

几种被忽略的内生矿石赋存构造



对于矿化控制的认识，根深蒂固的见解认为主要就是断层以及和它有关的裂

隙。这种观点几乎排斥了其它方面确实存在内生矿化作用的一系列含矿特殊构造的意义。属于这类构造的首先就是：1—成矿前的溶洞，包括喀斯特岩洞以及降水与热液水溶解岩石而成的空洞；2—阶梯构造；3—由岩浆的构造活动（“侵入”构造作用）形成的裂隙构造。刺穿褶皱当然也属于这类构造，需要专门探讨，本文暂不涉及。以上几种构造的意义相当重要，它们对内生矿石富集所起的作用应该重新予以评价。

成矿前的溶洞

作为一个构造类型，成矿前的溶洞并未列入任何一种矿田与矿床的分类。根据目前已经积累的资料，可以把它确定为一个单独的构造类型。容易受降水或热液水溶解的岩石的存在，是产生这种构造的特点。降水或热液水的运动通路可以是裂隙带、断层、层

理和岩石的构造接触带，或者是这些条件相互结合在一起，固此使这种构造与典型的裂隙构造十分近似。不同点在于这种构造的形成及其中矿体的产生要求具备特殊的地质发育条件。对这种构造应该区分出喀斯特岩洞与上升的热水造成的溶洞。两者的界限是在其形成过程中曾经存在过的最低潜水面。喀斯特岩洞继续向上发育，而热水溶洞则向这个界限以下发育，相应的形成条件就是上升水与下降水。就一般的构造控制与岩性控制而言，在某些情况下它们可以相互衔连而组成一个很有特色的统一的构造。

关于喀斯特岩洞的形成条件已有大量的文献。喀斯特岩洞的分布深度决定于构造环境（稳定的与不稳定的）以及和它有关的潜水面的位置。在侵蚀基准下降与潜水面也相应下降的条件下，在可以发生喀斯特作用的岩石中就产生喀斯特岩洞，生成的部位可深达1.5公里或更多。这种岩洞的特点是平面与剖面上的外形复杂，表面蜿蜒而平滑，钟乳状物体发育（钟乳石与石笋），低凹部（槽部）有碎屑物淤积。喀斯特岩洞可以呈缝罅状、筒状、树枝状或几种形态结合起来

常。由此看来，如条件许可，找风化富铁矿应当重、电、磁三种方法配合工作，三种资料综合解释。以上两种情况都是没有盖层或仅有很薄覆盖的地区。

第三种情况是，在有沉积或火山岩盖层覆盖的地区找风化型富铁矿，首先要选好一定的战略区。选择战略区要对前寒武系含铁建造的性质、变质程度、规模、分布情况进行调查研究；对含铁建造沉积、变质以后所经历的地质历史作全面了解，必要时编制某些时代的岩相古地理图和基底等高线图，其目的是帮助了解含铁建造受剥蚀和保存的情况，了解可能形成风化壳的范围。在编制岩相古地理图时要相应了解古气候条件。在这种情况下要合理使用航磁资料，有风化富矿存在地段，不可能引起高的异常，所以要注意磁异常带上异常低缓的地段。远景区选定之后，即可在远景区内开展地质、物探相结合的找矿工作。

（谭顺道整理）

的复杂形状。

作为一种容矿的构造，喀斯特岩洞在残留矿床、淋滤矿床和沉积矿床的形成方面有重要意义。已知的古尔盖依铝土矿、南乌拉的硅酸盐镍矿、阿拉帕耶夫的铁矿以及肯特河谷的锡石砂矿等，都赋存在喀斯特漏斗中。但是，它们对于内生矿床的作用实际上没有受到重视，文献中只提到个别的例子。秋依-穆云矿床是其中最显见的一例。该区在阿拉万河（中亚）左岸的 Π_3-C_1 灰岩隆起地块内见有大量的重晶石矿体，沿古喀斯特通道发育。这种通道呈洞穴状，有许多不规则的树枝状蜿蜒通路与地表相连，或呈曲轴状与肠状岩筒，也有的是垂直的竖井，或者是底部洞穴与水平的通路。据有的资料确定，秋依-穆云重晶石矿体延伸到一条方解石胶结的极厚的（达200米）角砾岩带，后者是走向近东西，位于北西、北东及南北走向构造裂隙交切的地段。这是由于几条成矿前的近南北向断裂起了主要作用。筒状矿体位于上盘，靠近这些断裂，并随深度加大而与其相连。其中有些矿体几乎产在阿拉万河水面以下100米，但仍不失其陡倾的产状。

矿体内部构造的主要特征是方解石壳与重晶石壳呈同心带状分布（图1）。这种分布状况在喀斯特岩洞各个层位上都稳定不变，距地表深度为400米。断裂破坏是长期形成的并发生在几个阶段，其中一部分与褶皱有关。当灰岩超过潜水面而出露于地表的时期，喀斯特过程发育。在喀斯特岩洞中，矿体由热水溶液形成的时间较晚，即在发生下降与沉积堆积的时期，换言之即在潜水面以下。在该区的地质发育史中，可以划出四个隆起期与可能产生喀斯特作用的时期：1—石炭纪中期；2—古生代末期至中生代初期；3—新生代；4—第四纪的河网形成期。矿化作用产生于第二期隆起与喀斯特作用以后的泥盆纪，在 $150\sim 210^\circ\text{C}$ 的条件下由热水溶液形成。

