图1)。对该区露头调查的结果提示我们这种锰的低含量是与暗色矿物的分解有关,这可能包括了如象锰这种元素的淋滤作用过程。

出现在该区东北的锰的低值很可能与含锰的白垩系粗面安山岩岩流有关。锰的低值也出现在红山地区。这个低值带及其它锰的低值带特别有意义,因为巴塔哥尼亚地区大多数已开采的矿体富含锰(主要为锰的氧化物),因而河床中大量沉积物是富含来自废石堆的锰的。

金异常(图5A)象锰一样似乎也是沿北-北西向分布,最大的金异常看来通常是偏移到硼—碲异常的西边。相对狭窄的金异常可能反映了该区矿体中金的分布一般是狭窄的,并且矿体的金品位一般是低的。我们的样品中仅有几个含金达0.06ppm或超过0.06ppm。金异常一般与已知含金的矿山相符(Schrader, 1915)并主要限于中生代地层和第三系花岗闪长岩岩株上(图1)。金的载体矿物还不清楚。

锌的异常(图5B)显示出两个特点。锌的正异常明显地勾绘出大量富含闪锌矿的老矿山而与任何一种岩石无关。锌的负异常是不容易解释清楚的。北部大片低值在一定程度上与西孟斯(1974)圈定的蚀变区吻合(图1)认为锌与锰一样是淋滤作用所造成,这可作为蚀变作用过程的一部分。南部大片低值全部在第三系花岗闪长岩岩株的范围内(图1),这可能与岩株内的化学分带有关。

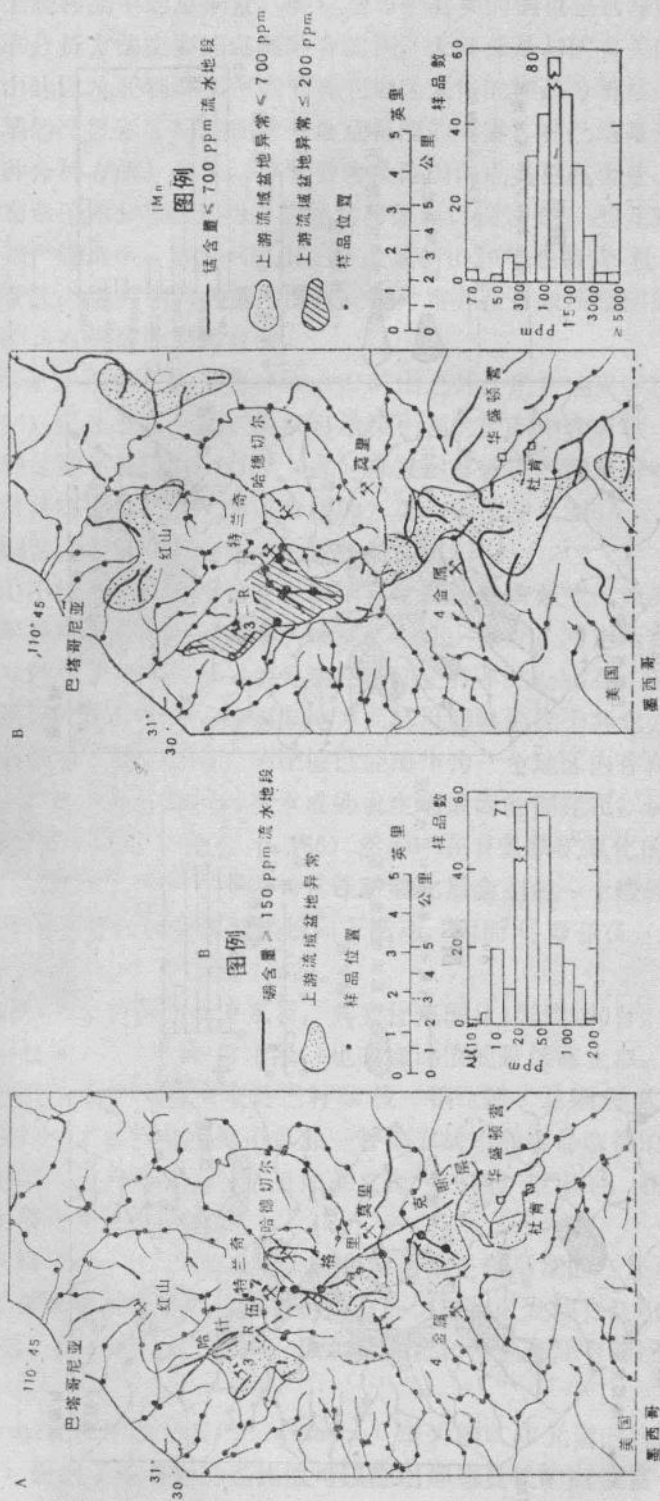


图 4. 亚利桑那州巴塔哥尼亚山脉硼 (A) 和锰 (B) 的浓度及其异常分布。硼的背景含量范围是 $N(10) - 50$ ppm, 锰为 $1000 - 2000$ ppm. N 表示作了分析, 但在最低检出限上 (用括弧表示), 划有圆圈的样品的硼的浓度 ≥ 150 ppm, 锰的浓度 ≤ 200 ppm。

