

东北亚地区金矿床的表生富集

〔苏〕H. B. 涅斯捷罗夫

403

4 (3-3)

2644

全国金矿地质工作领导小组办公室
地质矿产部南京地质矿产研究所

写在译文之前的话

H. B. 涅斯契洛夫 (Нестеров) 的这本书《东北亚金矿床的表生富集》出版于1985年, 从所附的参考文献看, 作者引用或参考这一领域的研究成果最近的到1979年止。已经十年过去了, 但对我国广大地质工作者来说, 内容仍然是新的, 值得我们参考的。

对表生金最早的较为系统的论述是W. H. 艾孟斯的《矿床富集作用》一书中讲金表生作用及富集是专门章节 (美国地质调查所所刊, 625, P30-324, 1917)。十九世纪末到二十世纪前四分之一时期是美国人热衷于研究矿床表生富集 (其中也包括铁帽的评价) 的时期, 不过重点是铜、铅、锌矿床。此后就开始冷落下来。倒是苏联学者, 他们一直注意这方面的研究。1936年出版的C. C. 斯米尔诺夫 (Смирнов) 的《硫化物矿床氧化带》一书中, 对金在氧化带中溶解、搬运、沉积和富集曾有几千字的说明。1951年这本书曾由加拿大政府翻译局译成英文出版 (中译本也是在这一年出版的)。更进一步的工作是B. M. 克列特尔 (Крейтер) 在莫斯科黄金勘探学院领导的《金在含金硫化物矿床氧化带中行为》的研究工作, 包括金的溶解、迁移和沉淀条件的各种模拟实验在内, 成果于1958年出版。加拿大地质调查所的R. W. 包依尔 (Boyle), 即《金的地球化学及矿床》(1979) 一书的作者, 曾认为这是一本出色的著作。在克列特尔领导下参加工作的有地质学、矿物学和化学方面的专业人员。该书除了描述哈萨克斯坦和南乌拉尔硫化物矿床氧化带中金的地质学、矿物学与地球化学实例外, 重要的是进行了有关金的溶解实验和计算, 讨论了迁移、沉积和富集的过程与条件。克列特尔之后, 苏联在这方面的研究基本上没有中断过, 重要如M. H. 阿勒包夫 (Алббов)、H. B. 彼特洛夫斯卡娅 (Петровская) 等人。比起苏联来, 英美学者对这方面的注意较为少些, 当然实验室的地球化学工作如金的溶解度实验大家都一直在进行的。值得提出的是W. C. 凯莱 (Kelley) 和E. N. 哥达德 (Goddard) 对碲金矿氧化带残余富集的研究 (1969) 是独树一帜的。不论在俄文还是英文文献中, 多数是属于区域性或个别矿床的研究, 大多数登在各种有关矿床或勘查的杂志中。但也不乏综合性的专著, 例如加拿大R. W. 包依尔的《金的地球化学及矿床》(1979), 以及H. B. 涅斯契洛夫的这本《东北亚金矿床的表生富集》, 特别是后者, 是专为金的表生富集而进行的工作。

近年来由于世界出现的找金热潮, 关于金在氧化带中的表生富集的英文文献又逐渐多起来了, 对氧化带中金矿的研究可以经常在《地球化学勘查杂志》(国际地球化学勘查协会, 荷兰出版) 中找到。特别是在澳大利亚, 他们不仅注意金的表生富集研究, 例如对绿岩带红土化作用引起的金的富集 (即近年来出现的红土型金矿床), 而且也再一次掀起了对硫化物矿床铁帽的研究热潮。这是自二十至三十年代美国A. 洛克 (Locke)、R. 布兰查尔德 (Blanchard) 以及Z. 包斯威尔 (Boswell) 等对美国西部铁帽评价研究高潮过去后, 经过五十多年的冷落又一次出现的高潮。七十年代末到八十年代初, 就有过R. L. 安德鲁斯 (Andrews) 曾对南非铁帽进行过不少研究, C. F. 布兰恩 (Blain) 还进行过利用铁帽评价原生矿的研究。主要根据西澳大利亚和南非研究结果由E. H. 聂克尔 (Nickel) 与J. L. 丹尼尔 (Daniel) 写成的《铁帽》(1985; 《层控及层状矿床手册》, 第13卷, P. 261—390) 就是他们在这一领域中最新的综合性著作。

对表生金矿的研究, 已不仅仅限于硫化物矿床的氧化带, 实际早已扩及整个风化壳了。对

风化壳中金的性状和利用的研究, 首先应提到澳大利亚, 特别是A·W 曼因(Mann)与J·G·威伯斯特(Webster)以及A·威尔逊(Willson)等关于红土型金矿的著作。但最早发现红土型表生金矿的是F·G·里秀尔(Lesure)1971年在美国乔治亚州Lumpkin县的Galham矿的工作, 他发现片岩经过风化后产生的腐土(Saprolite)中的金比起新鲜片岩来略有富集, 但在地下水位附近, 褐铁矿中金的富集却达到了2.9克/吨。这比西澳大利亚的发现至少要早十来年。对西澳大利亚Yilgarn Block中金矿床的研究是最近几年开始的, 金和铝土矿伴生, 而铝土矿是绿岩带红土化的结果。佩斯附近的Buddington红土型金矿床品位达2.3克/吨, 储量达69吨, 非常容易开采。

现在不都在谈“引进”吗? 把国外研究的最新成果和进展及时介绍给国内也是一种引进, 而且是最便宜的“引进”。我们不可能派很多人出国考察, 那么翻译这些文献, 出版后推而广之, 未必不是一种较好的办法。南京地矿所铁帽金矿研究组的同志们把涅斯契洛夫的这本著作译介给大家, 是非常及时的, 因为我们国内也正在找寻风化壳或矿床氧化带中的表生金矿。

矿床中金的表生富集可以由于简单的机械作用, 也可以由于化学作用或两者的联合作用而产生。因此对表生金的理解应当包括砂金在内, 而砂金也不是简单机械风化的产物。目前已有越来越多的人认为砂金中并不非常罕见的“块金”或“狗头金”(nugget)也是经过表生溶液迁积而成的。过去只把砂金理解为机械风化产物未免显得片面了。认识到这一点很有好处, 因为有砂金分布的流域, 上游不一定非有原生金矿不行。岩石中的细分散金, 特别是在变质岩地区, 贫金片岩或其他岩石并不够称为金矿床, 贫金的石英也不一定有开采价值。但是经过风化, 特别是化学风化和溶液迁移, 在条件合适部位沉淀下来, 经济意义就不一样了。块金或狗头金, 目前很多研究者认为是化学增生的结果。它们甚至可能和细菌孢子有关。1985年美国地质调查所的J·R·瓦特逊(Watterson)、T·M·尼什(Nishi)和T·包廷尼莱(Botinelly)曾观察到一种*Bacillus Cereus*孢子沉淀的金, 在实验室中得出的围绕孢子生长的自然金晶体和自然界砂金中的菱形十二面体没有区别。因此, 单单根据砂金的丰富推断上游一定会有原生富金矿床(脉)有时会是错误的。对于铁帽中的金矿来说, 它们是表生富集的结果, 并不表明原生矿石一定富含金。含微量金的岩石和矿床在遭受氧化时能否得到富集决定于许多因素, 这里包括脉石和围岩的类型、矿床及其围岩断裂、破碎、受剪切的程度、气候因素、地下水位以及有机物的参预与否等等。在含金矿床氧化作用过程中内在化学因素所起的作用也很复杂, 主要是pH和Eh体系的变化。另外, 胶体与同沉淀现象也是重要因素。由于这些因素错综复杂的影响, 可能产生目前对于金的表生富集问题, 特别是金以什么形式溶解、搬运和沉积条件等问题上没有一致看法, 原因是每个矿床都有它独特的条件, 影响因素不会完全相同, 尽管针对某一个具体矿床所作的模拟实验是成功的。这就给我们启示, 在应用或参照国外某些理论时, 需要谨慎地结合我们的具体地质和矿床情况。

