

岩金矿床 含矿构造及围岩蚀变

戴安周 编

一九九〇·西安

戴安周
编
PDG

岩金矿床含矿构造及围岩蚀变

戴安周 编

前 言

人类利用黄金这种最宝贵的金属已有五千多年历史，起初用于艺术品和珠宝首饰，后来主要用于铸造货币，现在已用于工业方面。自七十年代以来，由于黄金售价不断上涨的影响，世界各国多次掀起了对金的找矿、勘查、评价和研究热潮，进而促进了金矿地质工作的发展。我国金矿地质勘查工作自1975年以来一直处于持续稳定发展之中，同时也推动了金矿地质科学研究工作，各种专业会议和各类地质刊物上，交流和发表了许多地质找矿成果和论文，同时也出版不少金矿地质专集和译文集。整个金矿勘查和金矿科研均取得了较大的成绩。

为了加快金矿勘查、科研步伐，更多地寻找并探明可供矿山建设利用的金矿储量，确保黄金生产持续稳定发展，实现“七五”末储量、产量翻番的目标，编者根据自己近年来在一些单位讲课手稿和近期收集的国内外大量金矿床地质资料，经系统整理编集成《岩金矿床含矿构造及围岩蚀变》一书，供从事教学、科研和野外金矿地质勘查的广大地质人员参考。

本书下篇承陕西地矿局顾问、前总工程师、正高工阎廉泉进行了审查和修改，李四森工程师对全书进行技术编辑，在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限，错漏之处难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

一九八八年十一月

目 录

第一篇 岩金矿床含矿构造

第一章 概述	1
第一节 研究岩金矿床含矿构造的意义	1
第二节 含矿构造与含矿区构造	1
第三节 含矿构造研究现状	2
第二章 小型构造控矿	4
第一节 节理构造控矿	4
第二节 劈理构造控矿	11
第三章 褶皱构造控矿	14
第一节 研究褶皱构造的意义	14
第二节 褶皱构造	14
第三节 褶皱形成过程的应力分析	20
第四节 褶皱构造控矿	22
第五节 岩金矿床实例	25
第四章 断层构造控矿	35
第一节 研究断层构造的意义	35
第二节 断层(断裂)构造	35
第三节 断层构造的控矿性	42
第四节 岩金矿床实例	47
第五章 侵入岩体构造控矿	67
第一节 研究侵入岩体构造的意义和作用	67
第二节 侵入岩体的分布规律	67
第三节 侵入岩体的构造	68
第四节 侵入岩体的控矿构造	69
第五节 侵入岩体内金矿床实例	73
第六章 火山岩体构造控矿	87
第一节 火山作用	87
第二节 火山岩构造控矿	90
第三节 火山岩构造控矿金矿床实例	92
第七章 世界典型岩金矿床区域地质构造背景	105
第一节 加拿大海姆洛地区	105
第二节 加拿大阿比提比绿岩带	106
第三节 加拿大科迪勒拉地槽带	108

第四节	西澳卡尔古利地区	110
第五节	南澳奥林匹克坝地区	115
第六节	美国利德地区	117
第七节	苏联穆龙套地区	119
第八节	多米尼加老村庄地区	121
第九节	巴西绿岩带金矿集中地区	124

第二篇 岩金矿床围岩蚀变及物质组成

第一章 岩金矿床分类	133
第一节 岩金矿床形成的一般特征	133
第二节 岩金矿床形成的基本条件	135
第三节 岩金矿床的成矿作用	142
第四节 岩金矿床的分类	145
第二章 岩金矿床围岩蚀变	152
第一节 基本概念	152
第二节 矿物的蚀变	152
第三节 围岩蚀变类型	154
第四节 不同围岩蚀变的基本规律	158
第五节 国外金矿床围岩蚀变特征	160
第六节 我国一些金矿床围岩蚀变特征	165
第三章 岩金矿床的主要伴生元素	175
第一节 I族元素中的 H.Li.Na.K.Rb.Cs.Cu.Ag	175
第二节 II族元素中的 Be.Mg.Ca.Sr.Ba.Ra.Zn.Cd.Hg	176
第三节 III族元素中的 B.Al.Th.U	178
第四节 IV族元素中的 C.Si.Pb	179
第五节 V族元素中的 As.Sb.Bi	180
第六节 VI族元素中的 S.Se.Te.Mo.W	183
第七节 VII族元素中的 F、Cl、Mn	185
第八节 VIII族元素中的 Fe	186
第九节 我国岩金矿床中的伴生元素	186
第十节 岩金矿床中的金银比值	192
第四章 岩金矿床中的伴生矿物	200
第一节 自然元素矿物	200
第二节 脉石矿物	201
第三节 金属矿物	207
第四节 我国几个岩金矿床中的伴生矿物	211
第五章 岩金矿床的氧化与次生富集	223
第一节 岩金矿床氧化的一般原理	223
第二节 岩金矿床氧化富集的实例	227

第六章 岩金矿床的金矿物及含金矿物	235
第一节 金矿物	235
第二节 主要含金矿物	239
主要参考资料	244

第一章 概 述

第一节 研究岩金矿床含矿构造的意义

岩金矿床含矿构造，是指与岩金矿床形成及改造有关的地质构造，也就是研究地质构造直接或间接控制岩金矿床的成矿作用在时间上和空间上的分布规律，矿体的赋存部位、形态及产状、矿体的变形改造，及其富集规律等。有些地质学家，把研究与矿产有关的地质构造学称为“成矿构造学”。成矿构造学是以找矿勘探矿床为重点，它是运用构造地质学原理，研究不同级别的地质构造对矿床形成及其时空的控制关系，是直接服务于地质找矿工作的一门学科。形成并存在于地壳中的各种矿产，特别是岩金矿床（矿体），明显地受着地质构造的严格控制。这种对岩金矿床的控制，主要表现在两个方面，一是对岩金矿床形成的控制，二是对矿床中矿体产状的控制。这两方面的控制在脉型金矿床中十分明显。因此对含矿构造的研究，对岩金矿床的普查和勘探都是十分重要的，找金矿必须要查清它的地质构造特征。

