

全球成矿规律研究

(未来到何处去找金属)

[法] P.鲁蒂埃 著

地质出版社

全球成矿规律研究

(未来到何处去找金属)

〔法〕P·鲁蒂埃 著

卢星 史崇周 何庆先 译

地质出版社

内 容 提 要

本书是法国地质学家P.鲁蒂埃写的有关区域成矿规律的一本专著,我们选择了其中的区域成矿规律及其研究方法,大陆(欧洲)区域成矿规律的研究,美国锌、铅、萤石和铜矿床的分布,环太平洋铜带、板块构造的成矿作用初步探讨,各种类型矿床及其金属在各地质时代的分布以及区域成矿规律和现象成矿规律的一致性等六章翻译出来介绍给国内读者,以便供我国目前地质工作中的区域成矿预测和找矿工作的参考。

OU SONT LES METAUX POUR L'AVENIR?

P. ROUTHIER

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES
ET MINÉRIÈRES 1980

全球成矿规律研究
(未来到何处去找金属)

[法] P.鲁蒂埃 著

卢星 史崇周 何庆先 译

责任编辑:唐静轩

地质出版社出版发行

(北京和平里)

顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 ¹/₁₆ 印张: 9.375 插页: 4页 字数: 207000

1990年8月北京第一版·1990年8月北京第一次印刷

印数: 1—1460册 国内定价: 6.00元

ISBN 7-116-00660-5/P·563

目 录

第一章 区域成矿规律及其研究方法, 介绍一种综合示意图	(1)
1.1 区域成矿规律学	(1)
1.1.1 区域成矿规律学的旧有“学派”	(3)
1.1.2 “年代-构造-岩相”学派	(3)
1.1.3 “线性构造”或“断裂构造”学派	(4)
1.1.4 全球构造学派或“俯冲消亡”学派	(5)
1.2 一种新的研究方法: “金属”数量法	(7)
1.3 一种综合原理示意图, 一个定理和两个定律	(8)
1.3.1 基本定理: 金属域和控矿因素显示标志	(8)
1.3.2 横向构造定律	(9)
1.3.3 叠加定律	(10)
1.3.4 金属域、矿床类型和“渗滤作用”	(11)
1.3.5 对综合示意图继续发展的几点说明	(12)
1.4 如何探索金属省	(12)
第二章 大陆区域成矿规律的研究	(17)
2.1 欧洲铅锌矿带	(17)
2.1.1 阿登北部的矿带(比利时)	(17)
2.1.2 阿斯图里亚斯-比利牛斯-阿尔卑斯矿带	(20)
2.1.3 北极矿带	(29)
2.1.4 爱尔兰-波罗的矿带	(29)
2.1.5 波希米亚-西里西亚矿带	(30)
2.1.6 狄那里克矿带	(31)
2.1.7 莫雷纳山脉矿带(西班牙)	(31)
2.1.8 各矿带的间距	(31)
2.1.9 铅锌矿带与构造线的关系	(32)
2.2 萤石矿床的分布	(34)
2.2.1 与海西晚期扩张作用有关的近南北向构造控制	(35)
2.2.2 萤石与岩浆和地裂作用的关系	(37)
2.2.3 萤石矿床的不同年龄, 古生代萤石的存在	(37)
结 语	(39)
附图1. 欧洲某些金属域略图	(40)
2. 西欧和中欧铅锌、重晶石、萤石和铜矿床分布图	(40)
第三章 美国锌、铅、萤石和铜矿床的分布	(41)
3.1 美国锌、铅矿床类型	(41)
3.2 38° 纬线的线性构造	(42)
3.3 主要铅、锌矿带的存在	(43)

3.4	与美国和北美其它地区相似的其它矿带	(46)
3.5	金属省的叠加作用	(47)
3.6	正切构造对主要矿带形态的影响	(48)
3.7	北美,特别是美国的萤石矿床的分布	(49)
3.8	美国某些铜矿床(小型铜矿床)的分布	(50)
3.9	综合研究:美国与欧洲成矿结构的对比	(51)
第四章	环太平洋铜矿带对板块构造成矿作用的初步探讨	(54)
4.1	引言,环太平洋矿带成矿的主要特征	(54)
4.2	铜矿床的各种类型	(55)
4.2.1	熔岩中铜的浸染作用	(55)
4.2.2	块状硫化物矿体 (amas)	(56)
4.2.3	“席状矿体”	(57)
4.2.4	接触岩	(59)
4.2.5	矿脉	(59)
4.2.6	角砾岩筒	(59)
4.2.7	含铜和(或)含钼的斑岩	(59)
4.3	铜矿类型的时空分布	(61)
4.3.1	块状,席状和斑岩型矿床	(61)
4.3.2	侵入体的时代,斑岩的时代及其空间分布与构造的关系	(61)
4.4	斑岩矿床在空间上的化学演化和可能的继承性。金和钼	(64)
4.5	斑岩中铜的先成富集作用,安山岩物质经熔融后可能的转生岩	(67)
4.6	环太平洋矿带的成因,铜的来源问题,关于板块(会聚板块)构造模 式的讨论	(68)
4.6.1	板块构造模式与地热田存在明显的矛盾	(69)
4.6.2	同位素论据的相互矛盾	(70)
4.6.3	伴生金属的地理分布是地壳影响的佐证	(70)
结 语		(71)
第五章	各种类型矿床和金属在地质时代上的分布	(72)
5.1	同时代成矿省,异时代成矿省	(72)
5.2	在全球范围内某些类型矿床在时间上的分布	(72)
5.2.1	某些类型的矿床出现在整个年代表的各个时期	(72)
5.2.2	另一些类型的矿床和矿省从年代角度看分布不很普遍,或者至少限制在某些 时间区间内	(73)
5.3	在全球范围内某些金属矿床在时间上的分布	(74)
5.3.1	铁、含铁建造	(74)
5.3.2	锰矿	(82)
5.3.3	铜矿	(84)
5.3.4	锌和铅,“晚于”铜的金属	(89)
5.4	金属的垂向分布和分带性,金属的继承性和常存性	(90)
5.4.1	同一种金属的垂向分布	(90)
5.4.2	金属上升时的分布和贫化,富集的“广度”和“强度”的矛盾,从地球化学观点	

