

成矿专属性与成矿继承性

闻 广

(中国地质科学院地质研究所)

成矿规律 (Métallogénie)^① 是研究控制矿床生成的各种因素和条件及其相互关系, 以及它们在地质时间和空间中的综合表现, 即矿床生成和分布的规律。控制岩浆成因矿床成矿的主要因素, 就是岩浆、构造及岩性, 而地层控制实质上是岩性加上一定的地质时间概念。在岩浆控制成矿因素中, 为人们所经常注意, 也是最突出的问题有两个, 即以岩浆岩的矿物岩石地球化学特征为中心的成矿专属性 (Металлогеническая специализация, Metallogenic specialization), 和矿床的带状分布。岩浆作用及与其有关的成矿作用, 都是地球化学作用, 岩浆岩及岩浆成因矿床就是这类地球化学作用的产物。矿石是由具有开采利用价值的矿物参与组成的广义的特殊的岩石, 而矿体也就是具有开采利用价值的地球化学异常。

(一)

成矿专属性, 就其术语的应有含义而言, 是指一定的成矿作用及其产物矿床与一定的地质作用及其产物地质体的专属关系, 即特定的相关关系。因此, 各种不同的地质作用及其产物, 均应有其固有的成矿专属性。但是, 数十年来一般习惯仅用于岩浆作用, 即岩浆岩成矿专属性。

自从地质学为了有目的地找矿而开始探讨其生成和分布的规律, 就开始了成矿控制因素进行研究, 其中也包括了成矿岩浆作用及其产物岩浆岩的特定相关关系的研究。早年主要是从空间共生关系开始去认识的, 随着研究的逐步深入, 进而探讨其成因的相关关系, 即空间加上时间的共生关系。所以, 成矿专属性作为一个专用术语虽出现较晚, 但就其所研究的内容而论, 则在上世纪末、本世纪初即已开始研究探讨了, 如 L. De Launay (1892)^[15], J. E. Spurr (1903)^[16] 等等。

在西方, 于廿、卅年代, R. H. Rastall^[17,18]、F. F. Grout^[19]、A. F. Buddington^[20] 均用树形图解总结了岩浆岩与各种矿床相关关系的认识, 集其大成的 A. F. Buddington 的认识如所附图 1。

在苏联, 卅年代 С. С. Смирнов^[38] 提出了专属性侵入体的概念, 以后他^[39,40] 又为必须划分构造岩浆杂岩体及其成矿特征并以此作为矿床分类的依据, 研究构造岩浆杂岩体的成矿特征是区域成矿规律的首要任务。Ю. А. Билибин^[41,42] 发展了这些认识, 并提出了为大家

① 此术语是法国人 L. De Launay 于 1892 年所提出, 原义是金属生成, 即成矿。此中文译名我们于 1957 年在原地质部地质矿产研究所开始应用, 二十多年来已被普遍接受

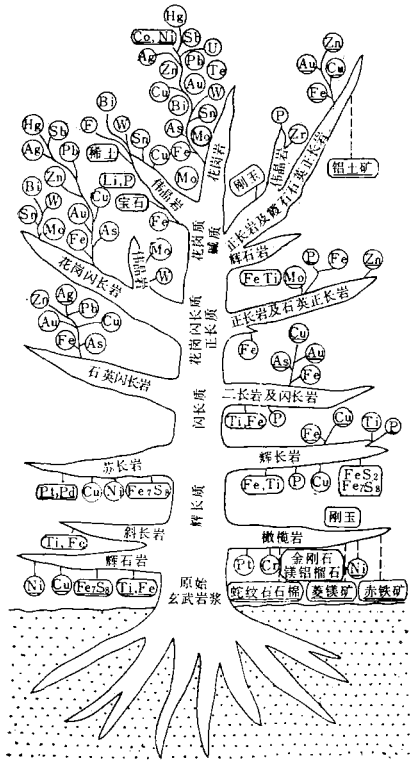


图 1 火成岩族与矿床关系

(仿 Grout修改) 元素分支向上者由“射气”于岩体内或伟晶岩中产出；元素下垂者产于分凝。实线圈示主要共生；点线圈示次要共生；虚线是热液蚀变或风化产物
(根据A. F. Buddington, 1933, 353页图)