但愿本书能对我国表生金矿的找寻和评价起到促进作用。

李文达

1989年3月于南京

前 言

《东北亚地区金矿床的表生富集》一书，是苏联 Н. В. Нестеров 教授积多年研究成果撰写的一本专著，全书共五章，内容涉及了金矿床表生富集作用的各个方面。概括言之，除详细综合了苏联东北亚地区的区域地质构造等基本地质背景以外，对东北亚地区主要金矿床的构造、矿物、氧化分带、金的表生地球化学性能等地质特点作了重点阐述；通过野外观察和实验室研究，对金的表生富集作用包括寒冷冻土地区金的表生富集作用的机理和形成条件，如各种地质地貌、气候、地下地表水的性质等因素，都作了相应的归纳；对金在表生作用下溶解、迁移和沉淀的物理化学性能作了探讨，并强调了金在不同性质和不同浓度的介质溶液中电化学作用的重要性；通过计算进一步从理论上阐述了金在不同溶液中溶解、迁移、沉淀的物理化学环境。此外，作者通过矿物的颗粒磨圆度，共生矿物的种类，金的形态、成色等地质特征对比研究，确认某些砂金矿，主要是表生富集的金随溶液渗滤迁移沉淀而成的。这些有益的见解，给人们以不少的启迪：对扩大找矿线索和思路，无论是在我国南方表生作用发育地区找寻浅而富、易采易选易炼的新类型金矿或者是在我国北方一些寒冷、掩盖地区寻找表生富集金矿床和由此而成的某些砂金矿床，加强金的表生富集作用的研究，都是很重要的。

为适应当前我国黄金地质找矿工作的发展和金矿地质的理论研究，我们将这本专著推荐给我国广大的金矿地质工作者，以及从事其他金属矿床表生作用研究的地质工作者以供参考。

在组织对本书的翻译和出版工作中得到了全国黄金地质工作领导小组办公室陈毓川、朱凯二位领导的指导和大力资助，以及南京地质矿产研究所陆志刚所长等领导的积极支持，从而使南京地质矿产研究所黄金项目75—55—金—34课题组有条件顺利地组织力量翻译出版。全书译成后，李文达研究员在百忙中为本书撰写了“写在译文之前的话”，朱凯高级工程师对译稿作了审校，对此，在这里一并致谢。

参加翻译的人员有李瑛(第四章)、康敬(第一章、前言和结论)、吴连南、陈鹤年(第三章)、戚建中(第二章)、贺菊瑞(第五章)。插图由臧玉英清绘完成。全部译稿由康敬、贺菊瑞负责统一校核。由于我们业务和翻译水平所限，难免有不当之处，敬请读者给予批评指正。

75—55—金—34课题组

1989年3月于南京

东北亚地区金矿床的表生富集

目 录

绪 论	(1)
第一章 东北亚地区地质构造基本特征	(4)
地层	(5)
岩浆作用	(9)
构造	(13)
地貌	(15)
水文地质	(19)
第二章 金在矿床中的基本分布 规律	(27)
第三章 各类矿床的表生 金富 集	(36)
雅库特的中深矿床	(36)
苏联东北部的矿床和呈矿现象	(79)
苏联远东地区的矿床和呈矿现象	(93)
东亚火山带近地表型矿床	(111)
第四章 金的溶解和沉淀实验 研究	(115)
第五章 东北亚地区金的表生因素和迁移能力在金矿床形成过程中的 作用	(129)
结 论	(141)
参考文献 (略)	

绪 论

在东北亚地区, 现已查明, 无论是在贫硫化物、中等硫化物和富硫化物深成建造的矿床中, 或是在贫硫化物火山建造的矿床中, 深达 300m 的不同时代古氧化带有着区域性发育, 而且在这些古氧化带下部都有深约 100m 的表生富集亚带 (伴随有渗滤亚带)。这一发现有可能使金矿床的普查和勘探方法得到实质性的改善 (Нестеров, 1982)。

表生金堆积的可能性, 目前已为大量调查的结果所证实。Маракушев (1976) 在分析 Au 和 O 同 S 的亲合力之后指出, 金往硫酸渗滤环境迁移时, 往往会发生迁移能力的增大, 直到形成含有自然金块的次生金富集亚带 (乌拉尔和其他矿床中的重晶石松散颗粒带)。F. Fridensberg (1953) 援引了全球金矿床表生富集作用的大量实例, 其中包括最富 (澳大利亚的摩根山) 和最大 (南非的维特瓦特尔斯蓝德) 的金矿床。前者由矿化凝灰岩致密块体组成, 厚度约 800m。在山的上半部, 地表露头矿体为古表生作用带的残余, 呈崩解石英产出, 并有褐铁矿和锰氧化物穿插于其中, 金在这类矿石中的含量为 31—155 g/t。由山的下半部到深部, 矿体逐步过渡为黄铁矿型矿石, 金的含量仅有 3 g/t。1885 年, Штроны 在维特瓦特尔斯蓝德金矿床安装了第一台粉碎机, 目的是要从深 30—70m 的古氧化带的表生富集带残余中萃取金。萃取的结果是, 表生富集带中金的平均含量为 44g/t (个别部分可达 200 g/t)。在上部采层中还可经常见到一些重达 62 g 的自然金块。金在原生矿石中的平均含量为 4.8 g/t。

东北亚地区脉状矿床上部的富集部分研究得相当详细, 其次岩墙型金矿床研究得也不错, 只有矿化破碎带中的金矿床还研究得很差。

金的系统研究开始于 19 世纪, 随着时间的推移, 先后在俄罗斯、澳大利亚、北美和非洲都发现了很多金矿床。到 19 世纪下半叶, 随着对金的形态学、对砂矿床及其原生源中大型自然金块的成因日益增长的兴趣, 相应地得出了这样的认识: 金的化学迁移和机械搬运在砂矿床中起着主要作用。

С. С. Смирнов (1936) 曾经指出, 在国外一些调查者的著述中, 只有 V. Emmons (1935) 和 G. Schneiderhöhn (1924) 以及 A. Locke (1926) 的著作曾对表生富集作用作过充分的研究。近十几年来, 国外对此问题的兴趣已日趋下降, 其原因是: 首先, 在重新发现的金矿床中, 呈氧化矿石存在的, 在数量上已明显减少; 其次, 国外地质人员已正确地认识到, 氧化富矿石在矿化总规模上并不具有太大的价值。