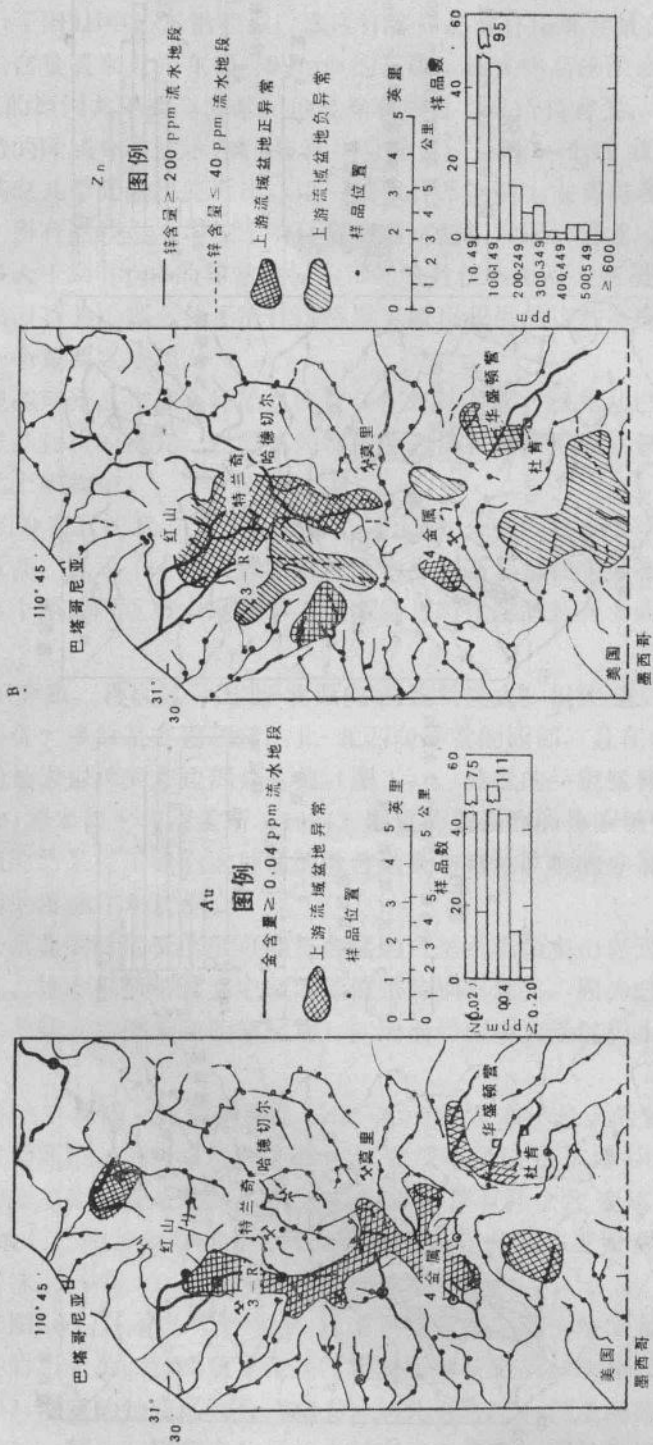


图 5. 亚利桑那州巴塔哥尼亚山脉金(A)和锌(B)的浓度及其异常分布。金的背景含量范围是 $N(0.02) - 0.02\text{ppm}$ 而锌是 $10 - 100\text{ppm}$ 。N表示作了分析,但在最低检出限上(用括弧表示),划有圆圈的样品金浓度 $\geq 0.06\text{ppm}$ 。

本文用两种不同的方法分析了主要呈黄铜矿、辉铜矿和硫砷铜矿中的铜。光谱分析方法测得的铜实际上是样品中的总铜量,既包括与矿有关的铜也包括与矿无关的铜。与光谱方法相反,冷提取分析方法主要测定弱结合的铜,大部分是与矿有关的铜的次生矿物。我们对巴塔哥尼亚山脉以及亚利桑那州南部其它地区采得的样品分析结果研究表明,铜是另一种既显示了区域的又显示了局部的背景含量范围的元素。在巴塔哥尼亚有很大的地区铜含量(根据任一种分析方法)是在局部背景含量范围内或具更高含量。

