

回曲构造及其控矿作用(下)

东北工学院老变质岩铜矿科研组
红透山铜矿地质综合组

回曲构造的控矿作用

在红透山地区和辽宁东部的老变质岩系中有许多层控型矿床、矿点,矿种近十个。大多数是热液矿床。几十年来,已为前人肯定,我们认为是混合热液矿床。

这些矿床、矿点,近矿围岩矿化蚀变现象普遍存在。

矿体的形态是复杂的,粗眼看来是沿层产出的,仔细观测则切层、穿层、跨层、串层现象随处可见,有的呈矿柱产出,有的呈脉状、囊状产出。

盲矿体是否有反映,尚不清楚。因此对该方法的找矿效果还不能作出十分肯定的结论。

(2) 蒸发晕异常的位置虽能反映矿化带部位,但非矿热液活动也可出现异常,因此判别含矿和非含矿的异常还须作进一步研究。

(3) 有些试验曲线在矿体部位无异常(如图3),有的矿体部位异常很低,范围较小(如图2),因此对蒸发晕的规律及其地质意义,亦待进一步研究。

(4) 采样加工中存在的若干问题也影响蒸发晕找矿法的有效性。如样品的代表性、新鲜程度及样品的加工处理等。

(5) 仪器设备的灵敏度及小型化是此方法能否有效地应用到找矿评价工作的重要

交代矿化作用是这些矿床、矿点的主要成矿方式,矿化过程是多阶段的,没有蚀变—矿化分带现象。

矿化主岩是具一定化学性质、一定结构构造的变质岩,在混合岩化发育地区还有混合岩化产生的蟹斑状伟晶岩以及石英脉。

矿体有在含矿层、矿沉层、含矿建造中的,为数很少。大多数矿体围岩的成矿物质含量很低,有许多低于其克拉克值,与矿体主岩同一层岩层的成矿物质含量,大多数也很低,有许多也低于其克拉克值。矿化没有固定层位,一个矿床常有几个矿体、矿化地

问题,因此应注意研制新的适合生产需要的小型仪器。

3. 今后研究蒸发晕的任务

除了在已知矿床上有针对性地进行某些试验外,应在某些找矿评价区结合物化探工作进行试验,探索这种方法的找矿地质效果。同时对存在的主要问题进行试验研究。

总之,开展蒸发晕找矿法的研究,从理论到实践都有了一定的基础。虽然与其他各种找矿方法一样,在蒸发晕找矿法研究过程中将会遇到各种困难,但我们相信,经过实践,这些困难能够得到解决。因此,必须在现有基础上,发展和完善这种找矿方法,使它在找矿勘探中得到应用。

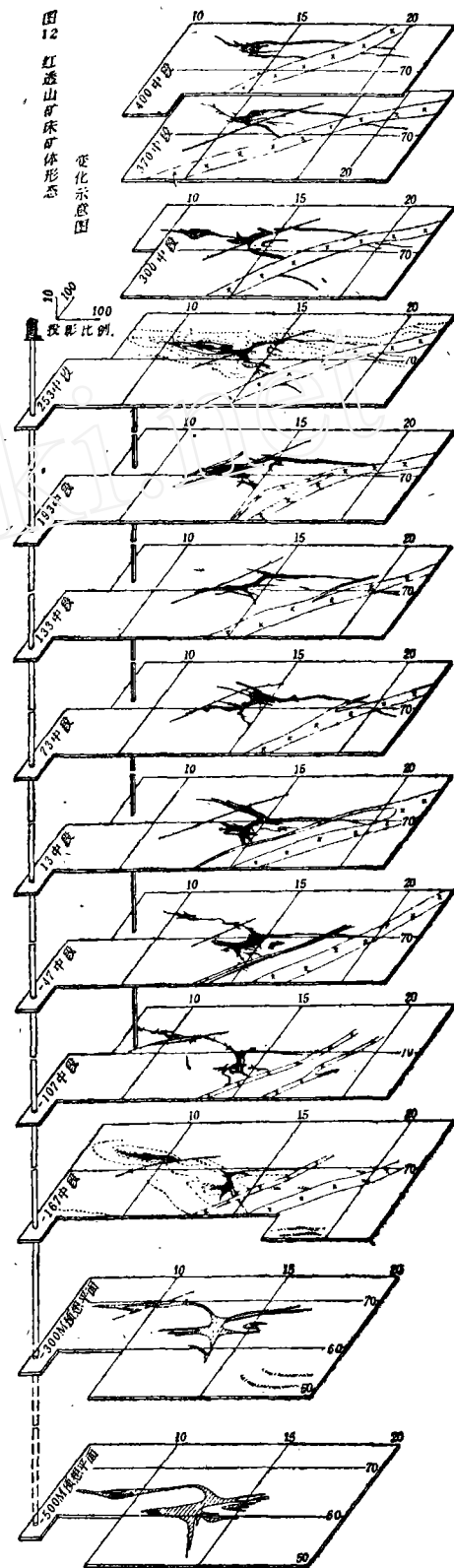
段，大多各占一个岩层层位。一个矿区可有几个甚至几十个矿体、矿化地段，基本上是各占一个岩层层位，很少有两个或几个在同一层位的岩层中的。

