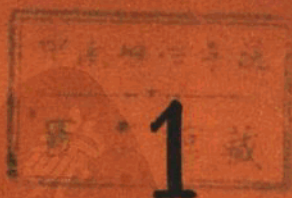


236600

国外富铁富铜地质资料

(专 辑)



地质部地质科学技术情报研究所編譯

1965年9月

編 者 的 話

为了配合国内富鉄富銅的普查勘探工作，我們編輯出版了“国外富鉄富銅地质資料專輯”。

考虑到我国具体的地质成矿特征，本專輯以报导接触交代型富鉄富銅矿床資料为主，并适当地介紹了一些其他类型的富鉄富銅矿床資料。

国外富鉄富銅地质資料專輯分两册出版，共約40余万字。本书为该專輯的第一分册，共包括論文23篇，約20余万字。其主要內容为：

- 1) 普查預測鉄、銅矿床的方法，特别是寻找盲矿的方法；
- 2) 鉄帽及次生硫化物富集的研究；
- 3) 鉄、銅矿床的勘探方法和勘探經驗。

本專輯所引用的图件都是按原图件翻印的，虽然其中地名、国名等已根据現在的情况作了些修正，但可能与現在的实际情况仍有出入，希望讀者注意。

本專輯在选题及編輯过程中得到了多方面的支持与帮助，特别是郭文魁、謝家荣、裴荣富、吳功建等同志为本專輯的选题提供了不少宝贵的意見，在此一併致謝。

由于工作人員水平有限，編輯時間短促，文中难免有不妥之处，敬請讀者批評指正。

地质部地质科学技术情报研究所編譯組

目 录

1. 接触交代型鉄矿床中隱伏矿体的形成和富集条件.....Г. А. 索科洛夫 (1)
2. 深部矽卡岩型矿床和矿体的预测及普查問題.....Г. П. 布尔杜科夫 (9)
3. 康多馬鉄矿区的矿化分带及其对普查隱伏矿床的意义.....В. А. 瓦赫魯謝夫 (22)
4. 隱伏矿体詳細地质预测的經驗 (以塔什塔哥耳矽卡岩型
鉄矿床为例)..... Г. Л. 波斯彼洛夫 (26)
5. 銅的硫化物的氧化与次生硫化物的富集.....С. А. 安得遜 (38)
6. 矿石淋滤露头与鉄帽中的异常.....Н. Е. 霍克斯等 (51)
7. 南烏拉尔不同成因褐鉄矿密度变化的某些規律.....Г. В. 塔拉索夫 (53)
8. 作为成矿作用标志的微量元素及其分配規律在金属矿床
普查勘探工作中的应用.....Л. Н. 奥夫欽尼科夫 (56)
9. 贊比亚銅矿带的地球化学普查方法..... J. S. 托姆斯等 (63)
10. 在表生带中普查隱伏矿床的某些标志..... Ю. В. 沙尔科夫 (84)
11. 紹里亚山区接触交代鉄矿床周围的原生磁鉄矿分散量及
其找矿意义.....С. С. 拉宾 (88)
12. 砷——普查矽卡岩型銅矿体的地球化学指示元素 (以中
哈薩克斯坦的薩亚克矿床为例)..... Н. П. 伊利尤申科 (91)
13. 磁鉄矿矿化带的地球化学标志..... Ю. Г. 舍斯塔科夫 (96)
14. 研究黃鉄矿型銅-多金属矿化的地球化学間接标志的經驗
.....В. Г. 特烈齐雅科夫 (99)
15. 論图里英銅矿区矽卡岩的一种新的形态类型.....Г. С. 諾尔什捷因 (102)
16. 薩亚克矽卡岩型銅矿床的勘探經驗.....Г. П. 布尔杜科夫 (107)
17. 土尔盖拗陷中接触交代鉄矿床的普查-勘探工作經驗
(摘要).....Л. Д. 托波尔科夫 (111)
18. 北烏拉尔接触交代鉄矿床的普查和勘探方法.....А. И. 烏森科 (113)
19. 巴卡尔型菱鉄矿和褐鉄矿矿床的普查勘探方法..... О. П. 謝尔盖耶夫 (117)
20. 矽卡岩型磁鉄矿矿床的形态特点及其在确定勘探网最合理
的形状和密度时的意义.....И. И. 帕斯图申科 (124)
21. 接触交代矿床中微量元素的分配規律及其在取样
工作中的意义.....Л. Н. 奥夫欽尼科夫 (131)
22. 康多馬矿床組磁鉄矿矿石中各种組分分布的某些規律性..... П. И. 拉伊斯基 (141)
23. 磁鉄矿矿床的取样方法(以烏拉尔的卡查尔矿床为例).....Н. В. 伊瓦諾夫 (145)

接触交代型鉄矿床中隱伏矿体的 形成和富集条件

Г. А. 索科洛夫

目前，苏联在扩大鉄矿基地方面的主要任务是增加富的或易选的鉄矿石的儲量。这方面最有远景的是含鉄石英岩建造，尤其是与該建造有关的富矿石。克里沃罗格和庫爾斯克磁力异常区的巨大矿层可以作为例証，这类矿层中产出有大量的优等矿石。占第二位的是接触交代型的鉄矿石建造。虽然，这种建造的富矿石总儲量少于前一类，但是，这类矿床在苏联各个地区分布却十分广泛。

在解决扩大正在开采的接触交代型鉄矿床矿石儲量的任务中，有目的、有根据地普查隱伏矿体是十分重要的。自然，上述工作也是对准备提交工业部門的矿床进行勘探时所必不可少的一个工作环节。目前苏联正在开采而矿石儲量有待扩大的矿床有：塔什尔——庫什維地区的高山矿床，勃拉哥达特等矿床；烏拉尔的磁山矿床和与其相邻的矿床；紹里亚山区的矿床（塔什塔哥耳、捷米尔塔烏等）；土尔盖构造洼地中的索科洛夫和薩尔巴伊矿床；外高加索达什克桑矿床以及許多其它矿床。

