

# 非洲矿产资源勘查和开发——刚果(民)

□ 中国地质矿产信息研究院 吴智慧 芮仲清

## 一、矿产资源和矿产工业

刚果民主共和国(简称刚果(民)),1997 年 6 月前称扎伊尔),矿产资源非常丰富,在非洲仅次于南非。铜、钴、金刚石、锡、铌、钽等矿产在世界上占有重要地位。据 1997 年美国地调局统计,刚果(民)铜储量 1000 万吨,储量基础 3000 万吨,占世界 5%,略少于赞比亚。钴储量 200 万吨,储量基础 250 万吨,占世界 50%。据估计,刚果(民)铜钴资源量分别超过 6000 万吨和 400 万吨。金刚石储量 1.5 亿克拉,储量基础 3.5 亿克拉,居世界第二位。锡储量在东南亚国家以外的国家中是最多的,铌钽储量居世界前三名。金尽管探明量不多,但资源潜力大。

刚果(民)矿产生产规模较大,是非洲矿业大国,在国际上也有一定影响,生产的矿种近 20 种,铜、钴、金刚石、锡、铌钽矿产量在世界上占有重要的地位。矿业是刚果(民)国民经济中的重要部门,矿产产值占国民生产总值的一半以上,占出口创汇的 90% 以上。刚果(民)重要的矿业企业如 Gecamines 公司等为政府所控股,铜、钴、金、金刚石等重要矿产的生产为政府所控制。

## 二、地质和地质调查

刚果(民)地处中非刚果盆地,在地质上位于扎伊尔克拉通东北部。它经历了非洲大陆大部分地质发展史。古老的沉积地层经过了晚太古代褶皱、基底杂岩褶皱、基巴拉褶皱、昆代隆古褶皱等一系列大规模的构造运动,发生不同程度的变质作用和岩浆作用。中石炭世后,古老基底便告形成。此后是大陆侵蚀和堆积的过程,直到第三纪造山运动。由于刚果河周围地壳的隆起,形成了今天的盆地。周围高地的侵蚀和中

央盆地的堆积,形成了刚果(民)两大地层的明显分界。古老基底占据着边远高地,新生代盖层分布于地势低洼的中央盆地。地层由老到新分别为:

(一)古老基底 这是一套从太古代到古生代末(中石炭世)的古老沉积地层。它经受了强烈的褶皱作用和变质作用,并伴随大量的岩浆侵入,形成了一系列金属矿床。

1. 基底杂岩 为扎伊尔克拉通东北部的的主要出露地区,在刚果(民)境内主要分布在上扎伊尔区。基底杂岩在基巴拉岩系之下,由于中间存在一个大的不整合而分为两个岩系。下层杂岩主要由云母片岩和片麻岩组成,属太古代;上层杂岩由各种变质岩组成。基底杂岩中有大量的花岗质岩石侵入,分布面积大于片岩和片麻岩分布的面积。基底杂岩在刚果盆地四周都有出露,刚果(民)境内的基底杂岩很重要的部分为基巴利岩系,该岩系主要为花岗绿岩系,29 亿年和 27 亿年两期花岗质岩石侵入,将绿岩系分隔成几个孤立的绿岩带,分为东西两部分。基巴利花岗绿岩地体为主要含金层位。

2. 基巴拉岩系 分布在扎伊尔克拉通的一个地向斜凹陷中,时代从老阿尔冈纪到中阿尔冈纪,沉积厚度超过 8000 米,它与下伏的基底杂岩和上覆的加丹加岩系均呈不整合接触。基巴拉岩系在中部非洲分布很广,在刚果(民)出露东南部恩齐洛峡谷至孔戈洛的刚果河两边及东部基伍地区。基巴拉造山运动使这套地层发生强烈褶皱变质,花岗岩多次侵入,在具有伟晶岩特性的花岗侵入体中形成锡矿和伴生矿。

3. 加丹加岩系 它是构成古老基底的较新的一组地层,主要见于加丹加(沙巴)地区。其

地质时代从中阿尔冈纪到中石炭纪。该套地层由于成矿潜力较大,研究较为详细,自下而上划分为:(1)罗安系;(2)厚砾岩及木瓦什系;(3)昆代隆古系。加丹加岩系在加丹加地向斜中及其附近的昆代隆高原上分布很广,厚度在 5000~6000 米。罗安系通常发育在地向斜中,但在古老基底的凹陷和浅地堑中也能见到。下昆代隆古统局限于地向斜中,中、上昆代隆古统广泛延伸到地向斜边缘及其附近的陆台中。

