

## 考察报告

## 中俄边境两侧早古生代造山作用及金银矿带的研究

## ——中俄联合考察报告

王东方 陈从云 段瑞森

(沈阳地质矿产研究所)

Ю·Г·谢尔巴科夫 H·B·罗斯里亚科娃 Л·Н·阿拉宾

(俄罗斯科学院西伯利亚分院地质地球物理和矿物研究所)

“七五”期间根据完成国家重点攻关项目“华北地台北缘构造地质研究”所取得的大量资料,对内蒙地轴范围内地质构造问题的研究有了新的发现。原来认为内蒙地轴从前震旦纪以来一直是一个长期隆起的构造单元,它主要由太古宙和元古宙地层组成,而王东方、陈从云等经过五年工作却在这些“前震旦纪地层中发现了一个长2000km,宽33—100km的早寒武世早期的小壳化石带,同时还发现了大批的外来蛇绿杂岩体。据130个同位素年龄数据统计,证明其形成于 $850 \pm 50—600 \pm 50\text{Ma}$ <sup>(1,2,3,4)</sup>,由古地磁测试证明这些外来体是迁移了1300—2000km后作为地体拼贴于华北地台北缘的<sup>(5)</sup>。这就导致了内蒙地轴的解体,原来划为太古宙及元古宙的地层大部分应为显生宙早期 $850 \pm 50—600 \pm 50\text{Ma}$ 的洋壳残片和盆地相沉积。这就表明内蒙地轴不是一个长期隆起的构造单元,其大部分应归属于北部地槽区,即古亚洲洋的一部分。这一突破性进展导致了一系列重大基础地质问题的改变,特别是构造与成矿作用,它不仅仅是一个重要的学术研究课题,而且直接与国民经济建设相联系,要解决这个重大课题必须解决如下两个基本问题。

一是区域大地构造问题。由于内蒙地轴解体,我们新建立了显生宙早期的辽冀蒙造山带<sup>(5)</sup>,这个造山带属于古亚洲洋域,它以开原—阜新—崇礼—固阳大断裂与华北地台分界,古亚洲洋的洋壳基底应该是 $850 \pm 50—600 \pm 50\text{Ma}$ ,后来经历了一系列的古生代板块构造运动,包括地体间的相互运动,最后拼贴到华北地台北缘的。中俄边界两侧(即华北地台北缘和西伯利亚地台南缘)同处于一个构造域(即古亚洲洋域),在古亚洲洋的演化过程中,必定存在许多相似的大地构造问题,因此与俄方合作,对比研究两地台边缘的造山作用,这对解决华北地台北缘的区域大地构造问题成为可能。

二是在华北地台北缘寻找超大型矿产问题。由于地壳结构和构造格局的变化,相应的成矿作用也随之而发生变化。原属陆壳结构的内蒙地轴,现在大部分变成了洋壳结构,这两种构造环境之间是有很大差别的,洋壳结构比陆壳结构的壳层要简单得多,它主要由岩浆岩和火山岩构成,沉积物较少,这对金属成矿作用的产生比在陆壳区要直接和有利得多。同时根据华北地台北缘(辽冀蒙造山带)现已出现的矿床和矿化点以及西伯利亚地台南缘俄罗斯和蒙古境内同类型构造区存在的超大型矿床来看,我们认为通过中俄合作研

究, 探讨在我国境内寻找超大型矿产的途径和经验是可能的。

## 1 区域地质对比成果与收获

1991年度俄方安排的研究地区是库兹涅茨阿拉套和山区阿尔泰, 这两个地区均属于早古生代的造山带, 其中库兹涅茨阿拉套包括了建立萨拉伊尔运动的地区, 这两个造山带的地质情况和所包括的矿产在西伯利亚地台南缘西部都具有代表性。著名的西萨彦岭由于交通条件差未能成行, 但据介绍其地质条件与上述地区相似。