第二个明显的实例就是楚梅布矿床（西南非洲）。该矿床的蜿蜒筒状矿体是由强烈热液蚀变的长石岩组成，开始与白云岩围岩整合产出，南倾 $50\sim 86^\circ$ ，但自600米深部起变为反倾并与岩石的层理交切。硫化物矿化主要发育在矿体与白云岩的接触部位附近。在平面上呈椭圆截面状，最大规模达 138×76 米。有人认为容矿岩洞本身原是白云岩中由淤积的石英-长石砂砾充填的喀斯特河床，在褶皱形成之前曾是水平产状。研究过楚梅布矿床的人都认为，从围岩蚀变的性质与矿物成分来看，这是一个典型的热液中温矿床。

第三个实例是美国得克萨斯州的特尔林古阿汞矿床。该矿床表现为一个典型的被充填的喀斯特漏斗，发育于白垩系灰岩中并被粘土覆盖（图2）。

另据有的资料确定，赋存在志留系、下泥盆统与下石炭统碳酸盐沉积层中的芝日克鲁特铋汞矿床，其工业价值最高的矿石都集中在大小不同的喀斯特岩洞。被陆源物质充填的这些岩洞最有利于成矿作用。

上述这些矿床的形成过程，可以划为几个阶段：1）碳酸盐岩（以及其它易溶于水的岩石）地块在成矿前的时期内高度隆起，同时潜水面下降，而喀斯特岩洞则在潜水面以上形成。2）地块随后下降，喀斯特岩洞部分或全部（但极少见）被淤积；下降的深度应该比潜水面还低得多，以便热液能垂直上升；在某些情况下可以设想会造成一个自流井式的水压体系，使大量的热水溶液进入。3）成矿后又重新发生地块隆起，而且往往是多次的、跳跃式的。例如，在楚梅布矿床明显可以见到这两个阶段。第一阶段在稳定隆起的地块中形成氧化带。第二阶段则是地块进一步跳跃式隆起，潜水面相应下降。潜水面以上又形成新的氧化带，两个氧化带间隔达几百米，其中保存有原生矿石。

溶洞产生于热水溶液对岩石的作用。正

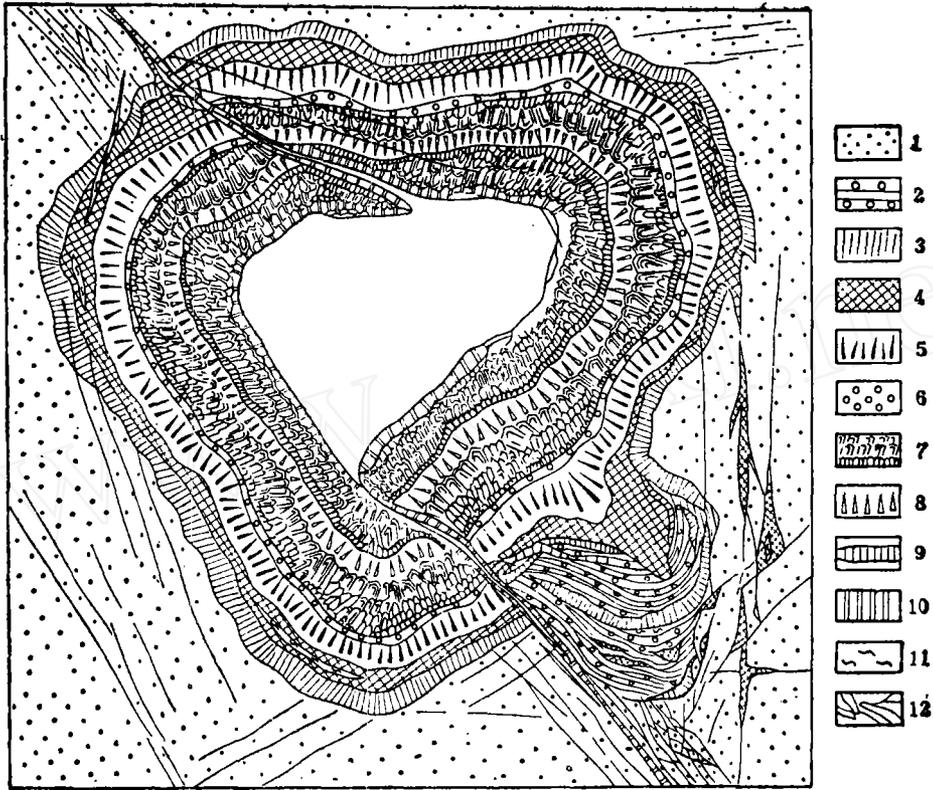


图1 秋依-穆云主矿体剖面图

1—有粗晶方解石堆积的灰岩；2—“成矿前”喀斯特泥灰岩；3—柱状方解石；4—有轴矿物堆积的（黑色）“矿化大理岩”；5—略呈叶状的红色重晶石；6—含石英与方解石的赤铁矿；7—褐色与蜜色的叶片状重晶石；8—“成矿后”柱状方解石；9—褐色羽毛状重晶石；10—“成矿后”柱状方解石；11—“成矿后”喀斯特粘土；12—构造裂隙

