



周边国家矿产资源简介

斯里兰卡地质构造与区域成矿基本特征

斯里兰卡位于印度半岛的东南隅,为一岛国,其南北最长 434 km,东西最宽 225 km,全国面积约 65 610 km²,人口近 2000 万。境内中、南部为高原山地,山丛拥立,最高峰皮杜鲁塔拉格勒山,海拔 2529 m;北部和沿海地区为平原,其中北部沿海平原宽阔,南部和西部沿海平原相对狭窄,海拔均在 150 m 左右。岛上河流短小、湍急,均发源于中南部山区,呈辐射状分布,以哈马韦利河最大,自中南部山区向东北部流入印度洋,全长 335 km。斯里兰卡接近赤道,气候属热带气候,季节性温度与降雨量变化不大,但地区性差异明显,中南部高原山区较凉爽,其他地区终年炎热,年平均气温 27℃。其年降水量由东北向西南从 750 mm 递增到 2000 mm 以上,以夏雨为主。斯里兰卡是以种植园为主的农业国,主产茶叶、橡胶、椰子、稻谷。西北部马纳尔湾沿岸盛产珍珠,闻名全球。全国森林覆盖率达 45%,水力资源丰富。近年来,斯里兰卡组建了适合国情的民族工业,如纺织、服装、橡胶、化工等以及旅游业,国民经济得到较大发展。全国交通便利,公路已成网络,铁路南北纵行,东西贯通。科伦坡是全国第一大海港与航空港,能与五大洲的各大海港和空港相通。

斯里兰卡地质演化历史较长,经过长期的地质剥蚀作用,现今全岛 90% 的地表出露的是前寒武纪沉积-变质岩系,显生宙以来的沉积层仅在西部有零星侏罗系出露,沿海平原更新世—全新世沉积地层较发育。因此,其地质构造相对比较简单。前寒武纪沉积-变质岩系通常划分为上、下两大单元,下部为高原岩系,分布在斯里兰卡中部山区,以沉积-变质岩与紫苏花岗岩为特征,变质程度达麻粒岩相,主要岩性有石英岩、结晶灰岩(主要为白云岩)、石榴子石-矽线石-石墨片岩、堇青石-石榴子石麻粒岩及含有紫苏花岗岩的各种类型片麻岩,据同位素测年资料,其年龄值多在 23 亿年~26 亿年之间。上部为维亚伊恩群(Vijayan),分布在斯里兰卡东南部,由片麻岩、花岗岩和混合岩组成,变质程度达角闪岩相,主要岩性为眼球状片麻岩、花岗片麻岩、角闪石-黑云母片麻岩及部分混合岩和大理岩,据部分同位素测年资料,其年龄值为 18 亿年。

中生界侏罗系出露在斯里兰卡西部普塔勒姆(Puttalam)以东,目前仅见露头 2 处,于中新世灰岩之下,主要岩性为砂岩、粗砂岩、长石砂岩和页岩,厚度不详,可与冈瓦纳(Condwana)的侏罗系对比。

新近系中新统分布较广,从北部的贾夫纳(Jaffna)半岛至西海岸的普塔勒姆(Puttalam)南部广阔地区,主要为海相厚层状石灰岩,含生物化石。

第四系更新统主要分布在西部和西北部地区,为砂砾层,而在西南部主要为红土层,但面积较小,属于残积堆积层,覆盖在中新统与前寒武系之上。全新统分布于主干河流的河谷两侧,主要为冲积形成的砂、粉砂与黏土;东部拜蒂克洛(Batticaloa)和西部普塔勒姆至科伦坡(Colombo)一带沿海广阔地区,主要为冲积和泻湖沉积的黏土、粉砂和砂。

岩浆岩不发育,主要有 2 期,早期为花岗岩,包括锆石花岗岩、伟晶岩,呈小岩株或岩脉,零星分布在前寒武系下部高原岩系中,如巴朗戈达(Balangoda)锆石花岗岩、罗托托塔(Rattota)伟晶岩;晚期为基性粗玄岩,呈脉状产出,主要分布在前寒武系上部维亚伊恩群(Vijayan)中,如东部省的马哈奥耶(Maha Oya)粗玄岩脉,长数公里。关于岩浆岩侵入时期目前没有确切数据,有人认为是古元古代,也有人认为是中-新生代。

斯里兰卡构造轮廓较简单,全岛基本上为前寒武系的基底岩层,而其四周为中、新生界盖层。前寒武系基底中呈背形与向形的褶皱系列,通常在北部呈 NNE 走向,而在南部渐转为 NW 走向。并且在亭可马里(Trincomalee)至汉班托特(Hombantota)有一近 NNE 向的逆冲带,将前寒武系下部的高原岩系推覆到前寒武系上部维亚伊恩群(Vijayan)之上,强烈变形与蚀变,形成一条长度大于 400 km 的仰冲断裂带,并发育蛇绿岩套。目前多数学者认为,高原岩系与维亚伊恩群之间的边界最大可能是古大陆板块边缘,它是冈瓦纳古大陆块在 100~130 Ma 发生破裂的反映。

斯里兰卡地质构造特点表明,该区是与印度板块一起从冈瓦纳古陆向北漂移而来的,随后在漫长的地质历史时期中一直处于隆升状态,遭受风化剥蚀,直至中生代中期冈瓦纳古陆边缘发生破裂,使其基底发生仰冲,而盖层出现小规模断陷,接受了零星的侏罗纪和新近纪的沉积,从而造成区域性地势差异,出现了中央为山地与高原,周边沿海地区为丘陵与平原的地貌景观。这种地质构造特点也造就了斯里兰卡矿产资源产出与分布的格局。全国区域成矿作用主要与区域变质作用和表生地质作用有关,形成的矿种主要为稀有金属和非金属矿产。矿床规模多为中-小型,大型较少,矿床类型以沉积-变质型和沉积型为主,其中次生的各类砂矿占重要地位;有的矿种质量尚佳,在国际市场上具有竞争力,但由于缺乏系统的矿产地质勘查,资源情况还不十分明朗,为后人工作留下较大空间。