在談到整个隱伏矿体的問題时，可根据使其隱伏的地质条件将矿体划分为两类：第一类矿体产在下部构造层中。古老地台和年青地台具有这种条件。那里，矿床产在地台的前寒武紀和古生代的褶皱基底內，并由于覆盖着較厚的年青地台沉积盖层，而使基底与現代地表隔离。在这种情况下，隱伏的不是单个的矿体，而是整个矿床，甚至于是整个鉄矿区。苏联地质部門在发现隱伏矿床以及整个隱伏矿区方面取得了一定的成就。庫爾斯克磁力异常区的別尔戈罗德矿床和庫斯塔納依地区的磁鉄矿矿床就是实例。

第二类隱伏矿体是指部分出露地表，或为探矿坑道所揭露的矿床或矿田內的隱伏矿体。在这种情况下，隱伏矿体完全分布在围岩中。

决定第一类和第二类隱伏矿体的分布及其普查准则的因素是完全不同的，因此应分別对其进行論述。

为了普查第一类的隱伏矿床，必須查明具有双层构造的大区内褶皱基底的地质构造和成矿規律，至少应查明其一般特征。在这种情况下，在普查的初期阶段地球物理方法具有决定性的意义。对第二类隱伏矿床來說，必須詳細地查明矿田和矿床的构造以及围岩矿化的特点，此外，还应查明这类矿床所固有的区域矿物学和地球化学規律。

本文探討了第二类矿床和第一类中那些已經被发现、并处于一般勘探阶段或开采勘探阶段、因而整个來說已經不再是隱伏的那些矿床。

在苏联，接触交代鉄矿床主要是磁鉄矿矿床。勘探这些矿床时必须首先进行磁力測量工作。一般說來，磁异常图上可反映出矿床的分布范围和主要矿体的位置。但是它不能表

明矿床的构造细节，尤其是不能反映深部层位的构造。因此，磁力测量对寻找隐伏矿体并不是总能有所帮助的。

苏联大量的勘探工作，以及对上述矿床类型的研究，正在提供有关该类重要而又复杂的矿床的构造、成矿规律和成因特点等方面的丰富资料。同时也在积累着有关隐伏矿体的知识。

在了解有关矿床的构造和成矿规律一般特点的基础上，总结已有的有关这类矿床隐伏矿体的资料是很必要的。本文探讨了与浅成侵入体接触带有关的一些矿床，而没有涉及以南雅库特磁铁矿床为代表的、在深成条件下形成的矿床，因为有关这类矿床隐伏矿体的资料还很少。

接触交代型铁矿床的构造和这类矿床中 隐伏矿体的产出条件

接触交代型铁矿床的构造特点，包括矿体的分布、产状、形态等是在多种因素影响下造成的。其中首先应该指出的是：被交代围岩的岩性，这些岩层的产出特点，活动侵入体接触面的相对方向，侵入体的岩枝、派生体的分布和形态，侵入体中捕虏体的分布和发育情况，成矿前和成矿后岩墙分布和产状，成矿控制构造和成矿以后的构造破坏的特点以及分布等。这些因素配合形式的多样性可使矿床的构造特点有很大的不同。

碳酸盐相和硅酸盐相的数量和形态关系在这方面是最重要的一个围岩岩性特征。可以看到各种各样的情况，从碳酸盐岩石在火山成因和陆源成因的围岩中仅仅成次要的夹层和透镜体出现，直到外接接触带几乎完全由碳酸盐岩，灰岩和白云岩构成。

周围的层状岩层有时呈单斜产出，有时则构成两翼倾角不同的复杂褶皱。侵入体接触带的倾斜和周围岩层的层理或者一致，或者斜切，不过在一个矿田内这两种情况往往均可见到。侵入体呈舌状、浑圆状、棱角状以及其它侵入形态。这些不同形态侵入体的岩枝的数量取决于侵入前断裂的强度和深度。这些岩枝使接触面起伏不平。捕虏体数量的多少、规模和形态的不同可能与围岩层理及侵入体接触面的相对走向，以及在内接触带相应位置上，围岩在侵入体侵入前所发生的断块破碎的强度有关。成矿前和成矿后的岩墙的分布、规模和产状也有相当大的变化。

层间节理、层内节理、侵入体接触带中的节理、岩墙两壁的节理、角砾化带、断层缝和与之伴生的断裂带等都可成为成矿控制构造。交代矿体就是在这些不同的构造岩性条件下形成的。

在我们所研究的这类矿床中，有一些矿体还在侵蚀截面以下，或超过了详细勘探所能及的深度，这主要是由于矿体形成时成矿交代作用原来分布的位置就是隐伏的，不过也可能是成矿后断块错动而造成的。

矿田中成矿交代作用通常都发生在围岩的岩性-矿物成分和适合的构造作用二者配合得很好的地方。构造作用增加了岩石的渗透性，而这是含矿溶液活动所必需的。在谈到第一个因素，即对成矿交代作用有利的岩性-矿物成分时需要指出，从研究许多接触交代型

工业鉄矿床所取得的經驗来看，广泛流传的关于碳酸盐岩石是交代作用最有利岩石的概念需要作重大的修正。

从純化学观点来看，这个概念大体上是正确的。但是，不言而喻，在上述条件中，除了溶液与岩石相互发生化学反应外，使溶液能很容易地到达相互反应的位置也是矿体形成的一个必要条件。且不用說构造的作用，就是碳酸盐岩石在某种程度上与其它成分的岩石成互层或交替产出时，也能为溶液到达相互作用的地点創造有利的条件。此外，在互层条件下，碳酸盐岩石和硅酸盐岩石接触的总面积将大大增加，这也能促进交代作用的发育。因此，含有碳酸盐岩层及其透鏡体或夹层的火山沉积岩、陆源碎屑岩和成分复杂的岩层要比成分十分单一的碳酸盐岩对交代作用更为有利。

与此同时，統計表明，块状或是比較富的浸染状接触交代鉄矿石有时直接产在碳酸盐岩石中，有时产在成矿前就交代了碳酸盐岩石的砂卡岩內。由此就自然得出了已为实际資料充分証实的第一个結論，即在岩性多变的岩层中，由于被金属交代的碳酸盐夹层和透鏡体的尖灭，矿体也常常自然地尖灭了。这是产生隱伏矿体的原因之一。

除了岩相发生尖灭的原因外，易矿化的岩层被切断也是形成隱伏矿体的原因之一。这些岩层的发育地区有可能被成矿前的断裂构造和侵入体的岩枝和岩墙分割成一些单个的块段，然而，由于在任何情况下，矿化交代作用又都只发生在岩性上有利的，并且最初是相连的一些岩层、夹层或透鏡体内，因此就可能产生在空間上独立的矿体，其中也包括隱伏矿体。

