

矿田构造与成矿

翟裕生、石准立、曹庆丰、林新多等 著

地质出版社

如书柜

矿田构造与成矿

翟裕生 石准立 曾庆丰 林新多等 著

地质出版社

内 容 简 介

本书是作者们在历年教学和科研工作的基础上写成的。书中以我国几个典型金属矿床的构造研究成果为基础，系统阐述了矿田构造的研究内容和研究方法，初步总结了侵入接触构造体系、接触热动力变质构造以及脉型矿田构造的特征、形成机制及其对成矿的控制作用，还重点介绍了火山岩区隐伏控矿构造的研究方法。

本书可供从事金属矿床普查勘探、科学研究人员及地质院校师生参考。

矿田构造与成矿

翟裕生 石准立 曾庆丰 林新多 等 著

地质部书刊编辑室编辑

责任编辑：程永长

地质出版社出版

（北京西四）

地质印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆印张：5¹/₄ 字数：120,000

1981年11月北京第一版·1981年11月北京第一次印刷

印数1—3,280册·定价1.00元

统一书号：15038·新733

序

矿田构造学是介于矿床学和构造地质学之间的边缘分支学科，它应用这两门学科的原理和方法来研究构造与成矿的关系，阐明矿田和矿床形成和改造的构造条件，探索矿床的分布规律特别是空间的分布规律，以便指导矿产资源的勘查和开发工作。因此，矿田构造研究历来就受到人们的重视，大力开展矿田构造研究已成为地质工作的一项重要任务。

建国以来，随着我国地质勘探工作的蓬勃发展和众多金属矿山的深入开拓，我国各部门的地质工作者在矿田构造研究方面已积累了相当丰富的资料，取得了多方面的实践经验，而且开始以不同的学术观点进行理论上的概括和方法上的探索。矿田构造的研究工作日趋广泛和深入。

我们在进行矿田构造课程教学和研究若干典型金属矿床构造的基础上，对矿田构造学的学科特点、研究内容和研究方法，有了初步的认识和体验，对于断裂裂隙构造、侵入接触构造、火山-次火山构造的特征、形成机理以及它们的控矿作用，进行了综合分析和初步总结。实际工作给我们的启发是，在矿床形成和发展的各个阶段，构造都是经常起作用的因素，构造活动是成矿作用的基本条件和组成部分。因此，在矿田构造研究工作中，尽可能将地质构造研究和矿床成因研究结合起来，将构造应力场的分析与地球化学场的分析结合起来。这样，有助于深入认识矿床的形成机理和分布规律。我们认为，这是一个值得注意的研究方向。

上述各点，在本书选辑的六篇文章中都有所反映。我们期望，在日益深入的矿田构造研究和交流中，这本小册子能起到抛砖引玉的作用。

在我们的工作中，有关矿山和地质队的同志们热情地给我们以指导帮助，并提供各项资料，在此特致谢意。

翟裕生

1981年1月

目 录

一、矿田矿床构造的研究内容和研究方法.....	翟裕生(1)
二、湖北铁山铁铜矿床的接触热动力变质构造特征、形成机制及其 控矿作用.....	石准立、金振民、冉宗培、 易顺华、熊鹏飞、鲍玉祥 (13)
三、侵入接触构造及其控矿作用.....	翟裕生(29)
四、脉型矿田构造基本问题.....	曾庆丰(45)
五、安徽铜官山矿床的构造特征及其对矿化原生分带的影响.....	翟裕生、黄民智、池三川(57)
六、长江中下游玢岩铁矿中隐伏控矿构造的研究.....	林新多、姚书振、 郑锦城、张恩世、高建华(71)

矿田矿床构造的研究内容和研究方法

翟裕生

构造是控制矿床形成和分布的重要因素，历来就受到从事找矿勘探和矿山地质工作的人们的广泛重视。近年来，由于典型矿床的深入研究，矿产预测工作的开展和成矿理论的探讨，矿田构造的研究工作有了较大的进展，国内外有关矿田构造方面的文献日益增多，在大量实际资料的基础上加强了综合研究，开辟了一些新的研究方向，开始形成一套系统的研究内容和方法。矿田构造学正逐步成为矿床学和构造地质学之间的一门分支学科，它对研究成矿理论和解决矿产勘查工作中的实际问题日益发挥着重要的作用。

现根据实际工作中的体验及学习有关文献的体会，试图就矿田矿床构造研究的主要内容和方法加以探讨，重点放在内生金属矿床方面。

一、矿田构造研究的重要意义

矿田构造是指在矿田范围内，控制矿床的形成和分布的地质构造因素的总和。矿床构造是指决定矿体在矿床中分布规律及矿体形态，产状特征的地质构造因素的总和。在矿田构造和矿床构造的含义中，既包括构造形迹和岩石组构特征，又包括控矿构造的形成机制和发展历史。如果说研究成矿大地构造有助于认识在大区域内矿床形成和分布的规律，对找矿工作有重要意义；那么，研究矿田矿床构造则可掌握控制矿床和矿体形成、改造、产状和分布的地质构造因素，对于详查、勘探和采矿有重要的意义。

对内生矿床来说，构造对成矿的控制作用表现在：

(1) 构造活动生成的各种裂缝、空洞、孔隙和高渗透带等是含矿流体在岩石中流动的通道（导矿或运矿构造）；

(2) 上述各种构造成因的裂隙孔洞是矿质沉淀和堆积的场所（储矿或含矿构造），因而影响矿床、矿体的空间分布和形态、产状；

(3) 构造活动是矿液汇集、运动的原因和动力之一。尤其是地壳深部的构造，对于固态岩石经强烈变质转化为熔浆，以及分散在岩层中的水分聚集成热液等过程，起了重要的作用；

(4) 多数矿床的形成是一个漫长的地质过程，成矿期间的构造活动是在矿田范围内划分不同成矿期和成矿阶段的基础，是造成矿床、矿体范围内矿化强度不均匀性和矿石分带的一个重要因素；

