

鉛鋅矿床最重要的工业类型*

Г. М. 斯拉斯杜申斯基

大家都知道,划分各种矿产的矿床工业类型具有重大的实际意义,每一种矿产,其中包括各种金属矿石,在地壳内形成了许多种类型的矿床,这些矿产在成因、形状、产状、物质成分、有益组分的含量及许多其他特征上都各有不同。但是,对采矿、冶金工业来说,却仅仅是少数开采起来既经济又适于开采的矿床才有价值。在进行普查工作和勘探的最初阶段,了解矿床的工业类型是特别重要的,因为在此阶段,地质人员尚没有足够的资料来对所研究的矿床进行评价,因而就必须广泛地采用对比法和比拟法。

此外,在勘探工作过程中,要想使许多勘探方法问题也求得解决,也需要与已知的工业类型进行对比,不仅是在采样、选择勘探网、布置勘探工程时要进行对比,特别是在作远景评价、确定矿区可能的规模、以及在预测矿体深处可能的分布情况时更需要进行对比。了解一个矿床的特征时不仅必须与同一成因类型的矿床对比,同时还应与同一工业类型的矿床对比,与在地质特征上很相似的矿床进行对比,也就是说仍然运用比拟法。

根据上述情况,近二十五至三十年来,制定了各种矿产的矿床工业类型分类法(或称 B. M. 克列特尔特分类法)。

制定这样的工业类型分类法是会遇到一系列的困难的,主要的是这种分类法必须考虑若干种分类标志,因而很难从中找出主要的和基本的标志。事实上,在划分工业类型时,不仅应考虑重要的成因特征,还应考虑矿床形态、大小、产状、变化情况以及有益组分的成分和含量的变化情况、矿山经济条件及技术加工条件。将围岩成分或矿床成因作为主要分类标志的尝试,一般都没有成功,例如在中国,大部分多金属矿床是产于碳酸盐类岩层中的,因此根据围岩成分来分类是根本不可能的。另一方面,属于同一工业类型的矿床(如矿脉或矿带),可能产于各种不同的岩石中,并且往往从一些岩石过渡到另一些岩石。围岩的地质年代以及矿床的年代也不是分类的重要标志,何况矿床的年代往往也不能确定得十分准确。

完全根据成因来划分工业类型也是不可能的。一

些最重要的多金属矿床都是由于矿石从热液中沉淀出来而形成的。因而,根据成因不可能进行分类的另一理由是,热液矿床的成因问题,在目前研究得还远远不够,而热液成矿理论中的许多问题还处于争论之中,并未得到解决。许多甚至经过很好研究的矿床,在确定它究竟是属于哪一成因类型时,还时常发生争论,对矿床形成条件的看法也是千差万别的,而往往又是变化无常的。

划分矿床的工业类型最好同时能考虑一系列的标志,如:1.形状、大小和产状;2.矿床的构造和成因;3.围岩成分;4.矿石的矿物成分、质量、特性及其分布情况。

必须指出,矿床的分类并不是固定不变的,它具有历史性。随着技术的发展,矿床开采方法和矿石加工技术的改进,以及对各种原料需要量的改变和与这些原料有关的工业部门经济问题的改变,新的矿床类型就可能成为工业类型,相反地,某些旧的工业类型就失去了它的价值。

还必须指出,在不同的国家,不同的大陆,都有不同的工业类型,这些类型可能对这个国家具有重要的意义,但是在世界经济中就起不了很大作用,似乎如某些地区所固有的一些特点,往往是虚构的,但是往往也说明了对地壳其他地区研究得还远远不够。例如,在亚库梯曾经发现了一个与火山颈有关的原生金刚石矿床。在很长的一段时间内,此种类型的矿床只在南非洲有,但是经过大力普查后,这种类型的矿床在苏联国土上也终于找到了。

在划分矿床的工业类型时,必须考虑它们的工业价值,即某一矿床在世界经济或在某一个国家经济中所起的作用。例如: B. M. 克列特尔特将至少占世界开采量 1%,而一般为 3—5% 以上的矿床类型才列为工业类型。

因此,某一种工业类型的价值越大,则其开采量也越大,储量也越多,并且该矿床类型的潜力也越高。最为正确的是考虑第一个标志,因为有关储量的资料在书本中经常是没有的,即使有也可能是不正确的,

* 本文是 Г. М. 斯拉斯杜申斯基在全国铅锌矿产专业会议上的讲话。

或者是根据各种不同的原則計算出來的，因此也是不能互相对比的。至于第三个标志，則只适于那些价值随着采矿和利用技术以及矿物原料經濟条件的改变而不断增高的矿床类型。

下面我們根据各类型矿床对工业的相对意义，特别是根据各类型矿床中的矿石和金属的开采量来探討一下鉛鋅矿床的工业类型。在探討工业类型时，我們还要考虑金属的相对儲量和将来某些类型的工业远景。

我們认为将金属矿床划分成四个最主要的类型较为合适，現分述如下：

1. 碳酸盐类岩层中成分简单的一般为浸染状的方鉛矿、閃鋅矿层状矿体和矿层。

2. 碳酸盐类岩层中或碳酸盐类岩石与沉积岩、火成岩和变质岩接触带附近(經常与矽岩有关)，矿石成分简单或复杂的筒状矿体、似层状和形状不規則的交代矿体和矿层。

3. 产于經常受变质的火山沉积杂岩体中的致密状方鉛矿、閃鋅矿和浸染状黄铁矿矿石，有时为石英-碳酸盐矿石的似层状矿体、矿层和透鏡状矿体。

4. 破碎的火成岩、沉积岩和变质岩中裂隙充填和交代的矿脉、透鏡体、不規則矿体和含矿构造带。

我們认为，将产于变质岩中的方鉛矿閃鋅矿透鏡体和似层状矿体单独划为一个工业类型是没有必要的，虽然属于这个类型的有世界上最大的矿床：如布罗肯-希尔(澳大利亚)和苏利文(加拿大)。然而，研究已有資料証明，在地質构造、围岩性质、矿石成分和其他地質特征上都有不同的矿床也被列入了这一类型。描述这些矿床时，特别是描述它們的成因时，总是矛盾百出。同时，在仔細閱讀这些描述时，經常都能找到許多与上述四个类型中某一类型很相似的地質特征，这个类型与其他类型最主要的区别是围岩变质，有时矿石也变质了，仅根据这一特点未必就有必要将它作为一个单独的工业类型划分出来。在許多矿床的矿石和围岩中，有柘榴子石、綠帘石、輝石、阳起石等矽岩矿物。这样就与产于矽岩中的矿床很相似了。至于談到矿床与断裂和破碎带的关系，大家都知道，在許多类型(第二类、第三类，特别是第四类)矿床中都可以見到。整合(层状)产状也是这个类型的一个特点；但是第一类、第二类和第三类矿床也时常具有整合产状。在苏联，这一类型的矿床目前尚未发现，我們认为这絕不是偶然的。苏联的某些矿区具有与外国矿床(如布罗肯-希尔、苏利文)和其他产于变质岩中的矿床相类似的地質特征，但是，既然外国研究人員抱定了另一种科学主张，并各自解释有关矿床成因的問題，因此，仅仅根据已公布的文献資料将这个或那个矿床列为某一

种成因类型，实际上是不可能的。看来，B. И. 斯米尔諾夫的观点与我們的相近，他在自己所著的指南(1954年)第一版中談及布罗肯-希尔和苏利文矿床是产于碳酸盐类岩层中的交代矿床，而在1957年他将前者列入脉状矿床，而认为后者与产于凝灰噴发岩层中的交代矿床相似。在中华人民共和国境内产于古老变质岩层的矿床中，与我們所划分的第二类型最相似的有内蒙某地的矿床，与第二和第三类型最相似的有青海某地的矿床，与第四类型最相似的有湖南某地的矿床。

苏联、中华人民共和国和其他国家对許多矿床的研究資料清楚地告訴我們，形成多金属矿床的最良好的岩石是碳酸盐类岩石，因此，我們在下面的敘述中，把两种与碳酸盐类岩层有关的矿床工业类型放在首要地位。

这两种类型的矿床，虽然在形态、矿物成分、性质、矿化的均匀性和許多其他特点上有重要的区别，但在其他形成条件方面却有相似之处。

中間类型和过渡类型也有，我們认为河北某地的矿床就可列为中間类型。

下面准备简单地敘述一下鉛鋅矿床的每个工业类型：

一、碳酸盐类岩层中成分简单的、一般为浸染状的方鉛矿閃鋅矿层状矿体和矿层

碳酸盐类岩层中浸染状的方鉛矿閃鋅矿层状矿床，目前仅在少数地方进行开采，但是其开采量占很大一部分(根据 B. M. 克列特尔的資料占 20—25%)。这类矿床的矿体形状規則，規模較大，矿物成分简单以及矿石技术加工性良好，因而矿石中金属含量不太高的矿床，也可能进行开采。因此，該种多金属矿床工业类型的意义正在不断增长，并且可以預料，在不久的将来，它将在鉛鋅的开采量上，也可能在这些金属的儲量上，跃居世界第一位。