第二节 含矿构造与含矿区构造

控制岩金矿床形成的地质因素颇多，主要的有三种，即岩浆因素、岩性因素及构造因素。这三者在岩金矿床形成中是互为配合的。首先要有含矿溶液，是三因素中的基础。有了含矿溶液之后，还需要把含矿溶液从原地运到沉积地方的通道，这就要靠“导矿构造”。含金矿液的沉淀条件，固然决定温度、压力、以及矿液的浓度等物化条件，具体沉淀的位置，又要依赖于有利的空间，这就是“容矿构造”。在许多岩金矿床中，常见到一个矿体的大小，矿石含金品位高低，都决定于容矿构造的优劣。容矿构造的优劣与岩石的物性又有着密切关系。有些岩金矿床与一定岩性层位也有着密切的关系，所以有些金矿工作者称之为“含金层位”，或称“层控矿床”。

含矿构造按构造规模大小，可划分为大、中、小三级。大型构造，一般是指构造区和构造系。中型构造，是指具体的褶皱或断层（断裂）。小型构造是指节理和劈理。岩金矿在不同的构造区内，其特征是不完全一致的。它没有小型构造和中型构造对金矿形成的位置及产状的影响那么直接和明显。但要查清中、小型构造，还必须研究其与大型构造的内在联系，这样才能更深刻的了解构造对金矿的控制作用。

含矿区构造是指其中广泛分布有同一类型（即成矿时代、构造特点等方面有关系）的成矿现象的某些地段。按其分布范围也可划分为大、中、小三级，每一级还可细分几个次级。地质工作者常将其划分为：

矿柱构造

矿体构造

矿床构造

矿区构造

矿田构造

矿带构造

矿柱构造：矿柱是指矿体中厚度比其他部分特大，质量特高（品位特富）地段，形态为柱状、透镜状、或巢状。

矿体构造：矿体是矿床中具有工业矿石分布地段，如单矿脉、网状矿脉及复脉，以及平行矿脉等。

矿床构造：一般岩金矿是由一个或多个同一成因类型（如热液成因）或同一形态类型（如脉状）的金矿体所组成。脉金矿床一般是由一个“脉组”、“脉”构成一个矿床，也有由一条脉体组成一个矿床。在某些岩金矿床中，也有由同一成因类型不同形态的矿体组成。

矿区构造：一个区内通常包括许多个时代、成因、构造特点、类型方面有共性的矿床和矿化点。

矿田构造：矿田是由一个或者多个在构造上有联系的矿区所组成。

矿带构造：矿带是指那些呈狭长带状的含矿区，也有叫构造成矿带（也可叫成矿区），一般一个矿带是由多个矿田所构成，其范围一般相当于一个一级大地构造区的一部分。如果矿带范围过大，可以划分成几个成矿亚带。有些成矿带相当于成矿省，也呈狭长带状，特称为“成矿带”，成矿省（带）是最大的含矿区，其范围一般相当于一个或几个一级大地构造区。这种成矿带也称“区域成矿带”。范围特大时可称为“全球性成矿带”，按发展特点可划出几个成矿亚带。一个成矿省（带），是由许多成矿区组成。

含矿构造与含矿区构造有着密切的关系，因为任何一级的含矿区里面都包含有各种性质和类型的大小含矿构造，必然具有的一定大地构造发展史，占有一定大地构造部位，属于一定性质和类型的构造区。因而必然具有一定性质和类型的成矿大地构造条件和矿产的富集和分布规律。

第三节 含矿构造研究现状

当前，世界各国对含矿构造的研究，总起来有二种情况：一种是偏重对个别矿田、矿床和个别构造的研究，而结合大区构造进行研究较少，其结果造成了个别现象的研究，而忽视了与面上的结合研究，使一些研究成果只适宜研究的矿床。另一种是过于偏重大区含矿构造的研究，忽视对具体含矿构造的研究，也不解决具体问题。我国构造地质研究工作者，已注意到这两种情况相结合的研究，对指导找矿勘探起到了积极地作用。我国研究含矿构造的发展方向，应该是密切联系地质找矿的需要，把小区域的具体问题深入观察、细致研究，同区域性问题的综合研究与理论分析紧密结合起来，采用中小型构造同大型构造相结合，把历史分析同应力分析相结合，才能解决实际问题 and 理论的提高。在研究方法上，还应遵循下列几条基本原则：

一是要把各种含矿控制因素相结合的原则，控别岩金矿形成的地质因素是多方面的，主要为岩浆因素、构造因素及岩性因素。这三因素是相互有联系的，只是在具体矿床中有所差异。因此，在研究含矿构造时，虽然以构造因素研究为主要对象，但也要兼顾其他二因素，综合考虑，把三种因素结合起来研究，才能较正确地解决实际问题。这一原则对研究各型含