库兹涅茨阿拉套和山区阿尔泰出露的岩石多为变质岩, 过去曾因变质作用将其划为下里菲或太古宇, 但经过近些年的调查研究, 不断将其归为上里菲和文德(苏联一些文献亦称震旦)-寒武系, 其变质作用一般为绿片岩相, 少数可达角闪岩相, 如库兹涅茨阿拉套的丘玛伊斯克组、乌斯契安扎斯克组和西萨彦岭的下莫诺克斯斯克组等<sup>(6)</sup>。这些文德系或上里菲系由蛇绿杂岩(主要是基性火山熔岩)组成。文德系蛇绿杂岩之上部普遍的含有下寒武统的灰岩(含古杯化石), 文德与下寒武统的界线不清, 是渐变的, 因此常常称其为文德-寒武系杂岩。

属于文德-下寒武统的蛇绿杂岩在库兹涅茨阿拉套地区除中生代拗陷盆地外到处都有分布, 这些蛇绿岩最明显的标志是超镁铁岩石(超基性蛇纹橄橄榄岩)和堆积辉长岩、块状辉长岩。这些显生宙早期或晚前寒武纪末期的造山带或板块构造带上的产物为后来造陆作用所破碎和迁移, 这些被迁移的块体实际是一些大大小小的地体。现在的断裂都是造陆后的表现, 无论从各地体蛇绿岩走向上的差异, 或蛇绿岩与非蛇绿岩块体的突然接触, 都证明它们曾是不同地体的拼合。例如西萨彦岭蛇绿岩的分布方向是NEE向, 而库兹涅茨阿拉套的蛇绿岩则呈近SN向, 但山区阿尔泰的文德-寒武纪及泥盆纪蛇绿杂岩相混合的杂岩系则又呈NWW向分布, 紧邻的三个造山带代表了三个不同的地质体(图1)。这是粗分, 如果细分还可以再分出一些大地体中的小的洋壳或陆壳碎块, 例如库兹涅茨阿拉套有两种地块均属文德一早寒武世, 一种是蛇绿岩套, 由超镁铁质岩(蛇纹橄橄榄岩)、堆积辉长岩、块状辉长岩、辉绿岩墙群、玄武岩(细碧岩)和凝灰质岩石组成。这些岩石均已变质。另一种块体, 分布在萨拉伊尔北西地区, 为沉积岩组成的陆壳型地层, 其间可见钙碱性火山岛弧岩系(图1, 2), 说明西伯利亚板块南缘洋壳、陆壳间的正常分布关系已被强烈的构造运动所破坏, 这一点正是我们在中朝板块北缘所发现的事实, 而我们到俄罗斯考察的目的之一就是证实这一涉及古亚洲洋演化的基本模式。目前中、俄两国许多从事板块和造山带研究的学者更多地倾向于从简单的板块构造模式出发, 把兴蒙地槽区设想为西伯利亚与华北古大陆之间原始简单的大洋壳和大陆壳相互作用的板块关系, 具简单的沟弧盆体系和陆壳增生带等。有的学者简单地追求西伯利亚板块与中朝板块间陆和陆的碰撞关系, 这种理论与我们在中朝板块北缘和西伯利亚板块南缘所看到的事实是不一致的。1986—1990年我们在中朝板块北缘的工作以及这次中俄合作研究的结果初步证实, 中朝古陆与西伯利亚古陆之间未发生过陆壳间的碰撞。在两大古陆间的广大古亚洲洋区, 其构造运动只在早石炭世之前曾有过简单的板块构造模式出现, 形成了文德(震旦)一早寒武世的蛇绿岩、奥陶-志留纪的蛇绿岩和岛弧岩系以及泥盆纪的蛇绿岩等。早石炭世之后是西伯利亚陆壳板块的向南推挤, 使原古亚洲洋壳破碎, 形成了一系列的碎块地体, 它们多半都

