

苏联深部地质研究现状和前景

人类在寻找新的矿产资源的来源方面已从大陆迈向大陆架和世界大洋。大陆上矿床的勘探和开发也正在向深处发展。例如,石油和天然气矿床的勘探和开采深度已达5000—6000米,苏联某一黄金矿床的开采深度距地表已超过3000米。甚至像克里沃诺格那样的铁矿床,其开采深度已接近1000米,评价出了2500米以上可能开采的储量。近年来世界许多新发现的矿床,绝大多数是未出露地表的。对许多地质学家来说,研究地球深部地质和构造的想法早就鼓舞着他们,只是近十年来由于技术上的进步,这种愿望才有实现的可能。

苏联的深部地质和构造研究大致可分为三个阶段。

第一阶段为本世纪60年代,基本上是这一研究任务的形成、科学上的准备和创建本国研制的可用于深度达10000—15000米的供超深钻进和井中地球物理研究技术手段的阶段。第二阶段为70年代,进行了科拉半岛和萨特林超深钻孔的实验性钻进,还进行了一些区域性的深部地球物理方法研究。1981年开始,转入了有计划地综合研究整个苏联境内地壳和上地幔的第三阶段。

作为超深钻孔的研究对象,多数人认为可以是:地台内最深盆地的沉积盖层、地槽的沉积剖面、花岗岩层下部的成分和结构、上地幔上层的成分、康纳德界线的性质、莫霍诺维奇面的性质、地壳中物质的分异作用、侵入作用源、地壳中的流体、溶液和气体与地壳内的热流等。

为了组织、协调、领导深部地质研究工作,成立了有各部和一些高等院校近200位学者和专家组成的《地球深部研究和超深钻进》科学委员会。

在计划项目中规定科拉半岛超深孔和萨特林超深孔作为第一批钻孔。

按项目设计,70年代应提出地壳和上地幔的模式与预测矿床的新方法,编制苏联远景地区主要矿种储量定量评价预测图和确定普查及勘探工作方向。1976—1980年计划包括共198项旨在解决一系列与深部构造和地壳发展方向基础理论研究有关的应用课题,规定了进一步研究矿产成矿条件、成矿作用和分布规律方面的任务内容。

科拉半岛超深孔 1970年5月开钻,其具体任务为:研究含镍贝辰加(Печенга)杂岩体和科拉半岛地区黑海地盾太古界结晶基底的深部构造,查明包括成矿作用在内的各种地质作用,大陆地壳内地震层界面线的地质特征、地壳内的热流、深部水溶液和气体的新资料,力求最充分地收集有关岩石物质成分和物理状态方面的资料,揭露和研究花岗岩层和玄武岩层之间的边界带,改进现有的和创建新的超深钻进技术和工艺,完善和创造新的超深钻孔内岩石和矿物综合地球物理研究技术和方法。

科拉半岛超深孔1983年底已达到12000米深度,按计划规定在苏联第十一个五年计划期间应钻至13000米。该孔在钻进过程中对岩心和岩心附近的岩层进行了广泛的综合研究,其中包括地质学、岩石学、地球化学、矿物学、构造学、放射性、地震声学 and 核物理方法、磁法、电法、热力学方法,以及孔底工作状态的监控方法等研究。

该孔已取得以下重要成果:

地质工作方面 钻孔揭露出来的剖面,其地史间隔为30—16亿年,有两层杂岩:元古界杂岩(0—6842米)和太古界杂岩(6842—11662米)。元古界杂岩经过研究改变了人们以往对贝辰加矿区构造的认识,而且比以往更为清晰。贝辰加火山沉积杂岩可分为两个岩系:上部含镍岩系为苦橄玄武岩和硬砂岩建造,下部卢奥斯塔林岩系为粗面安山岩—玄武岩和石英岩碳酸盐岩建造。证实了贝辰加杂岩的各个主要层状岩层的厚度往下是稳定的。太古界杂岩可划分为7层韵律性交互岩层。每一韵律层由黑云斜长片麻岩夹高粘土质矿物和下伏为黑云斜长片麻岩和角闪岩组成。夹高粘土质矿物的片麻岩具原生沉积成因特征,属页岩—砂岩建造。黑云斜长片麻岩和角闪岩属玄武—安山岩建造。

在该孔一连续的剖面中详细研究了从葡萄石—绿纤石到角闪石相范围内变质作用的分带性,查明了岩石成分、岩石形成的深度和由上往下从300增至650℃的温度对这种分带的影响。因之变质作用时期的地温梯度大约5—7倍高于现代的温度。查明了随着深度不仅累积的变质作用的温度增高,而且矿物组合的均衡程度也随着增高,还查明了贝辰加杂岩的变质作用与构造地块的层叠状逆掩位移是同期发生的。这些作用引起了在一些大的断裂带内变质岩沿其内部结构和弹性性质出现了明显的各向异性现象;这些作用遍及科拉岩系的所有花岗片麻岩,使得其中较早期的麻粒岩相矿物组合几乎全部消失。含多金属的太古界杂岩其最突出的特征是在角闪岩相岩层中出现区域性花岗岩化,以及变质岩广泛出现白云母化作用。