在我国, 由于矿业是在工业发展的基础上建立起来的, 因而与上述情况恰好相反, 无论是已开采的和新发现的矿床, 或是通过砂矿开采揭露出来的大量矿化现象, 都对它们的表生富集作用产物进行过大量的研究, 而且研究这方面的著作在数量上也明显地越来越多。В. И. Вернадский (1914, 1955)、В. А. Обручев (1955)、С. С. Смирнов (1936)、А. Е. Ферсман (1939)、Ф. В. Чухров (1947)、В. М. Крейтер (1947)、М. Н. Альбов (1951)、Н. В. Петровская 和 А. И. Фастанович (1952) 的著作, 为这类研究奠定了基础。В. М. Крейтер 在南乌拉尔黄铁矿型矿床的氧化带中找到了一些稀世的“狗头金”,

他的这一发现可作为研究矿床氧化带形成过程中金的行为的依据,因为这一事件揭开了蒙在一个似乎不溶贵金属发生溶解、迁移和次生富集所必备的条件上神秘的“面纱”(Коржинский等,1967)。

目前有关含金硫化物矿床的资料已有大量的积累,而且所有这些资料都证明,在氧化带中金都有相当大的迁移,以及存在次生金富集带。В.М.Крейтер及其合作者们(1958)在总结表生富集作用问题时强调指出,到目前为止,石英脉的氧化带富集作用在任何矿床内都还没有找到令人信服的证据。最近一段时期,这种情况在部分地区有很大程度的改变。М.Н.Альбов(1960a)在乌拉尔地区的研究,Е.Д.Шльвин及其合作者们(1963)在北哈萨克斯坦的研究,А.Д.Моков(1965)在马林斯克台加(库兹涅茨阿拉套)地区的研究,Н.В.Нестеров(1970a, 1982)在雅库特和外贝加尔地区的研究,А.Д.Русакова、А.С.Поварённый(1973)的研究,都先后证明金矿脉和金矿层中有表生金富集作用存在。关于次生金富集作用问题,М.И.Кобычев(1953)、Н.В.Петровская、С.В.Яблокова(1974)以及Т.В.Разин、И.С.Рожсков都曾先后有过论述。

在讨论表生富集作用问题时,还必须指出第二次世界大战前的调查成就。当时,这种表生富集现象已为大多数调查者所公认。在战后时期,除在苏联东部地区有一定的资料积累之外,这个问题实际上并未得到科学家们应有的重视。在研究表生富集作用的所有经典著作中(Смирнов, 1936, Петровская, Фатавович, 1952; Крейтер等, 1958; Альбов, 1960a),都没有将区域地貌特征同矿床氧化带结合起来研究,更没有将矿床氧化带同毗邻的砂矿床联系起来研究。这种情况的出现,是由于地质人员按专业分工划分为“矿山地质人员”和“砂矿地质人员”这种局限造成的。因此,绝大多数著作的作者所采用的资料,都局限于氧化带或其个别亚带的视厚度资料,尽管所描述的剖面经常是以厚度不大的完全氧化亚带开始的,甚至有的剖面还是从次生金富集亚带开始的。尤其复杂的是,在气候变冷而氧化作用停止进行的条件下,氧化带往往被完全剥蚀和原生矿石直接出露地表,从而使某些作者只好得出结论:在他们所研究的地区内并无氧化带存在。然而也还存在这样的事实,即在大颗粒金高度富集的砂矿床的端部,通常也会出现含细分散状金属的母源。这种含细分散状金属的部分往往被很多调查者看作是另一建造的组成部分,或者被看作是矿床的根部。

В.М.Крейтер等在对原生矿石中的金进行正确描述之后指出:“与绝大多数矿石矿物有所不同,金在自然界中主要是呈细分散状态存在”(Крейтер, 1958)。但他们按此原则对全部金矿床的原生矿石进行测定之后,却无法解释整个富金砂矿床和局部富含大金块的性质特征。鉴于矿石中细分散金的存在形式问题需要用特殊研究法来进行,因此,某些地质人员就绕开对这个问题的研究,转而研究用肉眼能看得见的自然金块,或在显微镜下研究金的颗粒,然后将所研究的粗粒金归属于表生金,并否认表生金在高成色的脉壁边缘带和晶间细脉中只有次要意义的看法。雅库特一金矿床中的深氧化矿脉内出现粗粒金和重70g的自然金块,就是这种情况的例证。但是1954年В.И.Зеленов(金矿地勘所)对中等硫化物矿床的原生矿石进行大体积的工艺试验之后,将其中金描述为细分散状金,并相应地提出了能证实他的结论的萃取工艺流程。诚然,В.М.Крейтер及其合作者们(1958)指出,如果工艺方法不能查明金的颗粒度,那末,用这种工艺方法来研究含有超微颗粒的金矿石就是不适合的。他们通过实验证明,在有硫酸参与的情况下,超微粒金在 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 中有很高的溶解度,从而在承认硫化物矿石表生富集作用的同时,得出了矿石物质成分在这方面起着主

要作用的结论。根据我们对不同成分矿山水的调查来看，如果pH值等于2.65和 SO_4^{2-} 含量为190424mg/l，不管它是硫酸盐-铁质成分的矿山水（英吉基尔卡河流域的矿床、惰性介质条件下的贫硫化物砂泥质页岩建造），或是重碳酸盐-钙-镁质成分的矿山水（雅库特地区沉积岩碳酸盐介质条件下的中等硫化物矿床），都只能认为矿石的成分不是超微粒金发生溶解的主要条件，而围岩对矿山水的形成所产生的影响才是它溶解的主要条件。

东北亚地区的原生金常见于贫硫化物和中等硫化物建造的矿石中，并呈三种形态结构类型产出：矿脉、矿层、砂页岩和岩墙岩的矿化破碎带。为了证明表生金富集作用，从方法学来说，最好是举出包括所有矿床类型在内的尽可能多的矿床实例。

对矿山水的成分，对原生矿石和氧化矿石及砂矿床中金的粒度、成色、含量和结构的变化，对金与其他矿物的共生关系的详细而全面的研究，以及对光谱、化学、热谱、伦琴结构分析资料的充分利用，使我们首次有可能确定金的表生富集作用的主导地位，并指出在标高100m左右存在着次生金富集带的区域性发育。对矿脉中的单个富矿样和“风暴样”的逐层统计，证实了М.Н.Альбов（1951, 1960б）所指出的赋存规律，即它们都有规律地赋存于次生金富集亚带内，而且还以出现包括重达7kg的自然金块在内的明金为特征（科累马河流域的脉状矿床）。

作者的基本研究方法是，在氧化带的矿床中对已勘探和开采的中段掌子面的取样资料进行研究。此外，为了确定矿化强度的指标，还对金在矿体中的分布状况进行了研究。作者曾亲临东北亚地区对所有著名矿床进行调查和研究，并对其他调查者有关金属矿床和砂矿床地质问题的资料以及描述表生富集作用的实例进行了综合。

因此，本书不仅是作者对雅库特、马加州和远东等地区多年来的研究成果的综合，而且还根据这些成果清楚地查明了所有金矿区的次生金富集带。作者从1951年起研究了黑龙江流域沿岸的金矿床，从1960年起研究了雅库特和苏联东北地区的含金性之后，对东北亚地区贫硫化物含金石英建造的石英脉中广泛发育的表生富集作用的特殊价值深信不疑。随后，这些结论在雅库特、科累马河流域、叶尼塞和外贝加尔地区都得到了证实。