以文德 (震旦) 一早寒武世的洋壳或过渡壳岩石为基底, 这类基底常由同一时期的优地槽

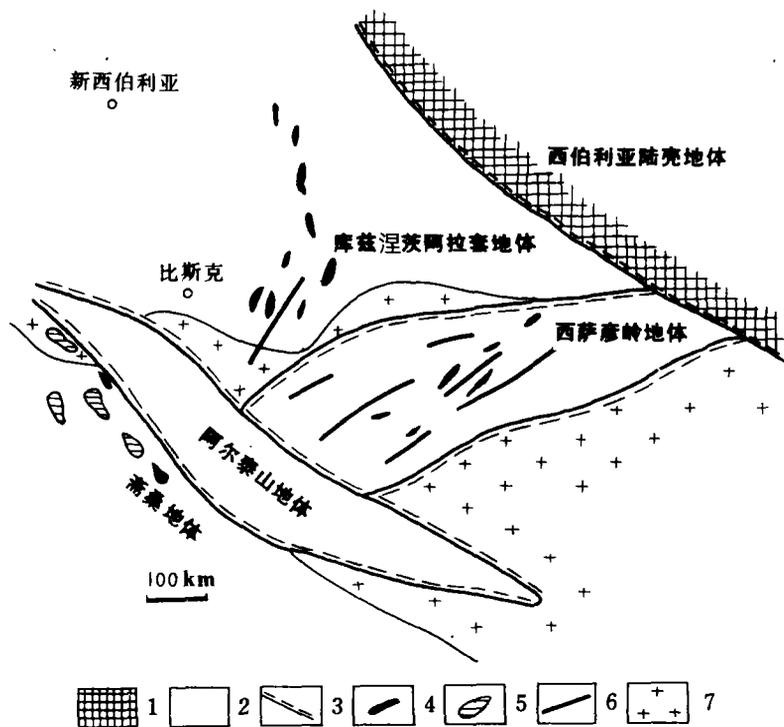


图 1 西伯利亚板块西南缘文德-寒武系蛇绿岩及其地体构造

Fig. 1 Vendian-Cambrian ophiolite and terrane structure in southern margin of Siberian plate

1—陆壳地体; 2—洋壳地体; 3—地体边界; 4—文德-寒武纪超镁铁-镁铁质岩石 (蛇绿岩);

5—泥盆系蛇绿岩; 6—断裂; 7—加里东-海西期花岗岩

相杂岩或蛇绿杂岩成分组成。同时在不同的构造部位, 不同类型的地块在西伯利亚陆壳板块向南以“推土机”式动力机制推移的过程中相互碰撞、逆冲推覆、互相叠置。总之, 以微板块—地体的相互作用及地体间构造薄弱带的花岗岩浆侵位以及推覆体的剥蚀 (石炭—二叠纪)、再沉积的造陆作用代替了简单板块构造模式的造山及陆壳增生过程。

通过考察突出了一个基本地质事实, 也是一项最主要的收获, 即文德-早寒武世蛇绿岩是古亚洲洋中最发育的蛇绿岩系, 也是早古生代早期造山带中的重要组成部分。前面已经说到, 正是我们在原内蒙地轴范围内发现了大批显生宙早期的蛇绿杂岩外来体之后, 又在其上部发现了东西延长 2000km、宽 30—100km 的小壳化石带, 从而取得了突破性进展, 使内蒙地轴被解体。我们根据同位素年龄分布区间, 确定其时代为  $850 \pm 50 - 600 \pm 50\text{Ma}$ , 这一事实通过考察已得到证实。俄罗斯科学院西伯利亚分院副院长 Н.Л.Добрецов (1990) 指出:“板块和微板块在文德—寒武纪时期彼此强烈地排斥, 然后逐渐地迁移靠近, 通过增生杂岩而拼合, 最后在三叠纪末形成统一的亚洲大陆<sup>(7)</sup>。”这样看来, 中俄科学家在各自地区研究的成果逐渐趋于一致。而在 70 年代后期, 俄蒙科学考

察队所著《蒙古地质基本问题》一书<sup>(8)</sup>，Л.П. Зонешаин(1977)等尚没有这一认识。

俄方合作者 Ю.Г.Щербаков 等人在华工作期间正值 IGCP 283 项国际讨论会在沈阳召开，会后共同考察了我们在辽北新建的清河镇群洋壳剖面<sup>(5)</sup>（这是我们对过去所建