此外，在这些岩层、夹层或透鏡体中，产生裂隙（包括显微裂隙）的构造作用，也就是增加岩石的溶液渗透性的构造作用也是很不相同的，結果就往往保存了个别的变形較弱，或者是几乎没有发生构造变形的、溶液不易到达的地段。因此在这些岩层、夹层或透鏡体中也可能出現一些孤立的矿体。这是形成隱伏矿体的另一个原因。

其次，在形成侵入体的岩浆侵入到已发生了强烈断块破碎的围岩中时，在侵入体的边部可以形成許多“同一时代的”捕虏体，其中也包括对矿化交代有利的岩石，有时候靠它們可以形成規模相当大的矿体。这些矿体在侵入体中不仅孤立产出，而且常常是隱伏的。

最后，已形成的整个矿体可能在生成后才由于强大的成矿后岩墙的切割或断距相当大的断裂的作用而分割成完全隔离的部分，其中某些矿体可能也是隱伏的。

在上述資料的基础上，根据隱伏矿体所处的构造岩性条件可作如下归納。

如果外接触带为火山沉积岩或成分复杂的火山陆源碎屑沉积岩，并且其中有碳酸盐岩石和含碳酸盐岩石的透鏡体及夹层，那么，隱伏矿体就多形成于透鏡体和夹层中。隱伏矿体有如下几种：

1. 有未出露地表的碳酸岩透鏡体和向上尖灭的岩层，它們完全产在某种程度上发生了交代蚀变的非碳酸盐岩层內。在这种情况下，相应的矿体既可以产在所勘探的层位上，也可以产在已揭露的矿体的下方（順傾向），并常常成雁行状分布，在薩尔巴伊、索科洛夫、列比亚任、塔什塔哥耳以及其它矿床中都发现了这样的矿体（图1）；

2. 矿化的碳酸盐岩层和透鏡体，它們的上部由于被交代而形成了大的矿体。这些矿体与已查明的矿体之間通常为无矿的碳酸盐岩石所隔开。薩尔巴伊、塔什塔哥耳、东列夫金矿床中就有这样的矿体；

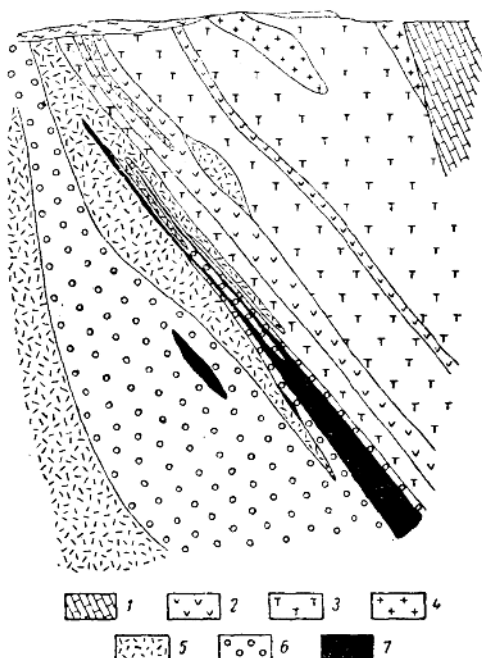


图 1 由于相变而形成的磁铁矿隐伏矿体。它们分布在玢岩和凝灰岩里向上尖灭的灰岩夹层中。这些玢岩和凝灰岩已蚀变成角岩和砂卡岩。

烏拉尔的列比亚任矿床。根据 K. П. 馬祖林和 Л. Н. 奧夫欽尼科夫的資料

1. 灰岩；2. 斜长玢岩；3. 凝灰岩；4. 正长岩；5. 角岩；6. 砂卡岩；7. 磁铁矿矿体

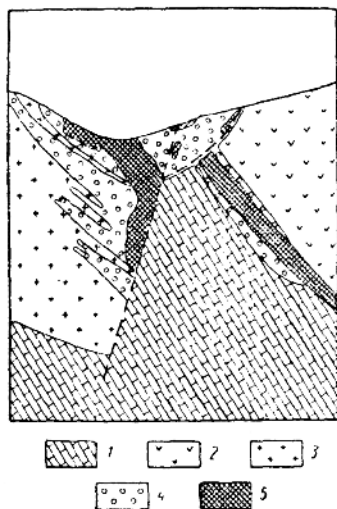


图 2 被成矿前断层所错开的灰岩岩层，其部分被交代形成了隐伏磁铁矿矿体
烏拉尔高山矿床的东列夫金矿段。图上表示成矿后构造断裂发生以前的情况。

根据 Г. А. 索科洛夫的資料

1. 灰岩；2. 玢岩和凝灰岩；3. 正长岩；4. 砂卡岩；5. 磁铁矿矿体

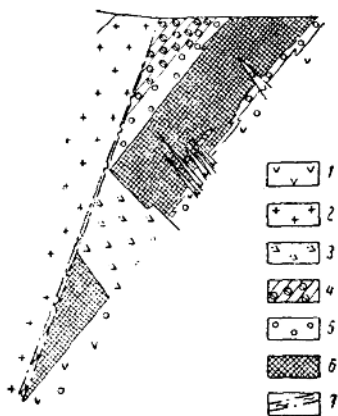


图 3 由于成矿后大的岩墙切穿了相連的矿体而形成的隐伏矿体

根据 И. Л. 科切爾金的資料

1. 閃长玢岩；2. 部分发生交代蚀变的閃长玢岩；3. 成矿后的石英閃长玢岩岩脉；4. 角岩化的层凝灰岩；5. 方柱石交代岩，輝石和石榴石砂卡岩；6. 磁铁矿矿体；7. 构造断裂带

3. 为成矿前构造断裂所隔开, 后来又发生了矿化的碳酸盐岩块 (透鏡体), 如东列夫金矿床(图 2);

4. 最初相連的、岩性有利于交代的、矿化了的岩石夹层、透鏡体或岩层。它們由于大岩枝或者成矿前岩墙的穿插而被分开了 (索科洛夫矿床中就有这样的例子)(图 3);