(5) 成矿时构造条件不同所引起的氧化还原条件的变更，常是造成不同的矿物共生组合和矿石类型的重要原因。如在同一矿床中，在构造不大复杂情况下，常形成氧化物；在构造复杂并且稍微张开的条件下，氧化物则被硫化物代替；而在出现巨大密集断裂和各种伴生次级断裂的明显构造张开的地段，则与硫化物同时沉淀有硫酸盐、碳酸盐和硫盐等；

(6) 成矿后构造既能破坏矿体, 增加探采工作的难度; 又能促使某些层状矿床(如沉积变质铁矿)褶皱加厚(尤其在向斜部位), 扩大单位面积内的矿石储量, 从而有利于开发。出露或接近地表的构造(断裂带、破碎带等)有利于地表水和地下水的渗流, 促进矿石及围岩的氧化作用, 并使原生矿石改变为氧化矿石、次生富集矿石等;

(7) 近年来, 叠加成矿作用及再造成矿作用开始受到重视, 这些成矿作用均与构造活动有关。叠加成矿需要有进入早期矿化范围内的含矿流体的构造通路; 而再造矿床经常产于构造有利部位, 矿源层(岩)中矿质的活化转移和局部富集在很大程度上受到小型构造(原生的、次生的)的控制。

由上述各点可见, 构造活动是成矿作用的基本条件和组成部分, 构造对各种成因的矿床都有一定的控制作用。在矿床发生发展的各个阶段, 构造都有影响, 而且这种影响也是多方面的。大到矿床在地壳中的分布位置, 小到矿体的形态、产状和矿石类型的变化。因此, 研究矿田矿床构造, 对深入理解矿床成因和开展矿产勘查、评价及采矿工作, 理所当然地有其重要的意义。

二、矿田构造研究的基本内容

矿田构造学应用构造地质学和矿床学的原理和方法来研究构造与成矿的关系, 其基本任务是查明矿田、矿床形成和改造的地质构造条件, 以利于认识矿床分布的规律。

当前, 对矿田构造的研究多集中在以下几个问题。

1. 研究岩石的物理-力学性质

近年来, 从矿田构造的角度, 对岩石的物理-力学性质的研究主要集中在四个方面:

(1) 岩石力学性质对岩石变形和矿化分布的影响, 即含矿围岩的某些性质(如强度、弹性、塑性、脆性、孔隙度、渗透性等)对矿液运移和矿化分布的直接和间接影响;

(2) 变质后岩石力学性质对矿化分布的影响, 即岩石经过接触变质、动力变质或热液蚀变等作用后, 其原有的物理-力学性质发生改变, 产生某些新的性质, 因而对成矿带来有利或不利影响。如塑性岩石经过硅化后产生脆性, 受力易破裂成网脉或细脉状裂隙, 在有利条件下形成相应类型的矿化; 又如在碳酸盐类岩石中的选择交代作用, 即使在同一成分的岩石中也可以发生, 这是由于应变作用不均匀, 使经受应变的岩石部分比未受应变的同种岩石更易于遭受交代作用;

(3) 研究同一种岩石在不同深度和不同应力条件下, 其物理-力学性质的差异变化及对成矿的影响;

(4) 研究地层剖面中岩石的组合及岩石强度的差别程度对变形特征的影响。例如, 当喷出岩系列中的石灰岩夹层褶皱时, 石灰岩便作为塑性岩层而变形。而当石灰岩与泥质岩石等作类似的组合时, 则石灰岩相对地表现为脆性, 并形成断块构造。又例如, 在火山岩系中有密集裂隙发育的熔岩角砾岩常属于储矿层位, 而具有较低孔隙度和较高塑性的熔岩及泥质岩等则成为遮挡层。A.B.科罗列夫^[1]曾研究过不同类型岩层组合在构造变形时的性质和特点, 及其对矿体产出位置和形态的控制。这种研究有助于预测控矿构造的类型和与之有关的矿化的规模。

近年来, 出现了在一个矿田中综合研究岩石的各种力学性质的趋势, 如B.И.斯塔罗

斯津^[2]在综合研究断裂、裂隙、岩石孔洞、定向矿物、岩石和矿石的非均质性等的基礎上，将黄铁矿型矿田划分为产于拉伸区的和产于压缩区的，它们各有不同的古构造应力场和相应的矿化空间分布特点。

2. 研究各种控矿构造类型

研究各种构造形态的发生、发展历史以及它们与矿化的时间、空间和成因联系，以查明矿化的构造控制因素，是矿田构造研究的主要内容。在这方面研究最深入的是变形构造，即褶皱、断裂、裂隙构造等。

对于褶皱构造，详细划分了其成因的和形态的类型，系统研究了其控矿的有利部位，如褶皱转折端、倾伏端、背斜轴部虚脱以及翼部滑动裂开构造等对成矿的控制作用。大量实际资料表明，褶皱构造与各种序次的断裂裂隙相配合，常能控制矿石的堆积条件及矿体形态特点。

断裂裂隙构造是控制内生金属矿床的最重要的构造类型，对于断裂的规模、产状、序次、发展历史以及不同级别断裂的伴生情况曾作过大量的研究工作，并特别注意到断裂内部结构的变化及其对矿化的影响，如断裂的相对张开部分和相对压紧部分对矿化分布的不同作用。也查明了深断裂对决定矿田和矿床空间分布位置的重要性。

由岩浆活动引起岩石的变形和变质是一种复杂而又特殊的构造形式，一般划分为深成岩浆构造和火山-次火山构造。在深成（或中深）岩浆构造中，侵入岩体的原生构造和接触带构造是研究的重点。我国的接触交代型矿床分布很广，因而有条件系统地研究侵入岩体及其接触构造，并总结出某些规律。其中关于接触带构造体系、接触带构造的分带性和阶段性、接触热动力变质构造特征及其控矿意义等曾进行过详细的研究。