所熟悉的地槽褶皱区的成矿模型(模式)。1952年 И. Г. Магакьян^[43] 在此基础上提出了成矿专属性这个术语，他认为成矿专属性是指一定的金属和矿石类型(族)与不同成分、深度及其他形成条件的岩浆岩的共生关系，其基本任务是试图阐明各种构造岩浆杂岩体成矿专属性的特征，以确定何种金属及矿石族专属于某一定的构造杂岩体类型。同年，谢家荣^[1]把它译成“矿床专属性”予以传播。其后，А. И. Семенов и В. И. Серпухов^[44]、В. К. Чайковский^[45]、В. С. Коптев-Дворников и М. Г. Руб^[46]等都进一步讨论了这个问题。他们主要着眼于地质构造背景的分析而加以演绎，于是就成了主要从外部去寻找原因。В. И. Смирнов^[47]的示意图如所附图2，可认为是他们的认识去掉地质构造背景后的表现，看来与A. F. Buddington等人的认识相差无几。

从上述历史回顾可以看出：他们对成矿专属性一般性规律的认识，都是通过一般的描述岩石学途径所取得的，从他们的认识看来成矿专属性随着岩浆演化而发展的趋势是存在的，但不明显，即一种金属矿产往往与多种矿物分类命名的岩浆岩相关，反之亦然。同时，在成矿专属性上没有发现任何确定的序列。

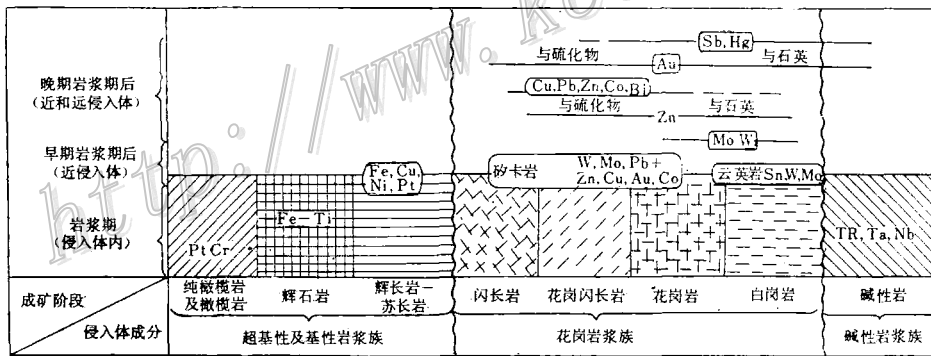


图 2 各种成分侵入体与金属矿床关系示意图

(根据В. И. Смирнов, 1976, 283页, 图136)

在1958年的第一届全国矿产会议上，作者^[2]将这个术语改译为“成矿专属性”，并从岩石化学途径应用相关分析图解等讨论了我国东部花岗岩类成矿专属性，认为岩浆的(硅酸)酸

度控制了所含主要成矿金属的种类,随着酸度变化存在着一定的成矿专属性系列。在1962年中国地质学会第卅二届学术年会上,作者等^[3]又进一步探讨了整个钙碱系列岩浆岩的成矿专属性序(系)列,即随酸度增高的成矿专属性序列是:Cr—Ni(Cu)—TiFe(V)—Fe—Cu—Mo—W—Sn,如附图3;并对问题作了一定的回顾和分析,还指出了研究具体的成矿专属性的重要意义。此后,应用岩石化学途径研究岩浆岩成矿专属性的一般性规律,得到了重视和发展,并取得了各种不同的认识。