看矿床的亲缘性或非亲缘性	(92)
5.4.3 几种金属的垂向分带和生成顺序规律	(94)
5.5 各大陆“岩石-成矿作用成熟度”规律	(97)
5.5.1 各种金属初始大量堆积的顺序并非是随意的	(97)
5.5.2 区域之间的时距	(101)
第六章 区域成矿规律和现象成矿规律的一致性	(102)
6.1 咸水,地壳活动的“浆液”	(102)
6.1.1 水是物质迁移的载体或介质	(102)
6.1.2 矿物包体的一些资料以及对这些“资料”的评述	(105)
6.1.3 对沉积盆地水中所含金属的看法及一些沉积盆地的情况	(106)
6.1.4 溶解金属的咸水,金属的沉淀,实验资料	(108)
6.2 外层大气圈的成矿规律,从陆地到盆地,从盆地到陆缘	(110)
6.2.1 从大陆到盆地	(110)
6.2.2 金属后来的“归宿”	(113)
6.2.3 成岩作用的运移	(121)
6.2.4 成岩后的运移;大气水的强烈参与作用和大陆古水文地质	(126)
6.2.5 结语。金属省在地表上的空间常存性	(129)
6.3 内圈成矿规律,金属的上移	(130)
6.3.1 地热田,现代热泉的资料	(130)
6.3.2 与岩浆明显有关或可能有关的矿床	(134)
结 语	(136)

第一章 区域成矿规律及其研究方法, 介绍一种综合示意图

成矿规律的概念早已由 L. de Launay 在“地学及其方法、结果、问题、历史”(1905)一书中下了定义,但在该书的前言中提到的定义是粗略的、零散的。他在该书第3页上这样写道:“金属矿床科学(我在后面称之为成矿规律)”,并在第12页的注解上写道:“如上所说,我建议用成矿规律这个词来代替诸如金属矿床成因这类不得不采用的婉转说法”。因此本书就用“成矿规律”这一术语。

因此,成矿规律这个术语,从一开始就是针对整个区域的,它只适用于成因这一范畴。

我在编写“金属矿床”一书的时候,更强调对矿床及其类型的对比分析,而不是成因上的对比分析。我曾经认为选用一个象征性的词是没有必要的,而我没有坚持这样做,由于其他原因我在该书第33页上引用了“矿床学”这个词。到现在这个词很快就成了口头语,后来甚至被法国地质矿产调查总局所采纳,成立了一个“矿床学研究室”。10年后,我们发现这个词被收进英语词汇中(N.J. Rowlands, 1974; 后来是 N.J. Rowlands 和 O. Warin, 1976)。

矿床学一词跟德文“Erzlagerstättenkunde”这个复合词极为接近,只是没有 erz(矿石)这个词根。由于矿床学这一词汇比成矿规律这一词汇意义更为概括,所以它在法语中更受欢迎。遗憾的是,这个词在国际文献中远没有得到普遍使用,或许没有取得成功。享有盛名的《经济地质》杂志不愿意轻易地给这个词冠上一个比如“区域”这样的形容词。可是最终只有“成矿规律”一词得到了国际上的承认,所以才常有“区域成矿规律”和“世界成矿规律图国际小组委员会”等说法。

因此,我们只好采纳这个词,其含义是指:“研究金属(和某些其它物质)的自然富集作用,不管这种研究更多是属于描述性质的,还是带有强烈解释性质的,也就是说成因的研究”。

从那时起,在需要时就加形容词给予说明,例如,可以这样说:成矿类型,区域成矿规律,等等。

下面我们就介绍区域成矿规律及其研究方法。这样,有时就不得不提前引证在后面才进行描述的一些实例。毫无疑问,这样做是有点弊病,但是如果不这样做,势必会产生另外一个至少是同样严重的弊病:对区域成矿规律的不同方法介绍得太晚了,会给人造成这样的印象,我似乎有意把在我之前已提出的一些论点给埋没了!……另外,喜欢直截了当谈出自己全部观点的人对此也不会不满意的。

1.1 区域成矿规律学

金属矿床在地质空间和时间上是怎样分布的呢?对这一问题的各个方面作出回答正是

“区域成矿规律”的任务。这是一门处于早期的、十分受忽视的地学领域。我保留“区域”这个十分恰当地表示性质的形容词不是没有犹豫的。事实上，我们处在一个许多科学家正热衷于把一切很快都纳入模式而忽视调查的时期；而各个阶段的调查结果往往又对盛行着的观点提出疑问，并导致新观点的诞生。这种现象是一种永恒的标志，或只是一种钟摆式运动的暂时现象呢？不管怎样说，在这样的气氛下，“区域”一词反映了一个古老而有分寸的解释，这个词说实在并没有使“成矿规律”更多地得到学院式声誉。总之，成矿规律既牵涉到一小部分矿床，也同样牵涉到与地球上已知和将要发现的全部矿床，如果说区域成矿规律这一术语是有限度的，那么它的含义却是很广泛的。

近25年来，在其他学者之后或同时，我也使用过成矿规律这个词，但很少冠以区域这一形容词，并强烈带有现象学的味道，而且它是以能根据地质规律对矿床成因作出解释这样的概念作为基础的，地质规律本身又是与地球热化学目前已知的规律相关的。现在，我认为这个概念应把固有的框框去掉，而应该研究矿床是怎样分布的，这只有在与地质实体和地质现象以及其他条件对比之后作出完整的解释才能做到。