5. 产在已查明的矿体之下, 分布在侵入体陡傾斜犬牙状接触面附近的矿化岩层和透鏡体。它們与已查明的矿体之間为在某种程度上发生交代触变或角岩化的火山沉积岩或碳酸盐岩层所隔开。索科洛夫、磁山、塔什塔哥耳等矿床中就有这样的矿体(图 4);

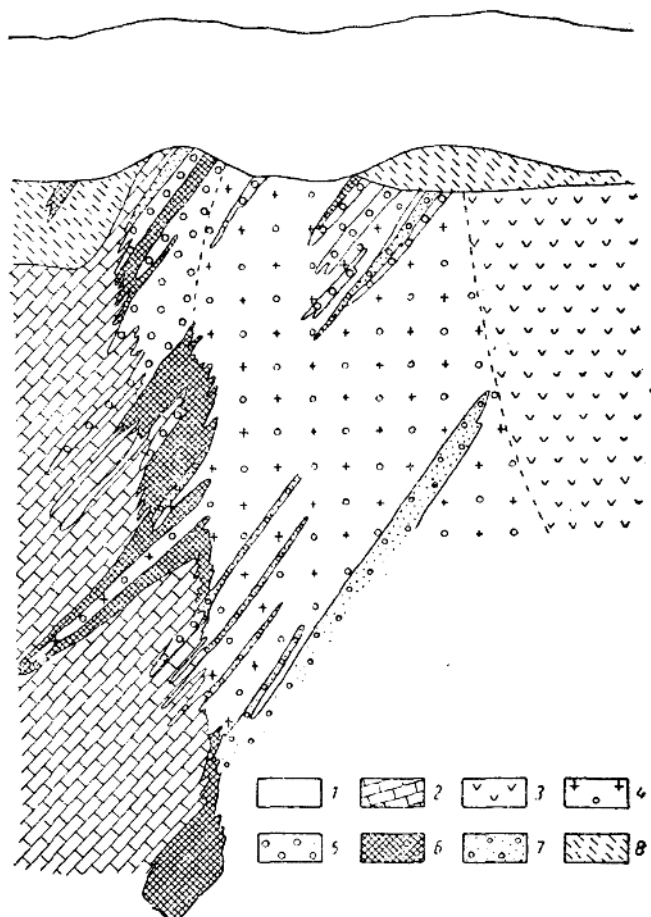


图 4 沿已查明矿体之下的陡傾斜侵入体犬牙状接触面形成的隐伏矿体

索科洛夫矿床。根据 Д. О. 奥托耶夫和索科洛夫的资料

1. 古生代以后沉积的上部构造层; 2. 灰岩; 3. 部分已交代触变的輝綠玢岩; 4. 方柱石化或砂卡岩化的閃长玢岩; 5. 方柱石化交代岩和砂卡岩; 6. 致密的磁鉄矿石; 7. 浸染的磁鉄矿石; 8. 古生代岩石的风化壳。

在个别矿区, 在未出露在现代侵蝕面或古代侵蝕面上的围岩捕虏体中形成的矿体具有重要的意义。在周围岩系傾角达 $50^{\circ}-60^{\circ}$, 但相对来说产状还是比较平缓的条件下, 捕虏体和其中的矿体多集中在侵入体内接触带十分狭窄的边缘带中。在高山矿床中就有这样的例子(图 5)。

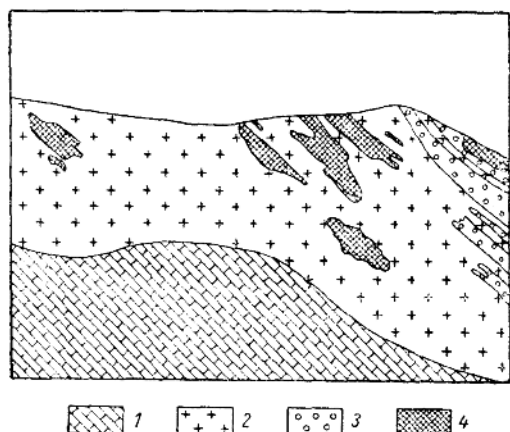


图 5 由于交代正长岩岩体边部的灰岩捕虏体而形成的隐伏矿体

烏拉尔高山矿床。根据索洛夫的资料
1. 灰岩；2. 正长岩；3. 砂卡岩；4. 磁铁矿矿体。

在围岩产状很陡，而锯齿状侵入接触面也是陡倾的条件下，往往分布有部分花岗岩化以及在某种程度上还发生了矿化的围岩捕虏体。这些捕虏体产于成楔状伸入到侵入体中的顶板岩石的延长部分中。这类矿体也可沿着围岩和侵入体接触带的总倾向产在侵入体深处的接触面附近（在塔什塔哥耳矿床中就发现有这样的矿体）。

在对地质图、剖面图和勘探过程中所编制的分层平面图以及已有物探资料进行相应分析的基础上，可以根据上述的接触交代铁矿床中隐伏矿体赋存的构造地质条件和岩性条件来制订普查盲矿体的计划。自然，这种分析的效果将取

决于有关资料的可靠性和完整程度，这些资料应当阐明围岩产状、岩相和构造、侵入体接触带的形态和方向、侵入体与矿石的相对时代、矿体周围的交代岩、成矿前和成矿后构造断裂的类型和分布等。

这里我们想顺便谈谈隐伏矿体在这类矿床中分布的可能深度。一般说来，接触交代矿床中的磁铁矿矿化的延伸深度是与接触晕圈延伸的深度是相同的。在苏联特大型的接触交代矿床——卡查尔和萨尔巴伊矿床中，侵入体的接触面是以 $40-60^\circ$ 的倾角向深处延伸的，而矿化则一直延伸到了古生代围岩的古老侵蝕面以下一千多米的深处。

在上述例子中，延伸很深的整个接触带沿其倾向都可能含矿，因此这里是有可能找到隐伏矿体的地方。一般说来，在侵入体的接触晕圈内，接触交代矿化可出现在有对矿化交代有利的岩性和构造条件的接触带内的任何地方。因此，在浅成条件下，深度并不是限定矿化分布的因素。

这里应当再次强调指出的是，当侵入体的顶面具有某些独特的构造形态特征，即当侵入体的顶部呈复杂的锯齿状，而且围岩产状很陡，并有侵入岩突入围岩中时，隐伏矿体可产在侵入体内很深的地方。它们可能是在位于含矿溶液通道上的围岩捕虏体中生成的，这类围岩捕虏体一般都在某种程度上发生了花岗岩化和交代蚀变。