这一类型中最著名的矿床有密西西比河和密苏里河流域各矿床、特里斯桀依兹(美国)、卡拉塞尔尔噶林薩依和其他矿床(苏联)、上西列几亚(波兰)、密勃拉金、布別克尔和土依西特(法属摩洛哥)、貴州东部、湖南西部和其他矿区(中华人民共和国)。

这些矿石的最典型和最重要的特点是产于一定的层位和各种碳酸盐岩石中，因此它們呈层状产出，大部分为浸染状矿石，但是方鉛矿和閃鋅矿很大一部分呈細脉矿巢、透鏡体和薄层状产出。在許多矿床中，可以确定金属矿物是非常明显地产于节理裂隙、层理面和其他岩石构造单元中。个别似层状矿体一般延长数百米，有时甚至可达数公里。主要含矿层(其中矿化断断续續)往往延长数十公里甚至100公里以上，并分布于

整个含矿区域内。

这一类型的某些矿床已经揭露到800—1000米深，然而矿体的性质和成分都没有发生变化。

似层状和透镜状矿层的厚度变化很大，变化最大的可达数十米。

硫化物的浸染体和细脉一般产于对成矿最为有利的各种岩石中，这些岩石的特征是孔隙度大、裂隙多或者成分上容易引起交代作用的部分。含矿溶液透不过去的阻隔层的影响似乎也起着不小的作用，在这种阻隔层下边，金属矿物很富集。含矿层经常是石灰岩、大理岩或白云岩，而泥质灰岩、泥灰岩及其上复岩层是不含矿的。

在许多地方，矿化与大小构造破碎有关，与伴生的岩石破碎和层理化等现象以及层间位移有关，因为这些地质现象可以形成破碎角砾岩、碎理、解理、裂隙等等。

矿体的形状和矿物成分都比较简单。矿石都是逐渐贫化并逐渐过渡成围岩的；相应的，可采矿体的界限也不得不根据样品的化学分析资料所规定的标准来确定。在可采矿石旁边，一般还有不合乎标本的平衡表外的矿石。平衡表外矿石地段也往往夹于可采矿石之中。

矿石矿物成分的特点是具有共生矿物组合，其中包括方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、白铁矿、方解石、白云石、菱铁矿、重晶石和石英。偶而也有黄铜矿、毒砂、黝铜矿、硫砷铜矿、辉铜矿、镍和钴的硫化物，非金属矿物有萤石。研究晶体中的汽液二相包裹物（气泡）表明。其中含有高氯分的火成溶液，而主要金属矿物形成的温度一般是80°—135°，因此，大部分研究人员认为矿床为低温、超低温热液和隐岩基矿床，因为在其附近一般都没有矿化，可能与火成岩侵入体有关。

某些地质人员对热液说提出异议，提出了这些矿床是由沉积或渗入作用形成的假说。

沉积成因假说的拥护者有 E. E. 扎哈洛夫、M. M. 康斯塔金洛夫和 M. C. 萨阿康。然而，矿化的后成性质，碳酸盐物质交代作用的广泛发育，典型的围岩热液蚀变，如白云岩化、重晶石化、云英岩化和地质测温资料等都与这些假说有矛盾。直到现在为止，这些假说还没有被一些重要的野外调查资料或物理化学试验资料所证实。对下降溶液或者自流水溶解了并且再沉积了的散布于沉积岩中的金属化合物而成矿的这一假说，赞同者比较少，拥护这种假说的有斯塔宾别克。他在战前研究过西列几亚矿床。这种假说和上一假说一样，不能解释层状矿床中铅锌大量富集的原因，同时与金属矿物形成时的温度资料也是矛盾的。某些学者现

在欲使渗入说和热液说相接近，提出了由于天降地下水在深处循环而成矿的假说。地下水在很深的地方，温度很高，溶解了金属化合物，然后，这种地下水就参加了热液成矿作用，岩浆水和渗流水在深处搅混在一起是完全可能的，但是将此现象认为是最重要的成矿因素，是没有足够依据的。

美国地质学家在密西西比河和密苏里河流域发现的矿化水平分带现象也是一个有意义的事实，虽然这种现象是否存在，还不能认为是完全有根据的。

此类型矿石的特点是铅锌的工业含量一般总是其中某一种金属高一些，并且银的含量较低（1%铅中有1—2克银）。矿石中的有益组分有铅、锌、银和分散元素，偶而也有重晶石、萤石和其他组分。铜在某些矿床中虽然有，但一般都没有大的实际意义。

矿石结构经常是浸染状残余层状结构。有益组分的品位一般比较稳定。虽然品位并不太高，矿体的边缘部分品位逐渐降低。

该类矿床的工业价值很大。在美国这类矿床是主要的铅锌矿的来源，在苏联也有三分之一的铅储量蕴藏在同类矿床中，在波兰人民共和国，多金属矿石几乎全部是从这类矿床中开采出来的，而在法属摩洛哥则有三分之二的矿石采自此类矿床。在中国根据孟宪民同志的资料，已知的矿床中有28%是属于本类型矿床的。

本类型矿床大部分是集中在中国西南部——湖南、贵州、四川和云南各省，这些地区在已知的铅锌矿点中有76%属于这个类型。

这类矿床的地质条件和开采技术条件一般都是良好的，如：1. 围岩硬度不大，但却很稳固；2. 矿体形状规则且规模较大，便于采用最经济的方法进行大规模的开采。浅部矿体，厚度如果比较大，可以露天开采。地下开采经常都采用架箱开采法及分层或块段人工陷落法。

由于在碳酸盐类岩层中有喀斯特溶洞和裂隙，并且时常含水，因此坑道掘进和矿床开采条件比较复杂。

一般来说，矿石易选，由于矿物成分简单，不必采用复杂的技术加工流程，也不必根据技术加工特性将矿石划分成各种不同的品级。

二、碳酸盐类岩层中或碳酸盐类岩石与沉积岩、火成岩和变质岩接触带附近（经常与砂页岩有关）矿石成分简单或复杂的筒状矿体、似层状和形状不规则的交代矿体和矿层

这类矿床在苏联分布很广，而在中国分布更要广些。属于这种类型的有苏联的外贝加尔、中亚西亚、哈

薩克斯坦、沿海区和其他許多矿床。在中国，絕大部分矿床都与碳酸盐类岩石有关，例如：广东、湖南、青海、辽宁和其他許多矿床都是如此。

此类矿床的特征是形态复杂而且不規則。矿床时常为透鏡体、矿瘤、矿巢和細脉浸染矿化带，也时常形成矿柱和矿筒，它們弯曲不定，有时又可形成复杂的分枝。似脉状矿体和层状交代矿体分布也很广泛，矿体的規模和产状变化特別大，极不稳定，矿体規模一般为几米，几十米，偶而也可达几百米的。

矿体富集的构造控制，首先决定于矿体周围的石灰岩和白云岩的产状、厚度和岩性特征。在很厚的碳酸盐类岩石地层中，往往只是一定的、最便于起交代作用的岩层才是含矿的。矿体与大断裂、构造裂隙和破碎带的关系几乎是很明显的。矿体分布情况及其产状，經常受火成岩、沉积岩及变質岩的接触面所控制。

对成矿以及矿化构造控制起极其重要作用的是碳酸盐类岩层中的各种裂隙及其交代地段和岩石的破碎現象。本类型矿床是热液成因，同时可以将它們划分成高温、中温或低温矿床。絕大部分矿床看来仍属于中温热液矿床。

根据围岩的性質（围岩的性質也可以在矿石成分上反映出来），可将矿床分成与砂页岩有关的矿床和产于正常的碳酸盐类岩层中的矿床。前者的特点是成分比較复杂，矿化現象的分布也比較复杂，而后的成分則比較简单，矿化往往也比較均匀。

与砂页岩有关的矿床的典型例子有苏联沿海边区的杰丘赫、阿尔登、託波康、康塞、达尔巴茲（卡拉套查尔）、宾格赫姆、弗兰克林弗尔涅斯、斯吉尔陵格及岭特拉里（美国）、法龙奥密貝格（瑞典）、尼尤-卡格涅特（加拿大）和中国江苏某地。