矿构造都是重要的。在对中小型构造研究中，既要观察构造本身特征，同时对矿化与构造活动的关系，含矿围岩的影响，也应注意。研究大构造也应是一样的。

二是要把各级含矿构造相结合的原则。各级含矿构造都是相互密切联系的。大型构造研究内容，一般包括沉积作用、岩浆作用、变质作用及构造变动等控矿条件，为进一步探究成矿的物质来源、历史背景、区域环境、产出状态，以至金矿在时空分布规律等提供依据。这些都是找岩金矿工作中所需要了解的。当然，大型构造的特点，必须在中小型构造研究的基础上来进行分析。中小构造则是直接控制矿床的位置及矿体产状的重要构造因素，虽然这很重要，但不与大型构造联系进行研究和分析，就不能了解中小构造所处位置。就不好推测相邻构造的特点。以及在寻找盲矿方面就会失去方向。

三是要把时间和空间相结合进行研究的原则。各级含矿构造与矿化的时间关系，一般可划分为三个大的阶段，即成矿前构造、成矿期构造及成矿后构造。金矿工作者，通常还把成矿期构造细分出几个小阶段，以便深入研究金矿化特征。成矿前和成矿期构造，它控制着矿液的运移通道和沉淀位置，以及矿体的形态和产状。它与金矿形成关系密切。成矿后构造则大多数可使矿体、矿层受到改造、破坏，甚致断失。在矿体氧化带有时可使金富集。对起断失作用的断层构造，研究其性质和运动方向是十分重要的，它可以指出被断失的矿体埋藏深度及其地段。

在这个时空相结合的原则中，必须注意：①在许多地区往往是多阶段成矿的，也就是说，在一个地区具有多个成矿发展阶段，一般简称为成矿阶段、成矿期，如，地槽阶段、海西期等。②在这些地区工作时，首先把各个大的成矿阶段划分出来，然后将每一个成矿阶段的成矿前、成矿期及成矿后各期构造加以区划分出。③在一个地区的某一成矿期（阶段），仅是该区大地构造发展史中一定发展阶段。④在同一地区内，各个成矿阶段都有它自己的应力场，因而就形成了一定的构造体系。不同成矿阶段的应力场，其主应力方向有时是基本相同的，有时也有较大差异。无论前者或后者，都可生成叠加构造，即新的构造叠加在老的构造上。叠加构造对矿床所形成极为重要，因构造的叠加可产生三种结果：第一种是带来了叠加成矿现象，因而形成了丰富的矿床；第二种是后一阶段的构造变动，且带来了新物质，改造了前一阶段的矿床，形成了新矿床；第三种是后一阶段的构造改变，破坏了前一阶段的矿床。因此，在研究任何一个地区的含矿构造时，必须要了解一个成矿阶段的前因后果，即变动前的地质背景，不同成矿阶段的表现及相互影响，所处大地构造的发展史等。只有这样才能找出对成矿有利的部位和条件，即“综合控制”条件。

四是点面结合的原则。这个原则是讲矿田、矿床、矿体及矿柱构造，这些构造是含矿区构造的一部分，它与含矿区构造在时空上彼此密切联系，因此，研究区域构造是从局部构造入手，是从个别到全体，从特殊到一般，这样才能有坚实的基础，在研究局部构造，又需了解区域构造，这样才能深刻了解其成因、性质、所处部位及其分布规律，以及对成矿的控制作用。这就是点面结合的原则。

第二章 小型构造控矿

小型地质构造一般是指节理和劈理。它们与中型构造的褶皱、断层是紧密相随的，存在着共生组合的力学联系。它们同大地构造也有点和面的关系。虽然它们间都有关系，为了论述方便，将它分出来以引起人们的注意。目前金矿工作者对小型构造的研究探讨，还没引起足够的重视。在这方面发表的文章还不多，较多的地质勘探报告论述还不细，有些矿区资料收集不全，只注意了中型构造控矿，而忽视了小型构造控矿的研究。小型构造是对某些金矿的形成及控制矿体产状的构造要素之一。把小型构造研究与中型构造紧密结合进行研究，在研究构造控矿的作用中就显得特别重要。实质上，节理同劈理是在不同两种岩石中的同一产物，是两种不同岩性对应力作用产生的不同结果。节理构造是亲硬性变形，主要表现在脆性岩石中；劈理构造是亲软性变形，主要见于塑性岩石中，它们二者在一定的条件下又可以相互转化。

第一节 节理构造控矿

一、研究节理的意义

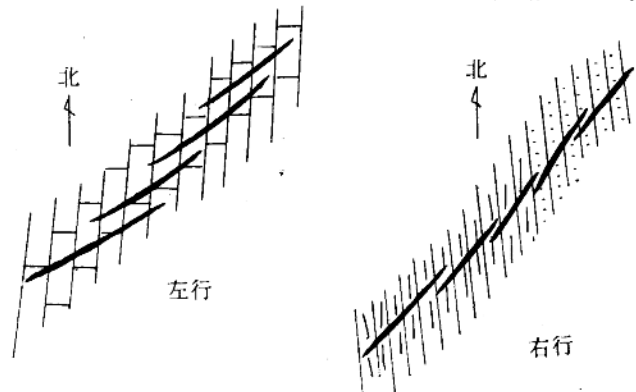
节理是割切岩石的一种小型裂隙，按成因和成岩关系，可分为原生节理和次生节理。前者是在成岩的过程中形成的，后者是由于地壳运动进程中应力作用于各种岩石而形成的，现在主要谈次生节理。次生节理是在地壳岩石中分布很广的一种裂隙，是许多金矿床控制矿脉矿体的最常见和最重要的一种构造。主要表现在：①节理往往是一种很重要的容矿构造，也可成为良好的导矿构造。不少的脉状、细脉状和网脉状金矿床的形成与节理都有密切关系。因为节理常是成片（带）、成群出现，且分布广泛，是矿液运行的通道又是沉淀的良好场所，所以节理构造对内生矿床中的热液矿床来说，就显得特别重要。②节理是一种很好的找矿标志，如见有细裂隙含金，按其产出特征加以研究，可追索寻找工业矿体。③节理构造是恢复中型构造的重要依据，还可指示每一构造发展阶段的构造运动方向、应力场的分布及其变化等。④由褶皱或断层的活动所产生的局部节理，它可提供恢复褶皱形态及判别断层错动方向的重要依据。这些局部节理构造常是矿脉所在地。特别是金矿喜欢在局部节理构造中“安家”。