在成书过程中，作者采纳了苏联科学院院士А.П.Виноградов、В.А.Кузнецов、Е.М.Сергеев、В.И.Смирнов、Л.В.Таусон、Н.В.Черский、Ф.В.Чухров、Н.А.Шилов和通讯院士В.Л.Барсуков、Н.П.Лаверов、А.А.Маракушев、М.М.Одинцов、Е.А.Радкевич、И.С.Рожков的意见。作者还得到了Н.И.Бородоевский、М.Б.Бородоевская、Н.Л.Добренцов、Г.Н.Вергушков、Г.П.Волярович、Ф.И.Вольфсон、Б.М.Зубарев、Ю.П.Ивенсен、Г.Моисеенко、В.А.Нарсеев、А.И.Перельман、Н.В.Петровская、В.В.Поликарпочкин、Д.Г.Сапожников、Ю.Г.Щербаков、В.А.Ярмолюк的许多宝贵意见和指正。在野外调查过程中，В.А.Биланенко、В.А.Максимов、И.Е.Рождественский、П.Д.Трофименко、М.Д.Шилин等地质人员给予了很大的帮助。作者对上述全体同志表示真诚的感谢！

最后，作者还要特别感谢М.Н.Альбов教授经常给予此项研究的关怀和为完善本书所作的深刻剖析和斧正。

第一章 东北亚地区地质构造基本特征

太平洋活动带可划分为内带和外带两个部分。外带部分又可划分为含金的上科累马、蒙古-鄂霍茨克、锡霍特-阿林等褶皱区和阿尔丹地盾区。内带部分通称为东亚火山带，以发育近地表型矿床为特征（Смирнов、Найбордин, 1968）。除此以外，在本著作中还对外贝加尔地区的金矿化加以探讨。

很多调查者曾经从事过或者现在正在从事着这一地区的地质研究。有关阿尔丹地盾区的地质构造，В.И.Зверев（1931）、Ю.А.Билин（1937, 1947, 1951）、А.И.Фасталович 和 Н.В.Петровская（1940）、Ю.К.Дзевановский（1946, 1966）、М.Б.Бородаевская（1950）、А.И.Казаринов（1957）、И.С.Рожков（1965）、Г.П.Воларович、И.С.Рожков（1967）等调查者在他们的著作中，都曾有过最完整的报导。

雅库特褶皱区各区的地层、构造、岩浆作用等问题，以Ю.А.Билибин（1947）、С.И.Гавриков（1966）、Ю.М.Пушарорский（1960）、Ф.Р.Апельцин（1959）、И.С.Рожков等（1961）、А.И.Казаринов（1964）、Д.С.Харкевич（1966）等调查者的阐述最为详尽。

有关雅库特褶皱区各区金矿床和金矿化的资料，在И.Н.Скорин、Л.И.Милая、А.И.Казаринов、В.И.Лешенко、Б.И.Акулов、Г.П.Дорошено、В.Я.Скалацкая、А.С.Агейкин、В.А.Дюльбин、А.К.Савельев、Б.В.Цепеляев、С.Д.Ступак、И.К.Еременко、В.Я.Петров、Б.А.Онищенко、И.А.Тимофеев、В.М.Калинин、В.Г.Камалян、Н.В.Голоперов、Ю.Г.Пономарев、А.А.Дорофеев、М.К.Силичев、В.И.Соледев、П.А.Строн、Ю.М.Арский、Е.П.Даниногорский等调查者的著作中，都曾有所提及。

关于苏联东北地区的金矿床，除本人野外调查资料外，作者还利用了В.И.Смирнов（1948）、П.И.Скорняков（1949а, б）、Ю.А.Билибин（1951）、Н.А.Шило（1963, 1970）、Д.А.Бубнов、С.С.Герасименко、Е.П.Машко、В.П.Худяков、А.М.Шамская、Н.П.Аникеев、Ф.Р.Апельцин、А.К.Болдырев、Б.Б.Лихарев、А.Н.Балушев、И.К.Сурьмелев、В.Д.Володин、И.И.Крупенский、И.А.Гусеев、И.Д.Кузнецов、В.Г.Коломейчук、Г.А.Толунова、Е.В.Островская、В.И.Громов、Л.В.Фирсов、М.И.Коньчев、Б.Н.Владимиров、А.А.Сидоров等调查者的资料。

有关远东地区金属矿床的金矿地质，利用了Э.Э.Анерт（1928）、Е.А.Радкевич、В.Г.Моисеенко（1966）、Г.П.Воларович（1963）、В.Г.Моисеенко（1965）、В.Г.Моисеенко等（1971）、А.И.Самусин、В.Ф.Красовский、А.Ф.Таскаев、Л.П.Гуров、П.Н.Кошман、В.И.Белоусов、Н.И.Бабинцев、В.А.Мелиоранский、А.З.Лазарев、П.С.Бернштейн、И.Д.Дмитриев、В.Ф.Розенвальд、Г.Ф.

Мурзина、А.М.Крайних等调查者的资料；外贝加尔地区，利用了Ю.Д.Грабко、Ю.В.Пивоваров、В.С.Косинов、В.В.Васильченко、И.Н.Эпов、В.М.Славин、А.Ф.Воросов、А.Ф.Садковский等调查者的资料。

地 层

东北亚地区的金矿床赋存于太古代以来不同时代的地层中（图1）。同时以沉积地层最为发育（占金矿区面积90%以上）。

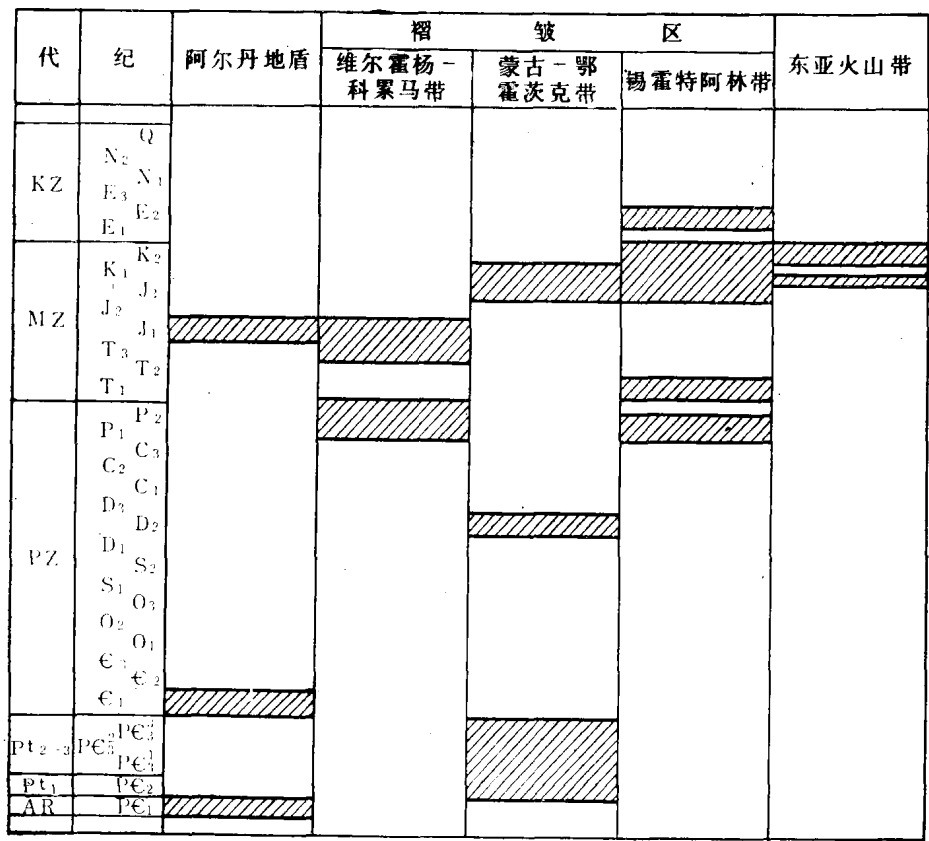


图1 金矿床地层标志的对比

太古代 太古代杂岩系组成阿尔丹地盾的结晶基底，它们在含金区的西南部有完整的发育。在这些矿田的一些矿田中，它们沿河谷出露，在分水岭地区为寒武纪沉积地层所掩盖，再往北，则被它们的致密盖层所替代。