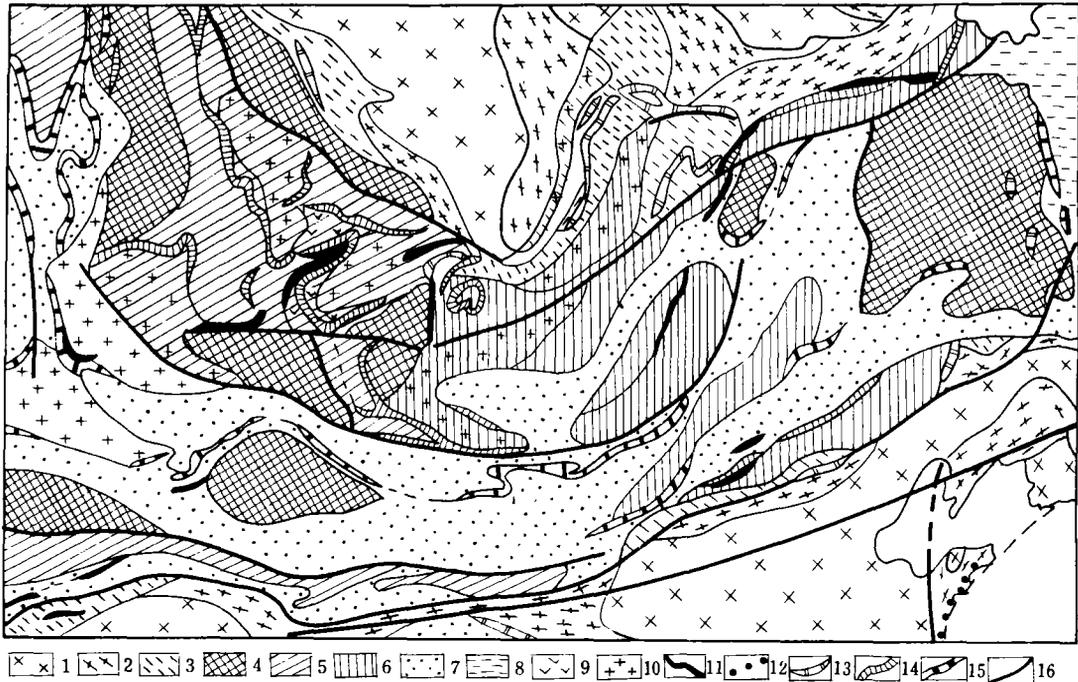


图2 中亚褶皱带构造地质图

Fig.2 Geological map of tectonics of Middle Asian folded zone

1+2—西伯利亚地台太古宙结晶基底和元古宙地层分布区；3—晚前寒武纪褶皱区；4—晚前寒武纪—早寒武世（含蛇绿岩）地体；5+6—加里东褶皱区；7—海西褶皱区；8—中生界；9+10—岛弧建造广泛分布带；11—蓝闪片岩带；12—榴辉岩带；13—贝加尔蛇绿岩带；14—加里东蛇绿岩带；15—海西蛇绿岩带；16—断裂（据 н.п.лобрцов, 1990 修改）

立的早元古代辽北辽河群陆壳剖面予以否定后新建的，并将槽台界线南移了 50km），该剖面由震旦—早寒武世蛇绿杂岩所组成。20 余名中、外专家在观察后一致认为我们的否定和新建都是正确的。通过与蒙古科学院、原苏联科学院及西伯利亚分院、远东分院代表们的讨论，证实俄罗斯东萨彦岭、西萨彦岭以及蒙古境内都广泛分布着文德—早寒武世时期的蛇绿杂岩。俄罗斯科学院伊尔库茨克地化所所长 М.И.Кузьмин 在讨论中指出：沈阳地矿所王东方等建立的清河镇群蛇绿岩的某些组合与西萨彦岭的很类似，本区还可能有该时期的岛弧残余。蒙古科学院的代表认为蒙古汗泰希尔蛇绿岩与辽北清河镇群蛇绿岩在时代和组成上都可以对比。В.Г.Беричинко 说，在西伯利亚地台南缘某些变质较深的地层，过去认为是太古宙和元古宙的，现在不仅在其中找到了文德—寒武纪的生物证据，甚至有些地层还找到了奥陶纪化石（这和华北地台北缘一样，在原划太古宙、元古宙变质地层中找到早寒武世早期的古生物证据以及在呼兰群和下二台群中找到奥陶纪化石也是我们