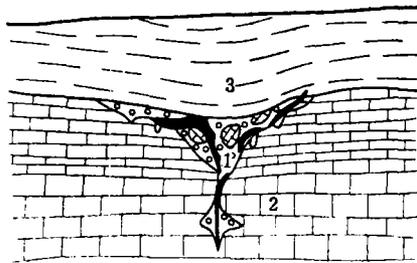


图2 特尔林古阿矿床某一筒状矿体的剖面示意

在超复的粘土接触带（3）附近，发育于白垩纪灰岩（2）中的喀斯特漏斗被含矿角砾（1）充填，图中涂黑处是未矿。

象喀斯特岩洞一样,这种溶洞也是赋存在往往与构造破坏带相连的断裂带、岩石裂隙发育带和层理带,但生成的位置是在可能有上升热液的潜水面以下,甚至可以和喀斯特岩洞相连,组成一个统一的通道系统。在这种溶洞中,并不存在喀斯特岩洞特有的那些使空洞淤积的粘土、灰泥和岩石溶解后的其它残留物。此外也见不到使岩石表面光滑的钟乳物质、“岩槽”和其它一些固有的形态,而且也没有喀斯特岩洞大量存在的栉壳状构造和同心带状充填等现象。这里大量存在的是剥蚀、交代构造和物质沉积的形态,但可以见到伟晶岩晶洞与晶簇构成的晶巢。由于热液的活动力很强,这种溶洞不仅在碳酸盐岩中产生,而且也可以形成于某些硅酸盐类岩石(各种砂岩、石英岩和石英脉)。它们往往直接产在透水性相对较小的岩层(粘土页岩及喷发岩等)的上部或下部。

在克拉克夫-西里西亚地区(波兰),铅锌矿就是赋存在三迭纪白云岩溶洞。从Bogaiz等人介绍的情况来看,该地的矿体属于交代型与喀斯特空洞充填型,也就是说,都是上面提到的类型。起容矿作用的喀斯特构造是:小的空洞网和顶板未破坏的溶解裂隙网;由白云岩碎屑和残留粘土构成的崩落角砾岩。主要金属矿物部分或全部充填了空洞与裂隙,形成岩石碎屑与空洞中的胶结角砾和贝壳状物质,以及残留粘土中的自形晶体。可以设想,交代矿石的形成几乎是和酸性热水(50~150℃)溶解岩石的过程同时发生的。这就是说,金属矿物的生成即在这个过程之后。

《美国的金属矿床》(1972)一书提供了许多类似的例子,如田纳西州的特里-史杰茨、杰克森矿区,科罗拉多州的吉耳门矿区,等。例如,赋存于泥盆纪与密西西比碳酸盐沉积层的吉耳门矿床(特别是赋存在累德维耳岩系白云岩化灰岩的),见到的铅锌矿石都集中在3.3平方公里左右的面积上。

矿体平面呈四齿的餐叉状,尖端部分顺岩石倾没线指向上方,构成狭窄的钟状矿体,底部则汇聚为大矿田,其中见有形态复杂的漏斗状岩筒,与下面的白云岩、砂岩、石英岩交切(图3)。在后三者之中发育有更小的矿体。据介绍,在古生代形成矿石之前曾有过喀斯特作用,在拉拉米造山期则是吉耳门石英斑岩岩床侵入于含矿灰岩之上,以后才出现成矿作用。

针对杰克森矿区,有人也介绍过同样的含有锌矿化的喀斯特岩洞。这个矿区的岩洞是由于降水而形成,奥陶纪的岩石崩落碎屑随后由白云石胶结,还有一部分被石英、闪锌矿胶结,被重晶石、方解石、萤石胶结的较少。

又如,意大利的圣萨尔瓦多汞矿床产于白垩系与上里阿斯统的接触带,在上部覆盖的片岩与粗面岩之下。矿化既赋存于喀斯特岩洞渗透性差的片岩盖层之下,同时也见于断裂带的角砾岩。墨西哥的许多汞矿床(瓜达卡那尔、古依促柯、圣安东尼奥-德-巴图阿)实质上是赋存在沿断裂灰岩形成的喀斯特岩洞,前者的胶结物为石膏与方解石。秘鲁的胡安卡维利卡矿床也见有类似的情况。

据有人考察,外贝加尔东部卡达雅铅锌矿的奥西诺夫岩株也属于这一类型的构造。该岩株为一筒状岩体,由致密的闪锌矿-方铅矿构成,向东倾斜并偏南侧伏。内部组成的特点是存在方解石胶结的条带状矿石的大、小碎屑。有些地方这种碎屑是由煌斑岩胶结。每一个含矿岩块都有自己的定向排列孔隙,与相邻的岩块不同。容矿岩洞的形成无疑是成矿前白云岩溶解和洞壁崩落的结果。