因此，在含矿接触带延伸很深的矿田内，在有该带分布的不同深度上都有可能找到隐伏矿体。这里，普查钻的深度将完全取决于技术经济因素。

含矿围岩的蚀变

在接触交代型铁矿床中，围岩的矿化，或换句话说，隐伏矿体周围岩石的热液蚀变，和有利于隐伏矿体富集的岩性特征和构造地质特征一样，对整个该类矿床来说，也具有一些共有的类型，如接触角岩，各种交代岩和充填张开裂隙的蚀变产物等。

接触交代矿床中，围岩矿化作用的多样性是由于多种作用造成的，属于这类作用的有：岩浆阶段的早期角岩化作用；溶液影响下形成较晚期角岩的作用，这些溶液在相邻带中同时还引起了矽卡岩化作用；分布有规律的各种成矿前交代岩（方柱石岩，镁质或钙质矽卡岩，含水硅酸盐岩）带的形成作用；已形成矿物的分解作用以及为新矿物（含水硅酸盐和铝硅酸盐、钠长石、碳酸盐，硫化物、沸石）所交代的交代作用；与断裂构造的复活和新溶液的进入有关的晚期独立成矿作用（硫化物矿化、赤铁矿矿化等）。

由于所研究的矿床中含矿围岩蚀变类型极为多样，因此我们仅概括地介绍一些最典型的情况。按照我们所分出的接触交代型铁矿床的三个主要亚类（方柱石亚类、矽卡岩亚类和含水硅酸盐亚类）来阐述这一问题是比較方便的。这里必须注意的是，在自然界中还可以见到介于上述三种类型之间的各种过渡类型，它们或是遍布于整个矿床，或是只出现在矿床的个别部位中。

在方柱石亚类中，在某种程度上可能已发生了角岩化的侵入岩或火山岩的蚀变表现为生成含大量方柱石的方柱石交代岩。这种交代岩还含有透辉石、后成钠长石，阳起石、绿泥石和特征性矿物——沸石。钠长石和沸石常常完全交代了较早期的矿物。在矿体周围的方柱石交代岩及其含钠长石——沸石的类似岩石中常含有浸染状的磁铁矿（含少量钛铁矿）。在纯方柱石亚类中（在矿床边部）以及在过渡型亚类内（包括在矿体附近）还可能少量的石榴石。这一亚类中的富矿石是由于直接交代灰岩而生成的。在这种情况下，在矿体附近的灰岩中往往也出现轻微的矿化，生成阳起石，有时还生成硅灰石、绿泥石和硫化物。

在矽卡岩亚类中围岩蚀变极为多样。正常角岩——暗色普通角闪石角岩、黑云母角岩和其它含细粒分散点状磁铁矿的角岩等亦属这一类型。在矽卡岩附近发育的特殊角岩（如在磁铁矿熔解时由正常角岩转生的，并产生了褪色现象的透辉石-钠长石角岩或透辉石-钾长石角岩）具有十分重要的意义。Л.С. 柯尔仁斯基指出，应将这类角岩单独分出，因为这些角岩的出现说明附近有矿体存在。

矽卡岩亚类的围岩蚀变常造成各种矽卡岩。在直接邻近矿体的地方，矽卡岩的特点是，其内常出现有明显的或甚至是多量的后矽卡岩矿物：绿泥石、蛇纹石、碳酸盐、硫化物等。在这一亚类中磁铁矿矿石是通过交代矽卡岩或通过直接交代碳酸盐岩而形成的。在同矿体的接触处，碳酸盐岩通常具有一些由斑点状或细脉浸染状的绿泥石以及硫化物转生的磁铁矿和赤铁矿微粒所形成的窄带。

在水硅酸盐亚类内，代替矽卡岩矿物的是含水硅酸盐矿物：阳起石、绿帘石、葡萄石、绿泥石、蛇纹石。在矿体周围的交代岩中也出现了硫化物的矿化，某些地方为钴的硫化物。在矿体接触带中的原生碳酸盐中出现有在矽卡岩亚类中所见到的相类似的矿化。有时，在原生的灰岩或白云岩中还生成了交代成因的铁白云石型的钙-镁-铁碳酸盐矿物。为接触交代铁矿床矿化围岩所特有的上述矿物共生组合也是寻找盲矿体的矿物指示标志。

综合地利用有关的构造和岩性资料以及矿物标志是普查接触交代型铁矿床中隐伏矿体的基本准则。本文所综合的资料在苏联勘探这类矿床的实际工作中已经为人们所考虑和应用。下述工作均可作为在接触交代型矿床中探明隐伏矿体的成功例证：近年来在乌拉尔高山矿田中所进行的普查勘探工作和开发勘探工作；在磁山附近的高山矿床上进行的专门性

普查勘探工作；在勘探紹里亚山区矿床时所进行的隐伏矿体的普查；在庫斯塔納依地区勘探磁鉄矿矿床的过程中所进行的隐伏矿体的普查等。

但是，綜合地利用普查标志，有目的地寻找隐伏矿体的工作在許多矿区中开展的还远远不够。今后必須进一步加强和大力推动这方面的工作。同时还必須繼續深入地研究接触交代型矿床中隐伏矿体的形成条件和普查标志。目前，地球化学标志研究得尤其不够。

本文譯自：《Вопросы изучения и методы поисков скрытого
оруденения》，1963, 118—130。

銛 石 长 虹译

深部矽卡岩型矿床和矿体的 预测及普查问题

Г. П. 布尔杜科夫

本文对大量的实际资料进行了地质构造和成矿规律分析，并在此基础上确立了在中哈萨克斯坦某一铜矿区普查深部矽卡岩矿体和矿床的基本预测准则。

现在，当苏联大片地区都已进行了系统的、相当详细的地质测量和普查工作时，想要通过查明和勘探某几个直接出露地表的大型矿床来扩大矿物原料储量的可能性就愈来愈小了。因此，普查和勘探深部（“盲”）矿体和矿床，尤其是在开采的地区或准备开采的地区进行这项工作，已成为当前地质工作中最迫切的任务。这是一个极复杂的任务，应当通过对所研究的矿区已经积累的地质、地质构造、地球化学和地球物理资料的仔细全面地综合分析来解决。在预测和普查“盲”矿床的工作中，第一阶段的任务，也是最重要的任务，主要是研究区域成矿及矿体的空间分布规律，查明控制矿化的岩浆、构造和岩性因素。此外，查明该地区所有沉积组合中成矿作用及其伴生作用的性质与形式也是很有意义的，因为它可以为查明“盲”矿床指出间接的预测-普查标志。