总铜量的分布示于图6A。画有阴影的异常与前面讨论过的一些元素仅在空间位置上局部是吻合的。已知产铜地区,如3-R矿山,4-金属矿山和华盛顿营-杜肯地区,都被圈入其内;然而在估量红山露头铜的延展范围时,铜异常并没有象所期望的那么大。铜异常空间上不与任何一种具有特征的岩系有关。

冷提取铜异常示于图6B。除莫里(Mowry)矿山之外,所有老采矿区冷提取异常均有反映。斯拉特(1915)已注意了莫里矿山取自最深平巷的矿石中含有铜;显然在莫里废石堆上铜矿物所占体积是微不足道的,并且(或)未被运移就进入到废石堆下方的河床中。

冷提取铜异常具有比总铜量(光谱分析的)更大的范围(图6A),至少部分是由于冷提取铜含量与总铜含量的比值具有较高的异常衬度值*。

显然,在红山不论是总铜量还是冷提取铜异常都不能单独地作为深埋藏的斑岩系列的有希望的地区,尽管实际上铜在该区露头中局部存在。另外,对这两种铜分析方法所获得的异常模式与该处已讨论过的其它一些元素在空间上并不完全吻合。对于这次研究来说,这两种铜分析方法在发现所有类型的铜源地方面都没明显地优于其它方法。

冷提取铜与总铜量(光谱分析)的比值已经用作为一个地区内存在铜异常类型的一种解释方法。这一比值的高值通常指示有水成的或生物成因的铜存在,反之,比值低指示了机械迁移的铜存在(Levinson, 1974, p.360)。然而,在有黄铁矿氧化的地区,应产生高的比值也许实际上得出低的比值,这是因为黄铁矿氧化后会引引起一个酸性环境,在任何水中pH值较低。酸性水里可使任何易溶性铜趋向于活动,因而尽管存在有意义的铜的富集也会产生低的背景(Coope and Webb, 1963)。

从我们两组铜的数据获得的比值来看,其变化范围从1%到100%。我们绘制了各种铜比值图,改变每一种类型的铜的异常下限,也改变比值的最低截止点。这样标绘出来的图之一例如图7A所示。我们未能发现这三种参数—铜比值、总铜异常下限和冷提取铜异常下限,它们的任何一种综合会提供用单独一种铜方法不能容易取得的信息。低比值区与已知黄铁矿地区的不一致性是明显的。正如莱文森(1974)指出的,在干旱环境中铜比值方法看来并不能提供有意义的信息。

钼异常多少反映了北-北西向的分布,钼异常看来是较早期的,并在红山斑岩铜矿系列中较之那些铜异常具有更好的指示作用。最高的钼富集区发现在红山西边,而且显然与华盛顿营-杜肯地区,红丘地区及美洲峰-黑尔莫萨丘和特兰奇及哈德切尔矿山南部另一些地区的矿体有关。

在图森(Tucson)北部卡拉马祖(Kalamazoo)斑岩铜矿床元素的比值的一个早期的研究(Chaffee, 1976)提出了铁与锰的高比值可以圈出那些黄铁矿高度富集的地区,这可能