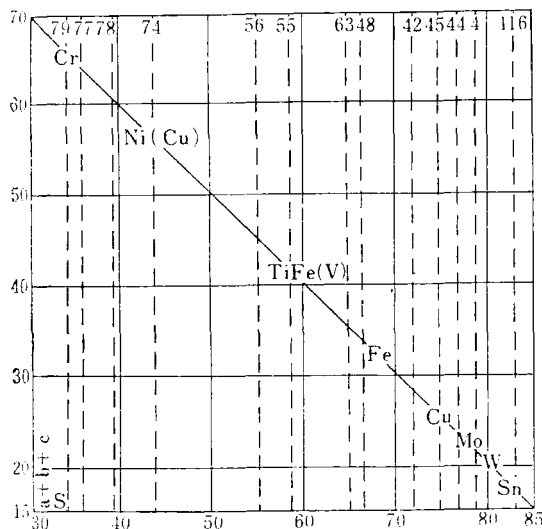


图3 钙碱系列岩浆岩成矿专属性示意图

图示岩浆岩酸度(s)与含矿性的相关变化, a、c、L、s系 A. H. Заваринский 值

图中编号系 R. A. Daly (1933) 岩浆岩平均成分原编号, 虚线示其酸度 (79. 纯橄榄岩, 77. 斜辉橄榄岩, 78. 二辉橄榄岩, 74. 角闪橄榄岩, 56. 橄辉岩, 55. 辉长岩, 63. 石英辉长岩, 48. 闪长岩, 42. 石英闪长岩, 45. 花岗闪长岩, 44. 石英二长岩, 4. 花岗岩, 116. 白岗岩)

(根据闻广等, 1963)

岩浆岩成矿专属性, 就是研究一定的成矿作用与一定的岩浆作用的专属关系, 也就是一定的矿产与一定的岩浆岩的特定的相关关系。由于一定地质构造条件控制下形成的岩浆岩成矿专属性, 其特征必定会反映于在此条件下产生而具体制约着成矿专属性的岩浆岩内部, 因而这些专属关系必须主要是通过产生成矿专属性的岩浆岩本身才能认识, 也就是通过岩浆作用中所形成的, 而不是岩浆期后所产生的特征去认识。换句话说是指与岩浆作用同时生成的标志, 而不是岩浆期后后生的标志。成矿专属性的研究, 是从一般性规律开始, 进而发展到具体的规律。它的主要研究途径, 是从一般的描述岩石学开始, 发展到岩石化学, 又进而发展到以微(痕)量元素为主的地球化学。岩石化学既可以包括在广义的岩石学中, 又可以包括在广义的地球化学中, 因为它们研究的内容是岩石中的常量元素, 即造岩元素的化学成分。当然, 它的研究途径还可以有同位素地球化学、矿物化学、矿物及岩石物理学、气液包体, 等等。由此可知, 地球化学确是现阶段研究成矿专属性的重要途径, 但不是它的唯一途径。因此, 把成矿专属性 and 地球化学专属性两个术语等同起来的认识是不适当的, 地球化学专属性只是成矿专属性的一部分内容, 即通过地球化学途径去研究的那一部分内容。从另一角度说, 从一般岩石学及岩石化学途径所取得的认识都是属于间接标志, 微量元素地球化学中的成矿(包括主要及伴生)及矿化剂元素属于直接标志, 而其他非参与成矿的微量元素也属于间接标志。直接标志的找矿意义显而易见, 理应先予重视。成矿专属性的研究范围, 可以大致区分为与其规模相应的两级: 即一般性成矿专属性和具体的成矿专属性, 这和国外所说的区域的(Regional)和局部的(Local)大体相当。一般性成矿专属性, 主要研究控制不同

矿种的成矿专属性,它为划分成矿区,进行小比例尺成矿预测,以及部署普查找矿工作,提供相应的科学依据。具体的成矿专属性,是在一定成矿区内,利用岩浆作用中形成的某些标志的分布特征,以评价岩体的潜在含矿性,其研究内容包括区分含矿与不含矿的岩体和对含矿岩体衡量其矿化强度及在其内部确定近矿趋势,它为相对较大比例尺的成矿预测和找矿评价工作提供相应的科学依据。以上问题的研究概况,最近作者^①曾经作了介绍和讨论。

岩浆岩成矿专属性产生的原因,主要地是由于岩浆分异而产生相应的成矿分异(Meta-llogenic differentiation),由之形成各种不同成分的岩浆及其产物岩浆岩和与其相应的各种不同矿种的岩浆成因矿床。岩浆分异即有地下深处岩浆源的分异,又有上升侵位时的分异。一般说来,岩浆作用演化的总趋势是基性程度的降低和酸性程度(酸度),乃至碱性程度(碱度)的增高,与此相应的是其来自地下深处部位的变浅,即由幔源以至壳源,和壳源物质加入的增多。总之,岩浆岩成矿专属性的一般性(区域的)规律固然需要进一步探讨,但当前更需要的是,在一般性规律研究基础上广泛开展具体的(局部的)规律的研究。

(二)

从岩浆岩成矿专属性的基本规律出发,即从成矿专属性岩浆岩对岩浆成因矿床成矿控制的主导作用出发,可以在郭文魁^[4]论述的基础上,进一步探讨以下问题:

(1)在不同成矿时代和不同成矿区域中控制着同一种矿产生成的成矿专属性岩浆岩,有着共同的基本特征。换句话说,决定地球化学作用产物矿床生成的基本因素是区域地球化学特征,而这些特征也必定反映在成矿专属性岩浆岩中。大量岩浆岩成矿专属性一般性规律的研究成果,都说明了这个基本问题。

实际上,首先提出成矿专属性岩浆岩的是翁文灏^[5]。他于廿年代初即将我国南部与成矿有关的燕山期花岗岩类,简单地划分为与铁铜等有关的偏中性一类,和与锡钨等有关的偏酸性的一类。他称前者为花岗闪长岩,后者为花岗岩,前者以长江中下游为代表,后者以南岭为代表,前者较后者来自地下较深处,等等。这些都是他的创见,且半个多世纪来为我国地质学家所熟知和确认。谢家荣(1936)^[6]曾分别称之为扬子式与香港式。到七十年代,在国外又重新提出了基本相同的与成矿有关花岗岩类的二分法,即澳大利亚B. W. Chappell和A. J. R. White^[21]的I型与S型,日本石原舜三^[22]的磁铁矿系与钛铁矿系等。回顾历史,国外的这类二分法实是翁文灏的认识在新条件下增添了一些新的地质内涵而已。遗憾的是他们都没有提到首创者,反而都把自己当作首创者了。而自五十年代以来,我们已开始认识到,这种将与成矿有关的花岗岩类的二分法太粗略且不能充分反映我国岩浆成矿作用的客观规律,从而提出了研究成矿(专属性)序列的问题。另外,近年来G. Tischendorf^[23]研究了全世界不同成矿时代和不同成矿区域与稀有金属有关的成矿专属性花岗岩类的基本特征。

(2)同一类成矿专属性岩浆岩,其成矿与岩浆侵入以至喷出的不同产出(侵位)深度,没有绝对的相关关系。对此,斑岩矿床的情况是很说明问题的。1976年A. Sutherland-Brown^[24]和R. L. Nielsen^[25]根据加拿大等地大量斑岩矿床的实例,分成了个斑岩类型,即深成的(可

① 闻广(1979)成矿专属性研究

深达近5公里)、浅成或枝状的(Phallic)、和火山的,说明了在不同产出(侵位)深度均有斑岩矿床形成。

(3) 同一类成矿专属性岩浆岩,其生成与成矿和地质时代没有绝对的相关关系。也就是说,没有任何全球普遍性的固定强度的成矿时代,当然就某一个具体成矿区而言,对于任何一种矿产都应当有一个相对主要的成矿时代。还以斑岩矿床为例。前古生代斑岩铜矿,我国于五十年代首先报导了中条山^[7]。国外如七十年代报导的加拿大安大略的Timmins^[26]等。古生代斑岩铜矿就多了一些了,如北美阿巴拉契亚^[27]、澳洲塔斯马造山带^[28]、苏联的中亚及哈萨克斯坦^[48]等地的一些矿床。而中、新生代的斑岩铜矿,则更是所在多有,为众所周知。太平洋岛弧构造上的斑岩矿床非常年青,有的只有一百来万年的历史,如巴布亚新几内亚的Fubila (Ok Tedi),系第四纪更新世成矿^[29]。

(4) 同一类成矿专属性岩浆岩,其产出与成矿和代表一定活动性的现行大构造特定部位(单元)没有绝对的相关关系。例如,从澳大利亚大陆块经大陆边缘的新几内亚活动带到外米拉尼西岛弧均产有斑岩铜矿^[30]。又如对比了非造山带的南非Bushveld和造山带的塔斯马尼亚Blue Tier岩基,其产锡花岗岩类有着一些非常重要的相似性^[31]。作者^[8]曾就我国锡矿历史产地分布,指出了这个问题。

以上论述了同一类成矿专属性岩浆岩与不同的产出深度、成矿时代及构造部位都没有绝对的相关关系,而取决于区域的地球化学特征,即不受除此之外的其他时间和空间因素所制约。提出这些问题,是为了打破传统认识局限性的束缚,开拓普查找矿的思路。但决不是意味着不同的产出深度、成矿时代及构造部位,在成矿强度上不存在差异。如已知的斑岩铜矿,前古生代成矿的就很少,而深成的也较少,等等。

(三)