昆代隆古造山运动使整个加丹加岩系受到影响,所产生的一系列褶皱束构成一个向北、向东北和西北弯曲的褶皱弧,其强度由南向北减弱。加丹加南部受到强烈褶皱和断裂。伴随着褶皱运动有粗玄岩、辉岩、橄榄岩、花岗岩和辉长岩等岩浆的侵入。由于岩浆分异的金属硫化物在流动过程中进入这里的灰岩和白云岩地层,致使硫化物高度富集,因而在这套地层中形成了丰富的铜、钴、铀、铝、锌等金属矿产。伴生钴和铀的铜矿化作用发生在罗安系中,形成加丹加铜矿带特有一套含矿地层,叫矿藏统层。伴生锌、铅和银的铜矿化作用主要发生在下昆代隆古统中,特别是卡孔特韦灰岩中。

(二)复盖层 它是中石炭世以后的一组很厚的陆相地层,呈水平或准水平状覆盖于盆地中央。此外也包括沿海狭长地带的海相地层。其中,卢阿拉巴—卢比拉什岩系(晚石炭世到晚白垩世)是重要的含矿地层,分布于整个刚果盆地的底部,主要包括卢库加统、卢阿拉巴统和宽果统。卢库加统是主要含煤地层,开赛地区的宽果统中有金伯利岩型金刚石砂矿分布。

### 三、矿产地质

刚果(民)矿产的形成具有明显的时空分布规律。它不仅与特定的地层紧密相连,而且与特定的构造时期和褶皱系列有密切关系。

(一)铜及其伴生矿 刚果(民)铜及其伴生矿(钴、铀、铅、锌)主要分布在沙巴区南部的加丹加铜矿带,为赞比亚—刚果(民)铜矿带的一部分。但矿苗的发现远远超出这一范围,几乎

遍及刚果(民)所有其它地区,特别在下扎伊尔区。铜矿床主要产于元古代沉积岩系中。按伴生的有用组份分为两大类,一类是与钴、铀及其它金属伴生的铜矿,称铜—钴—铀矿床,另一类是与铅锌伴生的铜矿,称铜—铅—锌矿床。铜—钴—铀矿床系层状矿床,为砂页岩型,刚果(民)所有大铜矿除一个例外,都属此类,分布仅限于加丹加铜矿带,成矿作用主要发生在加丹加岩系下部的罗安系中。这类矿床从上到下包括氧化层、次生硫化铜富集层和原生矿层。铜—铅—锌矿均为脉状矿床,规模一般较小,只有基普希矿为大型矿床。成矿作用主要发生在加丹加岩系的上部,即昆代隆古系或相应岩系中,多与断层有关。这类矿床分布较为广泛,不仅限于加丹加,但重要的仍在沙巴地区(加丹加)。

加丹加铜矿带是一条延伸于沙巴区南部和赞比亚北部的巨大铜矿带。从西边的姆维尼隆加(赞比亚)往北经肯盖尔、方古鲁姆和坎博韦等矿,然后折向东南到卢本巴希和“刚果之星”矿,并一直到赞比亚铜矿带东南端的布瓦纳始姆库布瓦矿。由于其南部、西北部和东北部是三个古地盾,因而这里的加丹加沉积岩系在昆代隆古造山运动强烈作用下,形成了一个巨大的褶皱弧,即称加丹加铜弧。它长达 800 公里,宽约 60~100 公里,以刚果(民)境内最宽,达 100 公里。在沙巴区南部,Gecamines 公司从东南面的“刚果之星”矿到西边的迪库卢韦矿的长 325 公里、宽 50 公里的范围内开采铜矿,已开采的铜矿山有 20 多个。该地区铜矿具有一些突出的特点,一是具有含铜砂页岩型矿床高品位的特点,铜品位最高达 16%,中等品位达 6%,低品位的硫化矿也在 2~3%。二是与一般的砂页岩型铜矿不同,该地区铜矿规模很大,远景储量非常大,目前尚难以确定,按平均品位 6%的铜矿石计算,铜的储量为 1200 万吨,品位较低的矿石,其储量更大,而深处品位在 2~3%的硫化矿石的资源量巨大,有人估计,Gecamines 公司所控制的铜矿储量在 5200 万吨。三是由于构造的缘