Ю.К.Дзевановский（1966）在对 Д.С.Коржинский 划分的阿尔丹地盾太古代地层进行修改补充后，将它划分为四个变质岩系：（由下而上）奥列克明斯克、伊恩格尔斯克、季姆勃通斯克和哲尔图林斯克变质岩系。在含金矿区范围内仅发育有伊恩格尔斯克岩系的岩石，而且岩系被划分为上阿尔丹和费多罗夫斯克两个组。

上阿尔丹组（1300—1700m）产出于雅库特向斜区周围的背斜褶皱核部，即产于阿尔丹和下季姆勃通斯克两背斜构造的核部。本组由黑云片麻岩、黑云紫苏片麻岩、石榴石片麻

岩、堇青片麻岩组成。角闪和透辉结晶片岩、角闪和透辉片麻岩、石英岩和角闪岩仅有次要意义。本组的高铝片麻岩和结晶片岩经常与石英岩和黑云-紫苏片麻岩共生。

费多罗夫斯克组(2800—3600m)构成结晶基底的主体。本岩组产出于上述岩组之上,岩层组构极为复杂,主要为暗色结晶片岩和角闪透辉片麻岩,有时还见有黑云片麻岩。其中,在好些层位都可见到很厚的碳酸岩(大理岩)或其交代衍生岩(透辉石岩)的夹层。在毗邻地区内,一些金云母、铁、硼和大理石矿床就赋存在它的某些层位内,但在本研究区内,只见到相当于邻区正在开采的矿田下部层位的矿脉和矿层。

在苏联东北和远东的含金矿区内,前寒武纪基底埋藏深度在4—15km,因此,有关它们的地质结构,目前还没取得可靠的资料。

元古代 在远东扎林金斯克地区,早元古代的地层由黑云片麻岩、角闪-黑云片麻岩、黑云-角闪片麻岩、白云片麻岩和角闪岩组成。它们一般分布规模都不大,往往呈若干分散块段(残留层和顶板捕虏体)分布于侵入岩区内。残留层大小不一,一般由10—n·100m²不等,视厚度800—1000m。早元古代的片麻岩除作为扎林金斯克花岗岩类岩体的围岩外,也是金矿脉的围岩。

在远东褶皱区内,元古代沉积杂岩可划分为南(布列因地块区和兴凯地块区)、北(扎格德-吐库林格尔斯克带)两带。

扎格德-吐库林格尔斯克带包括三个组:(由下而上)麦恩斯克组(1000—1300m),由千枚状泥质片岩、石英-云母片岩和石板片岩组成,并夹有片理化砂岩、灰岩和绿片岩(阳起石-绿帘石-绿泥石片岩)若干层;兹拉套斯托夫斯克组(1000—1500m),由千枚状泥质片岩、石英-云母片岩和片理化砂岩组成;萨古尔斯克组(1500—1700m),由千枚状泥质片岩、石英绢云母片岩、白云母(黑云母)石英片岩和片理化砂岩组成,夹有少量结晶灰岩小透镜体和大量绿片岩夹层,夹层厚度可达200m。

元古代地层的上部(南带)以沿走向成分很稳定为突出特征。本组(800—900m)主要由泥质片岩和弱绢云母化粉砂岩组成,并夹有少量薄层砂岩。埃克姆恰恩斯克组(500—700m)基本上由泥质片岩和弱绢云母化粉砂岩组成,并夹有少量薄层砂岩。在阿穆尔斯克岩组(达700m)的泥质片岩和粉砂岩单元层中,常见少量层间角砾岩和硅质-泥质片岩夹层;在本岩组顶部产出有细砾岩。此一元古代杂岩剖面在总体特征上与毗邻含金地区的剖面颇为类似。

在锡霍特-阿林褶皱区的最南端,兴凯地块的早元古代地层可分为纳西莫夫斯克下岩组(1700—2000m)和塔基扬诺夫斯克上岩组(2500—2900m),相应由黑云片麻岩、砂线石黑云片麻岩和结晶片岩与黑云和透辉结晶片岩、透辉-角闪结晶片岩和片麻岩互层组成。

古生代 现已查明,寒武纪地层在阿尔丹地盾区、舍特大板山脉、科累马地块、布列因地块、兴凯地块内都有出露。

在中阿尔丹地盾区内,寒武纪地层被划归寒武系下统,而且分布遍及全区。它们几乎呈水平状产出于太古代地层的剥蚀面上,倾向北,倾角平缓(1—3°),与地台基底总的倾没方向一致。因此,在本区范围内,寒武系的所有岩组都有出现。在中等硫化物矿田内,寒武纪地层作为残留体在分水岭地区的厚度为150m,再往北,在贫硫化物矿田内约为600m。

阿尔丹阶尤多姆组(220—275m)由泥质、硅质、钙质白云岩组成,岩石具块状、致密状、多孔状、细粒状等结构,具贝状断口,呈亮灰色或灰色,偶而呈淡蓝灰色。在大多数

情况下,可见鲕状白云岩夹层或透镜体。在本岩组下半部,常出现角砾状和砾状白云岩以及钙质砂岩夹层。岩组底部经常产出一层厚度不大的粗粒石英砂岩(0.8—1.0m),岩石分选程度差,由碳酸盐物质胶结;向上变为砂质白云岩。

阿尔丹阶杂色岩组(45—110m)整合产出于尤多姆岩组之上,由淡灰色、淡黄色泥质白云岩和杂色(樱桃红色、巧克力色、暗褐色及偶而淡绿色)灰岩互层组成,含原古杯海绵和海藻等生物化石。阶与阶之间的界线是根据 *Protolens* 科三叶虫的出现来划定的。

毗姆尔杜尔斯克组(110—120m)整合产出于前一岩组之上,基本上由淡灰色、淡黄色细粒白云岩组成,并夹有厚度不大和逐步尖灭的杂色泥灰岩层。

翁格林斯克组(115—175m)在成分上与杂色岩组颇类似。二者间的界线是根据本岩组出现大量泥质灰岩层而有条件的划分的。在贫硫化物的矿田内,本组上部出现紫色、细粒、致密、泥质、硅质白云岩,并经常含有可能为后生性质的黄铁矿。

库托尔基诺夫组(170m)整合产出于翁格林斯克组之上,由暗灰色、细-中粒、沥青质和硅化灰岩、泥质白云岩和白云质泥灰岩组成。灰岩中经常可见一些具粗大假鲕粒结构的变种。此外,还经常见有杂色角砾状沥青灰岩,并在其暗灰色的底色周围分布着一些斑点状和凹凸状的浅色花纹。