从成矿专属性岩浆岩对岩浆成因矿床成矿控矿的主导作用出发,同一矿种的一些不同类型矿化在同一成矿区,甚至同一矿床(田)中共生产出完全是正常现象。岩浆成因的一些同矿种不同类型矿化的产生,只是构造、岩性等具体产出条件的差异所造成的。而矿床的规模大小,又与矿床类型没有绝对的相关关系,它取决于成矿物质的供应水平,即丰富程度。

不少苏联成矿规律学家,如Ю. А. Билибин^[42]等,认为岩浆成因的一些同矿种的不同类型矿化,是在大地构造发展的不同阶段形成于不同的地质构造部位,即在时间和空间上都不共生。这种认识曾经风行一时,且流传至今。二十多年来,作者^[9,3]曾多次指出其错误。近年来,这个问题已被愈来愈多的地质学家通过实践所认识。

实际上,广义的斑岩型矿床可以包括岩体内部及其附近的狭义的斑岩型(即细脉浸染型,并包括爆破角砾岩筒型)矿化、正接触带的接触交代型(矽卡岩型)矿化、外接触带的似层状矿化,以及岩体内外的脉型矿化,这是一个整体,形成一整套矿床。回顾历史,现在的一些斑岩铜矿,历史上曾被称作其他类型矿床,因曾经主要开采的就是那种类型的矿体。例如美国西部的Bisbee、Morenci、Bingham、Ely等,在有些二十年代的矿床学教科书上仍

① 闻广(1979)成矿专属地研究

被称为接触变质矿床^[32]，又如Butte在五十年代初被称为典型的脉型矿床^[33]等等。

与斑岩型矿床相应的黄铁矿型矿床也是一套类似的矿床。过去也曾有人考虑过这两类型矿床之间的某些相似之处，但更多的是考虑了它们产出环境的不同处^[34,35]。其实，这两套多种类型矿床已知在许多成矿区中共生产出，国外如斐济^[36]、苏联乌拉尔、菲律宾、日本、美洲西部、阿根廷等地。基于上述认识，岩浆成因的铜矿床基本上可以归纳为两套，即上述与花岗岩类和相应的火山岩有关的一套，和与镍共生产在基性岩内的另一套。

所以，二十多年前作者^①在总结我国钼矿时即曾指出：“以各种主要矿床类型的分布来进行钼的成矿区划分是不合适的，反过来应当是以地球化学特性，也就是主要金属组合来进行成矿区的划分”。因此，在矿产预测和找矿实践中，决不当受已知矿床类型的局限，而应当考虑到可能存在的其他矿床类型。

(四)

成矿序(系)列(Metallogenic series)，主要是成矿控制主导因素演化的集中表现，它是随着地质作用的演化，而在空间和时间上依一定顺序产生的成矿作用。各类地质作用，均应有其固有的特定成矿序列。半个世纪以前，翁文灏^[10]在我国首先提出了这个问题。近年来，程裕淇等^[11]^②对此问题曾作了详细论述。

岩浆作用的成矿序列，主要地是由于岩浆分异等而产生相应的成矿分异(Metallogenic differentiation)，由之顺序形成各种不同矿种的岩浆成因矿床。因此，岩浆作用的成矿序列，就是岩浆岩成矿专属性序列。岩浆分异等和与其相应的成矿分异，在理论上应是完整的序列，但在某个具体的构造岩浆成矿区中，往往出现的是有着一定缺失的不完全序列。由于岩浆演化存在着渐变的过程，因此岩浆作用的成矿序列也存在着渐变，各矿种之间会出现过渡关系，产生过渡类型。例如，就与花岗岩类有关的最简单的两种金属组合产生的过渡关系，可以有如下成矿序列：Fe—FeCu—CuFe—Cu—CuMo—MoCu—Mo—MoW—WMo—W—WSn—SnW—Sn，以上这些过渡类型，都是确有实例的。自然界中还有许多过渡关系，如Mo—Cu—Au，Cu—Mo—U，Cu—Zn—Pb，等等。并且，更有着许多是多种金属组合的过渡关系，这些都有待进一步去研究认识。

各种不同金属组合顺序产生的成矿作用，是最基本的成矿序列。其次，成矿序列还可以表现为同一种金属组合的不同矿物组合，甚至同一种矿物组合的不同矿石类型组合。所以，矿床的带状分布，也就是成矿序列在空间上的表现形式。