当然，我在1963年的著作中曾提出过“岩石圈地球化学广泛的分异作用”、“非均质性”的概念（意指独立于已知地质实体之外的），但是我当时是很胆怯的，因为论据甚少。到1969年，J. Bertraneu 十分明确地强调，对成矿省这一概念需要从“成矿省包括经过造山作用后的地球化学稳定性”这个意义上进行深入的研究，而且指出，这一方向将对传统形态学这个矿山地质工作者短期内的工作武器作出补充，同时将促进“系统勘查”。又过了一个时期，我们（P. Routhier 等人，1973）使之上升为原理，但仍未进入编制图件的阶段。除 J. Bertraneu 之外，还有一些作者对某些独特的实例，例如，大西洋两岸的锡（R. D. Schuiling, 1967），阿根廷的钨（W. Stoll, 1964），地中海西部周围的锌和铅（J. Bouladon, 1968）等已注意到某些非均质性和分异性的存在。其它一些作者已开始阐述某一普通的原理，例如 L. de Launay（1913年，1.第4页：“某种奇特的现象”和第248页），J. E. Spurr（1923，“血缘关系”），W. E. Petrascheck（1965：“金属省”）等人的著作。但是，显然还未达到使该原理成为“实用”的地步。H. Pelissonnier和H. Michel（1972）在内容丰富的著作中做了明确的说明，他们就这一问题提出了许多中肯的意见。有些著名的学者，从 L. de Launay 本人起，在提出“把一些特别富含某些金属的地区看作是成矿省这一概念之后，实际上并没有把这个概念应用到区域成矿规律的研究工作中去”。他们既没有对成矿省给出尽可能明确的范围，也没有对一些成矿省进行更仔细的剖析。对这点，他们主要辩白的理由是：对矿床及区域矿化单元的描述是那样的少，甚至各国及各大陆矿产分布图或成矿规律图还都没有出版或将来才能出版，因此他们手上缺少一些必要的文献资料。而且，只有掌握了许多单独的实例（矿床的数量自1913年以来有了猛增），才有可能揭示出矿床的分布规律。我和我的合作者开始从事的少量创建性的工作只是在近25年期间才成为可能。这种“回顾继往”的叙述，尽管有困难，但确是十分富有教益的。

在我们创建的理论提出来之前，就已产生了有关区域成矿规律的三种观点，我有时武断地称之为三个“学派”。此外，当然还存在许多对较大区域的成矿规律的描述，但很难把它们划归到这种或那种体系中，这里就不一一列举了。如果对这三个学派的著述没有分析了解，我们就不可能知道为什么和应该怎样向前迈步。

1.1.1 区域成矿规律学的旧有“学派”

坦率地说，我们在下面介绍的三个学派也许可以归併到一种思潮中，“构造学的”（从地质意义上说）这一形容词很适合这种思潮。它早已出现在 L. Leunay (1913) 的文章中，但含义相当混乱：“每个成矿省都有一定的区域类型，受地质构造的控制，在一定程度上可以根据构造来预测”。然而，第一个学派已经制定出一种内容如此丰富、在许多方面如此有成效的体系，以致把它与其他两个学派合併在一起将是不公平的。

1.1.2 “年代-构造-岩相”学派

它是由 IO. A. 毕利宾创立的，姑且称之为“毕利宾”学派。该学派的观点至少在三部主要著作中作了介绍（IO. A. 毕利宾，1955；II. M. 塔塔林诺夫等人，1957；II. Γ. 马加克扬，1959）。这种理论不仅在苏联，而且在其它国家，例如在加拿大阿巴拉契亚山脉（W. D. Mac Cartney, 1964），均得到了实际的应用。

这个学派的论点如下。陆壳的任何地区都曾经是活动带（构造造山带）的一个块段。任何活动带都是沿一个长条形沉降带或地槽发育而成；根据一个几乎是永恒的模式分五个阶段或五个时期逐渐发展成地台；我们仅列举出它的一些主要特征：

初始阶段：海底基性（有时为酸性）火山活动，产有铜、锌、铅块状硫化物矿床。

早期阶段：陆源沉积，有时有侵入体，产有砂卡岩和含铜、钼斑岩型矿床。

在初始和早期阶段，与铁矿层和铅、锌矿层（“密西西比河谷型”）及铜矿层有关的层状矿床形成于陆缘台地上。

中期阶段：上升运动，陆源沉积很厚（复理石），然后就是褶皱主要阶段（构造运动），花岗闪长深成岩体和含钨（白钨矿）的砂卡岩，再就是正常的或碱性的花岗岩（白岗岩），伴有锡、钨、钼、铌、锂、铍的富集。

晚期阶段：一般为上升运动（造山运动）；在内构造带形成深断裂和地堑，使陆相沉积（盐层和煤层）分布在小型分散盆地中。在内构造带或中构造带，有从安山岩到流纹岩的强烈陆上火山活动，伴有金-银、锡-银、锑汞等矿脉；有闪长岩-二长岩-正长岩侵入体以及含铜、钼的斑岩型矿床。

终期阶段：地壳固化成地台，垂直运动，高原玄武质火山活动，含 Ni-Cr-Pt 的苏长岩大侵入体（例如：萨德伯里，布什维尔德）；碱性环状杂岩体及含 Ti、P、Nb-Ta、稀土、Th-U、金伯利岩筒的碳酸岩。

自初始阶段的末期起，各次运动形成了地背斜脊，从而把地槽分成“构造-岩相”带。

由于各次运动是从内向外，即向前陆区扩展的，所以在演变的末期形成了大体上与主要构造方向平行的一些地带，其上的沉积物质、火山物质、侵入物质各具有不同的岩相和不同的形成时代。

相应地，矿床类型及其形成的时代（或时期）在带与带之间也不相同。据此可划分出一些“构造-成矿带”。应当指出，在该学派的语言中，构造带大概还包括一个或若干个相带，而分类表又以年代（各阶段）为基础，因此，我们认为这一学派在表达自己观点时所使用的术语是不够严密的。