产于正常的碳酸盐类岩层中的交代矿床分布更为广泛，属于此类矿床的有外貝尔加尔湖的大部分矿床，中亚西亚的阿奇賽和其他矿床以及中国的青海、辽宁、湖南、广东等許多矿床。国外的該类型矿床有拉烏里昂（希腊）、貝列別格（澳大利亚）、里奧欣（西班牙）、拿娜（爱尔兰）、拉依勃（意大利）、布罗肯希尔（北罗得几亚）、珠密柏（南非）、阿吉良尔（阿根廷）、捷尔西、馬克多奇特（加拿大）、巴尔克-西基、京基克、列特維尔、手格亨（犹他）、爱特瓦尔特斯和巴尔瑪特（美国）。

在砂页岩矿石的成分中，除石英和 Ca、Mn、Mg 和 Fe 的碳酸盐之外，一般还含有輝石（鈣鉄輝石非常典型，但主要以含錳的变种为主）、柘榴子石、綠帘石，偶而也有方柱石、黝帘石、符山石、角閃石和其他一些鈣、鎂、鉄等碳酸盐矿物。金属矿物通常以方鉛矿、閃鋅矿为主，黃銅矿和黃鉄矿也很多，同时往往还有磁黄

鉄矿、毒砂、黝銅矿、輝銀矿、錫石輝矿、輝鉬矿、白鴿矿、磁鉄矿、赤鉄矿等矿物。这些矿床一般与酸性和中性侵入体有关，并且时常产于接触带附近。在砂页岩矿床的矿石成分中，除鉛鋅外，經常含有磁黄鉄矿、黄鉄矿、銅、銀、錫、鎢、砷、鉍、鉬、稀有元素等有益组分。

在石灰岩和白云岩中多金属矿层一般均由鉛、鋅、銅、鉄的硫化物和石英以及鈣、錳、鎂、鉄的碳酸盐組成，有时也有重晶石和螢石。其中經常还含有高温的金属矿物，如錫石、輝鉍矿、白鴿矿、毒砂等，或者与此相反，含有一些低温矿物（例如，輝銻矿）。

矿石一般分致密和浸染状两种，其特点是鉛鋅的含量一般都很高，有时高达10—20%以上。

金属矿物的分布一般极不均匀（变化系数时常在80—100%以上）。

此类矿床开采的矿山地質条件一般是最复杂的，因为矿体的形状不規則，时断时續，变化較大，并且矿体規模較小。采用大規模的开采方法对絕大多数矿床来說是不可能的。围岩中的构造破碎或喀斯特，特别是含水的喀斯特，往往会使矿石的开采更加复杂化。产于正常碳酸盐类岩层中的成分简单的矿石，其技术加工性能一般是很良好的。处理成分复杂的矿石，特别是产于砂页岩中的矿石的加工方法是比較繁杂的。为了簡化技术加工方法，在后一种情况下必須分別开采在矿物成分、构造、結構、氧化程度上，亦即在技术加工性能上各有差异的各主要品級的矿石。

三、产于經常受变質的火山沉积杂岩体中的致密状方鉛閃鋅矿和浸染状黄鉄矿矿石，有时为石英碳酸盐矿石的似层状矿体、矿层和透鏡状矿体

此类矿床，对苏联的采矿工业和冶金工业說来，是起着很大的作用的。在外国，此类矿床分布也相当广。此类矿床按其成因及地質結構来看，和含銅黄鉄矿床及黄鉄矿床乃是属于同一个类型的，同时有許多矿床的矿石是綜合性的，这些矿石似乎属于中間类型，即属于由純鉛鋅矿向銅矿、含銅黄鉄矿和黄鉄矿床过渡的一系列类型。

在苏联，本类型的多金属矿床主要分布于阿尔泰，也分布于哈薩克斯坦、准噶尔阿拉套、烏拉尔、高加索等地区。

中华人民共和国祁連山的各矿床可以比較有把握地认为是本类型的代表，江西和青海的某些矿床大致上也可以作为本类型的代表，但最典型的代表乃是甘肃某地的黄鉄矿型矿石，然而該地銅矿石比鉛鋅矿石多。

属于与往往經受变質的火山岩、沉积岩、有关的黄鉄矿型鉛鋅矿床的，还有澳大利亚的蒙特阿依依和卓

尔兹湖、苏利万、费林费朗、阿纳康列德里兹、比右乡斯、阿乌斯金白鲁克、利特尔、里维尔、扭拉尔杰尔、阿巴那、克维蒙脱、玛克都那德、玛尼图、加拿大的阿穆雷特、缅甸的波乌德温、斯克列弗结、拉依斯瓦尔、瑞典北部的别尔文克斯别尔格、塔斯马尼亚岛的列德罗兹别里以及许多其他矿床。

矿床的特征是矿体呈层状或透镜状，偶而也呈矿脉状和脉状，经常与围岩整合产出。由于围岩的产状和矿体控制构造的性质各有不同，矿体的产状，特别是矿体的倾角极不一致（由平缓到直立）。在大多数情况下，都可以发现矿化是受区域性或局部性的构造控制。例如在阿尔泰，B. П. 聶赫罗雪夫等人曾发现两个巨大的断裂褶皱带。长度可达百余公里，宽度为一公里至数公里。在额尔齐斯断裂褶皱带内有别列佐夫、皮萨列夫、别洛乌索夫、诺沃别列佐夫、额尔齐斯等矿床。所谓的别列佐夫、别洛乌索夫矿田，其长度在35公里以上，而其宽度则在2—4公里之间。在此地区发现了无数小型多金属矿床，而且找到新矿床的希望也是极大的。含矿带的延长方向为北西，方位角为305—310°；其走向与额尔齐斯断层的总方向、褶皱构造的走向、岩石片理、方向和火成岩体的长轴方向相符合。

矿山阿尔泰的此二条扭曲带，起自额尔齐斯，往北东延伸，经过列宁诺戈尔斯克（里达尔、索拜尔诺耶、克雷柯夫、菲里波夫、伊林等矿床）、兹良诺夫斯克和兹密伊诺戈尔斯克矿田（兹密伊诺戈尔斯克、彼得洛夫斯克等矿床），延长70公里。

在这两个区域性的断裂和扭曲带之间为古生代的陆棚带，它又叫作矿山阿尔泰地块，在陆棚带内，也有许多矿床，其中包括尼古拉也夫、卓洛杜兴、苏嘎托夫、塔洛夫、鲁里欣、苏尔古塔诺夫、石莫那依欣、奥尔洛夫、奥别纳雪夫、罗克杰夫、丘达克上乌巴因等矿床。

除决定矿床的分布和富集条件的区域性大地构造因素之外，次要局部性的构造因素，如岩层间错动和位移、张力裂隙和剪切裂隙、各种岩石的接触带、褶皱构造等，也起了不小的作用。

铅锌矿石经常产于短轴背斜、穹窿构造、背斜褶皱的鞍部、拗褶的弯曲处，各种不同岩性岩石的接触带等地方。

马鞍状矿体和各种弯弯曲曲的矿层，往往相当于背斜褶皱构造。

产于陆棚带中，但在额尔齐斯扭曲带以外的矿山阿尔泰各矿床，根据П. Ф. 伊凡金的见解，具有下列特点：

1. 矿体的产状与岩石层理相整合。当有陡倾斜的断裂时（如尼古拉也夫矿床），不同的矿体，甚至一个矿

体的某些部分既与围岩整合接触，又与围岩斜交。

2. 矿体呈层状、凸镜状或复杂形状，有时呈巢状，矿体沿走向的长度略超过沿倾斜的延深长度或接近于延深长度（有时沿倾斜的延深长度大于沿走向的长度）。矿体复杂多样的形状可以反映出火山岩、火山碎屑岩岩层的层理、内部构造单元和陡倾斜断裂的相互关系。如果矿体产于岩层接触带、某一岩层或凸镜体中，则在矿体之顶板或底板，在沿走向和沿倾斜的整个延伸部分，都会追寻到同样的一些岩层。

3. 成矿时特别重要的构造单元有下列几种：（1）在岩相岩性、物理机械和化学特性上各有不同的火山岩、火山碎屑岩和凝灰沉积岩岩体的接触带。矿石大多聚集在物理机械性质有显著差别的岩石（如集块凝灰岩、致密粉砂岩、集块状和砾状凝灰岩、层凝灰岩、块状斑岩等）之间的接触带中。（2）主要为砾状和集块状的火山碎屑岩岩层和碎屑岩透镜体，这些岩层最容易为矿石所交代。由各种岩石的碎块（有时有五、六种）组成的凝灰岩和层凝灰岩比成分均一的岩石容易发生交代。特殊的、带有钙质碎屑状胶结物的火山砾和火山弹凝灰岩是一种良好的聚矿岩层。（3）粗粒碎屑火山岩和致密的沉积岩的互层。在其中岩层具有层状透镜状构造。矿体围岩若呈单斜产出时，产于致密岩石中的火成碎屑集块岩岩层和透镜体以及沿走向和倾斜发生尖灭的部分都具有特殊意义。（4）矿体围岩中的角度不整合和火山成因的交错层。