在广泛分析已有资料的基础上,建立了一幅可靠的、垂直的前寒武系地球化学剖面。这一剖面反映了岩石成分、稀有和分散元素含量的变化,证实了地壳的硅铝质成分随着深度转变为铁镁质成分。从这一总的地球化学背景上看清了岩石酸碱度的规律性变化取决于岩石的原始成分和叠加的各种作用。对造岩元素,查明了包括钾和钠在内变质作用具有相同的化学特征。证实了水在葡萄石—绿纤石相岩石中含量很高(达6.8%),在绿片岩相岩石中下降到2.5%,在绿片岩和绿帘石相岩层边界上则下降到1.5%。

首次发现在大陆壳的深部构造带中存在有矿化裂隙水,查清了它们的水文地质分带性:水随着深度由氯化钾成分逐渐转变为含水碳酸钠成分。在元古界杂岩沉积地层的气体的组成中氢、氮随着深度逐渐增加,而碳氢化合物成分的气体随着深度却逐渐减少。

钻探的结果证明所有被钻孔揭露的地层中都富含矿产。在1540—1800米深处揭露出过去并不知道的一含硫化铜镍矿的超基性岩层位。在科拉岩系中见到含铁石英岩、受到变质作用的铁钛矿石和硫化铜镍矿化。在600—1100米深处发现了幔源成因的低温热液黄铁矿—黄铜矿—磁黄铁矿矿化。据定量分析资料,矿化裂隙构造的延伸长度要比原先按一般理论推算的长3—4倍。这些事实再结合其它的地质观测,使人确信,由于纵向的和水平方向的位移即使是在很深的部位也能产生有利于成矿的构造地块、断裂和褶皱构造。

据孔内资料分析,贝辰加地区的地质史可划分为两个大的旋回:即太古代和元古代。太古代旋回同样也由两个阶段组成:安山玄武岩火山作用和沉积作用阶段;褶皱作用、麻粒岩相变质作用和超变质作用阶段。元古代旋回包括四个阶段:安山玄武岩火山作用、黄铁矿—玄武岩火山作用、褶皱断裂位移和葡萄石—绿纤石相到角闪石相范围的带状变质作用。

该区含镍侵入体的初始产状是水平的,由于层片状断裂位移使这一侵入体错断成单个的岩片。这一结论的得出扩大了在贝辰加构造中发现铜镍矿的前景,也改变了普查和评价它们

的标志。与此同时,产生了有必要在元古界和太古界杂岩中普查科拉半岛超深钻孔揭露出来的其他类型的矿产,其中包括退化动力变质带中的热液硫化物矿化。

地球物理工作方面 地球物理研究工作的主要成果之一是在深部的元古界贝辰加杂岩体内发现了一条由于玄武岩受到低温变质作用而引起的低速带。在贝辰加杂岩体的底部,钻孔揭露出其物性特征属于典型花岗片麻岩层的很厚的科拉岩系。这一发现与科拉半岛超深钻孔之前据地震探测资料作出的预测正好相反。

剖面的主要物性特征是,最大的密度(ρ)和速度(V_p 和 V_s)值见于剖面上部的火山岩中,然后是这些值跳跃式地逐渐降低,岩石的孔隙度、渗透率和非均质性的参数上升。在元古界和太古界的界线上也具有上述物性变化特征。沿剖面还进行了弹性分析,表明弹性的变化与岩石成分的明显改变和大的断裂破碎带中片理化的强度随着深度的加深而增高有一定关系。磁性矿物沿剖面的分布情况有如下总的规律:0—4586米(硫化物矿化带)除见有大量磁铁矿的超基性岩外,主导性的磁性矿物为磁黄铁矿。在4586—5642米的间隔中(氧化物矿化带),磁黄铁矿实际上已经逐渐消失,见到的只有磁铁矿和赤铁矿。再往深处见到磁铁矿以及磁黄铁矿的小的富集体。

孔内直到11600米深处进行了详细的温度测量。除此以外,对剖面中典型岩石的标本还进行了导热率的测定。这样就查明了地温梯度值和热流的强度是随深度而不断升高。沿钻孔剖面对所有的岩层、地层和岩系进行了系统的铀、钍等放射性元素含量的采样。得出的结果是放射性热能的百分数在总的热流平衡中超过50%。对剖面内岩石的压力曾用计算方法和实验方法做过测定,发现压力分布很不平衡。与岩石静压力相比,有些地段存在明显的应力下降或应力升高现象。