从普通地质、地质构造和成矿规律的角度全面地分析大量的实际资料，就可查明上述矽卡岩铜矿区中矿床在空间上分布的主要客观规律，并为查明矽卡岩“盲”矿体提供可靠的预测和普查标志，从而可以根本改变该矿区已有的地质-经济评价。

区域地质和构造

上述矿床分布的地区是一巨大的、构造复杂的向斜。该向斜由很厚的维宪期喷出-沉积岩岩层构成。向斜中部有花岗岩长岩的侵入。结果，在接触和热液蚀变的广大地带内形成了具工业价值的铜矿床和大量的矿点，以及与其伴生的稀有金属和贵金属矿床和矿点。

组成该区地质构造的有：早石炭世维宪期(C_{1v})的凝灰-碎屑岩和碳酸岩、中石炭世(C_2)的喷发岩、切穿上二者的中石炭世后期的花岗岩类(C_2 的 γ 和 $\gamma\delta$)，以及由它派生的大量脉岩等。

第三纪和现代沉积物的厚度通常不超过 1—1.5 米。

早石炭世维宪期地层(C_{1v})

维宪期地层不整合地盖在下伏的、经过变动和剥蚀的寒武纪到多内昔期(G_1)的地层之上。其代表性剖面如下：

1. 下部火山-碎屑岩岩层 由细粒到粗粒的复矿砂岩、少量长石砂岩、酸性和中性成

分的砂泥质凝灰岩、砾岩和石英钠长斑岩等岩层的互层构成。在这些碎屑岩层中夹有少数灰岩层和钙质砂岩层，以及含钛-磁铁矿的砂岩扁豆体。

岩层厚达 1500 米。

2. 碳酸盐岩层 它直接产于下部火山-碎屑岩岩层之上，后者含有很多维宪期化石——腕足类和海百合。

该岩层进一步划分如下：

(1) 下部灰岩层（分布不均匀，常为扁豆体，并时常尖灭），厚达 5—7 米；

(2) 酸性成分的砂泥质凝灰岩层，厚 28—35 米；

(3) 由灰岩、钙质砂岩和砂岩层及其扁豆体所组成的互层，厚 25—30 米；

(4) 暗灰色厚板状细粒结晶灰岩的厚层，局部含砾青，厚 40—70 米，在该区的东北部厚达 120 米；

(5) 含有砂泥质凝灰岩和灰岩夹层的砂岩层，厚 15—20 米；

(6) 灰岩层，厚达 15—18 米，走向与倾向均不稳定。

碳酸盐岩层的总厚度达 180—200 米。

主要的、具有工业价值的砂卡岩矿床均产于碳酸盐岩层分布地区。

3. 上部凝灰-碎屑岩岩层，其下部具有以酸性成分为主的致密砂泥质凝灰岩，向上则为与砾岩和凝灰岩成互层产出的各种粒度的复矿砂岩。由于维宪期后的侵蚀截面的深度不同，东部岩层的厚度约在 150—200 米，而在西部达 700—800 米。

维宪期地层的总厚度为 2500 米。

组成维宪期地层的各类主要岩石的化学成分列于表 1。

表 1

造岩氧化物	含 量 %					
	凝 灰 岩	砂 岩	灰 岩	灰 岩	灰 岩	灰 岩
SiO ₂	55.50	76.47	72.59	62.19	1.62	5.38
TiO ₂	0.44	0.17	0.10	0.23	—	—
Al ₂ O ₃	21.30	11.84	12.62	14.19	0.40	1.63
Fe ₂ O ₃	0.85	0.28	0.96	2.91	0.10	0.30
FeO	2.73	1.14	0.78	2.92	痕量	0.07
MnO	—	0.02	0.08	0.11	痕量	痕量
MgO	3.67	0.29	0.37	1.72	0.30	0.22
CaO	3.49	1.59	4.05	7.25	54.55	51/31
Na ₂ O	3.33	5.74	2.11	2.41	—	—
K ₂ O	7.32	1.63	4.30	4.35	—	—
P ₂ O ₅	0.05	0.06	0.06	0.10	0.01	0.05
烧失量	—	—	—	—	42.74	39.77
H ₂ O	0.34	0.20	0.36	0.04	0.15	0.08
	99.92	99.30	99.52	99.45	99.87	98.86

由上表可见，灰岩中含 CaCO₃ 92—97%，砂岩和凝灰岩是极酸性的岩石，含二氧化硅达 70—76%，氧化铝达 15—20%，硷性物质 6—12%，即这两类岩石在化学性质上截然相反，因而在岩浆期后作用中起的反应也不相同。

中石炭紀的輝石-角閃玢岩及其火山碎屑岩几乎是水平地產在維完期地層的錯動和剝蝕面上，有時底部還有基底礫岩。但是，它們只在由維完期岩層所構成的向斜傾伏最大的部位才保存下來，其厚度不超過 300 米。

褶皺構造

維完期地層被擠壓成兩條平行的向斜，從東向西和北西延伸 60 公里，中間為一背斜隆起所隔開，該背斜在該區的東部和西部表現明顯，而在中部則比較平緩。這幾條主要的褶皺決定着褶皺構造的總面貌，它們的軸向在東部為近東西向，往西則轉為北西向（ 310° — 320° ）。

兩翼岩層的傾角從 15° — 20° 到 50° — 60° 不等，很少達 70° 。

在這些褶皺構造中，還可以明顯地分出一些次級褶皺，其軸向在東部為近南北向，在西部為北東向，與一級褶皺軸相垂直，並向一級褶皺構造的中部傾伏，傾伏角為 15° — 20° 到 40° 。這些褶皺在成因上與近南北向和北西向的逆-逆掩斷層有密切的關係，這在主要礦床的分布地區是十分明顯的。