故,沙巴区矿床埋藏不深,可供露采。在构造上,它与该铜矿带上的赞比亚铜矿床有明显不同,赞比亚铜矿床产于较简单的向斜构造的边缘上,而沙巴区铜矿床由于随着昆代隆古造山运动而来的逆掩断层和强烈褶皱,地层颠倒,以至罗安系的含矿地层叠于年轻的木瓦什系或昆代隆古系之上,因而更接近地表。四是伴生金属矿种类多,含量较高,钴、铀、镭、锕、铯、钼、银、金等都可富集到具有工业开采的价值。其中重要的有:(1)钴,沙巴区铜矿床中最重要的伴生矿,以硫铜钴矿形式伴生于层状矿床中,含量变化大,平均为 0.6%,主要含钴的(铜)矿为卡莫托、科卢韦齐、穆索诺伊和鲁韦诸矿。(2)铀、镭、银,主要伴生于基希普矿中。

(二)金刚石 刚果(民)金刚石资源丰富,但主要以工业级金刚石为主,在矿床类型上,有冲积型和原生型两种,金刚石矿床主要集中在开赛河流域,但在其它地方也有发现,如宽果地区、上卢凯涅河和上洛梅拉河流域,北部金矿区,马尼埃马锡矿区,以及沙巴地区。其中,北部金矿区包括邦多、阿凯蒂和波科三个地段,在沙巴地区发现了 24 个金伯利岩岩筒。开赛河流域冲积型金刚石矿床主要分布在以奇卡帕河为中心的西部地区(也称开赛区),原生型金刚石矿床主要分布在以巴克旺加为中心的姆布吉马伊地区,因而分别称为开赛(奇卡帕)矿床和巴克旺加或姆布吉马伊矿床。开赛(奇卡帕)矿床的金刚石沿开赛河及其支流分布,以奇卡帕为中心,面积两万平方公里以上,碎屑岩型,产于白垩系宽果统的底砾岩中。开赛金刚石颗粒小,但质量高,一半以上为宝石级。巴克旺或姆布吉马伊矿床是一组属于原生金刚石矿床,并且在紧靠金伯利岩附近有各种派生的碎屑型金刚石矿床产于管状砂岩、高原砂砾岩、冲积物等中,这一地区矿床是刚果(民)最大且是世界著名的金刚石矿床,主要分布在东开赛南部的姆布吉马伊河、卢比河和卢伊卢河地区。金伯利岩体就产于白垩系中。在北部巴克旺加地区,在几公里范

围内有十一个巨大的金伯利岩体,面积 0.4~16.5 公顷不等。巴克旺加矿床金刚石资源量巨大,据估计近 5 亿克拉,但金刚石质量很低,绝大部分为工业级金刚石。金刚石伴生矿物为含锰、铬的钛铁矿( $MgO: 11.7\%; Cr_2O_3: 4.4\%$ )、含铬的石榴子石、含铬的透辉石。

此外在沙巴地区发现的 24 个金伯利岩岩筒总面积在 150 公顷,金刚石品位很低,伴生矿物主要有镁钛铁矿、铬铁透辉石、铬石榴子石。

(三)金 有两种类型,一种是砂矿型,另一种是含金石英脉型。金矿在全国分布很广,但主要集中在东北部的基洛-莫托地区,金成矿特点为:(1)金通常与石英伴生;(2)金富集于花岗岩和基巴利岩系接触带附近;(3)金与花岗岩有关,但与基巴利岩系关系更为密切。在马尼埃马和基伍地区金矿主要位于大的锡矿床中作为锡石的伴生矿物,在沙巴地区,金矿往往是作为铜矿的一种伴生矿物出现,其余地区如开赛和下扎伊尔的马永贝等地也有一些小的金矿脉。

#### 四、矿业管理、政策和法规

刚果(民)矿产资源的勘查和开发管理由矿业部负责,矿业部下设地质调查局、矿业局、和黄金矿山局。地质调查局负责全国地质调查工作,具体地质调查绝大部分由法国地质专家完成。矿业局负责矿产资源勘查和开发的管理、许可证的签发和管理,黄金矿山局负责黄金的开发管理。矿产勘查和开发许可证分为三种,勘查许可证、采矿许可证和手工采矿许可证。