岩体的多次侵入构造在一些含钨、锡、铌、钽、铍、钼的酸性杂岩体中，多期次的岩浆侵入活动比较明显。据江西西华山、湖南邓埠仙和湖南安化司徒铺等矿区资料，矿化主要与杂岩体晚期的中细粒白云母花岗岩有关。矿脉主要产于这种晚期岩脉（或小岩株）的顶缘部位及上覆围岩（或是早期的火成岩，或是沉积变质围岩）的裂隙中。因此，研究这类矿床的控矿构造标志，就不能笼统地圈定整个杂岩体上隆部分的接触带，而应从整个杂岩体中区分出矿化岩体，再具体查明其形态、产状和接触带构造，并在有利的构造部位去寻找未知矿体。

由于火山-次火山矿床的经济价值日渐扩大，火山-次火山构造也日益引起人们的重视。它是岩浆及其伴生的气、液物质由地壳一定深度（甚至从地幔）向地表猛烈爆发或在超浅部位侵入而产生的各种构造型式，有其独特的形成机制。其中的破火山口、火山穹窿、火山管道以及伴生的环状断裂或放射状断裂等，常能构成有利热液成矿的空间，对火山-次火山热液矿床有明显的控制作用。在中生代到新生代的陆相火山岩分布地区，火山-次火山构造保存比较完好。如在我国宁芜火山岩盆地，深断裂的交叉部位经常是火山喷发的中心，也是含矿次火山岩体侵入的构造部位。而次火山岩体的原生及次生裂隙、钟状构造和角砾岩体构造则是很有特征的储矿构造^[3]。另外，与海底火山喷气及热泉活动有关的黄铁矿型和黑矿型多金属矿床的形成和分布，也受到海底火山活动中心位置的控制。近年来一些学者认为，海底破山口是形成块状硫化物矿床的一个关键。

需要指出的是，在古火山机构形成后，由于矿化、蚀变、构造叠加和风化剥蚀的影响，常使原始岩性和结构复杂化而改变其本来面貌。因此，对于具体的古火山口和火山管

道的确定, 需要注意多方面的观察和论证。

角砾岩筒构造在很多浅成-超浅成矿床中经常与矿体共生, 对热液矿床有明显的控制作用。在南北美洲的58个斑岩铜钼矿床中, 约有70%与角砾岩筒有关。我国在近年来也多处发现与角砾岩筒有关的铁、铜、钼、铅、锌、金、银等矿床。现今, 角砾岩筒已被认为是控制多种矿床形成和分布的重要构造类型。角砾岩筒的成因是复杂多样的。有由于含矿炽热流体(气态为主)在地壳浅部隐蔽爆发作用而产生的隐蔽爆发角砾岩, 它经常是次火山热液成矿作用的一个组成部分^[4]; 也有由于浅处岩浆房中气体沿裂隙“出溶”^[5]; 或由于岩体冷缩, 造成岩体顶缘的虚脱孔洞, 顶板岩石因重力塌陷形成的塌陷角砾岩。也有人用相对拉伸条件下, 岩石的干涉-振荡作用来解释裂隙-角砾岩带的形成^[6]。最近, T.霍普伍德^[7]认为, 脆性岩石中的网脉状裂隙角砾岩是由岩石中不可压缩的孔隙流体的冲击负荷作用形成的。

此外, 还有断层角砾岩、侵入角砾岩、火山爆发角砾岩、盐溶膏溶角砾岩等。在一些大型矿床中, 矿化角砾岩常是复合成因的^[8]。

除上述控矿构造类型外, 近年来, 线性构造、环状构造以及重力构造对成矿的控制作用, 也日益引起人们的重视。

线性构造与断层不完全相同, 它是地壳内一种很深、很宽的脆弱带。它经常是隐蔽的, 也反复地进行活动, 且常具有大区域的甚至贯穿整个大陆的规模。一般认为, 线性构造的交切或分枝地段所构成的很深的脆弱带, 是深部成矿物质向地壳浅部运动的重要通路。

环状构造是坚硬地块中常见的一种构造类型, 它们在卫星影象上表现比较明显。与环状构造有关的矿床主要是中心型岩浆岩体内的矿床, 如岩浆铜镍矿床、内生碳酸岩中的磷-铌-稀土矿床以及某些矽卡岩和热液矿床。如在加拿大的魁北克地区, 产在基性-超基性岩体中的17个铜镍矿床, 其中有13个与环状构造有关。

目前, 对环状构造的解释已有隐伏岩体、旋扭构造、高能构造岩块的边缘断裂、火山成因构造、天体碰撞等多种观点。

重力构造是地壳运动过程中由于丧失重力势而产生的构造类型。马杏垣等[●]对嵩山地区震旦系重力滑动构造曾作过深入研究, 并指出其在地质过程中的重要性。在沉积盖层和混合岩化、岩浆作用较发育的结晶基底中, 重力构造的形式有垮落、塌滑、滑动、推覆、扩展、挤出和底辟等。在含油区中, 重力构造如同生断层^[8]对油气运移和储藏的重要作用已引起广泛重视[●]。在内生矿床形成过程中, 重力构造的控制作用, 如某些矿化塌陷角砾岩的形成已初步有所论述^[3]。

3. 研究控矿构造体系和构造分带性

在矿田构造研究工作中, 过去较多地注意单个构造形迹的控矿意义, 如断裂控矿、裂隙控矿、褶皱控矿等, 并常以此来作为划分矿床构造类型的基础。这在有关矿田构造的文献中比较常见, 并在实际工作中广为运用。但是仅仅停留在这一步还难以全面地了解构造与矿化的整体关系。李四光从发展、联系的观点出发, 提出了构造体系的概念^[9]。构造体系由于其规模大小不同, 影响地壳深度不同, 从而对矿产的分布也有不同的控制意义。广

