



地质学与矿床

前言

这次会议的主要目的,是要评述一下运用地球物理和地球化学寻找新矿床的技术情况。通过本评论中提供的历史情况和对比研究,我们也希望改进地质、地球物理和地球化学之间的配合及每门学科的专业研究范围内的合作。

我的责任是提供一种概念正在发生变化的地质结构,这些概念与将要讨论的地球物理和地球化学的改良和新技术是一致的。

我想简单地评述一下过去十五年中发展起来的两个主要概念,它们对矿物勘探已作出的贡献和在实际运用中的局限性以及将来怎样克服这种局限性。

矿石和围岩的同期性

第一个概念的变化直接涉及到矿石成因和应用于差异很大的金属组合。但它的基本趋势是,无论从时代和主要条件来看,矿化与围岩(而不是与后来的地质事件)的关系更为密切。一个明显的例子是以诺兰达地区为代表的块状硫化矿床,我们一向认为该矿床是在火山或沉积围岩形成后几百万年或几亿年,由热液交代作用而生成。现在,尽管认为后来的再活动化作用曾起着关键性的作用,但我们大多数人都接受了矿体与围岩为近似同期的原始沉积的理论。在许多情况下,这种再活动化作用引起了最终品位和矿物形态的变化,而在各方面都有利于经济上的开发。

考虑到至少是与上盘围岩属同时期和在地面或近地表同时形成的情况,另一个基本变化的实例是所谓“脉型”铀矿床,我认为可称为“不整合类型”,因为矿体的形态仅偶尔呈裂隙充填。此后,在许多地质学家的思想中,以前所谓的热液交代的假设,已经被浅成富集作用的概念所代替,而这种浅成富集作用对现在的矿石品位起了重要作用。

对大部分金属矿床来说,这两个例子代表了矿石和围岩同期形成和在地表或近地表生成矿床的总趋势。从广义上来说,这一概念可以直接应用于集中勘探的区域选择,而且已经应用这一概念发现了个别的矿体。当然,总是很难把自觉运用工作假说和对它们的意义无任何清楚地了解而使用经验观察关系明显地区分开。例如,很早以前有人认为太古代硫化物矿体是火山成因,在野外调查和勘探中,许多地质学家已注意到这种矿体与酸性熔岩或火成碎屑物之间似乎常常有一种空间关系。在野外勘探中,记得在1958年我同里奥卡内克斯公司在酸性火山带上选择部分地区,开展了航空电磁法调查,因为我们曾注意到其它地区的铜-锌矿化有过这样的伴生。结果发现了使之成为波利尔矿山一个中等矿体。在这种情况下,我们没有任何专门理论,只凭经验知识来解释这种组合。从那以后,火山成因学说的发展被有效地应用于区域选择,以便进行物探和化探方法的详查,在新不伦瑞克,根据这一理论制定的找矿计划,使得克萨斯湾公司最终发现了基德克里克矿床。

板块构造与矿床成因论

过去十五或二十年间,影响采矿勘探的第二个重要的概念变化是板块构造。在板块构造学说的发展初期,甚至在魏格纳、杜托伊特和霍姆斯的著作中,都提到了大陆漂移与矿石或石油富集的关系。一直到板块构造的现代理论产生以后,才逐渐认识到地壳板块的超复,即潜没带在某些矿体成因上的意义,而这些矿床仅是指那些位置与大陆边缘相对的矿床。而我们或许是以一种纯粹的经验方式在应用着古板块边缘作为找矿标志。在现代板块构造理论产生的数年前,矿体与地质年代学的边界关系已为各种地质或采矿勘探野外人员所注意。1960年,我亲自宣读

了一篇论文,提出如下事实,即如果我们把加拿大前寒武纪地盾的调查限制在任何太古代—元古代边界的100英里范围内,我们就会发现地盾中80%的已知矿床。不过,我的才智不够,未能说明这种关系。