所获重要成果之一),在西伯利亚地台南缘,地台年青化的面积越来越大,在古生代的俯冲、仰冲堆叠带上变质作用较强,一般为角闪岩相,甚至出现麻粒岩相。

此外,我们在俄工作期间,对库兹涅茨阿拉套、萨拉伊尔和山区阿尔泰的上里菲、文德一早寒武世蛇绿杂岩系的硅质灰岩中进行采样,经分离发现了大量的小壳化石类,完全类比于我们在内蒙地轴上所发现的清河镇动物群,这在俄罗斯还是首次发现。同时在俄科学家发现古杯化石的萨拉伊尔地区,我们亦发现小壳化石与古杯共生,证明这种小壳化石确属早寒武世,成为清河镇动物群时代的重要佐证之一。

通过我们在国内的研究和对俄罗斯的地质考察确立了两个基本事实:一是原来所说的蒙古-兴安地槽不是一个简单构造分带的地槽,亦不是用简单板块构造模式所能概括的构造演化地区,而是一个微板块运动的复杂场所;二是我们可以肯定古亚洲洋是一个基本上以文德(震旦)一早寒武世( $850 \pm 50 - 600 \pm \text{Ma}$ )洋壳为初始洋底的古大洋,这个问题过去没有明确过。明确上述两个事实具有重大的地质意义。

a. 既然古亚洲洋的构造演化在早石炭世后经历了复杂的构造破坏和叠加,现在的面貌已不是它原始的状态,它以地体拼贴和增生为主体充斥着古亚洲洋区。如果要想把构造拼贴弄清楚,只有通过详细的不同比例尺的填图来解决。这就为我们提出了今后工作的方向和任务。

b. 原内蒙地轴的大部分地区已归属于地槽区(即古亚洲洋区),其地壳结构与中朝古大陆壳有极大的不同,它没有普遍的前震旦纪基底,而是以震旦一早寒武世洋壳基底为主体,其它组成物少量,其间虽经多次构造侵位,灌注了大量的兴凯-加里东-海西期花岗岩,其上局部地区还不规则地覆有晚古生代甚至中新生代的沉积物,但这种地壳结构与中朝陆壳结构相比要简单得多,矿源层更易暴露于地表,找到超大型矿床的可能性就更大,目前在这些地区已经有了许多超大型的金矿、银矿、铁矿、铜矿、稀土矿和铀矿等。因此,我们更有理由明确地指出:超大型、大型矿床的预测在这样的地壳结构条件下是最有希望的。同时也表明我们的此项基础地质研究具有巨大的潜在地质意义和经济意义。

## 2 矿产研究对比及收获

Ю·Г·谢尔巴科夫教授等俄方同事与我们共同研究了库兹涅茨阿拉套和山区阿尔泰的金矿床和金矿带。金矿带沿南北向蛇绿岩带(图3)展布。该区以金和铁矿为主,几十个大中小型矿床沿带分布,从金和铁两个矿种组合产出的层位来看,它们均产于文德一早寒武世蛇绿杂岩系中,说明矿源层正是蛇绿岩,特别是与文德期的大洋拉斑玄武岩有关(图3),大洋拉斑玄武岩已变质成绿色片岩系。Л.В.Алабин(1983)明确指出:金矿成矿与文德一早寒武世辉长-闪长-辉绿岩、斜长花岗岩以及早古生代的花岗侵入杂岩有关<sup>(9)</sup>。这些岩石显然都是早古生代造山带的主要成员。在有了良好的矿源层之后,花岗岩侵入的热液作用使金属成矿物质运移,而构造片理化带则成为控矿的重要因素,特别是巨大的库兹涅茨阿拉套断裂及其分支系列则成为金矿化作用的区域构造条件<sup>(9)</sup>。