二、节理构造

1. 节理的基本特征

节理常为平面，有时为弯曲的面，其两壁的运动方向，主要与裂面正交或近交，但不见与之平行的错移。这一特点是与断层的主要区别，它们的规模要比断层小。节理常成群出现，构成自己的系统，依一定方向延伸。同一应力作用下生成的同群节理，常互相平行，构成一个节理组。在一个矿床内常见到二个或多个方向的节理组，有时还互相交切。如果两个不同方向的互相交切的两个节理组，又属于一个应力系统的产物，就构成了一个节理系，可把它们叫做“共轭节理”。在野外常遇到同属一组并互相平行的节理，特别是一些小的含金石英脉，无论沿它们的走向或倾向，都作边幕式或叫雁行斜列式递错排列，即是一条节理（或

金矿脉)将要尖灭,而另一条在它旁边出现。虽然单个节理(或矿脉)规模不大,但节理群是可以延伸很长和很深的,这种现象在含金石英脉型矿床中是十分普遍的,在左旁出现的叫左行边幕式,或叫左行后退式;在右旁出现的叫右行边幕式,或叫右行后退式。(图II-1)。金矿工作者常把一条节理中出现不相连接的矿脉叫做“尖灭再现”,把边幕式递错排列的矿脉叫做“尖灭侧现”。与上述节理展布特征是基本一致的。一个地区内的节理发育程度,主要取决各种因素:一般说来,岩石的节理发育程度与其体积膨胀的大小成正比,地壳深部



图II-1 节理(矿脉)边幕式递错排列

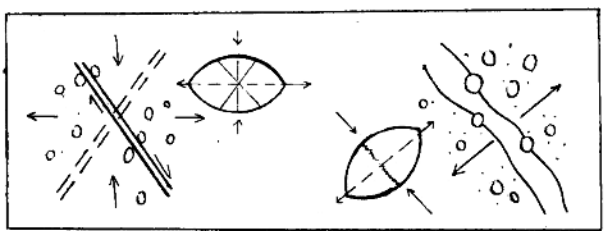
的岩石受压力大不易膨胀,节理不发育;地表或浅部,压力小,膨胀大,易产生节理。节理的发育程度与岩石的脆性大小成正比,砂岩脆性较强,节理较发育,页岩的脆性较弱,节理发育较差。一般均质岩石要比不均质岩石节理发育。这些道理和现象在野外观察就一清二楚。节理发育程度与岩石所受应力的大小及其作用的时间长短的关系是十分密切的,一般是节理与应力作用时间成反比,应力大而时间短,节理较发育,相反是应力小时间长,而节理不发育。

2. 节理类型及其与应力的关系

按节理不同性质,将节理划分为三类,节理的基本类型是剪节理和张节理。由两者复合而产生了节三类型——剪张节理和张剪节理,统叫复合型节理。

①剪节理:节理面较平直,一般紧闭或为窄的裂缝,沿走向及倾向延伸较远。两壁岩石的裂面大都光滑,可见磨光面、擦痕,有侧羽裂隙,如被含金石英脉充填后,这些特征可从脉壁的特征反映出来。剪节理遇到岩层中的砾石时可以切过(图II-2左)。节理尾端仍保持平直,尖灭形式为逐渐消失,如遇另一组节理则发生折尾、叉尾。剪节理在一个地区成群广布,形成区域性节理,它常由两组共轭节理交叉成对出现,作X形节理系,将岩石切成菱形格状,故叫X型节理。在一个地区出现X型节理系时,常有一组特别发育,另一组发育较差;有时只发育一组。同组的节理(或矿脉),常具有比较严格的平行关系,且排列密度比较规则,呈较明显的等距特征,方向稳定,循一个方向伸展。

②张节理:最大特点是裂面不平直而呈波状弯曲,两壁张开较宽,大都延伸较短较浅,尖灭较快。裂面粗而不平,无擦痕和侧羽裂隙。当遇砾石时,不能切割而是沿其边缘绕道而行(图II-2右)。节理尾端常为不规则弯曲,尖灭形式复杂,呈树枝状



图II-2 节理及其应力分析

左—剪节理 右—张节理

或多次分叉。这种张节理,常在某一

地带成一组出现，同组节理，其平行

关系不很严格，其密度也不规则，它常出现在断层的两侧，或背斜轴部和倾没端，同组方向也不稳定。在被金矿脉充填地段，矿石常呈角砾状或不规则的网状。张节理发育地段常是矿脉的沉淀场所，也是金矿体的富集部位之一。

⑨复合型节理：较确切的名称应为剪张复合型节理。这类节理具有张性和剪性两种节理的复合特征，一般说来，这种节理是由前期某性质的节理被后期另一性质节理改造的结果。这里有两种情况，一是先剪后张，叫剪张节理，二是先张后剪，叫张剪节理。这种性质的节理，在我国一些脉状矿床，特别是钨、金脉状矿床尤为常见，常是一个矿床中含矿脉的密集地段。