1974年5月,加拿大地质和矿物协会在纽芬兰约翰大街召开了一次座谈会,这次会议产生了加拿大地球科学家常常引以为骄傲的文集(加拿大地质学会专门论文集),文集由戴维德特朗编辑,包括由英国、欧洲、美国、南非、澳大利亚以及加拿大等国家权威作者的32篇论文。它是迄今为止有关板块构造与矿床成因关系的最全面的报告。我相信,今后它会受到更大的重视。这本文集迄今未受到充分重视,部分原因是,除了主编以外,几乎没有人通读过,该文集有650页相当集中的资料,大部分文章都是密密麻麻的,充满了表格和插图。其中特别有趣的论文包括A.H.G.米切尔写的关于矿床与潜没带边缘的关系的论文;A.H.克拉科等人描述的对安第斯两个选择剖面所做的杰出研究和R.H.西里托有关同一地区的另一篇论文;D.F.桑斯特和F.J.索金斯对火山成因块状硫化矿床分别所做的研究;佐藤关于日本硫化矿床的研究;T.P.塞耶关于与蛇绿岩有关的矿化的研究;P.莱兹尼卡关于铅矿床的全球分布的研究;澳大利亚的A.Y.格利克逊关于与板块构造有关的元古代构造的研究;W.沃尔克关于全球性的造山运动或不整合与矿石成因关系的研究。这些仅是该文集所包括的部分内容。当然,在这以前,出版了许多有价值的论文和教课书,但该文集在全世界范围的基础上讨论了绝对确实的资料,能否与上述出版物同等看待,是值得怀疑的。

正如上面所说的,我必须得出一个清醒的结论。这就是说我不知道有哪些有意义的金属矿床的发现能够明确地归功于板块构造概念的应用。上述所有的论文,和其它许多有关的出版物以及目前一些令人难忘的资料都说明了各种类型的矿床与板块边缘的关系,这些资料可以解释矿床存在的原因。但矿床的真正发现却是靠经验推理来选择地区,然后主要根据地球化学或地球物理的异

常进行钻探来完成的。我希望你们研究几个实例。

与板块边缘最吻合的关系是斑岩铜矿床与潜没带的关系。在现代板块构造理论产生以前的许多年,大陆边缘造山带的斑岩铜矿的模式已被人们注意到,并且,多数碱金属勘探公司在长期的勘探战略中都一直采用这种模式。这种经验的推理可以指出长达几千公里的有利地带,我并不认为上述加拿大地质协会文集所收集的令人佩服和浩繁的研究成果,确实能够使我们把力量集中在(比方说)潜没带上的一个潜在的斑岩铜矿带的15~20%的线性范围内,而排除其余相对不利的部分。板块构造与铅锌矿床的关系也几乎是这样,趋向于形成与斑岩铜矿平行的带,但远离板块边缘——我们可以从理论上解释这种控制,但是我们能够充满信心地运用这种知识或理论,在所选择的区域上,集中我们的勘探经费及地球化学或地球物理手段吗?我们的区域选择大部分仍然是在经验的基础上,根据岩石学或沉积学的综合观察结果来进行的。

在板块构造理论的发展方面,承认蛇绿岩是大洋底生成的物质,是极其重要的。蛇绿岩的不连续的线性带,大概就是标志构造板块之间碰撞的缝合线的最可靠的表示,例如亚洲的曾一波—印度(Tseng—Po—Indus)线标志着一个大型的(如果不是主要的话)印度板块与欧亚板块碰撞的缝合线。最近纽芬兰的纪念大学的几个地质工作人员的最新研究结果已证明,蛇绿岩表示出阿帕契—加里东期以前的板块碰撞缝合线。

从实用观点出发,迪克哈钦森等人对蛇绿岩中的塞浦路斯黄铁矿和铜矿床的研究得出了主要是共生的,而不是交代成因的结论,其时间要早于人们普遍接受板块构造理论的时间。多伦多的查尔斯赫特森和他的同事,最近在全世界最广泛的蛇绿岩区——阿曼的苏丹内特发现或者说重新发现了500~2500年前曾开发过的矿床,他们不是根据板块构造理论,而是读了有关该地区考古学的一本书后,把它与地质和地球物理普查结合起来确定钻进目标的结果。

在世界各地的蛇绿岩中,铬铁矿的实际

储量是已知的,毫无疑问,对这种未来战略金属的调查将集中在已知的蛇绿岩带,也可能用板块构造理论会发现某些未知的铬铁矿床。然而迄今为止,是否能够把任何新的生产或实际储量直接归功于板块构造理论,尚属疑问。