在俄罗斯境内我们主要研究了库兹涅茨阿拉套的三个金矿床,包括 Комсомольский(共青团矿床)、Берикильский(别里库里矿床)、Центральный(中央矿床)和萨拉伊尔金矿以及山区阿尔泰的维肖力矿床等。库兹涅茨阿拉套的三个矿床是属于同一矿带的三

个矿段。每个矿段各自具有不同的围岩，从南到北矿体围岩分别为辉长岩、安山岩、花岗岩，均与早寒武世的碳酸盐岩伴生，它们都是中寒武世时期伴随萨拉伊尔造山运动所产生的岩浆活动的产物。各矿床虽拥有不同的围岩，但都具有共同的文德—早寒武世的基底，证明文德—早寒武世的大洋壳为该区金矿的形成提供了大量的成矿物质和构造环境。但俄

方合作者则认为成矿与近矿围岩有关<sup>[10]</sup>，这一点我们是有分歧的，不同的围岩都形成了金矿并产于同一个构造岩浆带中，这只能说明金矿与近矿围岩（辉长岩、安山岩、花岗岩）并无直接的联系，该区金矿则是说明此问题的很好实例，而这个实例则很有说服力地证明了我们的推断：在具有震旦（文德）—早寒武世洋壳基底的地区，特别是我们研究华北地台北缘——原内蒙古地轴范围内，具有找寻大型、超大型金矿的潜力。俄罗斯库兹涅茨阿拉套金矿带给我们提供了样板和实例（图3），并增加了我们的信心，特别是我们研究的吉林省夹皮沟地区、辽西阜新一朝阳以北地区、河北热水—内蒙赤峰地区，也都具有含小壳化石的震旦—早寒武世蛇纹绿杂岩，金矿床也与不同围岩有关，今后很值得进一步工作。

上述地区的金矿带产有大型、超大型金矿床，

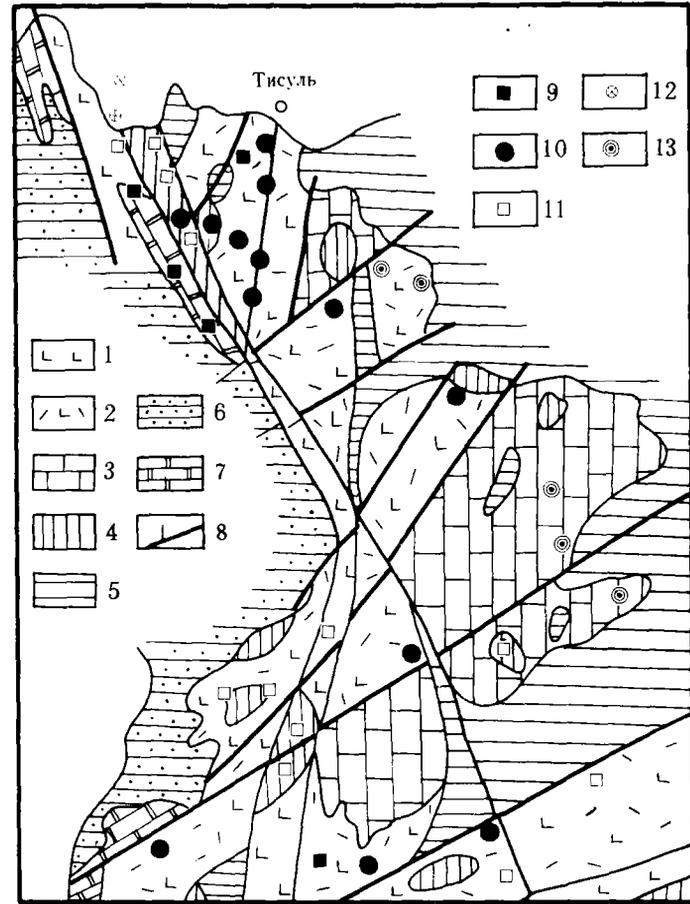


图3 库兹涅茨阿拉套文德—寒武系洋壳残片与金矿分布关系

Fig. 3 Relationship between sheets of Vendian—Cambrian ocean crust and distribution of gold deposits along Russian Kuznez mantain