作为热液矿床的标志之一是矿化为一定构造所控制。对于老变质岩系中的层控型热液矿床，首先应当强调的是片理对热液活动的有利作用，即控制作用。我们认为，变质—混合热液矿床是围岩在高温高压条件下形成的。这时，围岩、主岩的塑性仍然很高，很难出现层间断裂、鞍状剥离等脆性断裂构造。在矿化脉动构造运动作用下，在一定构造地段的主岩中，经常出现的是微裂隙和破裂*。坑内观测证明，在许多情况下，矿化交代作用实际上是在连微裂隙都不发育的情况下沿片理进行的。看来，片理这个自然弱面在区域变质作用过程中有利于变质分异，在混合岩化过程中有利于注入交代，在它们的热液活动阶段有利于热液活动是可以理解的了。这样看来，片理是老变质岩系层控矿床形成时的基本控矿构造。层控之意不在于层，而在于层理，对于变质岩则在于片理。

对于热液的聚集，走向褶曲、倾向褶曲、回曲构造、塑性断层都是有利的。

红透山矿床是回曲构造控矿的好例子（参见图2、3）。控制矿床的回曲构造是红透山（矿区）回曲构造的低级构造。这里倾向褶皱已经改造了走向褶皱，又为塑性断层复杂化。矿柱被控制在倾向褶皱里，内部形态变化很大（图12），却有规律可寻。试比较图2和图12的253中段、-167中段的地质图，上下几百米，回曲构造大同小异。

红透山回曲构造控制矿柱是这样实现的：在倾向褶皱核部，蟹斑状伟晶岩及注入黑云斜长片麻岩广泛发育，这是些好主岩。在



* 破裂是指岩层破裂为一些大小角砾，角砾之间没有发生位移，角砾的片理保持着岩层破裂前的原有位置和产状。

矿化脉动构造运动作用下,伟晶岩出现些微裂隙。同时上升的热液沿伟晶岩微裂隙、片麻岩片理活动,加上阻挡层的作用,热液便在回曲构造范围内大量集中。蟹斑状伟晶岩大量矿化,注入黑云斜长片麻岩大量矿化,沿塑性断层(被蟹斑状伟晶岩充填了)矿化,沿走向褶曲、倾向褶曲(顺其中蟹斑状伟晶岩和注入黑云斜长片麻岩层)矿化,沿小揉皱(随注入的长英质条带)矿化。于是沿整个回曲构造,上下一千多米,形成长宽各几十米的相当规整的矿柱和许多条大小支脉。由于顺伟晶岩矿化,出现脉状、囊状、枝状矿体,穿插围岩,有时还与附近的矿体相连,使矿体与围岩之间呈现切层、穿层、跨层、串层现象。由于主岩经多次褶曲,产状变化大,矿柱中的矿化残块,产状零乱,俨若角砾,通过残留片理*仔细填图,则可以画出矿化残块与围岩相呼应的褶曲来。