4. 在浸染状和致密状的多金属硫化矿石中，几乎完全看不到定向结构，而在受过交代的凝灰岩和层凝灰岩中残留下来的残余结构却非常明显（特别是浸染状矿石）。在围岩和矿石中经常可以见到在交代作用中形成的交错状细矿脉。

5. 矿体附近，在孔隙状火山岩、火山碎屑岩地层中发育有热液蚀变岩石的分布量。这是一些沿岩层走向延伸的广阔地区和不规则的地段。这种蚀变现象在距矿体很远的地方仍有分布。

6. 陡倾斜的断裂和不同方向的裂隙、由于构造破坏复杂化了的岩层接触带、多孔状岩层和透镜体是溶液运移的通道。

产于额尔齐斯带中的矿床有下列几个特点（据П. Ф. 伊凡金）：

（1）矿体围岩以动力变质片岩为主，这种片岩是在上华里西地壳运动中由泥盆纪凝灰沉积岩、沉积岩以及一部分火成碎屑岩和火山岩等变质而成的。岩石的原生层理和岩性上的各种差别，在片理化和动力变质过程中逐渐消失了或者不再起什么作用，取代原生构造的是岩石中产生了各向异性的次生构造。这种次生

构造主要表现在它们的片状结构和綫带状的定向排列上。直綫和面平行的各向异性是区域性的重要构造单元和矿石沉淀的重要因素。岩石原来的产状发生了剧烈的改变。各种岩石的岩层和薄层变成了一些透鏡体,构造片岩产生了凸透鏡状构造,岩石中出现了齿状和羽状接触带,不均匀的片理化现象以及构造互层。片理重迭在层理之上,这就使同一个强片理化带在不同的地段与各种不同的岩石发生接触。在片状围矿杂岩中多期的构造运动很有規律地局限在片理面上和平行的区域性构造带中。变形的一般輪廓尚有保存,亦即后期的运动繼承了过去形成的构造方向和其他特点。同时,构造运动都集中地发生在最为活动的地带。这些地带由高片理化带变成破碎、角砾化和糜稜化带,把靜止的不活动的片状杂岩体分割成一些平行的地段。

条带状和面平行结构可能是在受过交代片岩中保存下来的，它们表示交代或矿作用沿矿化时形成的错动面发生的过程。矿化时形成的错动在时间上可以把彼此不断重迭的共生矿物组合区分开。由于重复错动和挤压面通常与岩石的片理相符，并承受着从前的运动方向，所以在其中发育的金属矿物也与围岩的片理平行分布。

(7) 动力变质片岩中, 矿体周围热液蚀变岩石分布晕的横向规模不大。在平面图上, 这些晕圈呈狭窄的条带分布, 其规模与矿带和矿体露头不相上下。在矿体上下两盘, 蚀变现象都分布不远(一般不超过几米)。

(8) 强片理化带(平行片理综合体)是热液活动的良好通道。在强片理化带的表面片岩中的綫状定向排列方向乃是热液最好的活动方向。

本类型矿体规模往往可达数百米。长度有时可达3公里,而厚度则为数米或数十米。致密矿物矿体通常比浸染矿体规模小,同时有硫化物致密硫化矿物的地段往往夹有浸染矿带,或周围是浸染矿带。

矿体边界根据围岩成分和含矿构造特点,有的很明显,有的却模糊不清。具有工业价值的矿石,其周围往往有很贫的浸染状矿石,所以具有工业价值的矿体,其界限只有根据样品化验结果,并考虑所采用的指标来确定。

矿石中無論矿物成分或化学成分几乎經常是很复杂的,是綜合性的,矿石中具有工业价值的元素有鉛、鋅、銅、硫、金、銀,也有鎳、錫、鎳、鎢、鉬、鉭、鈾和錒等稀有元素和分散元素。

矿石中铅、锌品位变化很大,由百分之零点几到百分之几十。

矿石中除了普通硫化物,如方鉛矿、黃鉄矿、閃鋅矿、黃銅矿、輝銀矿,有时还有毒砂、輝鉬矿、輝鉍矿外,还时常可見复杂硫酸(黝銅矿和鉛、鋅、銅、汞、銀和其他金属硫砷化物和硫化物)、鉛、金、銀的碲化物以及自然金属等等。鉛和鋅数量比值极不相同,但是鋅往往比鉛少些。

最主要的非金属矿物为石英、钙、镁、锰和铁和铁的碳酸盐、重晶石,有时也有絹云母和綠泥石等。

矿石的结构首先可以分成块状和浸染状两种，这种结构又都可以分成定向带状、角砾状和似角砾状、胶状结构、破碎状结构等等。根据颗粒大小，矿石结构可分成粗粒、中粒、细粒和微粒结构，也可分为均粒和非均粒结构等等。

矿体围岩最典型的蚀变现象为矽化(矽化可导致角岩的形成以及絹云母化、綠泥石化,有时也有重晶石

构造主要表现在它们的片状结构和綫带状的定向排列上。直綫和面平行的各向异性是区域性的重要构造单元和矿石沉淀的重要因素。岩石原来的产状发生了剧烈的改变。各种岩石的岩层和薄层变成了一些透鏡体,构造片岩产生了凸透鏡状构造,岩石中出现了齿状和羽状接触带,不均匀的片理化现象以及构造互层。片理重迭在层理之上,这就使同一个强片理化带在不同的地段与各种不同的岩石发生接触。在片状围矿杂岩中多期的构造运动很有規律地局限在片理面上和平行的区域性构造带中。变形的一般輪廓尚有保存,亦即后期的运动繼承了过去形成的构造方向和其他特点。同时,构造运动都集中地发生在最为活动的地带。这些地带由高片理化带变成破碎、角砾化和糜稜化带,把靜止的不活动的片状杂岩体分割成一些平行的地段。

(2) 矿带和矿体与岩石的片理相符合。产于裂隙中的矿体各部分和次级形态单元可能是错动的。

(3)在片理面上矿带的规模有特别明显的差别。矿带沿倾斜的长度大大超过了它们的宽度。矿体形状很象条带,长 2—3 公里以上,宽约 200 米,厚度不大。矿床的形状和产状取决于定向构造单元,即周围片岩的片理和线状定向排列。

(4)矿体在强片理化带中与各种岩石接触。矿体与上下盘的相互关系是由强片理化带与岩层层理斜交角的大小、岩层有多少变成透镜以及镜状块段向什么方向错动等因素来决定的。

同一个岩层的岩石可能在矿体的上盘和下盘都可以见到。

(5) 对产于额尔齐斯扭曲带片岩中的矿床来说, 决定矿体形态和产状的最重要的构造单元为: ①狭窄的强片理化带和复构造运动带; ②绿色岩层和钠长斑岩、片岩岩系的接触带(强度不同的两个物质的界线)和构造运动集中带; ③矿体内部的结构及其形态可以决定片岩的成分和岩石较易与硫化物交代的这种性质。随着岩石交代作用的减弱, 就形成了这样一些岩石, 如碳质片岩、大理岩化石灰岩的角砾岩、钙质碳质千枚岩、绿泥石和绿泥石絹云母片岩、絹云母石英片岩、假凝灰岩和菲细岩、残斑变岩、斑岩以及玢岩。

受角砾岩化和糜棱岩化的巨大强岩体(如斑岩)和片岩的接触带以及不平接触的剝理、拗褶、剪切褶皱、小褶皱和片岩角砾化带以及各种方向的裂隙等也都是决定矿体形态和产状的最重要的构造单元。这些构造单元的形成就使孔隙度增高,渗透性加大,因而有利于热液通过。

(6) 浸染状和致密状的多金属矿矿石和矿体的围

化和碳酸盐化。主要由絹云母組成的热液蝕变的近矿围岩称为絹云母岩(H. 庫列克)。

在矿体附近时常有微石英岩,它們似乎与矿体有一定关系。

矿石中有用組分的分布往往很不均匀,各种有用組分或其中一部分有用組分孤立地分布在空間。这样就能将矿石划分成各种品級,并且分別进行开采。

在大多数矿体和矿床中,矿石成分和有用組分含量沿厚度方向变化最大,而沿走向和傾斜方向却是比較稳定的。

矿床的带状結構极为常見,也經常有不同成分的矿石,但是对本类型所有矿床來說,各品級矿石的统一的和总的分布規律还没有查明。看来,其分布規律是极其复杂的。在每个矿床、矿田和成矿区,有时都可以发现某些比較典型和固定不变的規律,了解和研究这些規律,对进行普查和勘探工作有重大意义。

矿体围岩的地质时代,在各个大陆、各个国家以及各个矿区都是极不相同的,由前寒武紀直到新生代各个时代的都有。这一点与这些矿床是热液成因論点是完全符合的。对所有地区和矿床围岩的岩石成分都是非常典型的。