- 1—蛇绿岩；2—铁镁—硅铝质岩；3—硅铝质岩；4—岛弧岩系；5—泥盆纪拗陷；6—中生界；7—飞来峰；8—区域断裂；9—砂卡岩金矿；10—金—硫化物—石英脉；11—砂卡岩磁铁矿；12—隐伏矿；13—铂矿

而且都是老矿随着找矿理论的进展而不断有新的突破，矿山寿命不断地延长并愈来愈兴旺。其中别里库里和中央矿床都有100多年的开采史，萨拉伊尔矿床有200多年的开采史。

最有意义的是萨拉伊尔矿区, 17世纪中叶它是银矿, 30年后在文德—寒武纪岩系里发现层状铅锌矿, 近些年在深部铅锌矿边界品位之外, 金又富集成矿并成为大型金矿床, 特别是在矿区内发现五处火山岩及次火山岩穹隆, 其矿化远景更大, 这样, 萨拉伊尔矿区便经历了从银矿到铅锌矿, 最终成为大型金矿的找矿和开采历史, 这个例子对我们有很大启示, 即一个构造活动带也常常是一个物质组分、矿化热液的活动带, 从浅部到深部地质条件会有所变化。根据这个例子我们安排俄方人员考察我国吉林省山门银矿和夹皮沟金矿。山门银矿现在是一个大型银矿床, 过去我们在那里工作时就了解到矿区内亦有铅锌矿化和金矿化。在该矿区所处的辽吉两省交界部位亦发现浅成火山岩穹隆, 所以这次中俄联合考察组向四平地质队提出建议要注意层状铅锌矿及火山穹隆中的金矿研究。根据地质条件, 我们认为山门完全有可能成为银—铅锌—金的超大型矿床。

另一个颇有收获和启发的例子是考察山区阿尔泰维肖力金矿床, 该矿床, 是世界上罕见的大型超大型矽卡岩型铜金矿床, 已勘探块段沿走向延伸达5km, 宽2km, 已勘探深度达600m, 矿体尚未尖灭。控矿和容矿构造为近南北向和东西向断裂, 矿石类型有含金石英脉型和矽卡岩型两种, 后者主要与石榴石、硅灰石矽卡岩有关, 矿床产于文德—早寒武世灰岩与早加里东期花岗岩的接触带中, 主要是外接触带, 金矿化与斑铜矿关系密切, 但与黄铜矿则排斥, 铜的品位可达5%, 平均1%—2%, 金的品位很高, 可达数十到数百克/吨, 矿化率高的地段一般磁化率都较低。铜在俄罗斯1%—2%的品位未受到重视, 而在我国则可开采, 像这样与超大型金矿伴生的铜矿亦应是超大型铜矿床。

最近美国有许多文献提到矽卡岩型金矿与斑岩铜矿、钼矿有关。矽卡岩型金矿还见于大不列颠、哥伦比亚和南朝鲜, 在我国河南亦有中小型矿床。这些矽卡岩都具有相似性, 以石榴石占优势, 具有富铁石榴石和贫铁辉石的特征。Ю·Г·谢尔巴科夫认为成矿作用发生在磁异常急剧减弱并出现Pb、Tb、Bi地球化学背景值突然变高许多倍的部位。

在我国, 多年来一直认为矽卡岩型金矿不大可能成为大型和超大型金矿, 因此在找矿上不够重视。维肖力金矿可能对我们有很大启发, 但还要进行具体分析, 山区阿尔泰的维肖力金矿并非出现在地台区, 而是产在具文德(震旦)—早寒武世洋壳基底的地槽区, 如前述, 这种地区的地壳层结构比地台区简单得多, 文德—寒武纪洋壳本身就是重要的矿源层, 因此成矿物质迁移、富集就容易, 比起地台区更容易形成大矿, 所以类似山区阿尔泰维肖力金矿地质条件的, 在我国首先不是华北地台区, 而是被我们解体的“内蒙地轴”, 在开原、阜新、崇礼、固阳一线之北, 我们采到小壳化石的灰岩及其下面有残余洋壳出露的地方, 同时又有加里东—海西期花岗岩侵位的部位首先应予预测, 这也是我们在此地区预测、研究超大型矿床的新方向。