三种不同性质的节理与区域应力的关系是：剪节理是岩石中一对相交的破裂面，是沿剪力方向滑动所生成的，它代表应变椭球体中的一对剪切面。两个剪切面之间正对最大压应力方向的夹角是锐角，它常出现在脆性岩石中，随岩石的脆性大小而不同，最常见的锐角为 60° 。该角的平分线即为该区最大压应力的方向。这一规律已被广大地质工作者所运用。张节理是岩石循一组张性破裂面沿拉伸方向活动所发生的，它是相当于应变椭球体中的张性破裂面。其破裂面的方位，恒与最大张应力方向相正交，恒与最大压应力方向相平行的。复合型节理与区域应力关系较为复杂，可能存在二种情况，一种是由于先后两个不同时期中应力场的改变，致使先期形成的张节理，被后期利用改造成为剪节理；反之，先成剪节理被后来改造成为张节理。另一种是同期不同次的活动，造成先张后剪，或先剪后张。要指出的一点是有时是同时产生的。因此，对这种类型节理，要具体分析，要结合邻近地区的节理性质加以区分。总的说来，三种类型节理，都能反映该区应力场的过去，且代表各自的应力性质。这些节理裂隙在某些矿床中严格控制着矿脉的展布及其分布规律。只要在野外加强观测，对找矿是十分重要的。

3. 节理的相对时代

一个矿区内的节理，其发生时代往往是不止一个期次的，要具体确定那一组节理属何时代是十分困难的，目前多数地质工作者都把矿床的节理，按相对的时间，划分成三个时期，即成矿前节理、成矿期节理及成矿后节理。前两期形成的节理，都是有利的成矿构造，而后者与成矿不发生作用，仅在一些矿床带中起着改造的作用。要查清一个地区内节理形成期次，可以从下列几个方面考虑着手：

- ① 节理所在的最新地层时代，可说明节理发生在该地层时代之后；
- ② 节理所在地层同未受影响的地层的时代，可说明节理发生在这两地层时代之间；
- ③ 利用上覆地层中含有含矿节理中的矿石砾块，可说明相对时代，和成矿前节理或成矿期节理；
- ④ 利用火成岩的充填或切穿节理，可判断与火成岩生成的先后关系；
- ⑤ 利用节理所属大地构造发展阶段来判断节理所形成的时期；
- ⑥ 利用节理构造系与该区褶皱同属于一个应力系统来确定形成时期；
- ⑦ 利用节理所在地层或构造层的构造型相同的特点，来判别所属形成时期；
- ⑧ 利用各组节理的穿切关系，来确定其先后顺序。如图II-3。这种关系，只要在野外观测即可解决。

三期节理与矿化的关系，主要靠野外多观测，多研究分析。一般成矿前节理是比较多且

多被岩体、岩墙、岩脉所充填，按其相切关系，可分出序次；成矿期节理，亦即是矿脉所充填的节理，在金矿床中常见几期或几次矿脉的充填，单一充填一组节理是较少的；成矿后节理，主要表现为穿切矿脉，穿切矿床所有矿脉，且本身无矿化。总的情况如图 II-4 所示。

4. 节理与区域构造的关系

要查明金矿床中的节理与区域构造的关系，先要判别产生这些节理的作用应力方向。要达到这个目的，首先要确定节理的性质，测定他们的方位，对剪节理要找出一对剪节理。其次根据观测数据，按不同性质节理，

恢复其当时的应力场，运用应变椭球体理论，确定最大、中间、最小各个应变轴。对张节理的走向可定出主压力的方向，利用一对剪切面锐角的平分线也可求出主压力方向。第三是按逐个系统分别判定其形成的应力方向。有了上述一些观测和分析资料，才能分析节理同区域构造的关系。

① 节理与区域构造关系。在一个矿区内的某一时期所形成的节理，大多数是与该区褶皱属于同一应力系统的产物。节理是褶皱运动的伴生裂隙的一种，它可以产生几组节理，有一组与褶皱轴向是横向，另一组与褶皱是纵向的，两组构成一个 T 字形，有的人叫 T 型节理。这个 T 型节理常指的是张（张剪）节理，其中横向的是由于同造成褶皱的主压力正交的水平张力造成的；纵向的是由于褶皱进行时，在背

斜部位朝上的弯力作用所引起的次生张力所造成的，这种节理多见于褶皱的鞍部。这类节理一般延伸较短，深度不大。纵向节理，多数上宽下狭，向下急剧尖灭。这些纵、横向张节理，如带有剪性，或转化为剪节理，其规模可以大大增加。在这种情况下，可把单个节理连成或沟通为一条很长很深的大裂缝，这种构造对金矿形成十分有利，我国有许多断裂控制的金矿床都与这种节理有着密切的关系。其次，还有同属于另一节理系的两组节理，其特点是走向与褶皱轴斜交，与褶皱轴的角度互成对称关系，在平面上共同构成 X 形，故叫 X 型节理，它们是循着应变椭球体中两个剪切面（其交线直立或近于直立）发育，但有时其中一组发育或特别发育。这种节理通常延伸长度和深部都很大。这种节理都是成矿的有利裂缝，特别它们转化为剪张性裂隙时，对成矿更为有利。在这种裂隙中发现金矿化时，一定要认真进