许多日本地质学家根据板块构造概念,对日本的黑矿和有关矿床作了反复研究,这类矿床与板块边界的岛弧段(Island Arc stage of Plate boundaries)的关系已被令人信服地证明了。不过,就我所知,这类矿床的任何新的发现,都是根据火山地层学和下伏基底轮廓的详细研究并继之以应用各种物探方法而进行钻探验证的结果,甚至不能间接地归于板块构造理论。尽管如此,板块理论仍然可以激励人们在其它一些岛弧的火山序列,象新西兰的北岛和南太平洋其它地区,开展新的找矿活动。

我曾提到的几种矿床似乎与板块构造有特别密切的关系。尽管如此,也很难拿出令人信服的证据来承认这些原则直接帮助了找矿勘探活动。希望下一个阶段对板块构造的研究和逐步加深认识能够产生一些新的概念或工作假说,帮助我们吧找矿活动更精确地集中在有利地区内,比如说,应该比板块边界的大致走向更精确的范围内。以下提出的一些看法仅供参考。

成矿区的选择

成矿区的概念(或许更正确地说应称为观察),产生的时间远早于板块构造的概念,在本世纪的前25年中,迪劳内就曾讨论过这一概念。尽管如此,为什么仍然对于世界上某些地区,通过几次地质事件,似乎产生了数量异常的一种特定的金属或金属组合的矿床的现象,几乎还象50年前那样地感到神秘呢,大概锡是最使人感兴趣的,也是最失败的一种金属了。世界已知的锡储量的59%左右集中在一个地区(根据1977年美国商品资料提要),这个地区包括泰国、马来西亚、印度尼西亚西部和中华人民共和国的西南地区总计约三百万平方公里,即不到地球表面的0.6%。而且,与该地区的锡矿化伴生的花岗岩至少是在300~48百万年间的三个时期内侵入的。另外,占全世界12%

的锡储量产于玻利维亚的一个比较小的地区,并至少经历过四次以上的造山期,最后一次(大约20百万年前,但持续到1百万年前)形成的矿化范围最大。远东和安第斯的例子均在板块边界带以内,但却占有其范围的一小部分。如果我们能够了解这两个地区形成富集的理由,那么就有可能运用这一知识来寻找新的锡矿区(或许略小于上述两地区),这样,就可以减轻我们对锡的全球性未来供应的焦虑,而这种焦虑,对所有碱金属来说大概是最严重不过的了。

皮尔鲁蒂埃1975年在英国雷丁的一个会议上提出了关于金属成矿带方面的一些看法,后来在1976年一篇论文中发表。他提出的世界上锡矿地区的关系很难使我信服,但他对中欧和南欧的一些无可怀疑的观察结果却是相当有趣的。例如他指出一条包括西班牙著名的里奥廷托矿山的宽阔的金属成矿带。他注意到在这个东倾的古生代沉积岩及火山岩带内,铜和黄铁矿的矿化带与锰矿带呈互层出现,总的来看,这个带的位置与矿化带成斜角。他也指出西欧的一些铅-锌矿化带,这些矿化带横切地质边界,产出了不同时代的和各种类型的矿床。第一个矿化带,从阿登(比利时)延伸至上哈尔茨(西德),产有中泥盆世到三叠纪的金属矿床,包括有矿脉充填和板状矿体。第二个带(没有牢固地建立),从西班牙西部向东北方向延伸,斜穿比利牛斯,沿阿尔卑斯山南部边缘伸展。这个矿带中的矿床的时代和类型都不大明显,但主要金属是铅和锌。应该指出,南斯拉夫特雷普查矿床(欧洲大陆最重要的铅锌矿床),并不位于上述两个矿带内,可以划分为一个单独的矿带,但范围要小些。

在同一图上也可以看出一个占优势的铜矿带,其中有些矿床产量较大,而其它主要具有科学研究上的意义,该矿带大致呈南-北向,呈一弧形延伸550公里,穿过保加利亚、塞尔维亚和罗马尼亚,其围岩的年代自中生代至中第三纪。

每一个实例的控矿特点是什么?没有观察到存在有与成矿带相吻合的破裂带,但人们不能不得出这样一种结论,即一定存在着年代早于现在围岩的某些地壳破裂系统。鲁

蒂埃没有得出明确的结论,但他认为:“因此铅锌带可以被认为是揭示了以前的构造方向,而这些方向部分被后来的现象所掩盖。”他进一步指出:“根本的问题在于,成矿省是否与以前形成的地球化学省重合?又是怎样重合的?”