这一学派及其事业的伟大功绩在于把矿床置于广义的历史和构造范围内，甚至以整个

地质学作为基础,这点是我们所赞赏的。后来,经过像 J.Aubouin(参阅他 1977 年的著作)对特提斯褶皱山脉和安第斯山脉那样做了综合研究之后,才能对构造-造山带作出剖析,对其动力学性质作出比较,这种方法从最古老的前寒武纪起都可适用,所以有必要继续毕利宾学派的研究工作。很明显,研究状况尚未臻于成熟,成矿规律论者还需努力向前迈出新的步骤。

毕利宾学派最大的弱点就是对不同活动带或某一活动带的不同地段在岩性和金属含量上的质与量之差别没有给予足够的重视,而这些差别往往是相当大的。就这一点,有一位苏联专家(E.E.扎哈罗夫,1959)评论说:“一个标准的演变模式不一定就有成效,最好是遵循一条经验主义的道路,对观察结果进行分类”。

另外一个缺点就是,在追索构造带的同时,应追索成矿带,可是,客观事物却是千变万化的。

同时,自 L.Launay 和 W.Lindgren 那时起,就有人常把成矿时代与年代测定的结果分裂开来,这样,有许多可使我们对“金属区”作出预测的地理延续性被抹煞了;关于地理延续性这个概念,我们下面还要谈到。如果在美洲西部科迪勒拉山脉把三叠纪、侏罗纪、拉拉米期及第三纪的铜富集作用分割开来,那么决定这一辽阔含铜省的一些特点就被冲淡了。因此,在含铜省的定义(区域概念)中要想加上时代(年代概念)这样的注解,简直成了一条禁忌。这样做有害于对区域成矿规律作出像法国 P.Laffitte(1966)那样的既仔细、又有远见的分析。希望大家不要重蹈这个覆辙(例如 F.S.Turneure,1955),而单旋回和多旋回成矿省的概念(B.I.斯米尔诺夫,1959),或者说同时代和不同时代成矿省的概念(F.Boyer等人,1975)则可以避免这个缺点。

当有单类型或同类型,多类型或不同类型成矿省的情况下,如果引用“矿床的特定类型”(F.S.Turneure,1955)这个概念,也常会陷入另一个极端。例如,在美洲西部的科迪勒拉山脉,铜主要聚集在一些火山沉积矿、斑岩铜矿以及矽卡岩中,在划分这些矿床类型时,人们仍然贬低了地理延续性的重要意义。

1.1.3 “线性构造”或“断裂构造”学派

这个学派实际上是由一批独立的学者:首先是持地形线性网(W.H.Hobbs,1911),然后是持较普遍的“断裂构造作用”以及线性构造(R.A.Sander,1956;P.Hupe,1958)观点的学者们所创立。线性构造的最初定义是地理地形的成行排列,后来该词使用者用来泛指所有的线性要素或组合成群成网的“线性体”,这些线性体可以在地表上看到,也可能看不到。该词既有真实构造的含义,也有非真实构造的含义。在有关北美、尤其是在美国西南部的各种研究中,有人(E.B.Mayo,1958;J.Kutina,1969;J.B.Wertz,1970)已把一些线性构造绘制成图,其上似有大规模富集作用发生在交会点上或“矿结”上的趋势。

这一学派的观点无疑包含有一部分真实性,目前“遥感”,尤其是卫星照片已用于追踪线性构造,并进行线性构造的内插和外推。因此有时有助于其它矿床的发现,从而赋予这一学派以新的动力。

毫无疑问,线性体的形迹有助于对构造得出新的认识,并引起我们对深部的、被不同盖层所覆盖的古老构造(基底构造)的注意;这类构造的柔性变形和断裂大部分受到一种

继承性作用(“后继”运动)的影响。因此,在今后几年中,人们将能对扭折构造(R.E. Wilcox 等人, 1973)产生的结果做出结论。从今以后要注意横贯美国三个构造区(阿巴拉契亚山脉, 科迪勒拉山脉)中我们所圈定的含铅、锌东西向构造带与科迪勒拉山脉某些大型线性体(E. Lathram 和 R. Nairn, 1974)以及东西向滑动带是否一致, 因该滑动带使东西向构造带北缘的奥斯汀城附近阿巴拉契亚褶皱带发生弯曲, 在美国境内的卫星照片上是可以见到的。

但是, 应明确指出, 仅仅是遥感还不能告诉我们比如说哪一种走向的构造对某种金属起着首要或次要的控制作用(或控矿因素)。因此, 为什么要考虑对区域成矿规律提前进行分析, 原因就在这里。附带提一下, 如果要等到遥感这个工具自身几乎成为一种最终手段的时候, 才能看到某些研究项目的产生, 那将是多么不可思议。

线性构造学派在成矿规律方面所暴露出来的缺点, 从预测及理论观点来看, 有以下几点:

(1) “没有裂痕”的线性构造往往赋存多金属矿产。然而这点是清楚的: 如果说沿某一线性构造群分布的矿床中某种主要金属发生了变更, 象附图 1 右侧的情况所示, 那是因为有一种主要因素尚没有被发现的缘故。因此, 这一学派的缺点与毕利宾学派是一样的。

(2) 属于这个学派的一些学者, 不考虑地壳的变化及其在成矿规律中的应用: 他们只是把矿床看成是被带进围岩中的“后成”矿床, 与其围岩“无关”的矿床, 或诸如此类的看法。