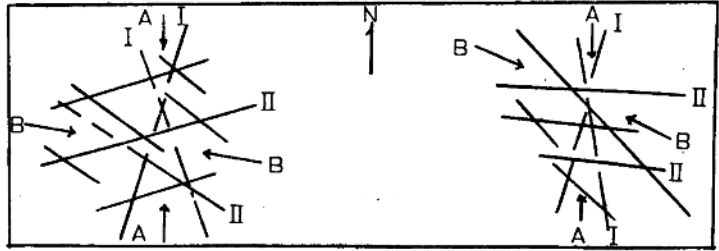


图 II-3 分属二个构造系中的剪节理

节理系 I 生成在先，属东西构造系，由南北向压力所成，节理系

II 生成在后，属北北东构造系，由北西西—南东东压力 B 所成

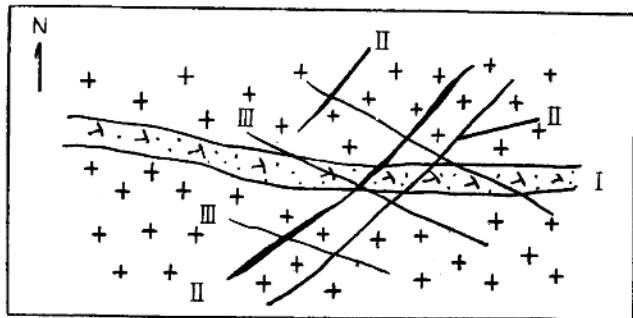


图 II-4 三期节理关系

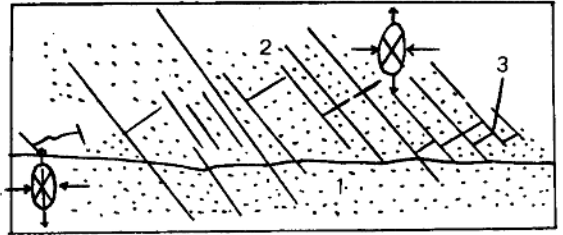
成矿前节理：I 和花岗岩为东西向剪节理

成矿期节理：II 为北东向剪节理

成矿后节理：III 为北西向剪节理

行地表揭露工作，甚至敢于布置钻孔，在深部去找盲矿体。再次，在金矿工作中，还发现与上述不一样的一种剪节理系，这两组节理交线的走向与褶皱轴平行，两组节理的倾向相反，在垂直剖面上也呈X型（图II-5）。它们也是循着应变椭球体中两个剪切面发育的，只是剪切面的交线是水平的或近于水平的，是在A轴直立的情况下的产物。这种节理裂缝，也属于有利的成矿构造。这种剪切节理，有些两个剪切裂缝都被金矿脉所充填，且两脉相交处，常分不出谁先谁后形成，一般认为是同时被充填的。其中有一剪切面的产状（指金矿脉产状）与区域片理产状基本一致。

②节理与褶皱活动的关系。除上述节理与区域构造具有内在连系的应力关系外，在褶皱形成的过程中，在地层间还可以产生一种共生裂隙，也就是上覆岩层沿层理向背斜轴部方向滑动，使两岩层间产生一组剪力。由于受这种剪力作用，沿着岩层，特别是脆性的岩层，出现一组边幕式排列的次生张节理，它们与层理呈斜交，其代表张裂面。其相交的锐角所指方向与顶底板岩层滑动方向相反，而与所在岩层的滑动方向相一致。如果这种节理很发育，它们可以互相连通构成顺层断裂。岩金矿床中，有些矿体就赋存于由此种节理发育起来的顺层断裂中。



图II-5 直立剖面上X型节理

1-泥砂岩 2-长石砂岩 3-X型节理

③节理与断层活动的关系。节理除褶皱活动产生外，还与断层活动有密切关系。常沿断层面的两侧，特别在脆性岩石的壁上，常可出现边幕式排列的张节理，节理面与断层面斜交，这是由于断层两壁错动时所形成一组剪力而产生的一组张性裂隙，它与应变椭球体中张裂面相当。这种张节理可以指示断层两壁的活动方向，与断层面相交的锐角所指方向代表本壁移动的方向。断层与节理的力学关系，除上述外，还有另一种方式，就是沿断层延伸方向，断层逐渐不明显，在其延伸方向出现一组边幕式张节理。从这些张节理的排列方向看，显示在同一应力下形成的，实质由张节理代替了断层的延续。也可以说，由断层转变为张节理。在野外常见在断层的延长方向出现这种张节理，有时还被碳酸盐脉或方解石石英脉所充填。从单个节理的方位看，无疑是与断层两壁运动同一应力产物，断层面相当于其中的一个剪切面，而张节理代表张裂面。有经验的地质工作者，常用这种现象去寻找断层位置或证实断层的存在。如断层中赋存有矿体，就用这种现象去追索矿体。

三、节理的控矿作用

分析节理与成矿的关系是找矿、勘探的构造依据之一。在观测和研究的基础上，运用节理控矿的一般原理，对具体地区作具体分析，据以追索已知矿体及其隐伏部分，也可对未知矿体进行预测和找寻，以达到扩大找矿成果。在一个地区内，节理构造的含矿性往往是有规律的，有时可见到一组或几组对成矿特别有利，而另一些组则不含矿。在含矿节理中，矿液富集可因形态、部位的不同而有差异。因此，掌握节理的赋矿规律，是十分重要的。节理含矿性之差异，其原因可有多种。从构造因素角度出发，因其所在大地构造发展阶段或地壳运动期次的不同，所属构造体系的不同，节理类型的不同以及节理所在围岩性质的不同等，现将这些不同的含矿性简介如下：