所有含矿区、矿田和矿区通常都是噴发岩和沉积岩組成,而其中虽然也分布有侵入岩,但对成矿井沒有太大的意义。噴发岩和火山碎屑岩多半是一些銅碧岩、斑岩、玢岩、鈉长斑岩以及它們的凝灰岩、凝灰角砾岩、集块岩和各层凝灰岩。在沉积岩內各种頁岩中并夹有砂岩、石灰岩、大理岩以及泥灰岩等岩石的薄层。岩石时常发生剧烈的变质,并变成綠泥石、絹云母或其他成分的片岩、千枚岩、石英岩等变质岩。侵入岩主要为各种酸性和中性岩石,而岩牆則为各种斑岩和玢岩(成分从基性到酸性)。

矿体是热液成因的,关于这一点是沒有任何疑問的,并且絕大部分金属矿物是在中温环境中形成的。成矿作用大多是多期的,热液正象脉搏跳动一样,一次又一次地分泌出来。热液向矿石沉淀地段的远移,往往是受到构造錯动的控制。这些因素,特别是各期矿化作用以及与其有关的共生矿物組合的重选現象,就决定了矿石成分的复杂性。某些矿床在各个地段和不同层位,其矿石的成分都有不同,这是由于矿石的原生分带現象引起的。具有矿石的次生蝕变带,亦即有氧化带、有益組分淋濾带以及硫化物次生富集带(自上而下),这往往是产于凝灰火山岩和沉积岩中的黃鉄矿型矿床的一个特征。但是,鉛和鋅的硫化物与銅矿不同,它們并不具有在次生硫化带再沉积的性能。因之,在多金属矿床中,只有氧化带和淋濾带,而沒有次生富集带,即

使有,其中也只有銅的次生硫化物。在氧化带矿石中,鉛、銀、金比較富集。而鋅的化合物則往往从矿石中被淋濾掉。在黃鉄矿矿石的鉄帽中,往往可以开采鉄、金、銀和銅。

我們已經談过,在黃鉄矿型矿床的原生矿石中,金属矿物的含量变化极大,因此时常必須圈出許多各种品級的矿石,如方鉛矿—閃鋅矿、黃銅矿—閃鋅矿、黃銅矿—方鉛矿—黃鉄矿矿石,偶而也可以圈出单金属矿石等等。成分变化这样巨大,因此沒有必要在这里一一加以贅述了,同时也沒有必要来确定各种元素的品位。对每一个矿床,都必須单独地确定值得单独开采和按特殊技术进行加工的程序,单独进行加工的各品級矿石的数量及其性質。多矿物矿石的加工技术,特别是这些矿石的选矿方法,一般是比较复杂的。

开采的矿山技术条件和地质条件一般没有什么特殊的困难。矽化火山岩、凝灰岩和沉积岩的这些围岩都很稳定,而鱗片状和泥質矿物(絹云母、綠泥石)发育的地段就不太稳定。后边这些矿物对矿石的浮选性能有不良的影响。

我們非常重視第三工业类型的鉛鋅矿床,其原因如下:

(1) 探討这一类型矿床对我们作結論将有特殊的意义;

(2) 这种类型的矿床在苏联很多,并且研究得也很深入,而在其他国家研究得却很差,并且关于成因的說法也有很大的分歧;

(3) 在中华人民共和国,对这类矿床的研究也不够,并且其中某些矿床(青海某地的矿床)也不能认为是完全典型的;

(4) 无论从有关的各种岩石的广泛分布来看,或从地质构造条件来看,中国都是普查这类矿床的极有远景的地区。特別值得指出的是,苏联几个主要的第三类型多金属矿分布区都位于中苏国境綫附近。

四、破碎的火成岩、变质岩和沉积岩中裂隙填充和交代的矿脉、透鏡体、不規則矿体和含矿構造带

这类矿床在不久以前(五、六十年以前)正是多金属矿石的主要开采对象。可是,近几十年来,这类矿床在鉛鋅这两种金属的經濟中的作用不断下降,而上述三类矿床(尤其是第一类型和第三类型矿床)的价值都不断增加。

产于裂隙和岩石构造破碎带中的脉状矿体分布很广,但是这种矿体很少能够形成大型矿床。脉状矿体,按其規模,多半是一些小的和中等的矿体,但是其矿石质量都是极不相同的。在一个矿床或矿体中,貧的浸染矿和致密硫化矿往往互相交替。近二十至二十五年

以来,对多金属矿石,特别是铅矿石的质量要求降低了,这就大大的改变了对矿床的评价和矿床规模的看法。过去仅仅开采致密块状的和最富的浸染状矿石,而现在連較貧的浸染状硫化矿石也能利用了。富矿石通常不能形成大矿体,而贫矿脉却时常可以延長数公里(間断或不間断)。至于含矿构造带,則可以延長数十公里。这种矿体沿傾斜方向很少能够延伸一公里以上(美国爱达荷州的考尔德阿連矿床延深为1100米,捷克的普申布拉姆矿床延深1200—1400米)。

在苏联,属于脉型矿床的有高加索的薩頓、茲吉德和埃里布魯斯矿床以及克瓦依薩、察依、提茲尔等許多小矿床。在沿海区卡拉干達省、吉尔吉斯、塔吉克斯坦、东貝加尔地区(阿尔加琴、阿列克賽得罗夫、札沃德等矿床)、巴伦支海沿岸、外貝加尔地区、雅庫蒂亞苏維埃社会主义自治共和国(維霍揚斯克山脉)以及許多其他地方都广泛分布有矿脉和金属矿带。

在外国,这种脉型矿床也不少。其中可以指出的有:德国的弗采依別尔、什捷英、格魯德哈茨、赫里斯齐安、列文和麦尔庫尔、希腊的基尔卡、意大利的撒丁島、坦噶尼喀的莫班达、尼日利亚的阿麦里-尼耶巴、玻利維亞的馬齐尔达和安科頓麦斯、墨西哥的卡薩利尔卡、薩坦迭尔、美国的依華尔、比尤特和考尔德阿連等矿床。

在人民民主国家中最著名的矿床有捷克斯洛伐克共和国的普申布拉姆、保加利亚人民共和国的罗多普、波兰人民共和国的斯溫托基什山和朝鮮民主主义人民共和国的一些矿床。在中华人民共和国境内,属于本类型的矿床大致有:湖南、內蒙、浙江、广东、辽宁、福建,以及河北等地区的鉛鋅矿脉等等。

根据成因来看,所有这些矿床都是热液型的,而且一般都是中溫热液的,但是这类矿床中的个别矿床在其形成溫度和共生矿物方面可能有所不同,有的是傾向于較高溫的,有的是向低溫热液过渡的。

在本类矿床形成时,矿石的空洞充填和裂隙充填作用要比在其他类型矿床中所起的作用大得多,但是交代所起的作用也是极大的。因之,往往有人設想划分裂隙矿脉、交代矿脉和含矿构造带。但是,在上述各成因类型的矿体中,純属于某一个类型的情况是比較少見的。大多数矿脉既是裂隙充填形成的,也是交代而成的。并且在各个地段有时以某些作用为主,但經常是各种作用都很发育。矿脉和网脉一般都产于含矿构造带中,因此含矿构造带和矿脉、細脉是比較相似的。

矿体形状通常是脉状和似脉状,但是矿体具有膨胀部分和变狹部分,岩板分合以及矿脉和矿带的走向、傾向或傾角也有变化,因而矿体形状經常是比較复杂的。

的。

矿脉厚度多半由数十厘米到数米,而矿带厚度时常可达数十米(30—40米以上)。

根据形状,矿脉通常可以分成简单的和复杂的两类。简单的矿脉呈比較規則的板状,而复杂的矿脉时常形成分枝,有时甚至分成一些細脉,时断时續。組成許多支脉、膨胀和变狹部分,其产状也变化不定。

矿脉时常互相平行或呈扇状分布,有时形成数組矿脉。矿脉呈雁行状分布也是某些矿床的特点。

除了在地表上发现的矿脉之外,还常見有盲矿脉,即不出露于地表的矿脉。

含矿构造带和岩石破碎地段的特点是具有小矿脉、网脉和浸染矿;也就是說,矿石在其中呈网脉状和浸染状。但是矿带中常有比較規則的、甚至相当巨大的矿脉。

矿体界綫时常与脉壁一致,但是在許多情况下,当矿石为脉状和浸染状时,特别是当它們产于含矿构造带中的时候,矿体的界綫就要根据取样資料来加以确定了。

在某些矿脉和矿带中,矿体是柱状的。矿柱最典型的特点是矿体延深很大,而且沿走向延長較短。矿柱产于裂隙交錯处或共亲处,也产于含矿构造方向发生变化的地方。这一現象是时常可以发现的。