●据第二届全国构造地质学术会议论文摘要汇编(上册)。

●据武汉地质学院渤海湾科研组等单位的资料。

大地质工作者在普查勘探矿床的实践中,运用构造体系的概念,研究构造对矿产分布的控制,逐步总结出构造体系多级控矿、构造体系复合控矿、构造体系不同部位控矿以及扭动构造影响流体矿产迁移集中等等规律性^[10]。运用这些规律,在矿产预测工作中已经取得一定效果,并正在实践中进一步经受检验和提高。在国内外,还广泛运用构造应力场的方法来分析一个地区中构造形成机制及各有关构造要素间的内在联系,即强调在统一的变形过程中所产生的构造体系。尽管总的来说,构造体系与矿床分布关系的研究还处在初期阶段,但实践表明这是一条值得重视的途径。

另外,从矿床学研究本身来看,当今已经发展到在研究单个矿床、单一矿床类型的基础上进行成矿系列、矿床组合研究的阶段。为了说明成矿系列的生成条件,相应地也要求系统地研究控矿构造体系。

关于与断裂和褶皱构造有关的构造体系,有关文献已有较多的论述。对于与侵入体有关的矽卡岩-热液型矿床,如何认识其控矿构造体系,我们在《铜官山矿床的构造控制》^①一文中已作过初步尝试,以后又在有关文章^[11]中明确地提出了接触带构造体系的概念,认为接触带构造不只是一个接触面及其形态、产状,而是包括由于岩浆侵入的热力、动力作用所产生的包括塑性流变、断裂裂隙、破碎角砾以及岩体原生、次生构造和捕虏体构造等一系列构造因素。这些构造因素在空间上作有规则的排列,在时间上有一定的发生发展次序,在形成机理上是一个整体。实践表明,这样从整体上来认识接触构造有利于全面认识这种构造与矿化的整体关系。

在构造体系的概念中也包括了构造分带性的内容。构造分带性表现为不同构造要素在空间上和和时间上作有规律分布。这些构造要素包括断裂、裂隙、褶皱、蚀变带、断裂内部结构、岩石物理-力学性质等及其它。研究矿田和矿床构造的分带性对于认识矿化空间分布规律很有意义,是一个重要的研究方向。近年来,由于矿山开采、深钻和物探工作的进展,有关深部矿化与构造关系的资料也日益增多,已经有可能开始进行这方面的综合研究工作。

在构造体系研究中,控矿构造的等距性已引起普遍重视。这种构造等距性,是指各成矿带之间、矿田之间、矿床之间或矿体之间,在空间分布上彼此呈有规律地大致相等的距离。它既可表现为直线等距,也可表现为弧形等距。这种矿化等距分布现象在国内外许多成矿区、矿田或矿床中都有发现,其中以等距离矿脉和等距离的含矿岩体^[12]尤为常见。

一个地区中的岩石物质是不均匀的。不同刚性、柔性的物质经常相间交错分布,这就影响到应力波的幅度和波长不可能完全一致,因而只能有近似的等距性。在有坚硬岩块阻碍的地方,其等间距会发生很大偏离。另外,早期形成的构造等距性也往往会被后期地质作用所破坏。

4. 研究控矿构造的发展阶段

地质构造决定着矿床的面貌,它的形成过程比矿床的形成过程要长得多。当前,按照发展过程来研究矿田构造的方法已普遍采用,一般把矿床构造发展的漫长历史分为三个阶段,即成矿前、成矿期和成矿后构造。

在成矿构造中,对于内生矿床分布有重要作用的是断裂构造,人们对它们的发生、发

①载于中国地质学会安徽省分会会讯第4卷,3—4期,1965

展历史也研究得比较仔细。曾庆丰^[13]将成矿裂隙的发展过程分为成生、张开充填和破坏三个阶段。其中前两个阶段与成矿关系密切有关。这两个阶段常交替出现，多次活动，即具有脉动性。成矿构造的脉动性是造成成矿作用脉动性的基本控制因素，在很多热液矿床中表现很明显。

大量实例表明，成矿裂隙的发生主要是由于水平或近水平的压应力作用的结果，裂隙的张开和矿液充填是在拉伸条件下产生的，而挤压和拉伸则常是多次的，脉动的。

在国内外一些经过详细研究的矿床中，还经常用成矿期各阶段构造应力场的演变图解来表示控矿构造随时间的变化情况。

5. 研究矿液流向及运矿构造

矿床的形成需要多种有利条件的配合。在内生矿床的形成过程中，含矿熔浆和矿液进入成矿地段是成矿的根本前提。因此，在一些矿田中，尽管在某些地段存在着一般看来有利成矿的构造条件，但实际上并未产有矿体；相反，在较为次要的有利构造部位却有矿体的产出。如福建南平葫芦山矽卡岩型铁矿田。

为了剖析矿液运移的原始通路，一般根据构造在矿液流动和堆积中所起的作用，将构造要素划分为导矿构造和储矿构造。导矿构造是引导矿液自矿源地进入矿床范围的通道。储矿构造是包含矿体，决定其形态、产状和内部结构特点的构造。有些作者（В.И. 斯米尔诺夫，1976）还划出一种配矿构造^[14]，表示介于导矿构造与储矿构造之间并将二者联系起来的构造要素。但在实际工作中，导矿构造与配矿构造常不易区分。甚至在有些情况下，导矿构造与储矿构造也可以是一致的，如某些断裂裂隙、不整合面等^[15]。它们既是导矿构造，又是储矿构造。因此，这种划分只有相对意义，要根据具体矿区情况进行分析和归类。