但是, 这一缺点并不是线性构造观点所产生的。线性构造常常制约着沉积盆地和古地理以及沉积的一些特征, 这些特征本身又控制着与岩层有关、同成岩期的矿床赋存位置。

(3) 这一学派在分析断裂网时要求一直是不十分严格的, 在文章中(D. V. Wise, 1974)还有许多“不严肃”的地方。

1.1.4 全球构造学派或“俯冲消亡”学派

这一学派建立在全球构造说和纯空间关系的基础上, 认为在太平洋边缘主要存在大陆“活动边缘”和俯冲面, 在这一范围内见有两类矿床: 斑岩铜矿, 伴有(或缺)钼, 以及某些块状硫化物矿床(R. H. Sillitoe, 1972、1975; P. W. Guild, 1972)。该学派还很难提出一个可行的意见, 尤其是提不出可适用于成矿规律的意见作为论证的基础。当然, 问题不在于对全球构造说的地球物理基础提出质疑, 而是对它的一些根据、一些地质推理的方式可能有些疑问。

1. 全球构造作用的年代

如果说目前的俯冲消亡带, 特别是沿特提斯岛弧的俯冲消亡带属于新构造运动(J. Aubouin)的话, 那末它就不可能属于古构造的原动力。古俯冲消亡带的原动力或许曾经存在过, 但只能是由太平洋的扩张漂移所产生, 这样的话, 需要确定其动力的位置、方向和时间, 这比我们今天所要做的事困难得多。

全球构造说的机制, 即板块运动和俯冲消亡, 也不能普遍地引用来解释矿床的生成, 因为这些矿床在形成的时候, 上述机制还没有发挥自己的作用。这个意见对太古代块状硫化物矿床尤其适用。

2. 动力作用

尽管作过一些实验(J.F.Dewey和J.M.Bird, 1970), 但是俯冲消亡与活动带位移的方向之间的动力关系还远没有弄清楚。这就提出一个要把太平洋岛弧“根部”(根部的一侧)俯冲消亡与特提斯岛弧“前缘”俯冲消亡(J.Aubouin, 1975)区别开这样重大的新课题。

可以指出, 在这两个岛弧体系中分布有斑岩铜矿, 也可以因为能够指出俯冲面的存在就是这两个体系的共有因素而沾沾自喜。可是, 这不是在玩弄兜圈子的把戏吗?

3. 岩浆的演化

美洲西部科迪勒拉山脉中喷出岩和侵入体的时空分布是一个十分复杂的问题, 人们理所当然地会产生这样的疑问, 它的分布是不是仅仅受到古俯冲消亡作用的控制(J.A.Noble, 1976)。

我们还可以提出其它的理论上的疑点。还是让我们回到区域成矿规律的话题上来吧。应该看到, 俯冲消亡论, 在我看来, 是有严重缺点的。

(1) 该学派对所研究的大型构造带中存在的不连续性和非均质性, 没有给予足够的重视(见J.D.Lowell, 1974; J.A.Noble, 1976年提出的意见); 这个缺点也是其它两个学派的缺点。

(2) 这一学派尤其是不适用于远距现在活动边缘的、位于美国或西欧大陆内部的铅、锌、萤石的大成矿省, 现在让我们把注意力放在太平洋边缘上某些金属分布中最明显的一个突出特点上。某些金属矿床在太平洋边缘上如此经常地呈南北走向出现, 这与一些连续矿带的情况相同。因此应该认为, 这些带的出现是由该方向上的一些连续性比较好的构造控制所致。铜矿床就属于这种例子, 其次是钼矿床; 锡矿床和钨矿床也有同样的情况。

相反, 其它一些金属矿床往往在走向相同的条件下, 其分布极不连续。铅锌矿床尤其是这样。铅锌矿床的出现并不受上述那些构造作用的控制。

此外, 需要指出的是, 在太平洋边缘上没有出现像铜矿床那样值得注意的任何铅锌矿床。这两则实例表明, 以铅锌为主的金属域是与现代俯冲面不相干的。

(3) 俯冲消亡论, 从它现在的形式看, 需要这样假设: 有些金属, 主要是铜, 从洋区被带到陆壳之下, 然后穿过陆壳在某个时期又上升到近地表。对于这一点不能不慎重地持保留看法。

这种学说把两个不同的概念: 金属来源(或多来源)与驱动其上升的地动力的产生, 重叠一块, 因此把两个不同概念混淆起来了。既然在太平洋边缘上铜的分布具有连续性是成立的, 那末承认铜矿产生的驱动机制是其边缘上一种最连续的构造作用, 即承认俯冲消亡作用带来了近地表的所有动力, 那就应该是正常的了。反之, 可归纳起来说: 铜的来源可能随时随地都存在, 而俯冲消亡的洋壳, 按照他们的推理, 只是一种突变现象。那么有几点理由可以批驳这种突变现象, 现简述如下:

(a) 第一点理由纯属逻辑学范围。我们不可能想象, 活动边缘就是高热流带, 其间的物质交换必定是被活化的, 由此得出一种必不可少的地壳变化作用, 同时假设: 在地壳变化过程中陆壳在化学上可能是被动的, 它对矿床的形成没有作出任何贡献。使人们吃惊的是, 还没有人发现这种原理中明摆着的矛盾现象。

(b) 我们第二个理由是牢固建立在一些明显事实的基础上。仅举太平洋边缘上锡、钨矿床的分布为例。根据金属区域分带与南纬 20° 太平洋岸大致平行这一事实,有人想把玻利维亚锡矿省与环太平洋俯冲消亡带联系在一起,同时还把驱动机制与重新被认为属深成的金属来源重迭在一起。然而,我们详细了解到,玻利维亚锡矿省只不过是环太平洋锡钨成矿带的一段,沿这一成矿带交替出现有以这种或那种金属为主的连续“高峰区”。例如,在玻利维亚以南,以锡矿为主,一直延伸到阿根廷的北端,然后在下一地段则以钨矿为主,其矿床的数量和金属的储量是很可观的。

因此,如果认为这里的地动力作用对铜来说都一样的话,那末就应看到在不同的区域中这种地动力会使不同金属发生活化。因此必须引进另外一个因素:区域金属的专属性。不然的话,与太平洋岸大致平行的金属带还会继续延长。从这里可以看到,存在一种上面提到的非均质性。