在矿柱部分,矿化作用强烈,几个层位的注入黑云斜长片麻岩都是好主岩。与它们呈互层的硅线黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、云闪斜长片麻岩也遭矿化,也是主岩。在支脉部分,矿化弱一些,角闪斜长片麻岩、云闪斜长片麻岩不被矿化,而注入黑云斜长片麻岩也只有在蟹斑状伟晶岩发育部分、塑性断层发育部分、小褶曲发育部分才(首先)遭矿化。

在矿柱上下盘岩层中,还有几条矿化地带。在红透山矿区范围内,即在红透山回曲构造范围内,矿体、矿点、矿化地带已编到四十号;占有层位700~1000米。矿区之外,矿化极少。看来,矿化当时,热液活动规模是壮观的。热液在近一平方公里范围内,在上一千多米空间里,集中矿化。由于热液来自混合岩化作用,来源广,运移远,在构造、主岩条件相配合的矿化地段内,即使不在含矿层、矿源层、含矿建造里,也可以矿化。在红透山矿区回曲构造里,构造最复杂,主岩条件最好,矿化脉动构造运动最容

易影响的地段是现在矿柱地段,热液最容易集中,矿化作用最强,因而成为矿床。

红透山地区其他几个红透山式矿床——老变质岩系中的混合热液铜锌硫矿床,也为走向褶曲、倾向褶曲、塑性断层控制。它们是回曲构造弧的组成部分。

红透山地区的红透山式矿床、矿点、矿化点有150多个,集中分布在新宾巨型回曲构造里(鞍山群组成的)和清原弧里(回曲构造弧,辽河群组成的),构成一个矿田,已经查明,绝大多数矿床、矿点、矿化点进一步集中分布在矿田构造的低级回曲构造里,如红透山回曲构造集中40个,树基沟(回曲构造)弧30个,西北天弧5个,六家子弧10个,红心倾向褶曲10个,清原弧顶部30个等。在铁岭东面,在南夹河一救兵一带,在响水河一带,也集中一些矿点,从地质图看也可能有回曲构造。

辽宁东部老变质岩系中的层控型热液矿床,已知的××个大、中型矿床和许多小型矿床、矿点都在回曲构造、走向褶曲、倾向褶曲里,如青城子 Pb-Zn 矿区、兰花岭 Pb-Zn 矿区、翁泉沟 B-Fe-U 矿区、周家 Cu-Co-S-Fe 矿床、生铁岭 Cu-Pb-Zn-S 矿床以及大荒沟 B 矿床、河东 B-Fe 矿床、四平街 Cu 矿床等等,如图13至14所示。这些图都是前人作的。他们虽然沿用习惯的术语去描述这些构造,但有的具体生动,加上这些构造的形态特点、岩层产状、地层对称重复以及岩层尖灭等情况,使我们有理由认为,这是些回曲构造、倾向褶曲,有的走向褶曲明显,有的应有塑性断层发育。

辽宁东部老变质岩系中有×百多个层控型混合热液矿床、矿点和矿化点,它们在分

* 在致密块状矿石中,常有石英、黑云母(金云母化的)等片麻岩的矿化交代残余矿物,定向排列,与附近围岩片理的产状一致。其中石英粒的岩组特征也与附近围岩的一致。石英、云母这样的定向排列现象,是残留片理的反映。

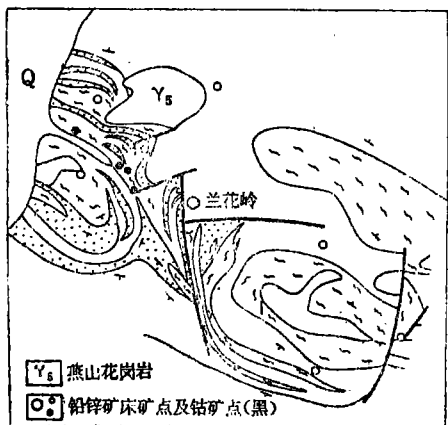


图 13 兰花岭矿区地质图 (据冶金 103 队)

布上很有规律, 80% 多 (100% 的矿床!) 都集中分布在七个矿田里。这七个矿田是七个巨—大型回曲构造, 尽管这些矿床、矿点和矿化点, 有的在矿源层中或在其附近, 有的周围甚至千米以外迄未证明有矿源层存在。这不应当看做是偶然的, 而是回曲构造控矿的