另外,捷丘赫矿床也极可能是产在复杂的灰岩溶洞,靠近灰岩与超复的安山岩的接触带。根据就是:主矿体夕卡岩的轮廓以及在下盘和它相连的陡倾的矿体分枝在深部尖灭。矿体轴部见有许多从几立方厘米到几十立方厘米大小的“气孔”,也就是未充填的

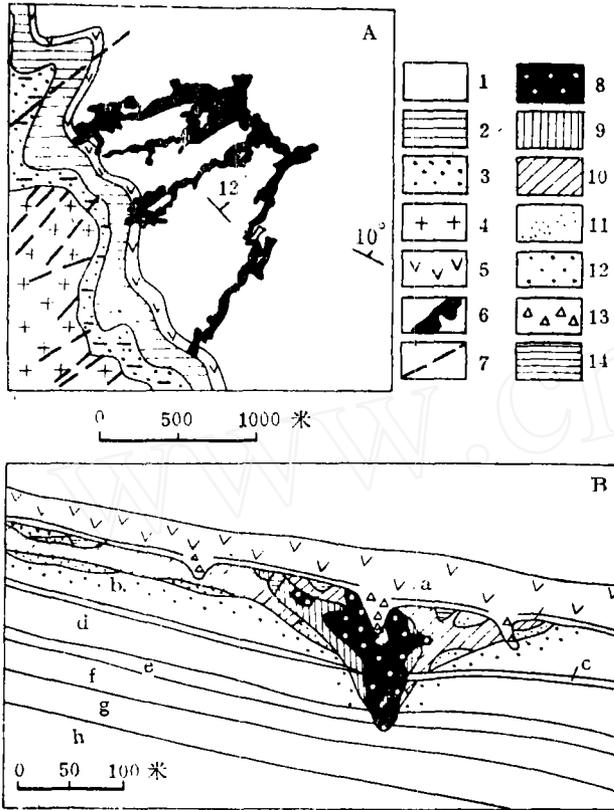


图3-A 吉耳门矿区地质图

1—宾西万沉积层：明特尔恩建造与贝尔金片岩(a)；2—泥盆纪与密西西比沉积层：累德维耳灰岩(b)，吉耳门砂岩(c)，代厄尔白云石(d)，帕尔金石英岩(e)；3—寒武纪与奥陶纪沉积层：哈尔丁砂岩(f)，皮尔列恩片岩(g)，撒瓦奇石英岩(h)；4—前寒武纪花岗岩；5—第三纪岩石：吉耳门岩床；6—累德维耳灰岩中的主要矿体；7—断层

图3-B 白云岩化灰岩中典型的含矿岩筒与钟状矿体剖面示意

8—铜-银矿石；9—不产矿的黄铁矿堆积；10—锌矿石；11—菱铁矿；12—白云质砂；13—破碎角砾；14—灰质粘土

筒状空洞，倾斜产出达几十米。这种空洞的四壁复盖着方解石、石英晶簇以及晶面上带有硫化物“碎晶”的含矿矿物。该处还发现有未晶出的、仍处于半液态的胶状残留物。常由构成晶簇的闪锌矿交代置换的球粒钙铁辉石的存在，证明交代作用与喀斯特漏斗状岩洞被充填所起的重要作用。矿化过程中，岩洞形态进一步复杂化。

此外，有人在介绍阿克石里雅克山的一个矿床时，提到值得注意的情况，即含有少量闪锌矿的新生代—古第四纪重晶石-方铅矿是赋存于喀斯特裂隙岩洞，确定有一组脉状与筒状矿体位于砂岩-砾岩岩层，其中一部分是在多内昔阶的灰岩(图4)。据方铅矿中铅的绝对年龄数据和杂质元素的含量来判断，这些矿石的堆积是新生代—古第四纪时期在温泉作用下海西矿床的物质发生再沉积的结果。