研究矿床分类，建立成矿模型(模式，Model)，划分成矿区，进行成矿预测时，都必须考虑成矿序列和各种矿床类型之间的关系。作者在第一届全国矿产会议上总结我国钼矿床时^[12]及以后^[9]，曾根据这种认识对我国钼及有关矿床和成矿区进行过分类和划分。其后，H. A. Хрущов和B. T. Покалов^[49]对世界钼矿成矿区的划分，仍以此为依据。B. T. Покалов^[50]对钼矿床的分类，也是以此Cu—Mo—W成矿序列为基础。

将来，只有在对整个成矿序列和各矿种的过渡关系以及各种矿床类型的相互关系，取得

① 闻广，1960，中国钼矿床

② 程裕淇、陈毓川、赵一鸣、宋天锐，1980，再论矿床的成矿系列问题

比较完整认识的基础上,才有可能提出比较合理的统一的矿床分类、成矿模型(模式)和成矿区划分准则。那未来的系统的成矿序列,和由此出发的比较完善的矿床分类和成矿模型,必将犹如门捷列夫的化学元素周期律那样,具有高度的科学预见性。

(五)

从成矿专属性出发,还应当考虑成矿继承性(Металлогеническая унаследованность^①, Metallogenic heritage)。成矿继承性,是在同一成矿区中,由于产生过多次构造岩浆活动,基于区域地球化学特征,同一种矿产在不同时代多次得以富集成矿,表现为多个成矿时代。换句话说,即在多旋迴构造岩浆成矿区的发展历史中,矿产的生成既有新生的一面,由此不断生成新的不同矿种的矿产,又有继承的一面,即成矿继承性,由此而重复产生相同矿种的矿产。

二十多年前,作者^②^[9]只是从黄汲清^[13,14]的多旋迴构造岩浆活动和A. В. Пейве^[51]的大地构造中的继承性原则出发,联系到个别实例而提出了这个概念,当初主要只考虑了内生成矿作用的狭义的成矿继承性。在七十年代,法国巴黎大学应用地质研究室^[37]从包括外生成矿作用在内的广义角度也提出了这个问题,并认为是现代成矿规律学的基本概念之一。В. И. Смирнов^[47,52]曾以一些苏联成矿区的实例,即高加索的铜、钼、铅、锌,外贝加尔及滨海的锡等,分别存在着多个不同的成矿时代,论述了内生成矿作用的成矿继承性,认为在多旋迴构造区内出现这种成矿专属性及成矿继承性的特征,很可能是由于在漫长过程中成矿物质来源的共同性和稳定性所致。所以,成矿继承性反映了区域地球化学特征在不同地质时间中的连续性。

总之,对于多旋迴构造岩浆成矿区,必须考虑到成矿继承性,即不应当受某个已知成矿时代所局限。当然,反之也同时应当承认,在任何一个成矿区中的任何一种矿产,都必定有着一个相对主要的成矿时代,即不同成矿时代的成矿强度必定存在着差异。所有这些,都是在成矿预测研究和普查找矿实践中必须考虑的问题。

参 考 文 献

- [1] 谢家荣 1952 若干构造岩浆杂岩体类型中的矿床专属性 地质学报 第32卷 第3期 135—141
- [2] 闻广 1958 就岩石化学特征论花岗岩类成矿专属性 科学记录 新辑 第2卷 第11期 446—459
- [3] 闻广、闻谔 1963 再论岩浆岩成矿专属性 地质学报 第43卷 第4期 378—393
- [4] 郭文魁 1965 我国主要矿产成矿条件的基本特征 科学通报 第3期 189—201
- [5] 翁文灏 1920 中国矿产区域论 地质汇报 第2期 9—24
- [6] 谢家荣 1936 中国之矿产时代及矿产区域 地质论评 第1卷 第3期 363—380
- [7] 王植、闻广 1957 中条山式斑岩铜矿 地质学报 第37卷 第4期 401—415
- [8] 闻广 1980 中国古代青铜与锡矿 地质论评 第26卷 第4—5期 331—340 420—429
- [9] 闻广 1959 论岩浆期后金属矿床(摘要) 科学记录 新辑 第3卷 第11期 477—480
- [10] 翁文灏 1927 砷矿物在成矿系列中的位置 中国地质学会志 第5卷 第1期 61—63