* 异常衬度值是指样品中某个元素的异常含量与同一元素背景值之比值

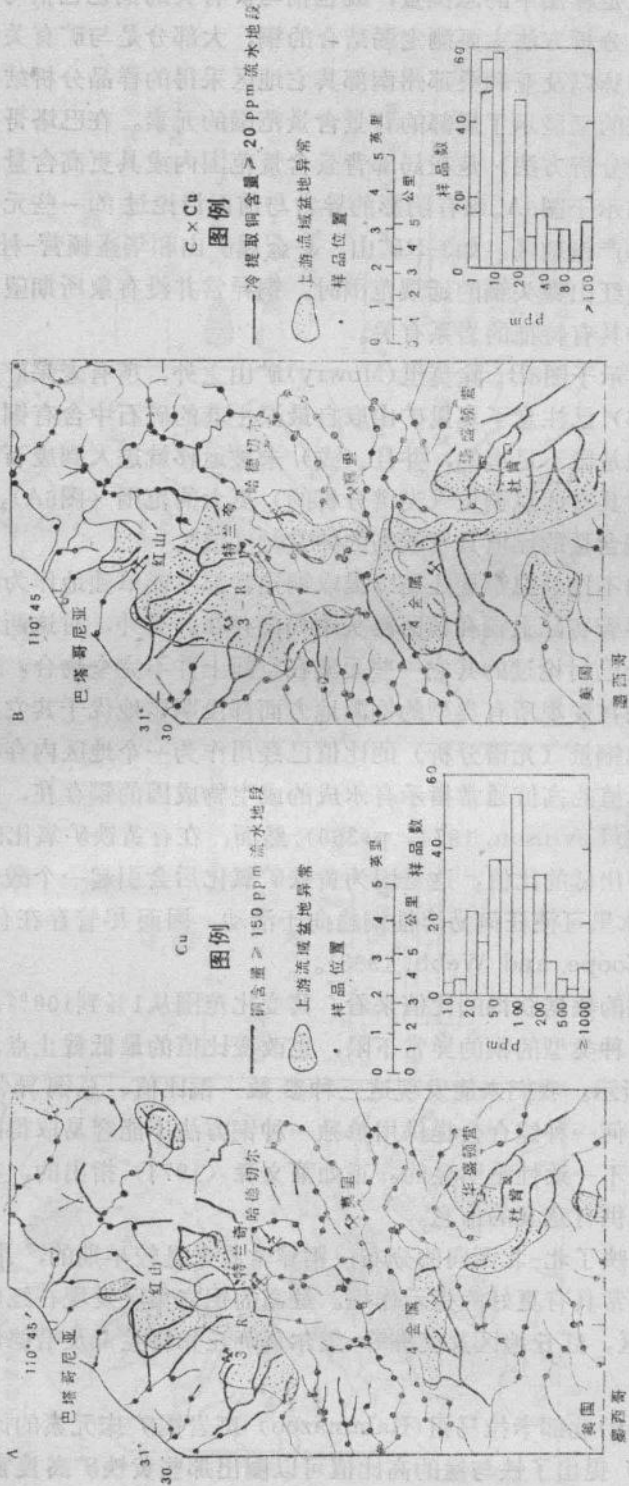
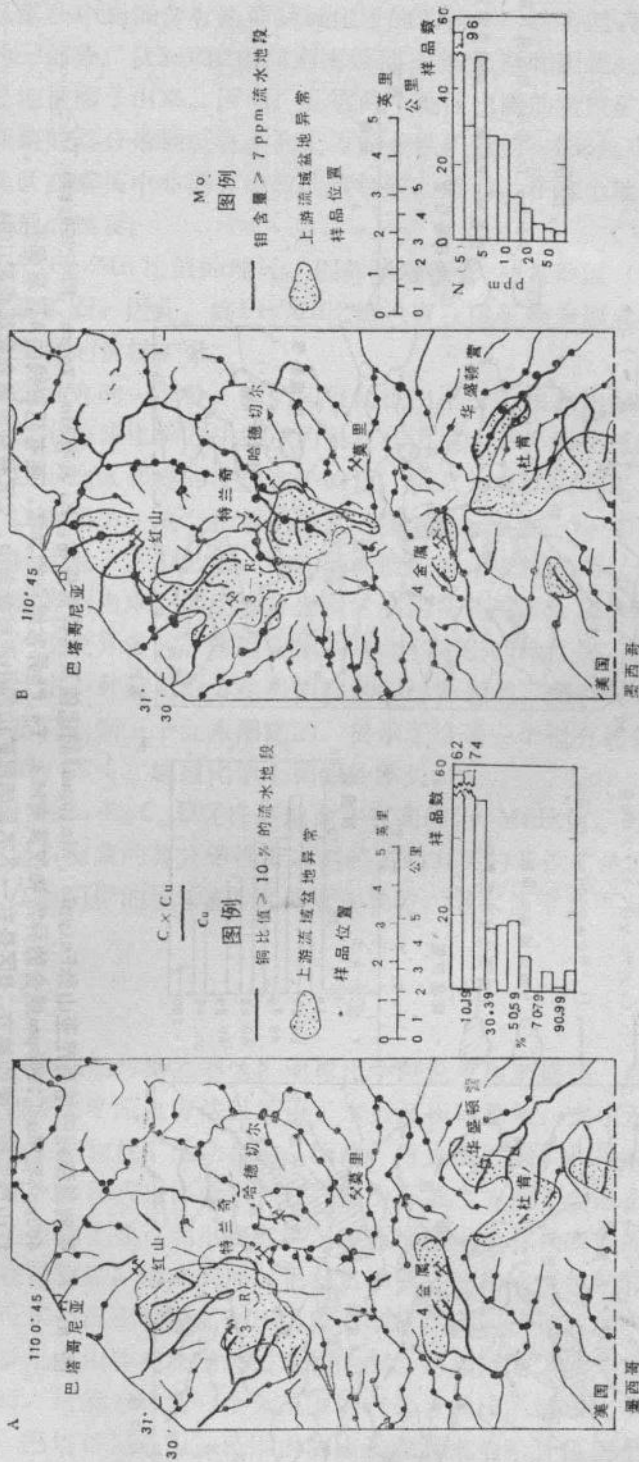