在中等硫化物矿床分布地区内(远东),发育着下古生代绿岩、粉砂质页岩、粉砂质泥质页岩、凝灰质粉砂岩和粉砂质凝灰岩。

奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪地层在太平洋活动带西北部相当发育,唯独我们所研究的金矿区属于例外。例如,石炭纪钙-泥质岩和砾岩沿科累马中间地块构成一狭窄的条带和分布在褶皱区的边缘隆起内(舍特大板山脉)。对中-上石炭统未分的地层(**霍斯波赫洪斯克岩组**, 1100—1400m), Б.С. Абрамов (1963) 在调查南维尔霍扬复向斜时曾有所描述。本组的底部(约300m)由粉砂岩组成,上半部虽粉砂岩发育,但出现少量砂岩夹层。本岩组以产斧足类、腹足类、腕足类动物群化石为特征。其上产出上石炭统**埃卡昌斯克组**(800m),由粉砂岩组成,其中夹有少量砂岩透镜体或薄层。

早二叠世地层广泛分布于雅库特、远东和苏联东北的含金区内。在雅库特地区,它们由沉积岩组成,经动物化石确定,属库坎斯克组和迪宾斯克组(Абрамов, 1963)。**库坎斯克组**(1100—1300m),含金性发育,由粉砂岩和砂岩组成。偶而还见有厚度不大的砂岩夹层(5m)。在本组底部和顶部附近,产出一些夹有薄层砂岩的粉砂岩单元层,单元层厚度200—300m。**迪宾斯克组**(600—800m),由黏土质岩石组成,其中夹有好几层1—5m厚的砂岩层。

晚二叠世地层广泛发育于南维尔霍扬复向斜中部和科累马-英季基尔卡两河分水岭地区。在南维尔霍扬地区,它们具有类复理石的砂-黏土质成分(**维克钦斯克组**和**恰姆宾斯克组**),上部(**伊姆塔昌斯克组**)除具有滨海-海相沉积外,还可见滨海-陆相沉积。上二叠地层厚度达300m(Абрамов, 1963)。

在科累马河上游盆地内,二叠纪海相地层仅见有上统,而且主要分布于阿扬-尤利亚赫复背斜轴部。它们可划分为四个组:**塔斯克组**(3000m)由黑色粉砂岩和砂泥质页岩组成,并夹有薄层泥质砂岩;**阿特坎斯克组**(600—1000m)由凝灰岩和凝灰质页岩组成,底部见有砾岩透镜体;**涅柳钦斯克组**(800m)由粉砂岩和泥质页岩组成,偶而夹有薄层砂岩;**库林斯克组**(2000m)由含斧足类动物群的砂岩、砂泥质页岩和泥质页岩组成,中部夹有含植物化石的

薄层炭质-泥质页岩。

滨海地区的早二叠世地层属于具有大陆环境特征的构造岩相带。这里可划分为**杜奈斯克组**（300—400m）和**科纽斯科夫斯克组**（550—650m）。最老的是保存于滨海区含金剖面中的杜奈斯克组，由砾岩、含砾角砾岩、凝灰砂岩、凝灰质粉砂岩、凝灰质页岩和玢岩（顶部）组成。

中生代 三叠纪地层在维尔霍扬-科累马褶皱区内发育最为广泛。本系三个统都主要是海相沉积，仅偶而可见泻湖-陆相沉积。在蒙古-鄂霍茨克和锡霍特阿林两褶皱区的含金区内，三叠系分布范围要小得多。在远东地区南部，下三叠统粉砂岩、砂岩和泥质页岩构成含金区。

海相成因的三叠纪地层在维尔霍扬-科累马褶皱区的含金区内占有相当大的面积。然而在南维尔霍扬地区，它们仅在少数地点出现，即在狭窄的地堑-向斜内出现（奥甘因斯克、阿特-尤利亚赫、恰尔贝克斯克等地堑-向斜）。在英季基尔卡和科累马两河上游，主要是巨厚的粉砂质-泥质岩（达6500m），其中包括卡尼克期（100—1500m）和诺利克期（500—1500m）的粉砂质-泥质岩。苏联东北和远东地区的三叠纪海相地层，根据剖面的完整程度和斧足类动物群化石的丰富程度，可划分出若干小的地层单元。三叠纪地层由砂岩、砂泥质页岩、粉砂岩呈互层的单元层组成，有时还可见到砾岩。

侏罗纪地层无论在地台区（阿尔丹地盾区）或是在褶皱区都有分布，而且都具有含金性的良好环境。它们的厚度在地槽区可达8000—9000m，在地台区可达700—800m。在阿尔丹地盾区，海相地层分布于贫硫化物的矿田内及其以南地区，即Ю.А.Билибин所划分的南沉积岩区的中部。

下侏罗统**尤赫金斯克组**在其所发育的全部地区都是开始于浅黄色和淡绿色细粒砂岩层（1—2m），岩石具层状和角砾状构造，含植物印痕，同时在超覆其上的中-粗粒砂岩中也同样见有植物印痕。其上产出有平行层状和交错层状中-粗粒砂岩，而主要是粗粒砂岩，并夹少量在走向和厚度都很不稳定的砾岩、细砾岩和圆砾岩层，以及一般几米厚的粉砂岩夹层。本岩组总厚度在本区西南部约200m。

阿尔丹地盾区的早侏罗世地层，往往呈残留体、坡积堆积和岩溶中的碎块等形式保存于贫硫化物矿床内。

在维尔霍扬-科累马褶皱区的含金区内，侏罗纪地层直接产出晚三叠世地层之上，其间无明显的不整合，通常被归并为陆-海相类复理石建造（4000—5000m）和火山-沉积建造（约1000m）。前者以泥质页岩、粉砂岩、砂岩呈互层产出为特征；后者仅发育于英尼亚利-德宾斯克复向斜拗陷中的最大凹地内，由泥质页岩组成，并与流纹岩及其凝灰岩盖层呈互层产出，晚侏罗世地层与早侏罗世地层之间以角度不整合间断面隔开。侏罗系总厚度8000m。侏罗纪地层拥有很多砂矿床。

黑龙江沿岸晚侏罗世陆相地层充填于一些主要呈北东向展布的盆地内。其中有一部分构成中等硫化物矿床的组成部分。在远东地区的南部，晚侏罗世**奇甘斯克组**的地层构成含金区。

白垩纪的沉积岩层和火山岩层，在太平洋活动带的外带靠内带的边缘区，有着极广泛的分布。这就决定了黑龙江沿岸很多地区的基本地质构造特征。在早白垩世**皮奥涅尔斯克组**和**皮凡斯克组**地层中，都可见到一些含金区。

新生代 太平洋活动带外带的早第三系为陆相地层。在靠近内带的含金区内，火山岩系相当发育。在黑龙江沿岸地区，这些始新世的火山岩系由部分具有含金性的岩层组成。

晚第三纪的地层（500—1000m）在太平洋活动带的含金区有广泛的分布，而在褶皱区内则产出于一些孤立的盆地中，并超覆于早第三纪地层之上。中新世-上新世的陆相地层发育于苏联东北地区的上涅尔斯克、塔隆斯克、舍伊姆恰诺-布尤恩金斯克等盆地内。根据孢粉组合，它们可与阿尔丹地区的马蒙托夫山的中新世地层和马加丹附近的上新世地层相对比。