在实际工作中，地质构造观测和热流体动力学分析是查明导矿构造和矿液流向的主要方法。当矿液流动时，其所处的压力状态有很大的意义。矿液总是从高压带向低压带流动的，低压带包括各种成因的张裂隙带、破碎带和角砾岩带、断裂弯曲部位和交叉部位、褶皱剥离孔洞以及岩石渗透性升高地带。含矿溶液一般是趋向于集中到上述低压地段并形成矿石堆积的。

由于地质现象的复杂性，仅仅根据构造观测，包括矿体产状形态测量等，常不能查明矿液的流向，因此，近年来多采用构造-地球化学方法。

矿液自深部上升时，由于温度、压力逐渐降低和充填交代作用的不断进行，溶液成分也在不断变化。因此，沿着矿液通道由下而上，由中心向两侧，其蚀变矿化类型及有关的元素含量和组合情况也在不断变化，故常可根据下列标志来判断运矿构造及矿液流向：①矿化类型及矿化强度的变化；②蚀变类型及强度的变化，蚀变分带特点；③矿石构造类型的变化；④矿物晕及矿物结晶形态的变化；⑤元素含量（主要元素或微量元素）或元素比值的变化，常用的有 WO_3/Sn 、 Zn/Pb 、 V_2O_5/TFe 、 TiO_2/TFe 等比值。一般情况下，随着矿液的运移，温度降低，这些比值依次递减，因而有助于查明矿液流向和通路；⑥矿物形成温度及某些矿物标型特征的变化。

成矿作用常常是脉动的（多阶段），有时也有叠加和再造作用。在这种情况下，研究矿液流向就更为复杂，更需要谨慎从事。

6. 研究矿石堆积的构造圈闭条件（成矿构造圈闭）

当矿液在地壳中流动到某一特定的空间时，其温度、压力、浓度等因素发生明显变化，导致成矿物质的大量沉淀，造成矿石堆积。在构成这个特定空间的诸因素中，构造起到重要的作用。我们认为，凡是起到封闭矿液，使矿质在局部地段富集起来的构造作用和构造要素，可称为成矿构造圈闭。这种构造圈闭是相对而言的，参加圈闭的因素经常是构造和岩性两者共同起作用，因而实质上也是构造-岩性圈闭。

成矿构造圈闭按构造类型和强度可划分为：

(1) 断层（裂）圈闭：包括单一断裂的转弯部分，单一断裂的多阶段活动部位因而是破裂张开较明显的部位，主断裂与次断裂的交接部位，两组断裂的交叉部位，断裂的分枝部位以及断裂与有利岩层（或界面）的交接部位等；

(2) 褶皱圈闭：包括背斜轴部的剥离孔洞，背斜轴部遮挡层下的有利岩性，背斜倾伏端，褶曲翼部的拗折部位，向斜轴部的张裂部位以及褶曲与各种断裂的交会部位；

(3) 侵入接触圈闭：包括接触带超覆部位，接触凹部，接触冷缩裂隙带，接触带与断裂交会部位，接触带与岩墙交会部位，接触捕虏体构造，具有遮挡层的穹状隆起部位以及接触带与次级褶曲的交叉部位等；

(4) 地层圈闭（沉积圈闭）：包括地层不整合面、假整合面及整合面，层内封闭的透镜状有利层位，层间断裂裂隙，层间角砾岩，地层界面下的岩溶孔洞以及岩层中岩性明显变化的地段等；

(5) 复合圈闭：由上述各种圈闭的组合搭配所形成的圈闭条件，如断裂-地层圈闭、接触-断裂圈闭等等，这种圈闭的规模一般较大，经常是形成大型矿床的有利条件。

构造圈闭的空间形态是多种多样，而这种形态又直接影响矿体形态和产状。在单一的巨大的圈闭空间中，易形成大型的完整的矿体，如断裂接触带构造中的铁矿体（如程潮铁矿）。在众多密集的断裂裂隙中易形成彼此平行产出的矿体群。在高渗透性块状岩体的穹窿部位网脉带中，则易形成面型浸染状矿化蚀变带，且矿化比较均匀。在断裂、网脉裂隙及高渗透岩石等多种因素组成的圈闭系统中，则形成产状复杂的不均匀的矿化带或矿体。

综上所述，构造圈闭是促成矿石堆积的最重要的外部条件，它影响着成矿基本参数（ P ， T ， C ， pH ， Eh 等）的变化，因而也影响成矿作用过程，影响矿床的成因特征。因此，它是研究矿田构造的基本内容之一。

7. 研究各类矿床的控矿构造条件

研究各种不同成因类型矿床的构造控矿条件和构造类型，是矿田构造研究的经常性工作。矿床的不同类型的划分，既取决于成矿作用方式，也决定于成矿的地质构造条件。因此，研究各种不同类型矿床的构造条件及发展历史，有助于深入认识各种矿化作用机制，查明矿床成因，阐明不同类型矿床的分布规律，指导找矿方向。这种研究方法与上述按构造类型研究各种构造形迹的控矿意义是相辅相成的。

热液矿床的构造研究早就引起人们的注意，一直是矿田构造研究中的重点课题，在这方面已经积累了丰富的经验和资料。近年来，对岩浆矿床、火山矿床、斑岩矿床、变质矿床和层控矿床的构造研究也已引起了重视。这是因为这几类矿床的巨大的经济意义日趋明显。由于篇幅限制，各类矿床的构造特征不再一一列举，这里只着重讨论一下在这方面的研究动向。

矿床成因类型多种多样，构造控矿作用也不全相同。因此，在研究每一类矿床的构造

特征时，要注意把握每类矿床的主要特点，研究控制成矿的主要因素是什么，构造在其中起什么作用，在矿床形成的每一阶段，矿床的每一部位，构造是怎样起作用的等等，进行具体分析，抓住关键，有目的地去解决构造问题。同时，大量研究成果也表明，只有把成矿物质来源、成矿方式与有利构造条件结合起来研究，把矿床成因类型搞准，把控矿诸因素基本查清，才有助于具体地而不是笼统地指出控矿构造标志。