图 6. 亚利桑那州巴塔哥尼亚山脉总铜量(Cu, A)和冷提取铜(Cx Cu, B) 的浓度及其异常分布、Cu 的区域背景含量范围是10—50ppm, Cx Cu是1—5ppm, 局部背景含量范围是70—100ppm, Cx Cu是10—15ppm。



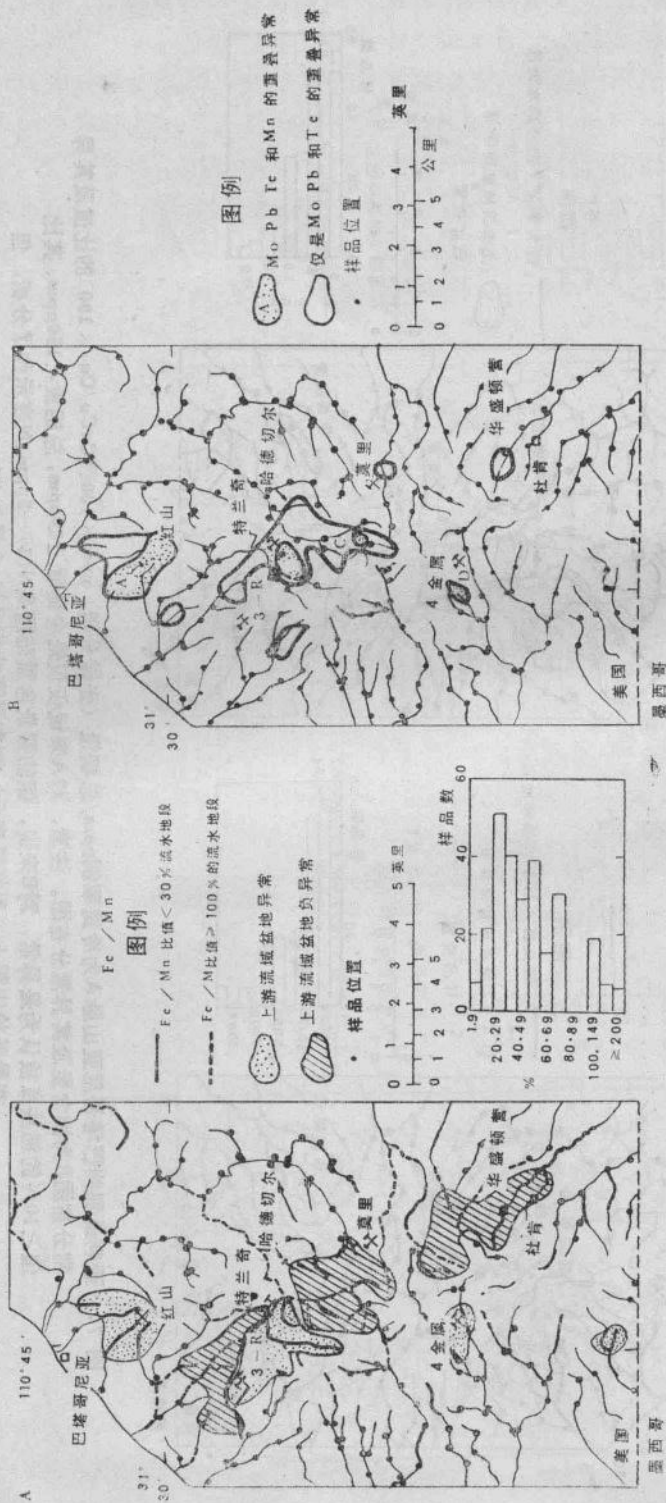


图 8. A. 亚利桑那州巴塔哥尼亚山脉 $Fe(ppm)/Mn(ppm)$ 的比值及其异常分布。B. 具有 $Mo \geq 7ppm$ 、 $Pb \geq 150ppm$ 、 $Te \geq 400ppb$ 和 $Mn \leq 700ppm$ 组合的异常和仅具有 Mo 、 Te 、 Pb 异常组合的异常，画有阴影线的 A 区是邻近红山斑岩铜矿床的地方，B 区是在一个不具明显矿山的小流域盆地中，C 区是在恩德利斯蔡恩矿山附近，D 区是在 4-金属矿山的邻近地区。