矿体的围岩为各种各样的火成岩、变质岩和沉积岩,但最常見的却是各种花崗岩类、片麻岩、混合岩、变质片岩和結晶片岩。但是矿脉和矿带往往穿过火山岩及各种沉积岩(泥質頁岩、砂岩、砾岩),其中甚至包括碳酸盐类岩石。在碳酸盐岩石和其他易于交代的岩石(如粗碎屑状凝灰岩)中往往有层状矿体、透鏡矿体、矿筒、矿巢和变化不規則的矿体,而規則的裂隙矿脉和矿带則較少見。

在强烈破碎地段同含矿断裂結連的地方,一般來說,也就是在由于构造作用而在巨大的、形状有时不規則、矿液易于通过的破碎或压碎岩石的构造中所形成的形状不規則的矿体,也与矿脉和含矿构造带近似。这种矿体与矿脉、矿带的不同之处是它的形状很不規則,而矿石的形成条件和成分特征,大体上都与矿脉和矿带相同。

这些含矿网状脉或浸染状矿体,往往都是裂隙多受到破碎而有时又受到糜棱化的岩石,它們之中滿布着金属矿物,主要是方鉛矿、閃鋅矿和黃鉄矿的小細脉、小矿脉和浸染体;其中矿化現象的分布可能是比較均匀的,但也可能是极不規則的和复杂的。在后一种情况下,成分和质量不同的矿石,就形成堆积的和不規則的互层。根据所采用的工业指标,圈定的网脉状或

浸染状矿石，通常就是矿体。根据矿物成分和质量矿体中往往可以圈出各种不同品级的矿石。在细脉浸染状矿石中，有时具有致密硫化矿，甚至较大的致密矿化体，我們把这些矿体也列入于这一工业类型。

本工业类型最大的特点是：矿石生在裂隙，而且是在空间充填作用和經受过机械破坏和挤压的岩石遭受交代作用时形成的。

因为本类型矿床中岩石的渗透性和交代能力完全是內构造变形、破碎和挤压作用造成的，所以成矿控制构造在絕大多数情况下是浅裂断裂、裂隙、破碎带、扭曲带和压力裂隙带。

产于易于被含矿物质交代的裂隙和破碎带中的矿脉和脉状矿体具有过渡性质，它們往往具本类型矿体所具有的特征，但同时許多方面又与第二类型或第三类型矿床相近似。

近几年来已发现一些矿化較貧、但浸染均匀的鉛鋅金属矿物破碎和裂隙侵入岩。如果繼續降低鉛鋅矿石的指标，这种細脉浸染型貧矿，就可能具有重大的工业价值。在吉尔吉斯的北部，穹窿构造的頂部白崗岩、花崗斑岩以及其他花崗岩类的岩石的小侵入体，往往都受到矿化。

矿石的矿物成分，有的比較簡單，有的却很复杂。最重要的金属矿物为方鉛矿、閃鋅矿、黃鉄矿和黃銅矿。但是毒砂、磁黃鉄矿、黝銅矿和其他鉛鋅銀銅等硫酸盐也是極其普通的。

此外其中也时常可以見到磁鉄矿、輝鉍矿、錫石和稀有元素矿物。

在许多很早以前就开始开采的矿区，曾經确定鉛鋅的含量比值是随着深度而变化的。鋅的含量是随着深度增加而逐渐增高的。但是也有一些矿床，其中鉛鋅的比值固定不变或方鉛鋅随深度增加而更加富集。在本类型的矿床的矿石中主要有益組分为鉛鋅硫和少量的銅和錫。

矿石中几乎經常含有鎢和銀。有时也含有金。其他元素之中还可以发现鉍、砷、銻、鉍、鎳、錳、鈾，有时也发现有銻和硒等。

非金属矿物多半为石英、方解石，其次是其他的磷酸盐、螢石、重晶石、矽鹼岩矿物以及其他矿物。

围岩蚀变一般为矽化和絹云母化，有时也有綠泥石化、重晶石化及其他蚀变現象。

象螢石和重晶石这样一些脉石物有时也具有工业价值。

在矿脉和矿带中也应圈出致密状和浸染状矿石。矿石的結構为块状、浸染状、条带状、环状、角砾状、似层状、砾状、网状、梳櫛状、梳状，有时为胶状。

矿石中有益組分的分布往往是不均匀或极不均匀的，也就是說矿床的品位变化系数大于50—60%。

矿体产状与围岩层理或片理的关系往往是不整合的、交錯的。这一点与围矿构造的不整合性质——大多是断裂性质是相符合的。

在矿脉和含矿构造带发育的地区，經常分布有岩墙，有时也分布有酸、中性斑状半深成岩（花崗斑岩、石英斑岩、石英角斑岩、花崗閃长斑岩等）的小侵入体。这些岩墙在絕大多数情况下都是成矿前生成的。岩墙往往与矿化作用有明显的关系。这种关系应当认为是构造关系和共生关系。

无论岩墙或矿脉都产于同样的一些构造中，即产于断裂带、岩石破碎带或裂隙中。很可能，矿体和火成岩岩墙是同一个岩浆源形成的。矿体經常产于岩墙与围岩的接触带中，而岩墙本身很少受到矿化。

沿构造断裂和裂隙往往多次发生錯动，并且这些錯动时常发生在岩墙形成之后，有时甚至发生在矿脉形成之后。因而矿化能够沿裂隙和破碎带貫入到岩墙中去，而較晚的錯动又不仅破坏了岩墙，而且也破坏了岩脉。金属矿物的挤碎、压碎和破碎現象，有时很明显地反映在矿石的結構和构造上（特别是方鉛矿）。

开采脉状矿床和含矿构造带是比較困难的，其主要原因是矿体形状复杂、矿化不均匀并且互不連貫。同时矿脉往往很小，并有成矿后的构造断裂将矿体切成許多块段。

含矿构造带中的破碎岩石往往是不稳定的。尤其是这种破碎岩石再遭受到强烈的热液作用而使組成松散和塑性岩石的泥质云母矿物发生富集之后，就更加不稳定了。除了这个不稳定的特征之外，构造带和破碎带的破碎岩石一般又是含水的，因而，从其中可能涌出大量的地下水，这也会影响勘探和开采工作的进程。

在开采厚大的、矿化比較均匀的含矿带时，利用混采法进行开采是最为适宜的。在这方面，巨大的細脉浸染状矿石和最大的与矿脉和含矿带有关的交代矿体是最为有利的。但是，后者按其特点，应列入第二或第三工业类型。

多組分矿石的选矿技术可能是相当复杂的，但是利用混合浮选和优先浮选法往往是能够达到完全令人滿意的选矿指标的。当矿石中炭质物质和鱗片状矿物（絹云母、水云母、粘土矿物、綠泥石等）很多时，选矿指标就要降低了。

銅和鉄的硫化物、金属矿物聚集体，特别是矿石的氧化現象，也会使选矿复杂化。貧的氧化鋅矿石的选矿和利用是最困难的，并且往往是无法进行的。

在所开采的矿石中，如果夹杂有脉石碎块或脉石

矿物碎块致使脉状矿物贫化时，目前常用重悬浊液进行浮选。

这样可以大大缩减运往选矿场、然后要经过碾碎和粉碎的矿石数量。

五、关于多金属矿床工业类型的结论和几点意见

根据我们所采用的铅锌矿床工业类型的分类法，我们想指出几点规律，同时也指出每一种类型的特点。

绝大多数具工业价值的多金属矿床，按其成因来说，均属于热液类型。这一特点是多金属矿床与其他大多数金属矿床，尤其是非金属矿床的显著区别。事实上铁、锰、铜、镍等金属以及非金属矿床，无论是内生或是外生的，都有其代表矿床，而且都具有工业价值，各属于不同成因类型的矿床（由岩浆矿床到热液矿床、沉积矿床、淋滤矿床、残余矿床以及其他成因的矿床）。当然各种类型矿床对类型的属性一般均反映在每一个工业类型矿床的外貌、地质构造位置及其特征和特点上。在铁的沉积矿床、岩浆矿床、热液矿床同镍的岩浆矿床及风化壳矿床之间的共同特点不是那么多的。至于具有工业价值的多金属矿床，则完全是另一种情况。这些矿床成因上的共同点就决定了矿床在工业类型和其他许多方面有很多类似的地方。

铅锌矿床的形成作用，经较详细的研究后，我们就很容易看出，在这些矿床形成时，交代作用具有重要意义，只是小部分矿物才充填于空洞和裂隙中，在任何情况下，热液上升都必须要有导矿和扩散通道，它们通常为大断裂、裂隙和岩石挤压带。在许多成矿区域的含矿地带及矿区内，矿床分布的和矿体的位置在空洞上均与区域断裂或不大的断裂构造有关。这种关系在许多情况下，是不明显的。但是如果详细地研究，还是能够确定出来的。对生于碳酸盐类岩石中的超低温热液矿床来说，确定这种关系是很困难的，但是这种关系看来，还是存在的。