根据以上提出的论据,应该问一问这种非均质性存在于地壳的哪一层位:在上地幔还是在陆壳内?答案不一定只有一种。在第五章中我们根据其它论据证明,我们认为这种非均质性早就存在于陆壳中。但是也不妨碍这样的看法,即它曾经存在于上地幔中,并且可能继续留在上地幔内。

以矿床生成的年龄和地壳中的地球化学背景值为基础的其它见解,只是后来才提出来的。

(4) 最后一点意见是关于俯冲消亡这种理论对于普查找矿到底有多大的实用价值问题。这条意见是必须提出来的,因为有些俯冲消亡学派的拥护者们很少对自己加以约束,让我们仔细探讨一下方法吧。在地学上的一切知识,以及知识的实际应用,其主要基础在于进行不同范围的对比分析。然而,要预测比如说其它斑岩铜矿可能分布在太平洋的边缘上,也无须把斑岩铜矿与俯冲消亡作用联系在一起。只要在过去确立的地质事实的基础上,就足以指出环太平洋各不同地区在地史、岩石、矿床成因等方面存在着许多的相似性。其中有些相似性已由 L.de.Launay 作了很好的说明,例如关于“年轻的火山型金和银”矿床。从 E.Suess 等学者开始,对梅佐热山脉也作了同样的论述。

自那时候起,该学派拥护者们仍然继续或声称要继续研究他们所想到的一系列事情:

(a) 地质事实;

(b) 古俯冲面的恢复;

(c) 矿床预测。

这是一种自以为是的同语反复,因为他们满可以从第一项直接跳到第三项。此外,所有从事勘查工作的地质师所做的就是这些事情,硬把俯冲消亡学说说成是给破产勘查提供了武器,这完全是一种偏见。

以上所有意见不会有损于所谓全球构造这种学说的主体。这里与别的一样,是一些过于性急的学说运用者不顾条件,从而给学说本身可能带来错误的结果。

1.2 一种新的研究方法:“金属”数量法

上面三个学派有一个通病,就是把矿床分布的不连续性、非均质性以及与其它地区相比时可认为某一地区具有的“金属专属性或金属的亲性”给忘掉了;再说,这三个学派对

金属堆积作用的重要意义也没有给予充分的注意。

这一论证给我们的研究工作，也给像 J.A.Noble 所进行的研究工作指明了方向。在我们列举的某些参考文献中，我们及我们的合作者曾经提出一种区域成矿规律的分析方法。这种方法主要以“金属域”图作为基础，图上绘有主要金属含量，同时包括一些主要的矿床和“矿床高峰区”。

至于 J.A.Noble (1970, 1974, 1976)，他在研究美洲西部科迪勒拉山脉时就是遵循这一类似的方法进行工作的。他曾经这样表达自己的观点：“人们照例是通过岩浆作用把金属省与构造特征联系在一起，这样就有两个重要的事实未能得到解释：

(1) 金属富集呈非均质性分布；

(2) 使金属带中断的间隙现象，“尤其是把含有重要矿床的一些金属域切断的现象”。

J.A.Noble (1970) 所采用的图解法与我们的方法相比是侧重分析，而失于直接表达。J.A.Noble 很重视多数矿床包括普通矿床以美元计算的价值，而我们则注重大型堆积的金属储量；这样得出的一些图表就明显不同。

不管怎样说，所有从事勘查工作的负责人都会发出这样一个相同的问题：“M 金属矿床可能分布在任何地方吗？不！矿床只分布在某处。说得对，那末分布在什么地方呢？既然矿床不是处处都有，任何地方都见，那末能不能把矿床赋存的区域范围大致圈出来呢”。

1.3 一种综合原理示意图，一个定理和两个定律

这项任务是困难的，因为怎样理解互相独立的、其作用一旦得以发挥又能“产生”各种情况的所有参数呢？但是，我们愿意尽力而为，至少可以明确地说，综合示意图（见图1）所提供的更多属于情况的收集和方法的解释，而不是全球情况的清查。我们的综合示意图看来还可适用于数量等级不同的、组成程度各异的区域成矿单元，由此甚至可以分清术语的差别程度。

这一示意图建立在“控矿因素”概念的基础上（这一术语由 P.Laffitte 等人于 1965 年创立，我本人在 1969 年作了阐明），从而使美国一些矿山地质学家关于“控矿”概念有了扩大。控矿因素概念是指：“与岩性、古地理、构造、地球化学等有关、对矿物富集作用有过（可能有）贡献的任何地质实体”。控矿因素与组成矿床的元素的沉积、运移、渗透以及来源有关。

1.3.1 基本定理：金属域和控矿因素显示标志

定理：“一种金属的富集发生在某一金属域内（实际上是一个下延到地幔中的立体）的交会点上，它在漫长的历史过程中（长存性、继承性）成为某种‘潜在金属’（这是首要的控矿因素）的载体，而其它控矿因素对这种潜在金属起着显示标志的作用”。

这就是区域成矿规律一些老学派曾经进行过研究的显示标志。这些显示标志可能是断裂构造（简单构造或线性构造），或者是大陆风化区，以“含矿”岩相表现的古地理区，岩浆活动（侵入的或喷出的）等等，所有这些都必然受到原有构造特征的制约。