(一) 节理所属大地构造发展阶段的控矿性分析

在一个地区内，常有这样的情况，就是区域性节理十分复杂，它们都是在几个时期先后生成的，同时又叠加在一起，而只在某一时期形成的节理才含矿，这可能是某一时期矿液充填时，某一组或几组节理已存在，或正在形成，应力性质和方向又适宜，促使节理发生张开，使矿液自动流动，加上有适当围岩条件便形成了矿床。而另一些组合节理，发生在成矿之后，便不含矿。要注意，不含矿节理不一定是成矿后的，它们可能在成矿前形成，只是由于当时矿液流动时，受应力性质和方向的制约而未张开导致不含矿，或含矿极微。在我国东南部，矿产极为丰富，主要成矿期为燕山期居多，印支期次之。凡属这些期次以前形成节理，因条件适宜，多数是含矿的。该区金矿成矿期为加里东期，因而金矿脉只充填在该期及其以前形成的节理中。其他期节理中很少见到金矿脉。由此看来，在一个地区进行找矿、勘探时，一定要注意节理形成时期的研究，才能取得较好的找矿效果。具体说来，就是要注意节理系的组别研究。特别找寻脉金矿床时，更应加强其分布规律的研究。

(二) 节理所属构造系的控矿性分析

一般节理是一个含矿区内区域构造的一部分，多数情况下，节理与有关的中型构造属于同一应力场中的统一产物。因此，同一个或同一组型矿体，其直接的，低级控矿构造虽然为节理，但在多数情况下是包含在一个或几个褶皱或断裂带内，或者是二者紧密联系着，而褶皱、断裂是直接的。在较高级的控矿构造中，节理大多数是小范围控制，是大控制的重要组成部分。在一个地区内，往往有几个不同构造发展阶段，整个运动期的应力场基本相同，在这种情况下，也是有差异的。就是说有几次先后形成的节理系叠加在一起，有的是继承前期节理系的发展关系，有的是后期节理对前期节理系的进行改造扩大，有的是新产生的节理系。在复杂的各不同的节理系中，探讨出那一节理系是含矿节理，那一节理系是不含矿的，这样才能为找矿提供可靠依据。我国面积大，地质条件复杂，每个地区都有它的含矿节理系的特点。因此必需要具体地区具体分析具体对待。

(三) 节理的性质和类型的控矿性分析

在野外地质工作中，常常遇到同一大地构造发展阶段，同一运动时期，同一构造系的节理，由于节理的性质和类型的不同，其含矿性也有较大差别。这种差别，可因不同地区、不同矿种，不同地质环境而不同。就我国东南部的钨矿脉来说，这里控矿构造类型虽然多种，但主要的则是张性裂隙型、剪性裂隙型及张剪复合型。三者中又以张剪复合型为最重要，单纯的剪性型次之，单纯的张性型更次之。我国一些脉金地区也是这样，以多次复合的张剪裂隙型为主。现分类简述如下。

1. 张剪复合裂隙型矿脉。这型裂隙所成的矿脉，多与褶皱轴相正交，其控矿裂隙原为横向张性节理，是T形节理的一组，其后被剪性错动所利用，原来的张性裂隙的性质已全部被破坏。所以这类节理所成的矿脉几乎不具张性节理矿脉的特征。这种节理裂隙就是我们常说的先张后剪的裂隙。这类节理，如果后期受剪力较强时，其侧羽裂隙发育，矿化也较富集。这类节理常是重要的含矿构造，它不但是我国钨矿的主要构造，也是我国岩金矿床的重要控矿构造。由张性裂隙转化为张剪性裂隙时，其剪力方向可以是直立的（沿节理面倾向），也可以是近水平的（沿节理面走向），但多数是斜向的。在前种情况下，可使上、下方的许多边幕式排列的单个节理连接起来，被矿液充填后形成深度很大的矿脉；如果剪力方向是水平的，则形成较长的矿脉。受这种构造控制的矿脉，在变质岩中有规模特大的，绿岩中

的脉金矿脉就是很好的例证。

2. 剪性裂隙型矿脉。由剪节理控制所成的矿脉，其特点是成群出现，侧羽裂隙较发育，矿脉两壁的面平直，矿脉厚度较稳定。这种矿脉的长度和深度均较大。一般地区存在两组矿脉，其中一组较发育，另一组较差。这类矿脉，可分为两种，一种是两组矿脉均与褶皱轴斜交，倾角较陡，两组走向不同，互相交叉，是由矿液充填于X节理系统内形成的。另一种是两组矿脉走向互相平行，且平行于褶皱轴，但倾向相反，在横剖面上互相交叉，是受另一种节理系控制的。剪节理型矿脉也可以是大脉型，但多数地区仅出现一组。

3. 张性裂隙型矿脉。其特点是矿脉垂直于褶皱轴，或侵入体的长轴方向，也成群出现，脉壁粗糙，以陡倾为主，缓倾不多见。矿脉大小常与张力大小及围岩性质有关。矿脉厚度变化大，长度不大延深较浅。在脉金矿床中较为普遍，具工业意义的较少。

(四) 节理的形态及组合形式的控矿性分析

这里讲的节理形态及组合形式，实际为矿脉的形态和组合形式。其控矿性大致有下列几条：①一般在节理膨大部位矿质较富，节理弯曲处，一般矿化富集。在剪节理和张剪节理中有侧羽裂隙发育地段，往往矿脉品位较高，且矿脉厚度增大（因密集的羽状脉可以组成网脉）。上述三种地段矿质变富的原因是裂隙空间增大，压力减小，矿液易于沉淀，沉淀环境也较稳定所致。②在节理组合形式上，一般是在节理密集归并处、在几条节理汇集处，是成矿有利部位，也是矿脉的富集部位。在几组节理系交接地段，常也是矿化最富集的地段。特别在节理与层间裂隙系统的交接地段，常是矿脉厚度增大，品位变高的地段。③由一组或多组节理互相交织，形成网状或菱格状，由这种节理所控制的矿脉，叫网脉状或菱格状矿脉，这种现象在岩金矿床中较为常见。④当同一组的许多节理密集在一起，主要由平行细脉控制成矿，密集地段成了矿体，而未密集地段多显矿化。