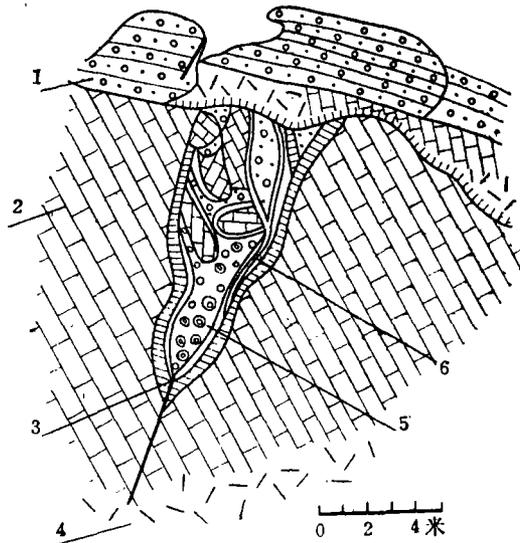


图4 铅锌矿石充填喀斯特岩洞

1—第三纪红色砾岩；2—硅质薄板状灰岩；3—白色拉长六方柱状方解石；4—岩屑；5—大环状构造矿石；6—一条带状构造矿石

阶 梯 脉

阶梯脉在很久以前被叫作带状脉,二百年前已在乌拉尔的别略佐夫斯克金矿为人所知。它的形态、产状特征与成分已有人作过详细介绍。以后,又有人把它的形成条件与构造成因看作是片岩中的粘土与接触带中呈带状分布的成矿前构造粘土挤压岩墙的结果。这种粘土一般厚度是几十厘米,在岩墙受压过程中成为一种特殊的润滑物,同时造成大量的破裂裂隙与少量的断口,而且不超出岩墙的范围。在这个矿床中,南北向的岩墙发育有相当多的阶梯脉,在东北、北西走向的岩墙中逐渐减少,在东西走向的岩墙中完全不存在。另外,在南北走向岩墙的垂直倾没部分,脉的密度最大,倾斜变缓处脉的密度显著下降。因此有人得出结论,认为这种围绕阶梯脉发育的裂隙是在东西向水平挤压过程中产生。还有一种情况,即在岩墙产于片岩的条件下,阶梯脉最发育,但当它们与岩体的闪岩、花岗岩类交切时,由于这些岩石的塑性与强度比片岩高,同时岩墙接触带中的粘土较薄,阶梯脉的密度也显著减小。

几乎在任何可以产生脆性变形的岩石中都能发育出阶梯脉,但必须具备一个条件,即存在可以起“润滑物”作用的塑性岩石,促使被压挤的很脆的岩石滑动,同时又可使产生的裂隙停止向相邻的、被塑性岩石限定的岩面扩展。

在一个稀有金属矿床上,见有层状破坏所限定的杂岩群,其中包括片岩、砂岩、喷发岩和成层的辉绿岩岩墙。在这个杂岩群范围内产生的主要是剪切阶梯裂隙系统,破坏裂隙占少数。另一方面,与花岗岩相连的接触变质带对这些裂隙的分布密度与性质并无明显的影响。此种剪切阶梯裂隙的大量发育只能归因于特殊的构造作用,即在这些小裂隙形成时发生的逆-平移滑动。这些裂隙形成

的第一阶段是在二级断裂的边缘(图5B),当个别地块发生反向运动时又在矿化之前稍许张开(图5C)。

又如,近东西向的阿尔登托普坎片岩,一C₁灰岩岩脊(中亚,库拉明山脉)也是一个阶梯构造发育的例子。该岩脊宽1公里,延伸约20公里,两侧受大断层限制。它的南东方向分布的是中石炭统花岗岩闪长岩,北西方向是中石炭统与上古生系喷发岩。在这个灰岩岩块范围内,还分布有许多与外围的断层相平行的北东向的小断裂。这一杂岩群中的灰岩被一组不超出岩群范围的横向平行破裂与裂隙切穿,和阶梯构造位置相同的一些更大的北北西破裂与这一组岩块交错,使其位移几百米。在这些断层之间的岩块中,阶梯构造发育的强度不等,因此它们对岩墙与含矿溶液的渗透程度也不相同(指夕卡岩化与多金属的沉积)。

据介绍,在美国亚拉巴马州的霍格-玛翁斤金矿田,为数众多的平行含金脉几乎无例外地产生在岩墙状石英闪长岩岩体,而在片岩围岩中则不存在(图6)。这些含金脉的排列大体上都垂直于石英闪长岩接触带,实际上是典型的阶梯脉。类似的实例还可以举出许多。

作为个别的局部构造,阶梯脉也可以出现在其它构造类型的许多矿床,产于某些岩墙、岩层以及与摩擦粘土的接触带受到破坏的早期岩脉中。据观察,达文津矿床(外贝加尔东部)的石英脉往往与晚期方解石细脉接触带的走向十字交叉。栅状构造实质上是和阶梯脉属于同一构造类别,而且有了进一步的发展。也就是说,在持续的挤压过程中,岩层、岩墙的某些破碎部分被拉伸,出现小的裂口,棱角变钝,同时有塑性物质进入裂隙。