例如，云南中部的层状铜矿，原认为属于热液矿床，找矿方向是断裂带及其交叉部位，但多年来收效甚微。后来仔细研究成矿物理化学条件，认为是沉积矿床，后期叠加的热液只起到改造和局部富集作用。因此，找矿方向改为按地层控制，注意含矿层整体的构造特点，断裂带只起次要作用。这样，收效就比较明显了。在研究层状矿床时，采用整合层状构造和交切构造结合起来分析的方法常常是有效的。

又例如，长江中下游铁、铜矿床的矿质来源不同，成矿方式不同，因而控矿构造也有区别。有些矿床的铁质就近来自含矿母岩，在接触带附近交代有利层位成矿，因而其控矿构造是岩体原生裂隙带、接触带和层间裂隙带等，形成的矿体具有沿接触带分布的特点。有些矿区的矿源是深成矿浆，其控矿构造主要是深切断裂及其旁支，它们可与接触带重合（构造-接触带），也可与接触带有一定距离，矿化以贯入型富矿脉为主，矿体边部经常出现角砾状矿石。也有些矿区，部分矿质可能来自原来的沉积铁矿层或矿源层，局部被接触改造，成矿受地层控制。在这种情况下，断裂和接触带只能起到次要的作用。

实际工作经验表明，控矿构造条件的研究一定要与成矿物理化学条件的研究结合起来，与矿床成因研究结合起来，这样才能收到事半功倍的效果。因此，我们认为，要尽可能地把矿田构造研究和矿床成因研究结合起来。在矿床地质研究工作中，矿床成因研究是一个全局，控矿构造研究是一个局部，全局要统帅局部，局部又影响全局。

从矿床学发展的片断历史也可看到，控矿构造条件的研究有时也会受到矿床成因研究动向的左右。本世纪上半个世纪的大部分时间中，主要强调上升岩浆热液的成矿意义，强调成矿物质大都是外来的、深处的。以此为主导思想，就建立起断裂裂隙控矿的概念，强调导矿、配矿和储矿构造等等。当前，由于大量层状矿床的开发和地质科学的发展，共生成矿、叠加成矿等等观点已开始盛行。这些观点强调很多矿床的矿质是就地取材或就近取材的。因此，控矿构造研究内容就相应地另有侧重，一方面要研究矿层（含矿层）的变形特点和空间位置，以了解矿化整体的分布规律；同时，也要注意细小的原生构造和次生构造对矿质活化转移的控制作用，及矿质再度聚集的有利空间，以利于确定找矿方向。

还有，对一些复杂的大型矿床研究工作表现，这些矿床的成矿物质是多源的，成矿方式是多样的，成矿时间是多阶段的。它们大都属于多成因矿床^①。因此，成矿的构造控制就更为复杂，研究的内容就更为广泛、更加深入。

总的说来，矿床成因是复杂的，矿质是多源的，成矿环境和成矿方式是多样的，因而成矿构造也是五花八门的。不能只注意脉状矿床构造，忽视层控矿床构造；也不能只注意后生矿床构造，忽视共生矿床构造；更不能走向与上述相反的另一个极端。关键是具体情况具体分析，把控矿构造研究和矿床成因分析紧密结合起来，深入揭示构造控矿的奥秘。

^①涂光炽，1979，矿床的多成因问题，地质与勘探，№6。

8. 研究矿床构造特征与区域构造的关系

矿田、矿床的形成是矿田所在区域的地质作用过程的一部分。矿床构造是区域构造的一部分，它明显地受区域构造发展过程和构造体系的控制。因此，在研究矿田构造时，一定要注意研究矿田所在地区整个区域构造背景，研究矿田、矿床与周围地质构造环境的空间联系和时间联系，以便全面地认识矿床的时空分布规律。这种点面结合、局部和全局相结合的研究方法是矿田构造研究的重要原则之一。

研究矿床构造与区域构造的关系一般从以下几个方面着手：

(1) 研究区域构造体系及控矿构造在其中的位置。区域构造体系是一个地区中地层、岩石、构造和岩浆活动等诸因素的综合作用的产物(整体)，它可以通过地质构造测量和某些关键问题的专题研究加以认识。同时，深入研究矿田矿床构造也能获得有关区域构造的某些信息。

(2) 研究不同构造层中的控矿构造特点。大多数区域中都有几个构造层，各个构造层的岩石组成、物理及化学性质、变质程度、岩浆活动等特点均不相同，因而控矿构造也有差别。一般在下部构造层的结晶基底中，区域变质作用广泛发育，岩石强烈挤压褶皱，产于其中的热液矿床延伸较远，规模较大。而在古地台区的盖层——中、新生代构造层中，缺乏变质作用，构造变形以断裂裂隙为主，以张性裂隙发育为特征，一般多形成中低温脉型、网脉型或角砾岩筒型矿床，矿石组份丰富，但矿化垂直延伸不大。在陆相火山岩或火山-沉积岩组成的构造层中，小侵入岩体的冷缩裂隙、挥发组份的隐蔽爆发裂隙以及火山喷发构造占主导地位，形成一套特有的控矿构造类型。

除注意每个构造层中控矿构造外，还要注意构造层之间界面的性质和结构，如不整合、假整合以及断层接触关系等，这些界面经常是T.P.C等成矿参数的突变地带，应注意其对成矿的控制作用。

(3) 注意贯通性断裂通过不同构造层所引起的矿化差异。当成矿断裂穿过不同构造层和不同岩层时，由于岩性和结构的差异，因而使同一金属在不同地段产生成因和形态都不相同的矿床。例如，沿赣东北深断裂带，同一个有色金属矿带，在板溪群浅变质岩系中生成斑岩型铜钼矿和脉状铅锌矿，在上古生代石灰岩中生成矽卡岩型铜铁矿，而在侏罗白垩火山岩中形成脉型和角砾岩筒型铅-锌-银矿。其控矿构造类型和矿体形态各有特色。