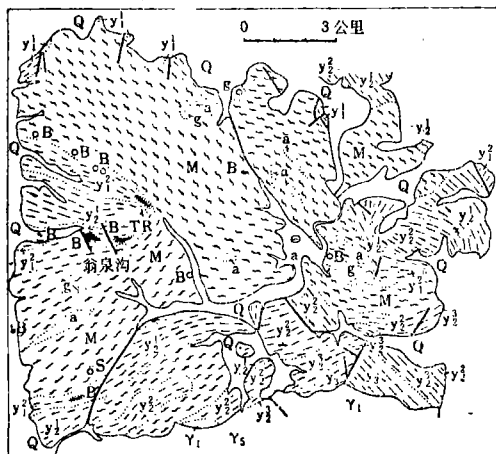


图 14 翁泉沟矿区地质图

反映。

鞍山式铁矿富铁矿 辽东鞍山铁式矿床中的富铁矿, 我们同意一些人的看法, 认为是混合热液交代成因的。按其矿体形态及其与围岩、主岩的关系, 应划归层控型矿床。控制富矿体的构造, 例如弓长岭二矿区的, 是走向褶曲和塑性断层。南芬铁矿的富矿与构造的关系, 前人是这样说的: “该矿床中的主要富铁矿呈倾斜的长筒状赋存在 Fe₃ 含铁石英岩层的褶曲轴部, 富铁矿体沿走向延长仅百余米, 而沿倾向延深可达 600~700 米。” 这很生动地描述了倾向褶曲控制富铁矿体的情况。这些控制富矿体构造的发育, 不是偶然的, 是区域性回曲构造发育的结果。已知鞍山地区的鞍山群, 以片理构造线走向变化大为特点。例如弓长岭铁矿区的鞍山群, 曾给人们的印象是走向北西倾向北东的单斜。其实, 这最多只是其中一个矿床 (“二矿区”) 的情况。它的 “一矿区”, 早年的地质图已经明显地反映出是一个回曲构造。其他几个 “矿区”, 也至少存在着倾向褶曲。而 “多

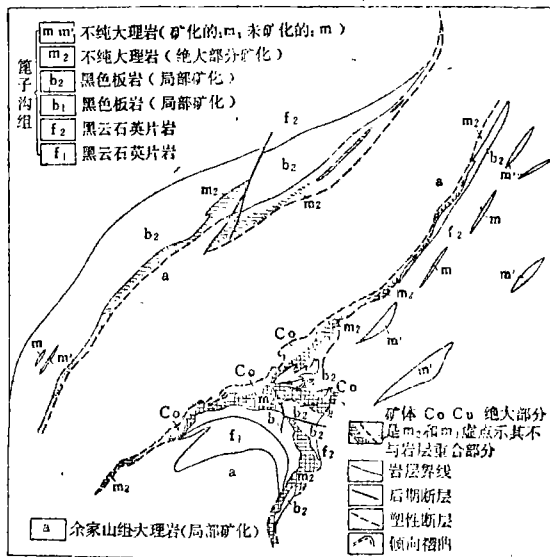


图 15 中条山南和沟矿床 690 中段倾向褶曲地质图 (据南和沟矿资料编)

口峪矿区”走向北东,和“二矿区”西北端隔沟相望,可以认为这里最可能有一个倾向褶曲。这样,弓长岭铁矿区的鞍山群,处于倾向褶曲一回曲构造发育地段。又如弓长岭铁矿至南芬铁矿之间,鞍山群中有一系列鞍山式铁矿床、矿点,多已查明,铁矿层产状变化大,大小褶曲发育。这些褶曲中,从一些线索看来,应有些是倾向褶曲一回曲构造;而矿床、矿点之间,从产状、层位看,也应有倾向褶曲一回曲构造存在。至于南芬附近的鞍山群,南面、东北、西北各部分产状变化很大,不是一般褶曲构造,应是一个中型回曲构造。鞍山地区,鞍山式铁矿广泛分布,控制富铁矿床的构造一定还有,不失为勘查鞍山式铁矿富铁矿的好地方。