侵入火山活動

侵入岩在現代侵蝕面上表現為兩個很大的花崗岩岩體，但它們肯定在淺處就相連成了一個侵入體，該岩體順東西和北西向延伸，產在中央背斜區內。侵入體頂面相當平緩地（傾角 20° — 40° ）向被侵入的地層方向傾伏。因此，這裡為接觸交代礦床及其伴生的金屬礦床的形成創造了有利的構造-地質環境：碳酸鹽岩層中的灰岩是成礦的岩性控制因素，它們呈閉合環狀包圍着成礦侵入體，並向侵入體的頂面方向傾斜，而在大多數情況下，在不超過 500—700 米的深處其傾向即轉為與侵入體頂面的傾斜方向一致。

在礦田的東部和東北部發現了一些不大的侵入體，它們大部分呈近南北向和北西向延伸。這些侵入體多產於逆掩斷層帶中，當它們的成分、岩性特點及與其伴生的岩脈和礦體與主要侵入體的成分、岩性特點、伴生的岩脈和礦體相似時，就可以認為它們是主要侵入體的側枝。

根據岩石化學成分，侵入岩中可以分出黑雲母花崗岩、花崗閃長岩及成分與英閃岩相近的石英閃長岩。石英閃長岩往往組成不大的侵入體或大侵入體的邊緣部分，它是侵入體的邊緣相，呈玫瑰紅-灰色或淡灰色，為粗粒或中粒，常具斑狀結構、花崗結構，局部為變余結構或斑狀結構。

岩石的成分為：石英（在石英閃長岩中占 16%，花崗閃長岩中占 25%）、斜長石（從更長石-中長石到鈉長石，占 30—48%）、鉀長石（主要為微紋長石和正長石，占 14—25%）、黑雲母和角閃石（數量大致相等，大部分已蝕變成綠泥石）、綠帘石和碳酸鹽（20—15%）。付礦物有：磷灰石、榍石、鈾石、磁鐵礦和鈦磁鐵礦。

分布最廣的花崗閃長岩和石英閃長岩的化學成分及其數據特征列於表 2。

與侵入體伴生的大量岩牆群，具有明顯的二分脈岩的特點，它們主要是各種成分的玢岩。根據許多資料來看，很特殊的是，同一成分的岩脈時代十分相近，但走向不很一致，如在東部的岩牆主要走向北東（ 40° — 50° ），在中部——接近於南北（ 0° — 30° ），而在西部，

表 2

造岩氧化物	花崗閃長岩		石 英 閃 長 岩	
	化学分析数据	数 据 特 征	化学分析数据	数 据 特 征
SiO ₂	69.44	S=78.6	65.90	S=77.40
TiO ₂	0.40	a=9.4	0.91	a=9.50
Al ₂ O ₃	15.66	c=3.6	11.62	c=3.20
Fe ₂ O ₃	0.90	B=8.2	2.40	B=9.90
FeO	2.03	a'=31.4	3.50	
MnO	0.03	t=33.8	0.58	
MgO	1.72	m'=34.7	2.24	
CaO	3.00		4.50	
Na ₂ O	3.24		1.90	
K ₂ O	3.34		3.59	
P ₂ O ₅	0.14		0.25	
SO ₃	0.45		1.34	
H ₂ O	0.20		0.46	
烧失量	0.84		1.27	
	100.39		99.97	

则为北西(300°—315°),因而形成了一扇形系统,仅有一些较年青的岩墙不包括在此系统之内。岩墙的主要倾向在东部为南东,在西部为北东,倾角70°—85°。

岩墙通常组成一些岩墙群或岩墙田聚集在侵入体的内部和外接触带的构造破碎地段,同时也分布在接触带两侧2—5公里的范围内。

组成岩墙的岩石为闪长玢岩和石英闪长玢岩、斜长煌斑岩、辉绿玢岩和微晶闪长岩。

二分脉岩的侵入顺序在一般情况下是与矽度的增高相一致的。但走向北西的一组闪长玢岩(?)质岩墙属于例外,它们穿过了其他的岩墙、砂卡岩体和矿体。岩墙的厚度从几厘米到3—5米不等,很少达15米,其长度从数百米到2—3公里。

根据岩墙与砂卡岩和成矿作用的关系,可将其分为砂卡岩以前的、成矿后的、成矿期的三种岩墙,而以成矿后的岩墙最为发育。

断 裂 构 造

在矿田范围内断裂构造主要有三组:

1. 逆-逆掩断层,它发育在该区的东部和东北部。这些断裂是在东西向水平挤压力的影响下形成的,而该挤压发生在主要的褶皱构造形成之后。构成向斜两翼的次级褶皱与这些运动有密切的关系。从形态上来看,这些逆-逆掩断层的断距不大,向东和南东呈陡倾斜,局部垂直,甚至倒转,而且断裂带中岩石破碎强烈,裂隙广泛发育。这些断裂被岩株状侵入体所充填,而在侵入体侵入以后,又不止一次地复活并被某种含矿的热液所充填。

2. 旋转断层在矿田范围内分布最广。它们构成了一个复杂的断裂系统,从南向北东(在矿田的东部),向北(在中部)和向北西(在西部)呈扇形散开。断裂明显地切穿和错动了维宪期和中石炭纪岩层、侵入岩和逆-逆掩断层。各断层的断距沿走向方向逐渐加大,如延伸10—15公里,断距就从0加大到2.5—3公里(根据等高线计算的)。从形态上看,断裂在平面上呈曲线或弓形,北东向的断裂向南东呈陡倾斜,而北西向的则向南西倾斜。

大断裂常伴有更高级的断裂，它们的走向是一致的，而断距则沿着走向逐渐变小到数百米、数十米、甚至几米。

大的岩墙田、矽卡岩带和大量的热液-变质岩脉和矿体多产在旋转断层体系中。

3. 张性断裂在该区内分布也相当广泛。对于上述断裂系统来说，它们既不是羽毛状断裂，也不是伴生断裂，而是和旋转断层系统一样，在平面上成扇形分布的独立的断裂系统。这些断裂的主要走向与旋转断层走向相比，顺时针方向相差 $10^{\circ}-15^{\circ}$ ，断面倾角为 $70^{\circ}-80^{\circ}$ 。这组断裂在侵入岩和旋转断层区的构造弱化带中分布最广。