① 此术语系作者(1959)所用,В. И. Смирнов(1976)所用为Металлогеническая наследованность

② 闻广(1958)太平洋矿带中国境内有色稀有金属内生成矿规律

- [11] 程裕洪、陈毓川、赵一鸣 1979 初论矿床的成矿系列问题 中国地质科学院院报 第1卷 第1期 32—58
- [12] 闻广 1958 中国钨矿床(摘要) 地质科学通讯 第3期 5—9
- [13] 黄汲清 1945 中国主要地质构造单位 地质专报 甲种 20号
- [14] 黄汲清 1959 中国东部大地构造分区及其特点的新认识 地质学报 第39卷 第2期 115—134
- [15] Launay, L. De, 1892, Formation des gîtes métallifères ou métallogénie. Paris.
- [16] Spurr, J. E., 1903, A consideration of igneous rocks and their segregation or differentiation as related to the occurrence of ores. Trans. AIME, 33, 288—340.
- [17] Rastall, R. H., 1920, Differentiation and ore-deposits. Geol. Mag., 57, 7, 290—299.
- [18] Rastall, R. H., 1921, Theoretical considerations of the genesis of ore deposits. J. Geol., 29, 6, 487—501.
- [19] Grout, F. F., 1932, Petrography and petrology. McGraw-Hill.
- [20] Buddington, A. F., 1933, Correlation of kinds of igneous rocks with kinds of mineralization. Ore deposits of the Western States (AIME, Lindgren Vol.), 350—385.
- [21] Chappell, B. W. and White, A. J. R., 1974, Two contrasting granite types. Pacific Geol., 8, 173—174.
- [22] Ishihara, S., 1977, The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. Min. Geol., 27, 5, 293—305.
- [23] Tischendorf, G., 1977, Geochemical and petrographic characteristics of silicic magmatic rocks associated with rare-element mineralization. Metallization associated with acid magmatism, Vol. 2, 41—96.
- [24] Sutherland-Brown, A., 1976, Morphology and classification. Porphyry deposits of the Canadian Cordillera, C. I. M., Spec. Vol. 15, 44—51.
- [25] Nielsen, R. L., 1976, Recent developments in the study of porphyry copper geology: A review. Porphyry deposits of the Canadian Cordillera, C. I. M., Spec. Vol. 15, 487—500.
- [26] Davies, J. F. and Luhta, L. E., 1978, An Archean "porphyry-type" disseminated copper deposit, Timmins, Ontario. Econ. Geol., 73, 3, 383—396.
- [27] Hollister, V. F., 1978, Geology of the porphyry copper deposits of the western hemisphere. AIME.
- [28] Ford, J. H., Wood, D. G. and Green, D. C., 1976, Geochronology of porphyry copper-type mineralization near Rockhampton, eastern Queensland, Australia. Econ. Geol., 71, 2, 526—534.
- [29] Page, R. W., 1975, Geochronology of late Tertiary and Quaternary mineralized intrusive porphyries in the Star Mountains of Papua New Guinea and Irian Java. Econ. Geol., 70, 5, 928—936.
- [30] Mason, D. R. and McDonald, J. A., 1978, Intrusive rocks and porphyry copper occurrences of the Papua New Guinea-Solomon Island region: A reconnaissance study. Econ. Geol., 73, 5, 857—877.
- [31] Groves, D. I. and McCarthy, T. S., 1978, Fractional crystallization and the origin of tin deposits in granitoids. Mineral. Deposita, 13, 1, 11—26.
- [32] Ries, H., 1925, Economic geology. 5th ed., New York.
- [33] Bateman, A. M., 1950, Economic mineral deposits. 2nd ed., New York.
- [34] Hutchinson, R. W. and Hodder, R. W., 1972, Possible tectonic and metallogenic relationships between porphyry copper and massive sulfide deposits. C. I. M. Trans., 75, 16—22.
- [35] Sillitoe, R. H., 1980, Are porphyry copper and Kuroko-type massive sulfide deposits incompatible? Geology, 8, 1, 11—14.
- [36] Colley, H. and Greenbaum, D., 1980, The mineral deposits and metallogenesis of the Fiji platform. Econ. Geol., 75, 6, 807—829.
- [37] Laboratoire de Géologie Appliquée, Université de Paris, 1973, Some major concepts of metallogeny (consanguinity, heritage, province). Mineral. Deposita, 8, 3, 237—258.
- [38] Смирнов, С. С., 1937, К вопросу о зональности рудных месторождений. Изв. АН СССР, сер. геол., 6, 1071—1084.
- [39] Смирнов, С. С., 1946, Заметки по некоторым вопросам учения о рудных месторож-