关于回曲构造控矿问题,值得注意的是,国内其他地区老变质岩系中的层控型(Cu、Pb、Zn、S、Fe、Co)矿床为构造控制的例子越来越多。在这些控矿构造中已知有走向褶曲、倾向褶曲、回曲构造和塑性断层。有关矿床都是些变质—混合热液矿床。

中条山地区老变质岩系中的层控型混合热液Cu—Co、Fe矿床、矿点、矿化点分布很广,赋存在绛县群、中条群各组地层中,著名的有篦子沟矿床、南和沟矿床,可作代表的还有宋家山矿床、横岭关矿床和铜沟矿点。它们的主岩多种多样,蚀变也各不相同。矿体形态有的为似层状、透镜状,有的为柱状、囊状。矿化作用有以交代作用为主,有的以充填作用为主。矿化过程都是多阶段的,先后迭加,不见分带现象(篦子沟矿床、南和沟矿床的铜矿体和钴矿体大多是分开产出,钴矿体在铜矿体中呈脉状、囊状、柱状出现。这是迭加,不是分带)。矿体在矿床中常成群出现,几十条至百多条,占有许多岩层层位。这些矿床的矿化主岩,离开矿体,矿化地段不远(几米至十几米),矿化现象迅速消失。其中矿化金属含量不比

其克拉克值高多少,甚至在其克拉克值以下,这是一个特点。这些矿床为一定构造所控制。其控矿构造,有的已经查清,择述如下:

南和沟矿床和篦子沟矿床,从矿区地质图可以看出,矿区内岩层分布杂乱,厚度变化异常,既非后期断层引起,相变亦觉突然,且产状变化大,小褶曲发育,应是倾向褶曲、回曲构造和塑性断层存在的反映。南和沟矿床在西沟—鲁象沟同斜向斜东翼上的倾向褶曲中(图15,图11),呈矿柱产出。矿柱产状与倾向褶曲轴产状:与矿区岩层的倾斜完全一致($SE\angle 50^\circ \pm$),沿倾斜延长800米以上。早在六十年代,矿山地质人员的实践证明:矿柱内侧的矿体是曲折相连的。但不见岩层、矿体作弧形弯曲,因为褶曲轴部已经劈理化了。矿柱属于倾向褶曲轴部,主岩-矿体加厚,其两个分枝相当于倾向褶曲两翼,岩性、层位对称,但厚度减薄以致缺失,这是塑性断层引起的——这里没有(脆性)断层的证据。

篦子沟矿床在矿区回曲构造中。矿区内,篦子沟组及余元下组发育有走向褶曲和伴生的塑性断层,使篦子沟组下部缺失,把它和余元下组的一部分挤入篦子沟组上部,之后为倾向褶曲迭加改造成为回曲构造。现在,篦子沟组下部和余元下组的一部分在篦子沟组上部地层内呈猪腰形、弧形产出。矿床地质图(如图16所示),矿体呈矿柱产出,与控制它的倾向褶曲轴的产状及矿区岩层倾斜完全一致($SEE\angle 40^\circ \pm$),沿倾斜延长1000米左右。开采证明,矿体经常随上下岩层弯曲,内部形态变化大。但是,这里褶曲尽管很多,由于轴面劈理发育,很难见到岩层在褶曲轴部作弧形弯曲,常呈之字形曲折,这种情况,已经在坑内外的许多小褶曲中反映出来了。

关于南和沟矿床、篦子沟矿床的控矿构造应当指出,矿化作用主要是热液充填作

用,形成“网脉状矿化”。矿化主岩主要是钠长石化大理岩和金云母化大理岩。黑色片岩、黑云石英片岩、方解黑云片岩、白色大理岩等等一般不矿化,只在矿体内或上下盘附近才可能被矿化波及。矿化主岩可厚几十米,可薄于一米,在矿床范围内弯弯曲曲。矿化主岩在矿化时遭角砾化,发生不规则破裂,形成大小角砾状碎块,特征的是,角砾碎块互相间没有错动、转动,没有改变它们片理的原有产状;同时,这样的破裂,很少波及上下盘岩石,即使在褶曲轴部地段也很少受主岩褶曲影响。看来,它们在矿化时受到一种脉动构造运动的震动作用,仅仅使处于高温高压下的某些岩层破裂,而上下盘岩层仍表现为塑性影响。岩石物理性质在这里起了决定性的作用。因此,矿体沿一定岩性的岩层产出。在破裂波及上下盘地段,矿化亦可随之波及,矿体则出现跨层、切层现象。同时,就在矿床的同一主岩层中,有些地段破裂不好,矿化也不好,出现矿体在主岩层中断续存在现象。层控矿床,主岩层不等于矿体。