不同的控矿因素显示标志可能与活动带的演化有关，即可能与一些俯冲消亡带或与某一地台有明显的关系。其中某一控矿因素在某一阶段，特别在形成大量金属富集的阶段发

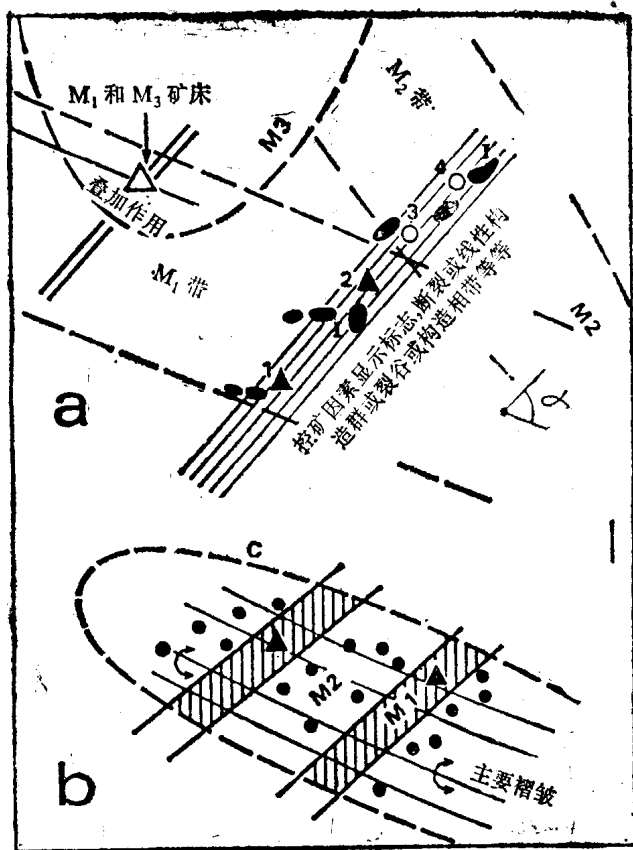


图1 区域成矿规律的综合示意图

本图表示两个最常见的模式，这些模式表示了金属域(带)同直接或间接起控矿因素显示标志作用的主要构造形态之间的关系

图a：两个金属域， M_1 和 M_2 为主要构造所切断， α 是 M_1 带和这些构造之间的夹角。顺该构造线有侵入体I侵入。这个显示标志构造线已构成一条“多金属带”，横贯在两个金属带上。这种情况的例子：“科罗拉多矿带”，这里 $M_1 = Pb + Zn$ ，1：圣胡安，2：利德维尔-吉尔曼， $M_2 = Mo (+W)$ ，3：克莱梅克斯，4：乌拉德，I：中新世小型酸性侵入体(时代：30—10百万年)。

左上角是两个金属域(M_1 和 M_2)叠加的情况，产有含 M_1 和 M_2 的矿床。犹他州的宾厄姆矿床可能就是一个例子，这里 $M_1 = Zn + Pb$ ， $M_2 = Cu$ 。

图b：这里表示的多金属带C叠加于一个拗陷带的构造带之上，并与主要褶皱方向平行；图a中的 α 角已变成零。横向的构造带和古地理带把C带分成一些交替出现的矿域，矿域内产有不同的金属矿床。火山成因的块状硫化物矿带就常是这种情况，如“南伊比利亚黄铁矿成矿区”就是一例，这里 $M_1 = \text{黄铁矿}$ ，并含Cu、Zn、Pb， $M_2 = Mn$ 。

相带也一致，横向构造本身是由先期构造线(一种继承性!)所造成的。在图1b区中提到的就是南伊比利亚黄铁矿带的实例。在下一节中，我们将指出，有些矿床的分布是被曾经一无所知的古地理因素所显示的。在南伊比利亚区，我们首先发现含黄铁矿块状矿体和小型锰矿床的一些地带有斜交现象，接着，我的同伴根据其它许多岩相的分布论证了古地理

挥了作用。

金属域本身的存在可能归因于一些有待查明的隐伏的古老构造，比如西欧和美国一些近东西向铅锌矿带的部分形迹就是这样的例子。

1.3.2 横向构造定律

金属域都出现不同程度的非均质性。如果我们对这种金属域内的矿床分布作详细观察的话，那末又会重新发现一些非均质性……，而且，这种情况可周而复始。这类非均质性往往不是偶然现象，而是顺横向构造而延伸的。

因此把一般原理陈述如下：

“有许多长条状或带状金属域被切割成横向带，从而与成矿地区的延长轴构成不同的角度。在这些横向构造或者说‘富矿脊’上(见H. Pelissonnier 和 H. Michel的文章, 1972)，分布有大部分堆积物，而一些次要的过渡带却是空白的，或者填充得很少，或者塞满其它物质。”

读者会发现，类似这样的原理无疑能够适用于许多古地理分布状态，或者一些构造客体、岩浆客体等的分布状况。成矿规律原理只不过是一个较为普遍的原理，是控制岩石圈非均质性和各向异性的某一古断裂网的表达式。

图1中展示横向构造的两种形式：

A. 第一例：在某一平行于主要构造走向的多金属矿带内，横向构造可能与古地理界线相一致，因此与同

环境 (P. Routhiez, 1978)。一般来说, 绝对不应要求可能起“显示标志”作用的一些同相带只与某些主要构造平行一致。

B. 第二横向构造的实例是: 控制着喷出和 (或) 侵入作用 (图 1a 部分) 的线性断裂群切穿含铅锌金属带, 所以才有象圣胡安和利德维尔这样的铅锌矿床的出现。在离此更远的地方, 它横切含钼钨的金属带, 因此生成了像克莱梅克斯和乌拉德这样的矿床。这是不是一种偶然现象呢? 因为钨-钼“专属性”在科罗拉多及怀俄明州前寒武纪片麻岩中早已存在。在该实例中, 甚至可以发现构造的继承性, 因为北东方向的剪切带早已在前寒武纪时期沿已形成的科罗拉多矿带的地层产生了 (O. Tweto, 1960, 1968)。