至于谈到成矿作用，则较小的断裂、裂隙和岩石破碎带对成矿起着重大的作用。但是，岩石的孔隙度、渗透性、特别是岩石的溶解性和交代性能也具有很大意义。在这方面岩性不同的岩石具有极不同的性质的这一事实是众所周知的。岩石的渗透性是由它的较高的孔隙度、节理、易溶性、空洞、裂隙以及后期的破碎、疏松和磨碎等现象决定的。当形成褶皱时，在岩层中有时产生片理化带、弱化带和利于热液运移和成矿的地段。大家都知道，在这方面，背斜鞍部、短轴褶皱和穹窿等，有时甚至其两翼以及那些因易于渗透及发生交代的岩石产于不易渗透和不易溶解的岩层之中而造成的构造圈闭和地层圈闭，都是最有利的部位。这种圈闭通常为易渗透和易溶解的岩层沿隆起发生尖灭的地段和热

液被隔层或阻隔层所锁的地区。在断裂形成时也经常产生良好的地段，但是在许多情况下还可形成开口裂隙和空洞。空洞可能是由于易溶岩石被地下水溶解而形成的。这些开口空洞和裂隙在深处长期保存是不可能的，因此值得考虑。在许多情况下，这些开口空洞和裂隙之所以能保存下来，乃是由于受到热液压力作用的结果，而这种热液是在空洞和裂隙形成后立即就渗入到裂隙中去的。但是正如矿床研究结果所证实，交代成矿作用所起的作用更大些。在交代作用过程中，某些化合物相继而且几乎是同时被溶解、滤蚀、进而被其他矿物组合所代替。

根据与多金属矿石交代能力的强弱，可以大致把铅锌矿床的围岩顺序排列如下：石灰岩、大理岩、白云岩、砂页岩和砂页岩化岩石、火山角砾岩、块集岩、粗碎屑凝灰岩、砾岩、凝灰岩和层凝灰岩、某些变质片岩（钙质和硬质千枚岩、绿泥片岩和絹云母片岩等）、假凝灰岩、泥灰岩、喷发岩、碳酸盐类变质岩和火成岩、泥质页岩。毫无疑问，这种排列顺序是暂定的也是不准确的。岩石名称远远不能反映出决定岩石交代能力的所有特点。同样名称的岩石可能具有极不相同的性质。另一方面，同样岩石在各种不同条件下，对成分和性质不同热液也可能有不同的交代性能。某些岩石的名称（火山岩、火成岩、变质岩）代表着一整套岩石，而其中各种岩石可能具有极不同的性质。另外，例如砂岩、砾岩、凝灰岩、层凝灰岩、角砾岩等这样一些岩石，如依其碎屑和胶结物成分，又可能具有多变的性质。这里，我们只是在对比了有关交代成因的铅锌矿在某种岩石中的产出情况以后，在现有观测资料的基础上，根据岩石交代能力的减弱，做出这样一个大体相近排列顺序。同时，我们也不能忘记，完全一样的岩石，其交代性能也往往是极不相同的，或者是有选择性的。

例如，在很厚的碳酸盐类岩层中，矿体常常是产于完全固定的岩石中或固定层位中（例如，河北省、陕西省及密西西比的姆苏里等许多矿区）。

详细研究该排列顺序以后，我们可以看出，它们与前面所述多金属矿床工业类型的分类是大致相符合的。实际上，占首位的是碳酸盐类岩石和砂页岩，其中产有第一和第二类型矿床，其次是粗粒火山碎屑岩、凝灰岩、层凝灰岩、某些泥灰岩和片岩，即第三类型矿床的围岩。在这个顺序中，最后一类是碳酸盐类火成岩和变质岩、砂岩和泥质页岩，它们常常构成矿脉和含矿构造带的围岩。同时应当指出，最后一类矿体和矿床见于各种各样的岩石中——从石灰岩到喷发岩、花岗岩、片麻岩、砂岩和泥质页岩，但是在碳酸盐类岩石中和易于交代的岩石中分布较少，并且其特征在这种岩石中通

常是隱蔽的或者由于交代作用广泛发育而表現很不明显。这样,我們在总结这篇文章时可以肯定,多金属矿床工业类型之間的差別一方面决定于围岩的性質、成分和特点,另一方面也决定于围岩的构造特点及其复杂程度。对头两类产于碳酸盐类岩石中的矿床,尤其是层状超低温热液矿床來說,围岩的成分起重要作用。对最后一类矿床來說,起主要作用的为断裂破坏、破碎带、断层和裂隙带。它們不仅是热液活动的通道,而且也决定了岩石的破碎程度、渗透性和交代能力。在許多情况下,矿石也充填于这些带之中,因此它們也是矿石沉积的地点。

产于碎屑岩、某些变质岩以及沉积岩中的第二类型鉛鋅矿床占有过渡位置。对该类矿床的形成來說,无论岩石成分及其交代能力或是构造特点(其中包括褶皱和断裂)都同样重要。同时,褶皱构造和层状构造对感应强的岩石的交代作用较为重要,而破碎带和裂隙带則更促进了交代作用的发展,并且有时甚至在岩石成分及性質均不很有利的条件下,亦可以直接被矿液充填。所以第三类型的矿床可以分成二个亚类:其中第一亚类矿床与碳酸盐类岩石中的典型交代矿床相近,而第二亚类矿床在特征上和构造带、断裂和裂隙有关的矿床接近。在矿山阿尔泰,第一亚类矿床的代表矿床为古生代陆棚活动带中的矿床,而第二个亚类矿床的代表矿床則依尔齐斯扭曲带中的矿床。在第二亚类矿床围岩中,通常見有变质蚀变作用,往往使围岩結固并使其原有的交代能力減低。但是,破碎、挤压和裂隙却有利于热液渗透和矿床的形成。一般說來,岩石的变质作用常使岩石的原生交代能力降低。例如,砂页岩比石灰岩难于交代。凝灰岩的交代条件就比凝灰岩和火山角砾岩要差。在岩石花岗岩化有二氧化矽的渗入,或者形成碳酸盐和析出氧化鈣、氧化鎂、氧化鉄、三氧化二鉄和某些其他組分时,以及岩石中三氧化二鋁富集时,交代能力便急剧降低。在变质过程中,岩石孔隙度、密度、裂隙度、渗透性以及岩石在构造和結構上的变化当然都起着重要的作用。

应再一次指出,岩石的成分和性質对形成具有工业价值的鉛鋅矿床來說,是起着极其重要的作用的,但是我們还不能仅因为在这种或那种岩石中找到了金属矿,而就将它当做矿床的主要分类标志,并借以划分成因类型和工业类型。所有岩石分类都是根据岩石的成因及其化学成分和矿物成分的不同而划分的,絲毫也不考虑其变化能力。属于各种不同成因类型的岩石或有显著不同的化学成分和矿物成分的岩石(例如,沉积岩和火成岩、火成岩和变质岩),在这方面往往具有相当或者类似的性質。相反的,各种不同的沉积岩在我們

前面提出的岩石排列順序中却都占据着不同的位置,这种岩石排列順序說明了各种岩石与鉛鋅矿液发生交代的能力是由强逐漸減弱的。

尤其是鉛鋅矿床的分类是以鉛鋅矿床生于那种岩石中做为主要划分原則的,而并没有考虑构造的巨大作用,所以脉型矿床在这种分类中应根据它生在某种岩石之中而将其划分到不同的类型中去。而产于碳酸盐类岩石中的第一类型和第二类型矿床不論其差异多大均得合併起来;而与砂页岩类型矿床却要截然分开,虽然它与前一类型矿床之中的某些矿床极其相似。最后,第三类型矿床也应划分为若干类型,因为它产于火山岩、变质岩和各种沉积岩之中。产于火成岩和古老的变质岩(片麻岩、混合岩、結晶片岩)中的矿脉之間,通常是沒有很大的区别的。因此对这种情况是完全不必加以考虑的。

如果把各工业类型的鉛鋅矿床形成过程中起作用的基本因素,以表格形式表示,那么就可以列表如表1。

表1明显表明,由碳酸盐类岩石經砂页岩、火山碎屑岩和一些变质岩到碳酸盐类火成岩、变质岩和砂泥质沉积岩发生下列变化:

1. 岩石的原生交代能力減弱了,此种能力基本上由岩石成分、孔隙度以及結構和构造的特点决定的。
2. 原生层状和褶皱构造,各种不同成分岩石的地层界限以及它們所形成的隔层和阻隔层作用減小了。
3. 断裂、岩石破碎带、扭曲带以及各种不同类型的断裂构造与岩石破碎、变松有关的岩石交代能力增大了。