内蒙狼山老变质岩系发育,赋存有大、中型Cu—Pb—Zn矿床,属层控型。蚀变—矿化交代作用明显,矿化热液活动是多阶段的,不见分带现象。矿体呈似层状、扁豆状、囊状、柱状。我们认为是变质—混合热液矿床,为一定构造所控制。例如霍各乞矿床,分布在矿区倾向褶曲—回曲构造里(图10)。控制矿床的构造在地面地质图上已经鲜明地反映出来了,被称为反S褶曲。勘探资料证明,这是一个反S的产状陡急的倾向褶曲,矿体随之呈陡急的矿柱产出,延深800米以上。这里矿化蚀变强烈,矿化交代的主岩大部分是蚀变岩。

康滇地轴上有许多富铜铁矿床属层控型的,我们认为是变质热液矿床。它们在矿源层中或在其附近。这些矿床与矿化有关的蚀变明显。矿化是多阶段迭加的,但无岩浆热

液矿床的分带现象;矿化作用有交代作用,也有充填作用。矿体多层,常为似层状、扁豆状、柱状、囊状,集中出现在一定构造地段,矿质集中富化是变质热液活动的结果。因为要把比矿源层中的含量高几倍—十几倍的矿质富集起来,矿质必定有几百米上千米的迁移,迁移距离近了是不够的。控制矿化的构造,肯定有区域变质作用过程中形成的走向褶曲、倾向褶曲、回曲构造,也应有塑性断层。例如下述。

滇东迤纳厂铜铁矿床(图17),前人认为矿区是“一个向西倾伏的短轴背斜”,内部有“大宝山背斜、弯子向斜及村南背斜”和“狮子口向斜”等褶曲构造,并且“次级小

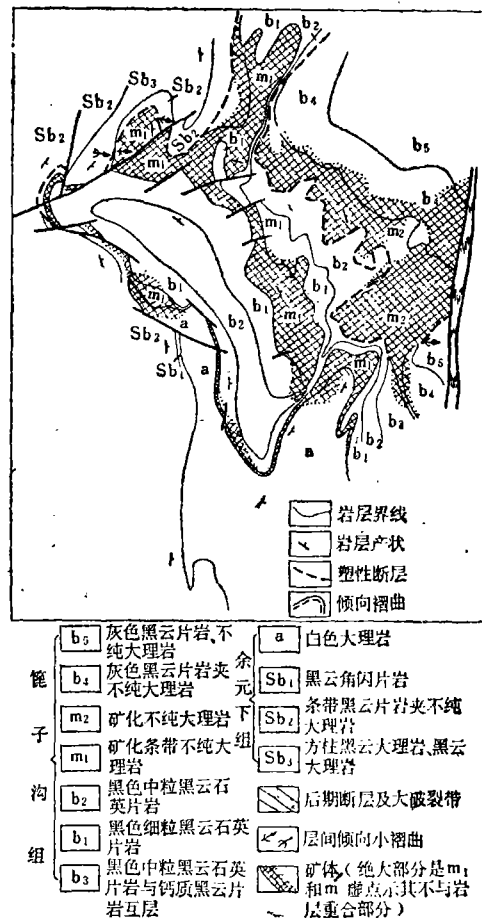
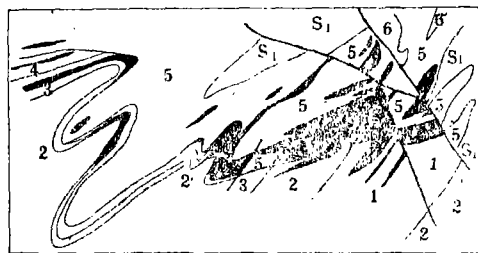