以上列举的实例说明阶梯构造可以由某些岩脉或岩层中的细微表现直到大面积的发育。这种构造可能具有更大的区域性的意义

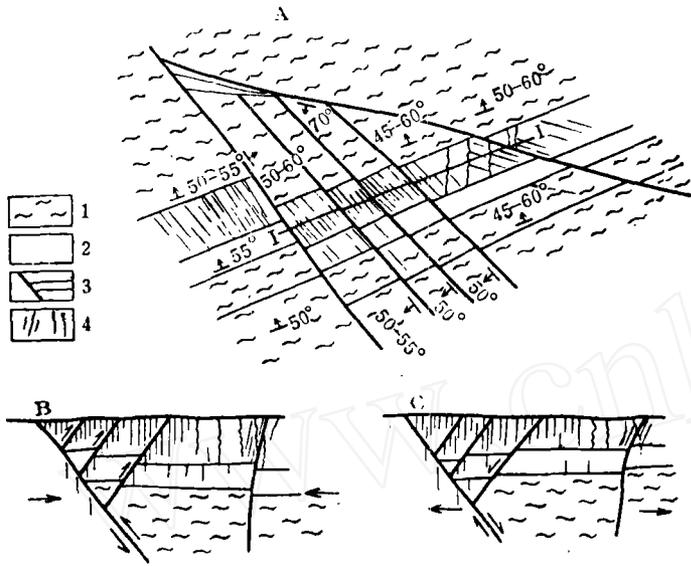


图5 A—矿田组成示意图，
B、C—矿床构造发育第一、第二阶段剖面示意图

1—带有石英岩夹层与透辉体的千枚岩；
2—辉绿岩、凝灰岩、粘土片岩及其它片岩成互层的一组复杂岩层；
3—层状破坏与切穿破坏；4—带有石英与其它脉充填的剪切裂隙和破坏裂隙

1—集中在透辉状石英闪长岩岩体范围内的脉；
2—石英闪长岩岩体；
3—被该石英闪长岩岩体破坏的晶质片岩

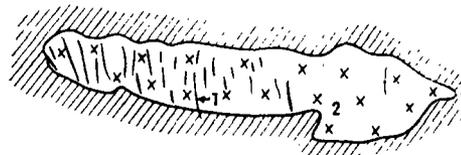


图 6

并决定着矿床与矿田的状况。除阿尔登托普坎灰岩岩脊（中亚）以外，属于这一组构造的还有延伸达几十公里、集中了北高加索许多已知的脉状铅锌矿床（萨顿矿床、阿尔洪矿床，等等）的泛高加索大型构造地块（图7）。

在小高加索，阿塞拜疆的拉钦地区，一个规模较小的（厚约400米）大理岩化与石英岩化上白垩统致密灰岩岩块被两个大断层限定（中部与南部断层）。在其南西与北东方向上发育有相应的上白垩统灰岩与泥板岩。在大理岩带发现有一系列汞矿床与矿化点。

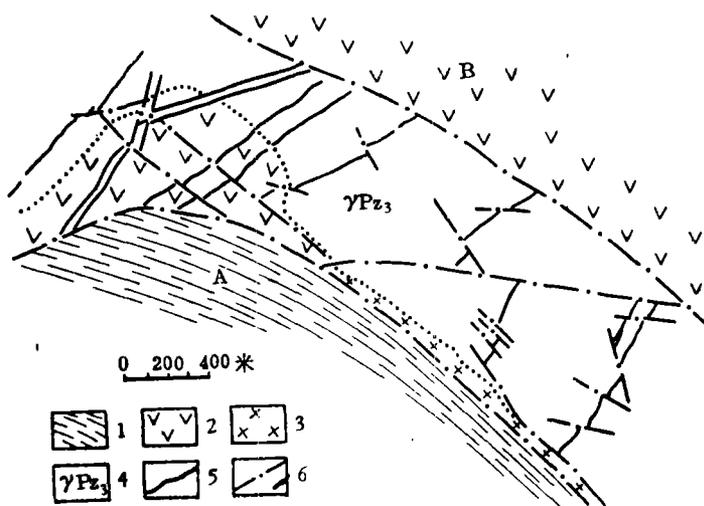


图7 阿尔洪矿山古生代花岗岩类当中阶梯脉的发育实例
花岗岩类位于下侏罗统片岩(A)与喷发岩(B)之间

1—泥质片岩；2—安山英安玢岩及其火山碎屑岩；3—石英钠长斑岩；
4—古生代花岗岩类；5—矿脉；
6—断裂破坏

岩浆构造活动形成的构造

除与褶皱、断裂构造活动有关的构造之外，还有另外单独的一组由岩浆构造活动产生的构造。以下仅讨论其某些特征。首先可以把这类构造分为两个亚组：深成岩体构造；火山-深成岩体与火山构造。

较早就有人提出了单独存在侵入体（花岗岩类深成岩体）的裂隙构造活动的想法。不少文献曾探讨过这样的问题，即其运动的过程尚不能完全确定，而且与实地观察也不吻合。此外，对某些在陆源或准地台条件下形成的岩体的考察表明，其中发育的一种特殊的裂隙系统是这种岩体与接触带附近的角岩所特有的。

在这方面，日近斯克钼-钨矿床（外贝加尔西部）的穹窿状上侏罗统花岗斑岩岩体是值得注意的。该岩体切穿下古生系喷发沉积岩层，本身与极厚的（达500米）接触带角岩一起受到一组走向极不相同的陡倾裂隙的破坏。这一组裂隙在曲线图上呈密集的带状。此外，在接触带靠近岩体顶板的部位见有稀疏的缓平裂隙，向岩体方向倾没并与外围的逆掩断层相一致。以上列举的几组裂隙中赋存有某些矿脉，其中尤以网脉状矿体居多。从本身的位置与状态来看，这些裂隙与发育在接触带角岩范围以外的区域性裂隙极不相同，后者组成若干与褶皱作用有关的裂隙群，并随褶皱走向的改变而变化位置。