张性断裂的形成时间比逆-逆掩断层要晚，可能比旋转断层亦晚。这组断裂乃是晚期构造活动的结果、这期构造活动强度不大，并没有使物质发生重大的迁移，而只是沿先形成的断裂造成了一些较小的平移断层。这些张性断裂控制了大部分的岩墙和磁铁矿透镜体的分布。

至于断裂构造出现的其他形式，由于其分布局限，对于我们所研究的问题没有很大价值。

变 质 作 用

侵入作用及与其有关的热液活动使围岩发生了各种各样的，并且是规模极大的蚀变。这些蚀变具有特殊的意义，因为它们如不是在成矿作用前发生，便是与成矿作用同时发生的，所以是直接的普查和勘探标志。蚀变岩石的基本类型如下：

1. **接触角岩**：发育在侵入体与石炭纪灰岩的接触带上，是侵入体热力作用和双交代作用的产物。它们形成了一狭窄的硅灰石-钙铝榴石-方解石岩的接触晕，随着远离接触带，这些岩石逐渐为大理岩所代替，再远些即过渡为未蚀变的灰岩。这类蚀变现象在灰岩与花岗岩岩类直接接触，而且未受到侵入期后断裂破坏的地方均可见到。这里常见的金属矿物为赤铁矿，很少见到硫化物。

2. **矽卡岩和变矽卡岩**：它是矿田中大部分工业矿床的近矿围岩，甚至是和矿体直接接触的围岩。与接触角岩的区别是它们常常聚集在局部地方，如在碳酸盐岩层的灰岩中形成一些特殊的岩结，一般向侵入体接触线西侧的延展距离达2—3公里。矽卡岩岩结和个别矽卡岩化现象主要分布在旋转断层及更高级的羽毛状断裂附近。

矽卡岩分布地区通常都发育有许多岩墙。矽卡岩体的形态完全取决于褶皱与旋转断层之间的关系、侵入接触带以及每个矿床所特有的局部构造因素。通常，矽卡岩都形成大的（沿走向和倾向延伸数百米到二、三公里）层状体，整个地交代了碳酸盐岩层中的灰岩。

根据成分，可分为石榴石矽卡岩和辉石-石榴石矽卡岩，其中还可分出含铁低的和含铁高的亚类，以及含绿帘石、阳起石、绿泥石、方解石、石英的更为复杂的变种。一般含铁高的和成分复杂的矽卡岩发育在构造变动最大的地段，通常这种矽卡岩或者含有具工业价值的矿体，或者是直接与具工业价值的矿体相连接。

变矽卡岩发育在矽卡岩岩田的边缘，离侵入体接触带最远。它们为阳起石岩、绿泥石岩、阳起石-绿泥石岩，经常含有方解石、绿帘石和石英。具有工业价值的矿体在这里正如在矽卡岩中一样，分布在成分复杂的各种岩石中。纯阳起石岩或纯绿泥石岩实际是不含矿

的。

矽卡岩和变矽卡岩的复杂的化学成分、它们的地质位置、重要的外矽卡岩带或其它与硅酸盐岩石（花岗岩类、砂岩、凝灰岩）的矽卡岩相接触的蚀变带的缺少等，均表明，与其说它们是反应-双交代成因的，倒不如说它们是气成-热液交代成因的。

3. 角岩：它与接触角岩不同，这个术语应理解为各种气成和热液蚀变的硅酸盐岩石。这些蚀变为硅化、绿泥石化和绿帘石化，经常与之相伴出现的还有大量的斧石和微弱的金属矿化。角岩化发生在矽卡岩化的晚期阶段，钾和硼的交代作用期以及石英-硫化物阶段。属于角岩类的有由长石砂岩、花岗岩类和玢岩类变来的钾长石岩（Калишпатозит），由凝灰岩和少数情况下由砂岩和玢岩变来的变安山岩，黑云母-葡萄石岩和绿帘石岩等。所有这些岩石在目前的技术条件下在野外是很容易辨认的。

角岩多半产在出现有矽卡岩的地质构造中，但是其分布面积无论是在平面上，还是在垂直剖面中均比矽卡岩要广得多。它们不仅可以作为很可靠的普查-预测标志，而且可以说明本区在侵入期后发生过强烈的成矿作用。

4. 云英岩：在侵入岩中特别发育，但是在与侵入体接触带直接相邻的角岩化了的石英-长石砂岩中却很少。石英-电气石云英岩分布最广，它们形成了复杂的分枝状的脉体，在走向上延伸数十厘米到数百米，厚1—2米。岩脉接触带中围岩的钾长石化强烈。云英岩中经常产有晚期的钼-铜矿化。

从云英岩生成的时间上看，它应属钾和硼的交代阶段，即在沉积岩层中生成钾长石和斧石的阶段。

由此可见，在矿田范围内存在有同一岩浆期后气成-热液作用的三种不同形式，这三种形式是由于围岩的特点和化学成分存在根本差别所造成的，如矽卡岩产在灰岩中、角岩产在凝灰-碎屑岩中、而云英岩则产在花岗岩类的岩石内。

矿石及其空间分布规律

所有热液蚀变岩石均在不同程度上产有金属矿化，但是目前查明，只在矽卡岩中才聚集大量的富矿石，这些富矿石形成了工业矿床。

矿床中的矿石有两种基本类型：含铜磁铁矿矿石和硫化矿石。

1. 含铜磁铁矿矿石分布在与侵入体接触线直接邻近的地区内，离接触线一般不超过300—400米，这说明在成矿作用早期铁的迁移能力可能很差。由磁铁矿、黄铜矿、斑铜矿组成的这些矿石构成了透镜状和巢状的交代体。磁铁矿常常形成明显的石榴石假象，而黄铜矿和斑铜矿则是沿裂隙和破碎带形成浸染-细脉状构造，并与石英、方解石、绿泥石和绿帘石伴生。含铜磁铁矿矿体大小为：沿走向延伸100—120米，沿倾向延伸180—200米，厚10—15米。在构造方面，磁铁矿透镜体受张性裂隙、部分层状和似层状裂隙以及岩墙接触带的控制。在各种构造单元相交接的地方，常常形成形状复杂的巢状矿体。

矿石的特点是铜和铁的含量高，并且很易富选，因此是很有价值的冶金工业用的铁-铜原料。

2. 细脉-浸染型硫化矿石分布在各类矽卡岩和变矽卡岩中、含铜磁铁矿矿体中；少量