原始地壳破裂

地表看不见的破裂似乎与分隔开的构造带上的几个矿床吻合,这种情况已为世界上几个地区的地质学家所认识。E.A.诺贝尔多年来一直在研究这些现象,并推测了它们的成因。后来E.B.布罗克总结出了地壳破裂与矿床富集的关系。

M.J.拉塞尔的方法是研究在地表不能辨认出的横切的“地断裂(geofractures)”的可能意义的一种途径,他特别研究了爱尔兰和英国及格陵兰部分地区的铅锌矿床。他指出,爱尔兰的12个矿体中,每一个矿体都含有1万吨以上的铅-锌(或等量的其它金属)。五个位于北偏西 8° 的一条线上,它们分别是阿贝城、太纳、银矿、戈特德拉和阿赫洛(最后两个为铜-银矿床)。他推测出其它南北向的地断裂分布在45和65公里之间的大体等距离间隔上。这里可以顺便提到,虽然纳万的最大铅锌矿床以一种大致是等距离的位置,位于一条穿过金斯库特内围层(为新岩层所包围的岩石露头——校者注)的线上,但它在一条南-北线上与任何其它已知矿床都不“相称”。

I.S.汤姆森注意到似乎存在着其上有矿物富集的大致等距离的南北“线”,由于勘探战略的原因,这些观察结果没有公开发表,但在为化探程序而进行区域选择时,曾经经验地运用这些观察结果,所取得的成效虽然没有什么经济意义,但毕竟鼓舞人心的。

拉塞尔提出,形成于上地壳的垂直薄弱带是东-西向相对张力和高孔隙流体压力的结果。这些薄弱带使得从深部释放出来的,并在地断裂的底部向张应力集中的地方迁移的热水,被对流流体输送到地表,并带走从地槽岩石淋滤出的金属。在有足够硫的地方,金属就沉淀在地断裂与有利的横切构造的交叉点上,在这种情况下,主要正断层倾

向东-北-东。

这样的地断裂的原始成因问题(倘若它们存在的话),是一个值得认真思索的问题,但拉塞尔已指出,他们可能与产生大西洋中脊的大断裂的初始产生有关。

另一个作者J.库蒂纳认为是由于横切,有时是等距离破裂和矿脉的影响,他的最初研究是在他的家乡——捷克斯洛伐克波西米亚地块进行的,但后来也研究了世界其它地区包括北美和南美。他指出,在捷克斯洛伐克西部,南北断层和矿脉系统的大致等距离的模式,横切了年代和构造单元的边界。在悉尼国际地质会议的一篇论文中,他把最后图中所示的模式与起沉同深部洋底断裂带的间距作了比较,提出矿化与地幔“热点”之间可能存在一种关系,这与西列托所提出的看法是相同的。

库蒂纳指出,穿过两个以前连接在一起的大陆边界的地断裂现在不一定有共同的方向。例如,大家都知道,在140百万年前,非洲与南美连在一起的,非洲的长轴呈西南方向倾斜,与它现在的北-南轴的夹角是 30° ,同样,南美现在的北-南轴在东南方向上倾斜 15° 。因此,如果一个东-西断裂系统在大陆分离以前横穿边界的话,则两个断裂系统的重接就会在方位上相差 45° 。

苏联的许多作者包括M.A.法沃尔斯卡娅,对可以影响矿床成因的深大构造和古构造进行了观察研究。当把大型矿床看作为主要的地球化学异常时,她试图把从板块构造理论所产生的矿床成因的概念与所观察到的大型矿床的分布规律关联起来。区域断裂线的深度由它们的穿透特征来表示出,不仅横切不同地壳构造的边界;而且也横切大陆和海洋的边界。她得出结论认为,由于这些储矿构造历时长久和起沉各异,所以是值得注意的,而且,与在板块边界部位产生的构造相比,它们显然与更深部的作用有关。