萨特林超深孔 该孔1977年布置在一已知有最大重力值的阿塞拜疆的库林低地(东经48°,北纬40°)。据估计这一最大值是由玄武岩层的上盘局部上升引起的。现在该孔已穿过疏松的第四系和晚中生代沉积地层,进入时代可能为白垩纪和侏罗纪的火山岩层。这一地层正是最大重力值的来源。该孔的目的在于穿过全部火山岩达到古生界基底。

苏联在其第十一个五年计划期间深部地质研究已进入新的阶段。根据科拉半岛超深钻孔的钻探和研究成果,制定了对苏联境内深部地质进行综合研究的计划项目。按照这一项目,除科拉半岛和萨特林超深孔继续钻进外,还布置了秋明、阿纳斯塔谢夫—特罗伊茨克和乌拉尔三个新的超深孔(孔深12000—15000米)。与此同时,又布置了六个深孔,其中油气田区三个:德聂伯—顿涅茨、滨里海、提曼—彼卓尔;金属成矿区三个:木龙塔乌、诺里尔斯克和克里沃诺格。

科拉半岛超深孔在第十一个五年计划期间应钻到13000米深处,应揭露出根据地震探测资料划出的地壳中新的界线。预计钻孔将穿过所谓的“麻粒岩—超基性岩层”。随着钻孔的加深,对“乌拉尔15000”型钻探设备将进一步进行工业性试验,研制和装入新的物探仪器,以便提高超深钻进的工艺水平。项目设计中规定,科拉半岛超深钻终孔以后将转入对深部地质作用进行实验室试验研究,对温度变化进行长期观测,实验和完善地质—地球物理、地球化学和水文地质调查的各种仪器设备和方法。在第十一个五年计划期间,萨特林超深孔的钻进和地质—地球物理研究要进行到11000米深度。

黄铁矿的变形现象

K. R. McClay等

黄铁矿的变形机制,是一个长期争论的问题。许多形变的硫化物矿体都呈现出黄铁矿的碎裂结构,在有些部位也见到了拉长的黄铁矿构造现象。

尽管以往有关黄铁矿的形变实验都是以脆性域的变形为主,但近来在400—700℃的高温条件下的实验研究即表明,黄铁矿能通过位错作用而变形(Cox等,1981)。对早期实验的重新估价也同样表明位错滑移能在黄铁矿中起作用(Graf等,1981)。Atrinson (1972)曾经进行过

秋明超深钻孔的开钻,将为西西伯利亚北部查明侏罗纪和侏罗纪前含油带地层和该区深部构造以及该区的远景提供可能性。乌拉尔超深钻孔的钻进,将有助于观察最大的含金属矿褶皱区的剖面和解决一些重要的地质问题,以便在该区预测新矿床。超深钻探结合地球物理综合研究,也为安排1990—1995年的普查勘探工作和对2000年以前的远景认识提供更为可靠的依据。

在超深钻进的工艺技术方面,已开始建造能模拟深度为15000—20000米、孔底温度为300—400℃和压力为200—300兆帕(斯卡)时进行超深钻进的试验台。

现在可以看出,全面完成这一计划将会引起对这些地区地壳的构造特征、发展史从根本上改变现有的一些看法。与此同时,完成这一计划将有助于阐明许多地区地球构造圈的构造和发展史等一系列具有普遍意义的问题。

人们也看到,这一计划主要是研究大陆地壳和上地幔。有趣的是与苏联开展这一计划的同时,美国一些学者提出了在大洋区进行深水钻探的方案。这一方案后来进一步变成包括苏联在内有许多国家参加的国际性方案。《格纳玛·查林杰》号钻探船在各大洋已打了500多钻孔。这些孔首次提供了各大洋洋底沉积岩层和由玄武岩组成的洋壳最上部层位的成分、时代和构造的资料。可以认为,苏联大陆的和国际海洋的两个方案相互作了补充:应当强调的是,苏联的方案在于查明大陆地壳的构造和发展规律,目的是为矿产预测提供有深刻认识的科学依据。不能忘记的是人类生活在大陆上,大部分矿产来自大陆地壳。尽管近年来海洋地区的矿产资源已逐渐进入人类生活,但是矿产的水下储量(主要是石油和天然气)目前仍主要集中在浅水大陆架区,也就是说集中在由海水淹没的大陆壳区。大陆壳与大洋壳相比,今后大陆壳仍是开发矿产的主要地区。因此,苏联今后对大陆壳的组成和发育规律将长期进行广泛的研究。

研究大陆壳的意义不仅苏联人承认,美国的专家们经过在大洋区长期全神贯注地调查研究之后,已决心转向研究大陆地质,发布了《北美大陆十年(1981—1990)研究计划》。在拟定《国际岩石圈计划》以代替《地球动力学计划》时特别强调了,与以往一些国际性研究计划相比大陆更应值得注意。因此,加强大陆深部地质研究是有重要意义的。

(赵玉丁据《Разведка и Охрана Недр》1984, №.7, №.8 编译)