勘查许可证的主要内容有:(1)勘查许可证期限 2 年,可续期 3 次,每次最多为 2 年。(2)一般同一人获得的勘查许可证不得超过 20 个(3)符合下列条件者勘查许可证可续期:①证明上一期勘查期间遵守了有关合约;②提交上一期勘查工作的技术报告、附详细图件和资料;③提交初步的工作及相应的费用计划;④负责官员对技术报告和工作计划的批准书。(4)在勘查许可证面积范围内,许可证持有人在履行有关条例后有权获得采矿许(下转第 39 页)

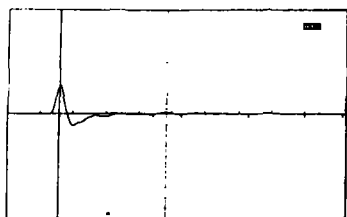


图 7

当加荷至 700kN 时,同样出现了沉降量陡增的现象。P-s 曲线见图 8。

$$s_{700}/s_{600} = 7.60/1.34 = 5.67 > 5$$

P-s 曲线中出现明显的第二拐点,s-lgt 曲线中 P=200~600kN 曲线平坦,分布均匀,P=700kN 的曲线明显弯曲变型,稳定时间达 240 分。继续加荷至 800kN 时,出现稳定现象但沉降量已达 15.90mm,根据规范规定,判断其承载力为 600kN。也就是说,完整桩的承载力也无法满足设计要求,其承载力值与原试桩相当。

由此分析,原试桩为轻微缺陷桩,但缺陷对桩的承载力影响不大,可以作为完整桩看待。

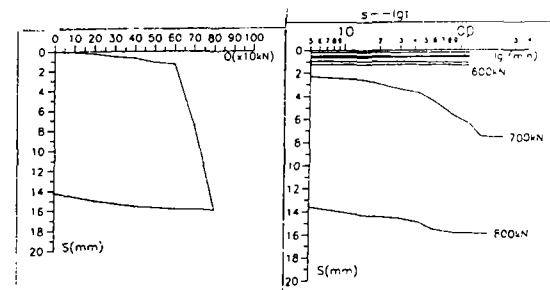


图 8

#### 四、结论

由此可见,用低应变辅助静载荷试验是非常必要的,它可以大大地丰富静载荷试验的信息量,同时亦有助于积累资料,总结经验,提高对静载荷试验曲线的分析能力。

(济南市建筑工程质量检测站)

(上接第 42 页)可证或出让许可证。

采矿许可证的主要内容有:(1)采矿许可证允许许可证持有人在地面面积已定、深度不限的范围内,从事许可证所授与的所有勘探、普查和开采所属矿产资源活动的专属权利。(2)采矿许可证也授与持证人以从事选矿、冶炼、加工、化学处理等所有一切与矿产有关活动的权利。(3)采矿许可证期限 5 年,在前一有效期内履行合法的和规定的义务之后,可续期,续期最多 3 次,每次期限也是 5 年。(4)下列诸种情况不授予采矿许可证:①不执行勘查许可证,或开采许可证所定范围确定的义务;②没有发现可采矿床;③未提交与矿床规模相应的生产和投资计划书、未提交就执行委员会所定开发目标的活动计划书和未确定实施计划的充分的技术和金融手段。

#### 五、矿产勘查和开发战略及靶区选择

刚果(民)优势矿产为铜、钴、金刚石、金、锡

和铌钽。金刚石大量的为质量低的原生金伯利岩型,质量比较好的为砂矿型,但资源量并不大,且大量的在手工开采、开采秩序较乱,因此,金刚石不是较好的投资矿种。锡是我国的优势矿产,铌钽为小宗矿产,这些矿种也可以不考虑。铜、钴资源丰富、金成矿条件好,找矿潜力大,可作为重点矿种考虑。

铜钴 重点地区为刚果(民)境内的加丹加铜钴矿带,由于该矿带已发现大量铜钴矿,可不必从草根勘查做起,可从已探明一定资源量的、有进一步找矿潜力的地区做起,柯韦资(Kolwezi)、滕凯-丰古卢姆(Tenke-Fungurume)、利卡西(Likasi)、卢本巴什(Lubumbashi)四个地区是进一步找矿远景最好的地区。

金 重点寻找含金石英脉型。该类型金矿主要集中在东北部的基洛-莫托地区,可重点在这一地区寻找,该地区金通常与石英伴生,产于花岗岩和基巴利岩系接触带附近。