评 论

上述观察和结论的难点是,这些都是推测的。在小比例尺图上,描绘一些似乎穿过若干矿床的线是相当容易的。然而如果通过更深入更详细的研究,就会发现结论仅仅是以小比例尺的假设为基础的,那么,地球科学

学会就有抛弃整个概念的倾向。如果地球物理学家发现没有什么物理证据来支持这些结论的话,他们也会很快抛弃这些观点。公正地承认板块构造论发展的重要作用的地球物理学家们应该记住(作为一种谦恭的表现),那些最猛烈地抨击魏格纳、杜托特和霍姆斯的观点的地球物理学家们曾断言,大陆的任何形式的运动,在物理和数学上都是不可能的。一大批必须被划为数学上的低能儿的地质学家(包括作者在内)曾经欣然地接受了这种自以为是真知灼见的非难。

我认为,完全有理由集中更大的力量来收集可能与成矿带或一系列平行的构造带上矿物富集的排列线伴生的地断裂的证据。下一个阶段将通过地震或其它地球物理方法来发现能够鉴别这种地表看不见的地断裂或破裂系统的一些规律。我认为这是在矿床学方面面对地球物理学家的一次最大挑战。

根据这种破裂系统的性质,应该假设它们延伸很深,或许延伸至地幔,所以除了运用地球物理方法外,广泛的区域地球化学调查手段也应该是能够鉴别出来的。在这一点上,苏联的经验特别有用,因为多年来,苏联地质部已经在广阔的区域范围内进行了地球化学方法的普查找矿工作。

结 论

我并不希望使你们认为我否认矿石成因和板块构造之间的基本关系。远非如此,我认为,如果我们了解到更多的有关历史和作用,那么我们会发现它们之间的越来越多的密切的控制关系。尤其是在为非地球科学专家或为其它学科的专家所写的论文中,存在着一种倾向:这些论文给人一种印象,好象是已经为找矿地球科学家提供了一种新的手段,这种手段已经从根本上改变和简化了它们的区域选择工作。然而事实却并非如此,最近对任何矿物,无论是金属、非金属或石油的成功勘探都是在那些根据对地质或地理关系的观察,而凭经验选择的地区内取得的,这种地质关系很符合板块构造理论,但不是直接从板块构造理论中得来的。随着对一些详细的构造机理的更多的了解,我相信,我们能够更精确地选择勘探地区。对板块运动的更详细的构造和机理的认识将主要取决于区域地球物理和地球化学,而由此产生的下一步的计划,在确定钻探目标方面,仍需要更加深入和准确。

译自:《77届勘探会议报告论文》

作者:D.R.德里

(王之田译,高兰、叶之校)

地球化学找矿的广延因素与内涵因素

引 言

对于一般矿床地质范围内的多数工作者说来,地球化学勘探这一概念,表示地表或近地表化学的区域调查和寻找某些元素,包括成矿元素或一些伴生探途元素的异常浓度的某些形式。但是,从现代地球化学和新技术方法的观点来看,这样一种方法未能反映出地球科学这一分支的最新进展的范围和能力。

任何一种探矿方法,在准确地圈定一个矿床和及时地采用该方法的全部潜在能力方面,必然有其局限性。区域地球化学调查,对圈定一个异常区或确定某一潜在目标的位置,确实是有价值的。本文论述的一些方

法,对后期阶段甚至对勘探工作的钻孔验证阶段,都会具有最大的用途。我们每个人都面临着一个必不可少的经济问题:是打钻还是不打?是继续打还是停下来?如下所述,一个有工业价值的矿床的形成,必然会牵涉无数变量,只有改进将从中得出结论的统计学方法,此外没有其它间接的方法了。但是在统计学方法上的任何一个可靠的改进,都应该被认为是一种有意义的进步。

下面一些图说明了本文所研究的问题的类型。图1中B和D的地表化学异常大大地超过了A、C、E这三个较大矿体的化学异常,实际上,最大的矿体E,可能根本就没有任何异常。这些问题可能被物探方法解决,也