阿尔丹地盾区含金的岩溶地层即属于晚第三纪。其根据是，这些地层中都存在着高岭土，而高岭土的形成是与晚第三纪的气候条件密切相关的，更何况它们还可以与阿尔丹的阶地相对比。可能，区内部分古坡积层也是前第四系的，它们同样也以风化高岭土相为特征。

第四纪地层几乎遍及全区。在盆地和地堑谷内，它们的厚度可达100—200m，而在山坡上则仅在几米之内。

早第四纪的沉积（褐铁矿化砾石层，产出于晚上新世地层之上）构成英季基尔卡河上游第Ⅴ级阶地，并充填于埃尔加河和阿尔拉赫-尤恩阿两流域的河谷中。类似的地层则产于其他河流的高阶地的基底层中。

在中第四纪冰川作用时期（埃尔加冰川），维尔霍扬-科累马褶皱区内堆积了冰川沉积（冰碛层和冰川漂砾）和与之同时期的冲积层。在苏联东北地区的晚第四纪地层中可细分为坡积沉积和2—3期的冰川沉积，并可与乃良冰川各期进行对比。

英吉基尔卡河流域近乌斯奇-涅尔镇高40m的阶地上堆积的冲积层，属于晚第四纪地层剖面的上部。晚第四纪的冰碛层和冰水沉积产出于英吉基尔卡河和阿尔拉赫-尤恩河阶地的中杂岩组地层中，以及阿德昌斯克、上涅尔斯克、哲卡龙东纳和科累克-西恩纳湖等盆地内。与这沉积同时期的地层，有埃尔加河、大塔累纳河和阿尔拉赫-尤恩河等流域各盆地中的冲积沉积。

在蒙古-鄂霍茨克和锡霍特-阿林褶皱区的洼地内和沿褶皱山系的边缘，广泛分布着上新世-早第四纪沉积，有时它们还具有类磨拉石外貌。在远东地区见有上新世-早第四纪玄武岩。这里的早第四纪沉积可分为前冰川期（贺兰期）层位和早冰期（基兰期）层位，中第四纪沉积可分为间冰期（西大同期）层位和中冰期（雅马林期）层位，晚第四纪沉积可分为两个间冰期（第1和第2太平洋间冰期）沉积和两个冰期（姆尼坎期和西利特坎期）沉积。

在太平洋活动带和阿尔丹地盾区的含金区内，现代沉积以残积、崩积、坡积、冲积、湖相和海相沉积为代表。可划分为一级阶地和河漫滩的黏土、砂砾和含砾冲积层，现代冰川漂砾和细砾冰碛层（松塔尔-哈亚塔山脉和布阿尔达赫地块）及冰水沉积，库努河二级阶地的冲积层，扬诺-英吉基尔-科累马低地湖成和冲积成因亚黏土、亚砂土和砂以及冰脉。

岩 浆 作 用

前寒武纪的岩浆产物 广泛发育于阿尔丹地盾及其元古代褶皱边缘带。除此而外，它们还出现在所有褶皱活动区的地块内。

太古代的岩浆活动基本上出现在阿尔丹地盾区内。Ю.К.Дзевановский（1966）确定了一系列的岩浆杂岩体，并将它们归并为前后两个大的形成阶段。基性成分岩浆的侵入和喷发活动与前一形成阶段有关。花岗岩体的形成与后一阶段有关。前一阶段的岩浆活动产物

由于受后继活动的强烈改造,已变为基性成分的角闪石岩和结晶片岩。在太古代的花岗岩中,以灰色、灰褐色斜长花岗岩(奥长花岗岩)为最老,分布也极为有限。

在中等硫化物矿田内,太古代的肉红色黑云-角闪花岗岩和白岗质花岗岩,以及与之有关的片麻状花岗岩和混合岩,都有着广泛的分布。根据大量的同位素地质年龄测定,白岗质花岗岩的年龄为1700—2100Ma。侵入岩体的规模最大者达 $n \cdot 10\text{km}^2$ 。

早元古世的岩浆作用不仅发育于元古代活动区,而且也发育于太古代古地盾边缘活化区。例如,在阿尔丹地盾南部已查明有辉长-斜长岩和古镇花岗岩侵入。可能,维尔霍扬-科累马褶皱区的辉长-辉绿岩也具有同样的时代。

古生代的岩浆作用 在黑龙江上游,已知沿吐库林格尔大断裂有古生代的岩浆作用产物。最早的是基性和超基性成分的杂岩体,较晚的是亚碱性岩和大型花岗岩侵入杂岩体。在滨海地区,已知也发现有此一时代的基性和超基性成分透镜状岩体。在苏联东北地区的奥莫隆斯克地块内,也发现了一些可有条件地暂时归入早古生代的岩浆岩体。从成分来看,它们都是些花岗岩、花岗闪长岩、花岗正长岩和正长岩。

中古生代时期,几乎在太平洋带的所有地区内,由于处于构造宁静的条件,都曾经发生过沉积物的堆积作用。

晚古生代岩浆作用主要以喷发形式出现,但已知也有侵入体存在。

中生代的岩浆作用 表现极为强烈,并伴随有金、锡矿带的形成,因而值得引起特别注意。下面根据Т.В.Билибин(1966)的资料,对阿尔丹地盾区中生代的岩浆作用作些进一步的综合描述(由老到新)。

1. 碱土金属次火山(?)侵入斑岩和煌斑岩。本岩类包括层状侵入体和岩墙岩。可有条件地划分为两个亚类:闪辉正煌岩、云煌岩、云斜煌岩、黑云-角闪斑岩和球粒斑岩;石英斑岩、含石英斑岩和正长斑岩。

2. 次火山、侵入、局部交代的碱性、霞石和假白榴石正长岩和斑岩。可细分为四个亚类:假白榴石斑岩及其熔岩角砾岩;霞石正长岩和假白榴石正长岩;碱性霞石正长岩、斑霞正长岩、歪长正长岩和英碱正长岩;等色岩、暗霞正长岩和霞霓钠辉岩。

3. 喷发-火山碎屑碱性岩和局部沉积-火山成因碱性岩:碱性粗面岩和粗面斑岩、响岩和响岩质斑岩、假白榴石斑岩、霞霓脉岩、假白榴石霞霓脉岩及其凝灰岩。

4. 碱土金属侵入正长岩及其类似岩石,它们形成于两个阶段:最初形成普通辉石、普通辉石-角闪石正长岩和正长斑岩;然后形成二长岩和正长-闪长岩以及与之同源的岩墙岩、正长斑岩、角闪正长岩和云煌岩。

5. 侵入和局部交代的霓石花岗岩、细霓花岗岩和细碱辉长正长岩。侵入岩的基本产出形式为岩株、岩盖状岩体,它们经常分布于基底岩层和沉积盖层的共轭区。层状岩体和岩墙也有着广泛的分布。岩浆岩体的规模都不大。岩株和岩盖的直径变化在200m—8km之间,当它们大面积发育时,个别也可能减少到5—10m。