根据表1我們首先要強調指出,岩石性質和某些因素的作用,是不断和逐漸发生变化的,因此要強調指出,各种不同工业类型的鉛鋅矿床之間的关系是密切的,在这些矿床之間,还存在着許多不同的过渡类型。例如碳酸盐类岩中的层状浸染矿体与形状不規則而又复杂的致密浸染矿交代矿体之間,就存在着过渡类型。前一种矿体的特点主要是規模大,矿化較均匀,但很分散,呈浸染状、透鏡状和細脉状等等。矿化在較好的层状构造、褶皱构造中以及裂隙和裂隙交处附近发生富集,这就使之与后一种类型的矿床相接近,并且在它們之間还有一系列的过渡类型。这些矿床都通过砂页岩化岩石中的过渡型矿体而与产于砂页岩中的矿床有关。

我們已經談过了第三类型矿床的过渡性質,这类矿床的特点是:围岩种类极不相同(凝灰噴发岩、沉积岩和变质岩)。这类矿床可以向其他各种矿床过渡,特别是产在碳酸盐类岩石中和砂页岩中的向不規則的交代矿体过渡,甚至也可向矿脉和含矿带过渡。

因此,可以很明显地将产于各种构造,甚至各种岩

表 1

矿床的工业类型 促使鉛 鋅矿床形 成的因素		I	II		III		IV
		产于碳酸盐 类岩石中的 超低温热液 层状矿体 (多半为浸 染状矿石)	交代矿体、矿筒、透鏡体 和形状不规则的矿体		产于凝灰噴发岩、沉积岩和变质 岩中的层状矿体和透鏡体		与裂隙、破碎 带和断裂带以 及岩石挤压带 有显著关系的 产于火成岩、 变质岩和沉积 岩中的矿脉和 含矿带
			1	2	1	2	
1	2	3	4	5	6	7	8
	由岩石成分孔隙度和结构构造特点所决定的岩石原生交代能力	++++	++++	+++	+++	++	+
	原生层状和褶皱构造、各种不同成分岩石的地层接触界线以及由它们所形成的热液活动的隔层和阻隔层	++++	++++ +++	+++ ++	+++ ++++	++	+
	断裂扭曲带、破碎带、裂隙带、各种类型的断裂构造以及因岩石破碎、变松而增长岩石的交代能力	+	++ +++	++ +++	+++ ++	++++ +++	++++

图例：+具有次要作用，++作用明显，但并不太大，+++作用很大，++++具有主导作用，并且以此作用为主。

注：一个栏中有两个并列的符号，乃是说明该种因素在同一类型的个别矿床中的作用是有变化的和不稳定的。

石中第三类型中的矿床分为两类。

若需細研究矿床实例，我們可以經常碰到与这种矿床的性质类似的过渡类型或中間类型的矿床。

矿脉和矿带，若切穿易于交代的岩石，則往往伴生有交代矿体，在产于碳酸盐类岩石和砂页岩中的形状不规则的矿脉，在外貝加尔地区以及保加利亚人民共和国为丹和涅杰林等地区，我們已发现許多这种类型矿床的实例，并且在阿尔泰、高加索以及許多其他地区也有所发现。

中国青海、江西的两个矿床可能是这中間类型矿床的实例。实际上，青海某矿床的主要矿体是产于碳酸盐岩石中，受岩石的原生层理以及附近的断裂带控制。在矿区南部和其他的一些地区，矿体很清楚地产于变质岩中的裂隙和破碎带中。所以，青海的某矿床是属于我們所划分的第二类型和第三类型的中間类型，并且具有許多第四类型的特点。

江西某地的矿床是属于第三类型和第四类型的中間类型，因为此处的矿脉和脉状矿体是产于构造带中，而层状矿体則产于变质岩和凝灰噴发岩中。

这种矿床的实例非常多，这种矿床的中間性质，往往是由于这些矿床产于由各种岩石組成的复杂构造中，并且个别矿体，甚至于矿体的一部分产于各种岩石和各种构造中。

根据上边所說的，我們再談談产于变质岩中的透鏡状或似层状矿床問題，这类矿床在我們的矿床分类中沒有分出来。应当指出，发表过有关矿床工业类型分类法的学者們对这一类矿床发表了各种不同的看法。1940年，B. M. 克列特爾和 B. И. 斯米尔諾夫在自己的两本著作中(1954, 1957)，认为不需要单独划分这类矿床，而把这一类型矿床的重要代表矿床划分到其他类型之中。

但是，在1958年，B. M. 克列特爾又将这一类型划分出来了，而 Д. А. 捷柯夫、А. А. 阿米拉斯諾夫和 А. М. 貝布奇金在全苏矿物原料科学研究所第十輯方法指南中也談到了这一类型，但对它沒有进行深入研究，因为在苏联似乎还没有发现这种类型的矿床。

我們认为这一类型沒有必要划分出来，因为各主要类型之間的某些过渡性矿床就属于这一类型，这些矿床时常与断裂有关。但是更經常的是与围岩整合，即受原生层状构造以及褶皱和断裂构造所控制（布罗肯希尔、苏里文）。其围岩即使有强烈变质的岩石，也有正常的沉积岩，而在某些情况下，在围岩中也有碳酸盐类岩石或砂页岩（布罗肯希尔），这种矿床的所有这些特征与第二、第三和第四类型的矿床很接近，其中最大多数矿床应属于第三类型，因为第三类型，正如前面所述，是具有过渡性质的。

因为矿床工业类型之間的界綫完全是假定的，所以我們认为把矿床分类复杂化是不合适的，把鉛鋅矿床划分成四个类型，而第二类型和第三类型再划分出四个亚类(每一类型划分两个亚类)就可以了。

在研究多金属矿床的工业类型时，还有一个問題應該說一下，那就是关于矿床形成条件的成因問題。关于這個問題，有許多参考文献，試驗資料，物理化学和矿物研究資料以及許多地質观测和理論資料，并且也有許多往往是臆測性的假說和學說，这里我們不能一一地批判性地研究所有这些資料和观点。

我們不妨把問題的涉及面弄得窄些，在現有的成因分类中，鉛鋅矿床分属于各种成因类型——由接触交代和汽成矿床直到低溫热液、外生沉积和淋濾矿床等，样样都有。

这里我們不准备談外生矿床，因为它所起的作用，目前还未完全查明，近几年来，在中国发现的砂鉛矿，可以认为是外生矿床存在的一个証据。

在內生矿床中划分高溫接触交代矿床和汽成矿床，我們觉得是很不合适的，因为这样划分的根据，通常是矿石中有无矽噁岩矿物或其他高溫热液矿物，但是，当我們对矿石进行比較詳細的研究时，則几乎經常可以发现高溫热液矿物都是在較早期的成矿作用中形成的，和鉛鋅矿的形成时期，还有長時間的間隔，而在个别情况下，含矿热液甚至可能是另出一源。

在所有經過很好研究的矿床中，多金属矿石的矿物組合(共生矿物)，都是在中溫和低溫环境中，从热液中析出的。

因此，在接触交代矿床，所謂的汽成矿床，甚至高溫矿床中，一組共生矿物重迭在另一些共生矿物之上，有时这些矿物却是同一作用的不同时期的产物，而在某些情况下，在不同成矿期之間的一段時間內，成矿的性质是会发生很大变化的。

可以举出一些矽噁岩中的多金属矿床为例。矽噁岩是多金属矿的围岩，甚至如果形成矽噁岩矿物和形成鉛鋅矿物的那些矿液同出一源时，矽噁岩仍然是它的围岩。根据这种观点，我們怀疑象布罗肯希尔和苏里文这样一些矿床中的鉛鋅矿石是属于高溫的，这些矿床中的石榴石、鈣蔷薇輝石、电气石、磁黄铁矿、磁铁矿、透閃石、錫石、斜鋤帘石、鈉长石等矿物，是比鉛鋅矿物的溫度更高的。

鋅矿床与普通的多金属矿床比較，是溫度較高的矿床。美国的富兰克林-費爾聶斯和斯奇尔林克就是高溫鋅矿床的典型例子。

在結束对鉛鋅矿床工业类型的探討时，应当說明，我們还可能特別是在其他我們还未探討过的成因类型中发现新的工业类型。我們未曾談到砂鉛矿床(其工业价值，在中国已經得到肯定)，主要是因为这些矿床在我們所知的参考文献中沒有記載，并且我本人到現在为止，还没有到貴州了解这种砂矿床。产于花崗岩类岩石中的分散浸染的鉛鋅矿，在将来可能具有工业价值，而这样的矿化現象，在許多地区都曾經发现过，在現代的經濟和技术水平下，由于鉛鋅的品位低，这种矿石在工业上还不能利用。