(4) 研究区域矿化深度和区域矿化垂直分带。深度对形成含矿构造的作用是大家所熟知的，在其它条件相同的情况下，近地表矿床通常具有网脉状构造，成矿以裂隙充填为主，矿石常具角砾构造等。而在较大深度形成的矿床中，矿体常成脉状，矿化常沿彼此分隔的剪切裂隙形成，交代成矿起了重要作用。在更深条件下，由于塑性变形明显，形成片理化带，一般形成伟晶岩型和高温热液型矿床，矿化常具较大的垂直间隔。

研究矿床形成深度与矿床构造特点之间的联系，以及逐步建立各种深度条件下的矿化构造模式，无疑对区域深部远景评价是必需的。

区域矿化垂直分带在很大程度上取决于区域构造垂直分带。后者表现为在褶皱类型、断裂强度及内部结构、岩石裂隙特征及其物理、力学性质随深度而变化，从而使温度、压力、岩石年龄、岩石变形和变质程度都随深度而增长。构造垂直分带在断裂构造中表现明显。在地壳上部层位，断裂表现为高渗透性带，夹杂以构造粘土、糜棱岩、角砾岩带以及细小密集裂隙带，内生矿床经常产于小型断裂和大型裂隙中。相反，在下部构造层中，断

裂表现为低渗透性，矿床常产于相当大的断裂中，甚至深断裂带中。

对宁芜地区进行综合研究所总结出的矿化“三层楼”是在陆相火山岩区有代表性的区域矿化垂直分带模式。这个模式对该区的深部探矿起到了指导作用。

上述八个方面是矿田构造研究的基本内容，随着构造地质学和成矿理论研究的深入发展，以及新技术方法的采用，还会出现新的研究内容和研究方向。

三、矿田构造的研究方法

通过上述矿田构造研究内容的讨论，可以看到矿田构造（主要指内生矿田）的特殊性。这些特殊性表现在：

(1) 矿田构造中的主体——控矿构造是含矿的，或者是曾有含矿流体通过的。它们都接受过矿质及有关流体的利用和改造（包括对构造形态、围岩成分和结构等），是“物化了”的构造；

(2) 在含矿流体的作用下，可诱导出一部分新的构造型式，如冷缩裂隙、隐蔽角砾岩筒等，它们是有关矿床的重要控矿构造，并以其特殊的形成机制和与矿石的密切联系而区别于一般构造；

(3) 矿田构造是整个矿田地质作用过程的一个组成部分，而不是孤立的、与其它成矿因素割裂的东西。在多数内生矿床中，控矿构造的形成和变化是全部地或部分地与含矿流体的活动密切相关的。地层构造和矿质活动是相辅相成、有机联系的。这些构造因素是在与矿液的互相联系、互相作用的过程中起到控矿作用的。这样的理解成矿与构造的有机联系有利于说明矿化局部富集的原因。在过去矿田构造研究工作中，常把二者割裂开来，指导思想上是先把构造位置摆好，矿液再来充填，被动脱节，忽视联系，抓不住控矿构造的特殊性，也就难以收到事半功倍的效果。

因此，矿田构造学与一般构造地质学有相同的一面，也有不同的一面。矿田构造学既利用构造地质学的基本原理和方法来研究矿田构造的地质背景和构造基础——这是其共性；又要深入研究成矿与构造的关系，包括构造在矿液汇集、运移和矿质堆积过程中所起的作用，构造与矿化的时间联系，构造-矿化分带以及不同成因矿床的控矿构造类型等——这是其特殊性。与上述两方面相应的是矿田构造的研究方法也有基础构造地质的和特殊手段的两个方面。前者解决共性，后者解决个性。这些有关方法在前面讲到研究内容时都曾不同程度地涉及到，这里再概括地加以说明。

大比例尺地质测量及有关基础地质问题的研究一直是矿田矿床构造研究的基本方法，并在不断地完善和提高，逐步发展为深部制图、立体制图以及各种专门的制图方法，包括控矿地质界面的形态几何测量及制图等。它涉及到矿床学、构造地质学、岩石学等许多基本研究手段。这方面的情况在B. M. 克列特尔、A. B. 科罗列夫、A. B. 彼克、Φ. И. 沃尔弗松等人的专门论著以及陈国达的《成矿构造研究法》^[16]一书中有比较系统的论述。

岩组分析（显微构造分析）作为大比例尺地质构造测量的辅助手段，对解决某些宏观难以解决的问题有其独特的意义。运用岩组分析不仅可以确定含矿褶皱、断层、裂隙的成因，而且有助于区分成矿前、成矿期和成矿后的构造变形，并能确定矿体移动的性质和方向。

近年来物化探的理论和方法有了迅速发展，物探方法已经广泛地应用于矿田和矿床构

造的研究。只要掌握了矿田和矿床范围内一定的地质—地球物理性质前提，合理选用地球物理方法，将物探资料和地质资料结合起来进行对比分析，就可能收到良好的效果。在我国的许多金属矿床中，利用物探方法发现了隐伏断裂、隐伏含矿岩体及其形态产状变化和含矿性，从而有助于查明矿田和矿床的构造特征。在这方面已经积累了相当丰富的经验。

和物探方法比较起来，过去化探方法在矿田构造研究中的效果不太显著，应用不够广泛。可是，近年来由于化探分析技术的改进和提高，已经能够广泛应用分散流、次生晕和原生晕等方法来查明导矿和储矿构造。

近年来气体地球化学方法发展也较快，目前采用的气体指示剂有汞、氦、砷、铋、 SO_2 、 H_2S 、 CO_2 、 O_2 、卤族及其氢化物等，其中尤以汞晕应用比较广泛。国内外实践表明，配合地质测量所进行的气体测量，可以帮助查明被松散沉积物覆盖的控矿断裂、含矿挤压带、有利于矿化富集的断裂交接带等，甚至还可根据气体异常带的形态和宽度，对断裂的形态和产状作出比较准确的估计。