- дениях. Изв. АН СССР, сер. геол., 3, 3—13.
- [40] Смирнов, С. С., 1946, Некоторые общие вопросы изучения рудных месторождений. Изв. АН СССР, сер. геол., 5, 17—34.
- [41] Билибин, Ю. А., 1948, Вопросы металлогенической эволюции геосинклинальных зон. Изв. АН СССР, сер. геол., 4, 51—66.
- [42] Билибин, Ю. А. 1955, Металлогенетические провинции и металлогенические эпохи. Госгеолтехиздат.
- [43] Магальян, И. Г., 1952, О металлогенической специализации в некоторых типах тектоно-магматических комплексов. Зап. всес. мин. о-ва, 81, 3, 169—174.
- [44] Семенов, А. И. и Серпухов, В. И., 1957, Общие принципы регионального металлогенического анализа. Материалы ВСЕГЕИ, н. сер., вып. 22, 5—20.
- [45] Чайковский, В. К., 1959, Схема генетической систематики процессов эндогенного рудообразования. Сов. геол., 5, 81—95.
- [46] Коптев-Дворников, В. С., и Руб, М. Г., 1964, Металлогеническая специализация магматических комплексов. «Недра».
- [47] Смирнов, В. И., 1976, Геология полезных ископаемых. 3-ье изд., «Недра».
- [48] Перваго, В. А., 1978, Геология и экономика медно-порфировых месторождений. «Недра».
- [49] Хрущов, Н. А. и Покалов, В. Т., 1960, Некоторые закономерности размещения месторождений молибдена в связи с другими полезными ископаемыми. в сб. Генетические проблемы руд, 108—117.
- [50] Покалов, В. Т., 1977, Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых. т. 1, «Недра».
- [51] Пейве, А. В., 1956, Принцип унаследованности в тектонике. Изв. АН СССР, сер. геол., 6, 11—19.
- [52] Смирнов, В. И., 1977, Проблемы геотектоники и эндогенного рудообразования. Вест. Моск. унив., геол., 5, 14—25.

METALLOGENIC SPECIALIZATION AND METALLOGENIC HERITAGE

Wen Guang

(Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

Metallogeny, the regularity of the formation and distribution of ore deposits, involves the study of various factors controlling ore formation, their mutual relationships and their integrated manifestations both in time and in space. Magmatism plays a dominant role in the formation of deposits with magmatic affiliation; it belongs to a geochemical process together with its

related metallization. Ores are special rocks which have certain amounts of commercial minerals as their component parts, while ore bodies are geochemical anomalies which can be worked at a profit.

The metallogenic specialization of magmatic rocks refers to a specialized relationship between a definite ore formation and a definite magmatism, or a specified correlation which is recognized essentially through the genetic indicators (syngenetic indicators) produced in the course of magmatism and preserved in the magmatic rocks rather than through the postmagmatic indicators (epigenetic indicators).

The investigation of the metallogenic specialization of magmatic rocks has evolved from the study of the general regularity to that of the concrete regularity, from the examination of the spatially paragenetic relation to that of the genetically (both in space and in time) paragenetic relation. The approach to the problem started from descriptive petrography, then developed into petrochemistry, and finally into geochemistry.

The scope of the metallogenic specialization of magmatic rocks falls into two categories in accordance with their scale: the regional metallogenic specialization and the local one. The former studies chiefly the metallogenic specialization governing various kinds of metals, with the intention of subdividing the metallogenic regions, while the latter aims at the evaluation of the potential ore concentration in various magmatic terrains, that is, at distinguishing the potential ore-bearing terrains from the barren ones as well as at the prediction of the degree of mineralization for potential ore-bearing terrains and the determination of the ore-approaching trend within the terrains.

The magmatic and corresponding metallogenic differentiation caused by the evolution of magmatism gives rise to the occurrence of metallogenic specialization and metallogenic series. Owing to the continuity of the regional geochemical characteristics in the geological history, a knowledge about the metallogenic heritage (heredity) has been gained in the light of metallogenic specialization. Metallogenic heritage is found to be a common fact in metallogeny.