有人在研究北高加索的一个粗面流纹岩与流纹岩岩体时也得到了相同的资料。在对侵入体的各不同地段及其变质岩所作的大量曲线图上，见有许多走向极不相同的陡倾裂隙，其排列方向也没有发生逐渐的变化而连带形成环状构造。所以要强调这个特点，因为它是这些岩体的裂隙和次火山侵入体的锥状、柱状裂隙的区别。

上述岩浆岩体中形成小的裂隙完全是和岩浆侵入时从下部产生的构造脉动相符合

的。

岩体中的缓平裂隙也值得注意，它们往往被认为是冷缩形成的。其中向岩体中心缓倾的（倾角 $10\sim 15^\circ$ ）、只在顶板部位发育的裂隙，应该单独划为一类。这种裂隙似乎是环绕着岩体并进入接触带附近的变质岩，其中往往赋存有细晶岩、霏细斑岩与伟晶岩岩墙，此外尚有含辉钼矿、毒砂、黑钨矿和其它矿物的富脉。从形态与岩体接触带的位移来看，这些裂隙是典型的外缘逆掩断裂（断层），但在走向与倾斜方向上延伸相对较小。它们曾经多次更新并具有多阶段分布的特点。

与岩浆爆发活动（在喷发物和火山碎屑物喷出之后的爆发活动与岩浆迅速上升引起的瓦斯、蒸气的“沸腾”，即气体爆发）有关的构造愈来愈引起人们的注意。笔者曾建议划出一种内部爆发型构造，即岩石未被喷出地表的隐伏构造，特点是不存在喷发物，但发育有大量的陡倾放射状与环状裂隙。阿克秋兹矿床就是一个例证。该地在梨状花岗正长斑岩岩株的顶部见有一条相当厚的角砾化片岩带（无糜棱岩的块状角砾岩）直接环绕覆盖于岩株的上部，但并未出露地表。矿化一般见于这些碎块的胶结物中，甚至可以在侵入体与片岩中发育成矿脉与矿染。

外贝加尔东部的日列肯钼矿床则略有不同。由花岗岩类和少量的喷出碎屑组成的角砾岩体在平面上形成一条像是由一个焦点分出的半环形的带，而年代更晚的花岗斑岩岩株则侵入到带的中心。使人注意的是许多角砾岩束在接近地表时尖灭，同时还见有一种分带现象，即角砾的碎块较大部分赋存于更深的层位，碎块较小的部分见于上部。此外，在这个环形带的中心见有一组垂直的放射状断裂与裂隙。以上两个实例说明，深部的物质并未喷发到地表，而且阿克秋兹就其组成的性质来看则属于比日列肯更深的一种构造，后者与典型的物质喷出地表的爆发构

造只是一步之差。在外贝加尔和其它地方还可以找到不少这样的例子。

地盾与地台活动带广泛分布的含金刚石的金伯利岩岩筒，其本质无疑是属于爆发构造的。它们被认为是这种构造与成因的关系既明确而又无可置疑的唯一的实例。诚然，很早以前就有人把智利的布拉登铜矿床划为这种构造。在澳大利亚已知有许多小型的锡、钼矿床赋存在花岗岩体内接触带的爆发岩筒。类似的情况在不少稀有金属碳酸岩（非洲、巴西、苏联）岩体中也已为人所知。不少文献也介绍了铀、汞、多金属等矿床与这种构造有关的例子。这就是说，矿石类型的范围是相当大的。

所谓“双重穹窿”的侵入体侵入构造是比较少见的。从现有资料来看，可以认为这是内部爆发型构造的一个变种，过去曾简单地把它的特点看成是极厚的破坏带形成之前没有受到丝毫影响（可能已经同化）。在更早的岩体中只能见到裂隙带，其中有较晚的侵入岩岩株侵入。无论是古裂隙的更新或是新裂隙的产生，都和上述的每一次侵入活动有关。结果就在若干层位中，在每一侵入岩岩株顶板的上部生成了发育很好的裂隙带。热水溶液一方面从中侵入，同时使岩石发生交代蚀变并形成韵律交迭的钟状岩体。这种像是相互叠套在一起的、蚀变程度不同的岩体，往往富含金属矿物，同时也就是矿体。早期与晚期侵入岩岩株的侵入，间隔时间看来似乎并不很长。

德意志民主共和国的萨基思道尔弗矿床与盖依尔矿床就属于这种构造，在它们的裂隙带中富集的是锡钨矿。这方面最明显的实例是美国的克莱梅克斯钼矿床。该矿床含矿构造的形成是多次的，与二长斑岩“双重穹窿”每一个新的独立相的侵入有关，在整体上构成规模不大的岩体。矿床（图8）可划出三个钟状矿体，每一个矿体均位于随后侵入的岩株之上，其间由硅化带隔开。