图16 中条山篦子沟矿床669中段回曲构造地质图
(据篦子沟矿资料缩编)



1-6, S₁ 是岩层分层
黑色示矿体粗线示后期断层

图 18 狮子山矿床 1774 中段地质图

褶皱异常发育”。从图上看这不是倾伏短背斜，它的其余部分不知所终；内部的次级褶皱有的是走向褶皱，有的是倾向褶皱，应是一个走向褶皱被倾向褶皱化了的回曲构造。这里刺穿构造发育*，有关资料证明，矿化富集作用是在刺穿构造形成晚期或之后，正是变质热液活动之时，有构造条件与主岩条件配合，得以形成富矿，在这个矿区内，集中出现几个富矿床。

滇东狮子山铜矿床（图18）的地层属昆阳群铜厂段，从资料看，S₁可能是6。这里不单有倾向褶皱，而且会有回曲构造；一些地层缺失是塑性断层引起的。矿床西部矿体随倾向褶皱弯曲。

东部矿体是一个矿柱，很可能在回曲构造里。勘探和开采证明，矿柱很陡，延深大于1000米。矿化一般为片理控制，在褶皱轴部，劈理发育地段，可见沿劈理矿化。这里的倾向褶皱是之字型的，轴部岩层不作弧形拐弯，而

呈锯齿状褶皱。

至于中条山、狼山、康滇地轴等地的变质—混合热液矿床、矿点组成的矿田、矿带，与回曲构造的关系如何，尚待分析。

老变质岩系中的层控型矿床，只有一些分布在含矿层、矿源层或含矿建造中，但其大多数却赋存在一定构造部位里。这些矿床的矿化蚀变大多明显，矿化交代作用或充填作用随处可见。我们认为对这类矿床的勘寻，应从热液矿床入手，除主岩外，分析其

康滇地轴上，泥盆组（以及落雪组）地层常角砾岩化，穿插在上下地层中，规模大，分布广，有些矿床与此有关。几十年来引起云南同志们的广泛注意，反复实践，热烈讨论。其中一种看法认为，这是刺穿构造角砾岩，我们同意这种看法。这应当是昆阳群区域变质作用晚期出现的，是岩层仍处于区域变质的塑性条件下出现的。因为刺穿体与围岩的原生正常接触不是（脆性）断层，而是塑性断层，表现为①不见（脆性）断层痕迹，②接触紧密，接触带、接触面上的物质已经重结晶了，③接触线在露头、坑道范围内，有的较平直，有的弯曲如港湾。同时，刺穿体的产状（似层状、株状、囊状、脉状）表明是刺穿作用产生的。刺穿过程大概是这样的：区域变质作用晚期，仍处于高温压下的岩层，在脉动式地壳运动引起的强烈震动下，其中一部分岩层在某些构造地段表现为脆性破坏，出现角砾岩化。与此同时，乘虚底辟向上刺穿围岩。虚的部分，正是回曲构造（或倾向褶皱以及塑性断层）发育地段。