阿尔丹地盾区的含金性,与上述杂岩体在共生和空间关系上,有着密切的联系。碱性岩和亚碱性岩的同位素年龄测定为158—107Ma。

维尔霍扬-科累马褶皱区的岩浆作用显示明显的成矿专属性。直接分布于含金区边缘的喷出岩,是在好几个岩浆作用阶段形成的。

晚侏罗-早白垩世的岩浆作用与维尔霍扬-科累马褶皱区的回返阶段完全一致,根据很多

调查者的意见,侵入岩体的主体部分就是在此时形成的。根据 Я.С.Харкевич(1966) 的资料,回返阶段的侵入岩浆作用经历了两个阶段。在第一阶段,即与火山岩发育一致的阶段,几个幕形成的侵入岩都是闪长-花岗闪长岩系列的岩石。然而在第二阶段,几个幕形成的都是纯花岗岩系列的岩石(由黑云-石英二长岩到浅色花岗岩和白岗岩),并由于气成作用而发生蚀变。

回返阶段的侵入岩体一般呈大型岩基(达7000km²)、岩株、岩墙或岩墙群广泛分布。侵入体赋存于强烈褶皱后随即出现的基底断裂破碎带内,它们往往密集成群,作线型展布(Харкевич,1966;Матвеевко,Щиталов,1958)。例如,在英季基尔卡河流域范围内,沿科累马地块边缘,可明显地划出本区主带的一小段,而在本区南部则是塔斯-克斯塔贝特带。两带之间是一系列呈横向展布的英吉基尔卡河沿岸侵入体和岩墙群。在南维尔霍扬复向斜内,可以非常清楚地划出一条控制含金性的近东西向侵入体分布带。

闪长岩-花岗闪长岩系列的岩石约占回返阶段侵入岩分布面积20%。可能属于纽康姆期花岗岩系列的岩石有着广泛的分布。它们通常构成接触面很陡的绝大部分岩基体,以及板状、楔状和透镜状岩体和岩株、岩墙或岩墙群,В.Т.Матвеевко和Е.Т.Щиталов(1958)估计侵入体的形成深度在2—3km,而И.Я.Некрасов(1982)则认为在1—5km。

岩基和大型岩株往往成分不均一。在侵入初期形成黑云母(偶而少量角闪-黑云母)花岗闪长岩、石英二长岩和中长花岗岩。在侵入中期(主侵入期)形成似斑状普通花岗岩和浅色花岗岩,在终期则形成似斑状二云花岗岩和细粒浅色花岗岩或细晶花岗岩和白岗花岗岩。同时,在此一侵入期内也形成一些规模不大的浅色斑岩岩株和岩墙。绝大多数花岗岩都属于标准的钙碱性花岗岩。花岗岩系列的岩石化学成分以Al₂O₃过饱和、Fe>Mg、钙度正常、Na₂O和K₂O大致相等为特征。

蒙古-鄂霍茨克褶皱区的中生代岩浆作用,与维尔霍扬-科累马褶皱区颇相类似。

在锡霍特-阿林褶皱区,回返阶段的时间拖得很长(从早白垩世中期开始)。洪加里斯克岩系延长1100km的侵入链标示着锡霍特-阿林构造缝合线。这条侵入链由超基性岩、黑云母花岗岩和石英二长岩构成。侏罗纪超基性-碱性岩体在这里占有特殊的地位。

在雅库特、黑龙江沿岸和苏联东北地区,中生代褶皱构造区从晚侏罗-早白垩世开始进入穹窿-断块运动阶段,而锡霍特-阿林地区则是从晚白垩世开始进入的。大断裂伴随有很多侵入链,它们控制着金、锡、多金属、铜矿床和矿化。侵入体附近或其内部的后岩浆期产物往往都是石英-电气石脉,并经常具有锡矿化和钨矿化的标志。与浅色侵入岩和低碱侵入体有关的矿化,是贫硫化物建造的铋矿型脉状矿化。绝大多数含金矿化现象都属于贫硫化物含金石英建造的毒砂型和黄铁矿型矿化,而且都与中深侵入体有关(表1)。

新生代的岩浆作用 基本上出现在苏联东北地区、黑龙江左岸、锡霍特-阿林和太平洋活动带内带。根据岩石学特征判断,阿尔丹地盾南缘许多岩浆作用产物可能属于古新世。

在苏联东北地区,新生代的岩浆岩往往在英吉基尔卡河和阿组伊河两流域的河成阶地上形成孤立的火山锥。在黑龙江流域可见古新世喷发玄武岩岩链。在黑龙江下游沿岸、锡霍特-阿林北部出现辽阔的玄武岩高原。上新世流纹岩(霏细斑岩)、粗面岩、爆发角砾岩往往形成岩颈,有时其中有含金矿化破碎带密集分布。

钙-碱成分的高原玄武岩下部层位的地层位置,被可靠地确定为中新世。盖层玄武岩与

表1 东北亚地区按物质成分、形态-构造和成因标志划分的含金建造

矿石建造	矿物类型	特征矿物组合	构造-形态类型	围岩	含金建造发育地区
深成建造	贫硫化物含金石英建造	早期石英与绿泥石共生、黄铁矿-神黄铁矿、石英-钠长石-白云母、黄铜矿-闪锌矿-方铅矿、方铅矿-黝铜矿-车轮矿、硫磺矿-石-石英-碳酸盐-绿泥石、石英-辉锑矿等组合（据А.И.Казарийский）	矿化破碎带 脉状矿体	各种页岩、砂岩	苏联东北地区、雅库特、外贝加尔
	黄铁矿型	早期石英-硫化物、晚期石英硫化物（含矿）、晚期石英等组合（据Г.Н.Гамянин）	矿层、脉状矿体 矿化岩墙	白云岩化灰岩、砂岩、砾岩 各种页岩	雅库特 远东、苏联东北地区、外贝加尔、雅库特
	多金属硫化物型	黄铁矿-铁白云石、柱状石英、赤铁矿、米粒状石英、多金属硫化物、金、各种碳酸盐等组合（据Н.В.Петровская）	与矿层共生的矿脉	白云岩化灰岩、结晶片岩、片麻岩、花岗岩、正长岩	外贝加尔、远东、雅库特
	铋矿型	电气石-磁铁矿、含硫化物石英、辉铋矿-黄铜矿、黄铁矿-神黄铁矿、多金属、含玉髓状石英辉锑矿等组合（据Л.П.Гуров）	脉状矿体	结晶片岩、片麻岩、花岗岩、正长岩	黑龙江沿岸、外贝加尔、雅库特
	辉锑矿型	黄铁矿-石英-铁白云石、硫磺矿-铁白云石、神黄铁矿-石英、金-石英-辉锑矿等组合（据А.Н.Ипполитов）	脉状矿体、矿化破碎带	各种页岩	雅库特、远东、外贝加尔
火山建造	金-硫磺矿、含蔷薇辉石的金-辉银矿、金-闪锌矿-方铅矿、含冰长石的金辉银矿等	交代石英、金-冰长石-石英、石英-碳酸盐；细粒石英、冰长石-石英、石英-蔷薇辉石、石英-硫化物；梳状石英、变胶状和胶状石英、金-方铅矿-石英、硫化物-碳酸盐、重晶石-玉髓等组合（据Н.А.Шило, А.А.Сидоров, Б.И.Гончаров等）	脉状矿体、矿和网脉化矿脉带	花岗岩、侵入安山岩、流纹岩、英安岩、熔结凝灰岩、粗面岩、凝灰-熔结凝灰岩、砂岩、页岩	东亚火山带、黑龙江沿岸、外贝加尔