1.3.3 叠 加 定 律

“在矿床中有些金属 (或物质) 的组合往往可解释为某些金属域叠加的结果”。

金属域的叠加现象在矿床内部有时表现为共生组合和较复杂的化学组分。对数量少的矿物及次要成分进行测定也许是富有教益的。

在任一金属域中, 不管其规模是大是小, 都存在不连续性。可以把这类不连续性设想成一种类似网络的东西。如果两个含有不同金属的金属域发生叠加, 那末其中一个网络的“完全”覆盖的部分, 便发生了叠加, 这种现象也是为数不多的, 而且其面积远比金属域本身要小得多。如果某一矿大在这一局部叠加中形成, 那末有些元素的渗滤作用将在运载体流体内部发生, 而且是以局部垂直分带性表现出来的。要使这些元素不被全部分散开, 而且, 还要使这些元素呈矿物状态出现, 就必须满足许多条件。从那时起, 有人这样设想, 即使两个金属域叠加, 在其重叠部分形成的富集带也不会必然地留下这两个金属域的痕迹, 在地壳的同一层位中尤其是这样。

在其它情况下, 比如在矿床的共生组合中出现一些在同一金属域中任何地方都未见过的矿物, 它没有富集成矿床。如, 比利牛斯山脉的各铅锌矿床都含锡矿物, 然而在该山脉中却未发现任何锡的矿床。

最后, 让我们回头看一看图 1a 中的右半部。在我们建立 M_1 含锌铅区的时候, M_2 含钼区尚未包括进去。后来, 就在利德维尔西南部发现了基斯顿 (科罗拉多) 钼矿床。因此, 在 M_1 和 M_2 区之间是发生过叠加作用的, 而基斯顿在过去就是铅锌矿产区, 是一位地质人员在矿山废石堆中偶然发现辉钼矿而找到的。

另一个通过共生组合及化学成分把某一巨大金属域揭示出来的实例是通过锆的广泛分布找到的, 锆部分地呈其固有的矿物 (硫铜锆矿, 锆石) 出现在“刚果盆地”周围的铜、锌、铅矿床中, 如: 刚果的尼阿里, 安哥拉, 扎伊尔的基普希, 纳米比亚的楚梅布 (P. Picot, 1970) 等矿床。

如果头脑里有了金属域和叠加这两个概念, 那末就不难建立“矿物组合” (热液的或诸如此类的) 这一概念, 比如说闪锌矿、方铅矿、黄铁矿组合或闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿组合。这些组合在金属和矿物共生组合中表现出一定的稳定性。这种稳定性, 在某些情况下至少是由于金属组合长期存在在地壳内和渗滤作用及富集作用无法使金属组合发生分解而造成的。

我们还可以从不同思路来探讨一些金属域之间的关系 (物质之间的相容性和不相容性或矛盾) 问题: 比如, 在氧化铁和氧化锰之间。贱金属总是呈硫化物、磷酸盐形式出现,

或者不分时代，或者正好在地史的某一个阶段；这是地质矿产调查总局一位研究人员(G. Sustrac, 未发表)所探索的一条道路。这些创建很可能是很高明的，而且是有用的，可能对我们的方法作出了补充。

以上清楚说明，不仅是在矿床内的，而且在矿点上的矿物调查研究，对于确定一个较大面积上的环境，对于揭示金属域来说具有多么宝贵的价值。

因此，自然要谈到上面提到的一些金属域之间的关系问题，也就是说一种“潜在金属”的载体与地球化学域之间的关系问题。愿意把它说成是一码事或差不多是一码事都可以。但是，还需要对此加以印证，况且情况不可能始终如一的。从地球化学观点来看，我们认为极可能是这样：一个矿床就象其围岩层中的一个外来体，因为它的组成元素来源于底部或来自“侧向”部位；构造特征和侵蚀面并不能产生“区域矿源”。尽管如此，使人更加信服的地球化学论证是否行将问世，对这点我们将在后面进行引证。

1.3.4 金属域、矿床类型和“渗滤作用”

通过上面引述的“事实”，可以察觉到我们对矿床类型这个概念只是顺便谈了一下。大家也许会感到惊奇，自本世纪最近25年来，我们曾经作出了极大的努力，以期建立一门可能成为成因模式基础的描述性、解剖性和生态性类型学。这种努力取得了广泛的成果，成为勘查工作的普遍工具。但是，怎样才能把类型学纳入“综合示意图”中呢？这点将在另一节中论述，这里我们只作如下的表述。

类型首先是一个解剖性模型，它包含一些(或部分)互有功能联系的机体(Organes)，比如：块状硫化物矿体与下伏的热液通道。

类型的出现或多或少受构造和古地理控矿因素显示标志的制约，它们往往是相互依存的，但是对它们的普遍链锁关系依然了解得很不够；这些链锁关系无疑与地质构造区是有关的；有些块状硫化物矿床和斑岩铜矿赋存在“活动边缘”内，至少在中生代和新生代是这样，而含碳酸岩的碱性机体则赋存于地台中。

但是，在每一解剖类型的内部，化学成分在一定程度上变化是较大的，比如，块状硫化物矿床的铜/锌/铅比值，斑岩中的铜/钼比值等，变化较大。在这些变化中，这两种因素的各自部分是怎样变化的呢？

(1) 元素的渗滤作用是沿着从某一个或若干个“矿源区”直到矿床这样的途径而发生的，这种渗滤作用产生垂直和横向分带性。

(2) 矿源区化学特征。

人们可以发现，例如在远离火山喷口(或火山通道)的地方，在块状硫化物矿床中锌+铅/铜的比值增高，这时大家十分倾向于同意第一种因素。可是，另外一些事实迫使人们不得不考虑第二种因素，即金属的专属性问题。例如在斑岩中，仅根据垂直分带性无法解释铜/钼比值的变化，因为美国西部有些含钼的斑岩似乎明显地表现出与其基底具有一种化学的亲缘性，而实际上它几乎不含铜。

大家看到：对不同类型矿床的化学含量问题是何等的复杂。我们不能不加区别地给予同等看待。而每当人们对岩石圈的组份及其在时间上的演化所不曾了解的东西稍微有了点了解的时候，这个问题才有可能向前迈进一步。这就是为什么在这些课题上还得学习，还需要掌握大量的资料，而不是无休止地去引证一些纯地动力学的摹仿模型，原因就在这