七十年代以来，遥感技术（卫星影象、雷达、红外摄影等）在勘查区域地质矿产、判别重要控矿构造、圈定成矿区范围等方面有显著的效果。例如在秘鲁，从卫星影象上发现了与银矿有关的许多环状构造；苏联利用航空影象研究，发现了三个含金刚石的金伯利岩岩筒；尼日利亚的阿加德兹地区，根据卫星影象判释发现了控制铀矿化的大型断裂构造，并找到了铀矿床。在我国东疆地区，沿东西向线性构造分布着数十个铁矿点；西南地区某断裂交汇点上找到了铬矿，这些都是根据航空象片和卫星影象的判释发现的。利用航空和卫星图片影象，并配合地质填图来研究矿田构造，特别是矿田所处的区域构造背景，可取得较好的效果。

随着电子计算机的逐步普及，利用数学分析和电算技术来定量地研究构造的控矿意义并进行统计预测，已引起人们的重视。1974年，武汉地质学院师生在安徽马鞍山地区工作时，曾利用统计法得出距北北东主干断裂（导矿）两公里范围内矿点最多、矿化有利的认识，这与地质观察结果是一致的。近几年来，已出现广泛利用统计分析方法研究矿床地质构造的趋势。

此外，在地质研究的基础上，采用构造模拟实验方法研究矿田和矿床构造的形成机理也是值得注意的。澳大利亚西部卡姆巴尔达矿床的构造研究就是一个突出的例子（《国外地质科技动态》1974，7期）。

当前，利用岩石、矿石和矿物的同位素年龄资料，以判别矿田矿床构造发展史，并分析构造与矿化的时间关系，已经提到日程上来。例如，在宁芜等地区正在积累较为系统的资料。

最近以来，构造—地球化学方法和古水文地质条件的研究，对探讨成矿时矿液的通路及流向，查明矿石沉淀地段，尤其是认识隐伏控矿构造有较明显作用，已开始受到重视，并将会成为研究矿田构造和成矿规律的有力手段。

总起来看，随着矿田构造研究的不断深入，其研究内容正在逐步扩大，研究方法在日趋完善并引入新的技术手段。从上述不完全的分析中可以看出，当前矿田矿床构造研究的方向和主要任务是：

(1) 深入研究典型矿田矿床形成的地质构造因素，并把这种研究与成矿区构造乃至地

壳深部构造的研究结合起来;

(2) 注意控矿构造因素与其他控矿因素的综合研究, 把时间、空间、物质运动三者有机结合起来, 全面地历史地研究构造与成岩、成矿的关系;

(3) 研究各种深度条件下, 成矿的构造条件、水动力条件和物理—化学条件的关系;

(4) 利用数学、物理、力学、地球化学等学科的方法来改进矿田构造研究方法, 提高精确度和量化程度; 以地质构造分析为基础, 改善矿田矿床远景定量预测的方法。

在矿田构造的研究方法上, 实践证明坚持以下三点是有益的:

(1) 加强基础地质工作, 深入细致地考察和认识控矿的各种因素和矿床地质特点, 是做好矿田构造研究工作的前提和基础;

(2) 以地质研究为基础, 有目的地恰当地选用各种专门方法, 并注意各种手段的密切配合;

(3) 把成矿构造研究与矿床成因研究紧密结合起来, 全面深刻地认识构造对成矿的各种控制作用, 加深对矿床成因和分布规律性的认识, 以便有效地指导找矿勘探和采矿工作。

参 考 文 献

[1] Королев А.В., Шехтман П.А., 1965, Структурные условия размещения послемагматических руд. «Недра»

[2] Старостин В.И., 1978, Структурно-петрофизические условия образования колчеданных рудных полей—В Кн. Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. «Наука»

[3] 武汉地质学院矿床教研室宁芜铁铜小组: 1978, 凹山一带铁矿床地质特征及成矿的构造条件. 《宁芜火山岩铁铜矿床会议选集》, 地质出版社

[4] Mitcham T.W., 1974, Origin of Breccia pipes, *Econ. Geol.* Vol. 69, PP412—413.

[5] Norton D.L., 1973, Breccia pipes—products of exsolved vapor from magmas, *Econ. Geol.* Vol 68, pp 540—546.

[6] Богацкий В.В., 1978, Структуры рудных лопей магнетитовых месторождений сибирской-платформы и влиятельный механизм формирования трещинно-брекчиевых систем,—В кн. Геологические структуры эндогенных рудных месторождений. «НАУКА».

[7] Horwood, Tim, 1980. Net-vein Fractured breccia formed by hydraulic fracturing, Abstracts 26^o CGI, Vol III, P948

[8] V.N. Hobbs, W.D. Means, P.F. Williams, 1976, An Outline of Structural Geology, J. Wiley & Sons, Inc. pp379—380.

[9] 李四光, 1962, 地质力学概论, 科学出版社, 1973年8月版

[10] 中国科学院地质力学研究所, 1978, 论构造体系, 国际交流地质学术论文集(1), 地质出版社

[11] 翟裕生, 1981, 矿田矿床构造研究问题, 《构造地质学进展》, 科学出版社

[12] 宜昌地质科学研究所一室、河南省地质局四队, 1978, 豫西区域构造分析及其隐伏小岩体的构造预测, 国际交流地质学术论文集(1), 地质出版社

[13] 曾庆丰, 1978, 成矿裂隙的成生和充填及其脉动性, 地质科学, №2.

[14] Смирнов В.И., 1976, Геология полезных ископаемых, «Недра»

[15] 翟裕生, 1965, 不整合面在内生成矿中的作用, 地质论评, 第23卷第5期

[16] 陈国达, 1978, 成矿构造研究法, 地质出版社