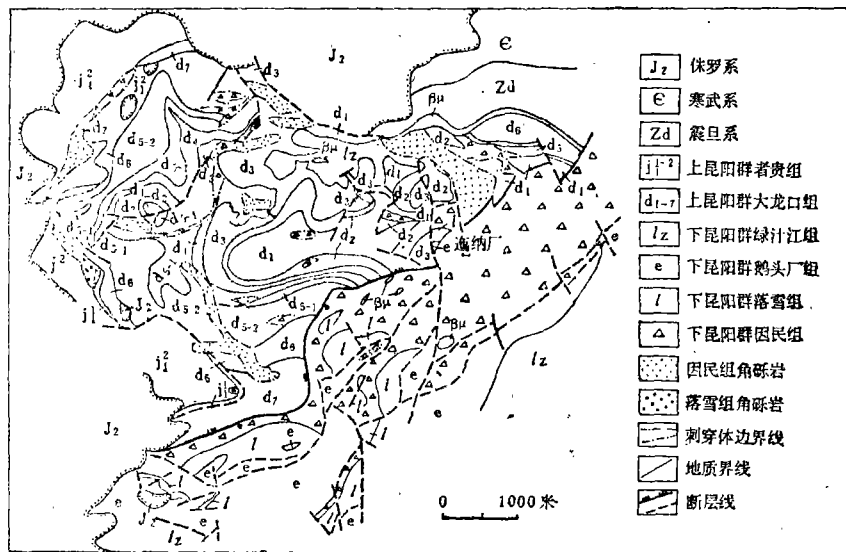


图 17 云南省武定迤纳厂钢铁矿区地质图

控矿构造是很重要的。

老变质岩系中的层控型热液矿床，过去多认为是岩浆热液的，其控矿构造以断裂为主，近来不少人认为是沉积—变质的，较少注意控矿构造。实则是变质—混合热液矿床，片理、破裂控制矿化，各级回曲构造（包括走向褶曲、倾向褶曲、塑性断层）分

别控制矿体、矿床、矿田。

我们这些看法不一定正确，或能引出宝贵意见，是所望也。

最后，我们引用了有关单位的资料，其中辽宁冶金一〇一队的资料是我们共同搞三结合科研过程中提供的，一并致谢。



意大利的金属矿床

意大利境内有多种类型的镁铁质和超镁铁质岩石，其中不少伴生有重要工业价值的矿床。这些岩石分属于不同地质时代。最古老的产于撒丁地区的寒武系内，似乎是一种地台型的火山活动，含有大量铅、锌、铜、氟和钼。这些金属量达几百万吨，它们赋存于诸如具有还原性质的小海岸盆地中，并发生过一系列再富集作用，构造作用、热变质作用和浅成作用等。

在喀里多尼亚变质作用发育之前，沉积有一组镁铁暗色矿物和超镁铁暗色矿物，并常伴生有工业矿床。其中包括撒丁西北部辉绿岩岩盖的志留纪沉积和结晶作用。这些辉绿岩岩盖与大大小小的透镜状鲕粒铁矿床有明显的相关关系。铁矿储量自一万至几十万吨不等，由含铁泥质胶结物中的含鳞绿泥石、菱铁矿、鲕绿泥石、赤铁矿、磁铁矿及钛铁矿的团粒组成。在含铁块体内有时赋存有铅、铜、铁和锌的硫化物。

阿尔卑斯山系西部石墨片岩内强烈变质的基性岩中常伴生有规模较小的层状多金属硫化物矿化，时代可能属上奥陶纪至下泥盆纪之间。

意大利最大的蛇绿岩杂岩体形成于侏罗纪至上白垩世之间，从马里泰姆阿尔卑斯山一直延伸到阿迪杰河，呈一大弧形。在利古

里亚亚平宁山脉和托斯卡纳也有发育。阿尔卑斯山有磁铁矿及石棉富集。托斯卡纳有铜矿脉及块状黄铜矿和黄铁矿富集，此外还有锰及滑石。

（据英《采矿杂志》1977年136卷6期）

黄铁矿的地球化学

数十年来，经济地质学家曾反复从各方面研究硫化物的微量元素含量，特别把重点放在各种地质环境中黄铁矿的微量元素含量，并用这些元素圈定矿化分带及确定矿物的沉积环境等问题。加拿大不列颠哥伦比亚大学采用原子吸收分光光度计分析了该国科迪勒拉带三种不同类型斑岩铜矿内111个黄铁矿样品中的Co、Ni、Cu、Pb、Zn和Mn元素。结果表明，黄铁矿中的Co、Ni含量，特别是当用Co/Ni比值表示时，表现出与斑岩铜矿系统矿化分带相应的分带型式。黄铁矿中的Cu和Mn含量没有什么规律性，Cu含量似乎可以用来指示富铜带。黄铁矿中的铜多呈黄铜矿包体赋存。有时在斑岩系统边缘的黄铁矿中，Zn和Pb特别富集。这些资料与其他研究结果联系起来考虑时，即可建立起一种钙碱系斑岩系统黄铁矿的某些微量元素分布的实验模式。在某些情况下，可以用黄铁矿的地球化学作为一种勘探手段，在详查阶段帮助圈定靶区的范围。

（据美《采矿工程师学会汇刊》，1977年262卷2期）