(五) 节理控矿的两条规律

节理控矿的两条规律，即是节理的定距排列规律和节理的边幕式排列规律。前者是指在同一岩性中受同一应力作用下所产生的，同性质的同组节理，有时呈现出等距离展布规律；即几个平行的节理组之间有定距出现的特点。这种空间分布规律，结合具体矿床，可作为预测盲矿体的依据。这种规律在我国钨矿工作中运用较为成功，在我国脉金工作中已得到运用。有的矿区得到了较好的找矿成果。这条规律就是我们常说的“等间距控矿”理论。关于节理的边幕式排列规律，在前面已于论述。鉴于节理经常是成群出现构成组系，且同组节理作边幕式递错排列，有时同群的节理组之间也有这种关系，也就是一条或一组节理快要尖灭的时候，而另一条或另一组节理在其旁边（上、下、左、右）出现。这种现象也叫做“尖灭再现”。按节理的递错排列、尖灭再现的形式和规律还可细分为四种。其中两组沿走向分布，另两种是沿倾向分布。沿走向分布可分为左灭右现和右灭左现两种：左灭右现又叫右行边幕式排列，即沿节理走向前进，当一节理将要尖灭时，另一节理在右方不远处出现。采矿工人把这种现象叫右手定则。右灭左现，又叫左行边幕式排列，即沿着节理走向前进，当一节理快将尖灭时，左手边不远处有另一节理出现。称为左手定则。沿倾向分布的两种，即上灭下现和下灭上现。上灭下现也叫后行边幕式排列，即沿节理的倾斜往下进，当一节理快要尖灭时，有另一节理在下方不远处出现。按这个规律可预测已知矿体的下盘可能有盲矿体的存在。下灭上现，也叫前行边幕式排列，即沿节理倾斜往下进，当一节理将要尖灭时，在上方不远处出现另一条节理。按此规律可预测已知矿体的上盘的盲矿体。这一规律在我国钨矿和

脉金矿床中都可以找到较多的例子。

(六) 围岩对节理控矿的影响

围岩对节理控矿的影响，主要表现在四个方面，即：物理性质、化学性质、渗透性及岩石厚度。

1. 岩石的物理性质对节理的发育程度有着密切的关系。在各种岩石中各具有自己的物性。有些是坚硬的（脆性）岩石（胜任层），在应力作用下易顺应、易破碎。有些岩石如石英岩，砂岩，砾岩及新鲜的火成岩等一经破碎，其裂缝易保持长久，成为有利于矿液流通和沉淀的良好场所。与此相反，另一些岩石是（塑性）软弱的，如页岩、板岩、片岩以及受了蚀变的一些岩石等，受应力作用后，常表现为塑性变形而不易破碎，可供热液利用的裂隙较差。石灰岩虽然性脆易碎，属坚硬岩石类，有利控矿裂隙发育，但生成裂隙后，裂隙两壁岩石易被地下水溶解，把裂隙扩大，较小的裂隙也易被碳酸溶液充填胶结，使裂隙不易长期保持。由此看来，岩石的物性对节理发育有很大影响，故在一个矿床中研究裂隙分布时，就要特别注意，对裂隙的控矿性就应区别对待。

2. 岩石的化学性质对节理控矿的影响，主要表现在化学性活泼的一类岩石中，如白云岩和石灰岩，以及一些火山岩中。当岩石被节理破裂后，热液进行其中，易与岩石发生交代作用，形成有工业意义的矿体。当然在低温热液矿床中，裂隙控矿还是主要的。

3. 围岩渗透性对节理控矿的影响，主要表现在两个方面，在孔隙度大，渗透性好的岩石中，再加上节理的发育，更有利于矿液流通和沉淀，故对成矿是有利的。在孔隙度小，渗透性差的岩石中，节理裂隙不仅不发育，矿液不易流过，也不易起交代作用，这是不利的一面，而另一方面，因他能防止渗透，反而起着阻挡作用，成为隔档层，使矿液在它下部富集成矿，从这方面来说，起到了有利成矿作用。在这些地质条件中形成的岩金矿床也不少。

4. 围岩层理厚薄对节理控矿的影响。岩层的厚薄不等，对应力反映也是不同的，它影响到节理的发育程度。如我国广西某金矿，裂隙的围岩为厚层砂岩，金品位相对较低，而当裂隙进入到层薄砂岩时，金品位显著增高。该区断层中的含矿性，在这两层岩石中也有同样的反映。

第二节 劈理构造控矿

一、研究劈理的意义

劈理，一部分是区域性的，另一部分则是局部性的。前者是区域构造作用的产物，后者则大部分是在较次级构造形成过程中，在某些部位某些岩层中出现的。劈理构造，一般划为中级构造，即褶皱和断层的伴生构造，与褶皱在空间、时间上有密切关系。研究劈理构造的意义有下列几点：

1. 有功于确定应变轴的方向，可供研究褶皱、断层控制成矿的辅助构造。区域劈理可指出形成高级构造系统的应力场；局部性劈理可恢复较次级褶皱的形态，以及判别断层的活动方向。

2. 劈理可为矿液的通道（导矿构造），也可为形成矿体的溶矿构造。劈理可促进矿液渗透，有利于交代矿床的形成。有些矿床并无大的断裂作通道，而是经过沿劈理及其他裂隙而形成的混合通道而流通。这些裂隙既是导矿构造，又是容矿构造。