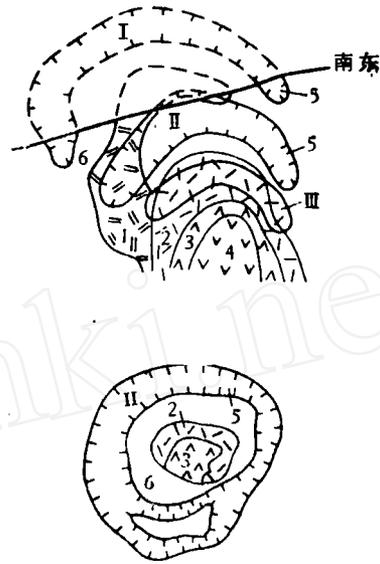


图8 克莱梅克斯矿床剖面与平面示意图

- 1—克莱梅克斯岩株的西南岩体；2—中部岩体；
3—细晶斑岩；4—花岗斑岩；5—前寒武纪片麻岩与晶质片岩
I~III——矿体（钼含量0.2%或更多）

硅化作用见于发育很好的裂隙带。含辉钼矿的陡倾与缓倾细脉形成的矿体与位于下部的二长斑岩岩株的表面相切。与斑岩岩株随后的侵入相适应，成矿沉积的范围也有规律地向下位移。岩株侵入越晚，和它有关的矿层距岩株的顶板越近，同时矿层的规模由上至下逐渐变小。

结 论

1. 溶洞可以由降水造成（喀斯特现象），也可由热水溶液产生。个别情况下它们可能构成一个统一的通道系统。溶洞的形态与形成条件取决于潜水面的高低、岩石的成分与破坏程度、构造环境，以及其它一些因素。

2. “阶梯”构造的发育广泛，规模大小不一，可以是区域性的，也可以是局部的。存在塑性岩石而把比较松脆的岩块（构造块、岩墙等）隔开，是形成这种构造的必要条件。

3. 与岩浆构造活动有关的含矿构造，其

几种地质统计模型*

代·威依斯模型

实际上这一模型遵循 $\gamma(r) = 3\alpha Lnr$ 规律, 这个规律可用象图1那样的方差曲线来表示。这种规律似乎是根据地质统计学史例汇编的。贵金属矿和有色金属矿(尤其是它们的脉状矿床)往往遵循这种规律。

这种模型是以代·威依斯来命名的。代·威依斯是德国统计学家和工程师, 他曾发现威特瓦特斯兰德金矿遵守下述关系:

$$\sigma_{LN}^2(t) = \alpha L n \left(\frac{V}{v} \right) \quad (1)$$

式中 $\sigma_{LN}(t)$ 为金属含量的对数方差, α 为矿化弥散度的地质统计因数, V 为矿块体积, v 为矿块中样品的体积, 其分布范围与矿块形态大体一致, 即样本与矿块同形。

这一经验规律适用于随机的和半随机的矿化总体。在这些总体中, 当样品与一个很大的矿块(如威特瓦特斯兰德金矿)本身相比显得极小时, 金属含量的方差将无限增大。当考虑整个总体时, 样品的方差按上述对数律大约增长到几十亿。因此可以得出结论: 在这些总体中没有可以预计的有限方差。如果是这样, 应用相关图或相应的统计方法来研究样品之间的空间相关关系将不可能。尽管如此, 一般出现的变数增量的方差(即方差曲线)仍为有限数值, 而且进行下述运算是完全合理的。

1. 代·威依斯方差曲线

虽然样品品位形成的深度可包括典型的火山构造和更深的深部爆发构造(梨状的与钟状的)。

4. 在矿田与矿床的构造分类当中, 应该增加以下几种, 即溶洞构造(综合型的), 阶梯构造, 与岩浆构造活动有关的深部爆发

的方差曲线可能与上述理论规律有出入, 然而从图1可明显地看出, $\gamma(h)$ 将随距离按对数增大, 并且在原点附近二者有一个线性关系。但当距离继续增大时, $\gamma(h)$ 的随机起伏将更显著, 这是在理论上可以预料到的。方差曲线解释的根据如下:

(1) 只有方差曲线的头几个点(即与研究对象三分之一相对应的那些节点)有实在的意义。

(2) 方差曲线的点距, 与时间序列分析和在相关图中所采取的做法完全一样。这就是样品标准间距的数值。例如, 沿一平硐以10英尺的间距采集一组槽槽样品, 点距5即相当于50英尺的距离。

(3) 代·威依斯方差曲线的斜率为 3α , 其中 α 是矿化强度的绝对弥散系数。

2. 绝对弥散系数 这是一个无量纲, 它是金属含量(即矿化强度)在空间上的变异性的直接量度。用下述三种方法都可以求出它的数值:

(1) 根据方差曲线的斜率(如上所述);

(2) 根据马特龙-威依斯公式导出;

(3) 根据马特龙提出的方差函数-方差曲线求出。

按这一系数得出的金属量衬度的范围可

*这是R.A.伯翰斯等所著《地质统计学在矿床勘探中的应用》一文中的一段, 标题是本刊加的。

构造。

薛意 译自《Геология рудных месторождений》, 1973, №6, стр.46~58
作者: И.П. 库什纳列夫等