此外, 关于夹皮沟金矿问题, 过去几十年一直被认为是太古宙的矿床, 现在, 由于我们在含铁矿的三道沟组中多处发现化石, 含金岩系被确定为晚元古代末期以来的蛇绿岩系(850±50—600±50Ma), 其造山作用被列入显生宙早期。我们的研究着重于该矿区的远景评价, 而矿山提出的问题既有远景评价又有深部找矿问题, 为此中俄专家就此问题进行了考察和讨论。

我们提出夹皮沟群(震旦—早寒武世杂岩)与中朝陆台无亲缘关系, 是古亚洲洋的洋壳残片作为地体碰撞、拼贴于古中朝大陆北缘的, 由于碰撞而产生挤压、剪切及脆性和韧

性双重构造。夹皮沟矿虽有近百年的找矿史，但找矿方向十分单一，只强调太古宙岩系中的石英脉型金矿，我们则认为夹皮沟金矿既不是太古宙，亦不是只有石英脉型一种金矿类型。上百年的找矿“经验”实际上限制了自己的发展。通过地面和井下观察，夹皮沟矿田发育有广泛的韧性剪切带、糜棱岩带，据此我们提出今后要把辽西排山楼式金矿作为主要找矿类型，而且在矿区内和矿井下我们都见到了这种类型的矿石，这种矿石品位虽然较低，但矿化带一般比石英脉型规模大。Ю·Г·谢尔巴科夫和Н·В·鲁什里亚科娃则提出要对含矿围岩及矿体做系统的分析工作。根据现有的地球化学资料和各种地质条件表明，该矿区各矿床都具有深成性，具有深部找矿的前景，同时还与国外矿床进行了对比。并指出俄罗斯有许多矿床，如外贝加尔的巴列依矿床和阿尔丹地盾的列别金等矿床以及澳大利亚的卡尔古里、罗马尼亚卡尔巴千山的一些矿床，过去的开采深度都只有数百米，而现在随着成矿理论和勘探技术的提高，其开采深度都在1000m以上。夹皮沟矿区同样具有深部开采的远景和条件，俄罗斯专家认为只要通过对不同中段的矿体和围岩进行系统的Cu、Pb、Zn、Au、Ag等进行分析，并根据其变化频率可有效地判断矿体是否稳定或尖灭，从而指导深部钻探，是成功的经验。

### 3 参考文献

- 1 王东方, 陈从云, 杨森. 早寒武世巨型化石带的发现及内蒙地轴的解体. 科学通报, 1990, (5).
- 2 Wang Dongfang, et al. Discovery of Gigantic Early Cambrian Fossil zone and Disintegration of Inner Mongolia Earth Axis. Chinese Science Bulletin, 1989, 35 (23).
- 3 刘效良, 王东方. 华北地台北缘一个新动物群——清河镇动物群. 地质学报, 1990, (2).
- 4 Liu Xiaoliang, Wang Dongfang. A New Fauna—Qing hezhen Fauna—from the Northern Margin of the North China. Acta Geological Sinica, 1990, 3 (4).
- 5 王东方等. 中朝陆台北缘大陆构造地质. 地震出版社, 1992.
- 6 Геологическая карта СССР масштаб 1 / 1000 000. 1988. ленинград.
- 7 Добрецов Н Л. Проблем чистонки и офиолитовых поясов центральной Азии, южной сибиря и северного Китая, проблемы магматизма и метаморфизма восточной Азии, Новосибирск. наука, 1990.
- 8 苏蒙科学考察队. 蒙古地质基本问题. 王集源、王东方译. 地质出版社, 1980.
- 9 Алабян Л В. Структурно-формационная и металлогеническая зональность кузнецкого Алтау Новосибирск. наука, 1983.
- 10 Щербатов Ю Г. Геохимия золоторудных месторождений в кузнецком горном Алатау и Алтае, —новосибирск: наука.