铁矿资源 斯里兰卡铁矿主要有2类:含水氧化铁(褐铁矿和针铁矿)矿床和磁铁矿矿床。前者主要集中在西南部萨伯勒格穆沃(Sabaragamuwa)省的拉特纳普特(Ratnapura)附近及南部省的加勒(Galle)和马塔拉(Matara)等地。赋矿围岩为高原岩系。矿体呈大小不一的“鸡窝状”,产出在地表或接近地表处,最宽有12英尺(3.66 m),延深很小,在拉特纳普特地区有40~50个矿体成群出现。单个矿床规模变化较大,资源储量从10 000吨~150 000吨,矿石平均品位53%~54%。据估算该类型矿床资源储量约为220万吨。该类型矿床的成因,多认为是高原岩系中硅铁建造经风化淋滤而成。磁铁矿矿床主要产于中西部的西北省奇洛(Chilaw)附近。磁铁矿矿床产出在高原岩系硅铁建造中,属于沉积-变质型铁矿床。目前发现有2处,一是Wilagedera矿床,规模太小,经济意义不大;二是Panirendawa矿床,为条带状磁铁矿石,矿石品位较高,平均 $w(\text{Fe})$ 为50%,磁选后矿石 $w(\text{Fe})$ 可达65%。勘查结果显示,该矿床规模较大,估计其资源储量可达560万吨,是斯里兰卡至今最大的单一铁矿床。但遗憾的是,该矿床因构造作用被分割成4个块段,其中的3个由于资源储量太少,不宜作为单独开采单元;另一个块段的规模相对较大,估算资源储量达300万吨,经济上是可行的,但矿体埋深在地面以下80~400英尺(23~122 m)。

铜矿资源 斯里兰卡铜矿资源较匮乏,只有Seruwila含铜磁铁矿床一处,位于东北部北中省亨可马里(Trincomalee)东南约7 km处。矿床产出在前寒武系上部维亚伊恩群(Vijayan)中,赋矿围岩为角闪花岗岩片麻岩、钙质片麻岩和角闪岩。金属矿化作用主要于角闪岩与叶片状角闪石闪长岩中。矿体出露地表,并向深部延伸至少200英尺(61 m)。矿石主要有2种类型:块状含铜磁铁矿-磷灰石型矿石和浸染状含铜磁铁矿型矿石。矿石矿物主要为磁铁矿和黄铜矿,其次为黄铁矿、斑铜矿、磷灰石和次生的铜矿物(如孔雀石、蓝铜矿)。脉石矿物主要为角闪石和透辉石。矿石中黄铁矿较丰富,常呈自形-半自形团块状集合体与磁铁矿共生。黄铜矿边缘通常被铜蓝环绕,而次生铜矿物,如孔雀石和蓝铜矿的小包体或薄膜常充填在块状磁铁矿颗粒之间的孔隙或基质中。黄铁矿与磷灰石无处不在,常呈非常细小的集合体产出,但也有呈立方体黄铁矿和六边形磷灰石散布在磁铁矿集合体中。钻探岩芯资料显示,块状含铜磁铁矿型矿石的 $w(\text{Cu})$ 为0.48%~3.80%, $w(\text{TFe})$ 为63.95%~70.80%,浸染状含铜磁铁矿型矿石的 $w(\text{Cu})$ 为0.21%~0.63%, $w(\text{TFe})$ 为20%~30%。依据初步勘查资料估算,Seruwila-Apippu含铜磁铁矿床的资源储量为68 900吨金属铜,275万吨金属铁。磷灰石可作磷肥原料回收利用。从经济角度来看,开发具有可行性。

砂矿资源 斯里兰卡砂矿资源广布于该岛四周的沿海地区,其中,东北部与西南部较集中。砂矿多产出在近岸海滩及其附近,仅个别延伸到内陆,总体产出类型属于海滨砂矿范畴。砂矿中重矿物成分主要为钛铁矿、金红石、锆石、独居石,并有少量石榴子石、矽线石等。成矿物质主要来自岛内前寒武系,其次可能来自更新世和近代沿海岸产出的沉积物。

东北部亨可马里-穆莱蒂武(Mullaitivu)一带砂矿比较集中,在长80 km的海滩地带带有6~7个矿床(点),其中亨可马里以北70 km的普尔莫代(Pulmoddai)海滨砂矿床规模较大,其沿海滨延伸了约7.2 km,最宽达250 m,平均宽50 m,面积约3.2 km²。砂矿平均厚度6 m,覆于前寒武纪高原岩系之上,而砂矿上面没有覆盖层。矿砂中重矿物质量分数平均达80%,其中钛铁矿为70%~72%,锆石为8%~10%,金红石为9%,矽线石为1%,独居石约0.3%,以及磁铁矿、石榴子石、电气石等其他重矿物和石英、贝壳碎片等大量浅色碎屑。矿石矿物通常非常细小。化学分析资料显示,金红石中 $w(\text{TiO}_2)$ 为96.76%,锆石中 $w(\text{ZrO}_2)$ 为66.46%。该矿床已探明资源储量400万吨,300万吨产于潮下线以上,其余100万吨产出在海平面以上3~

4 m 的滨后区粉砂岩与黏土中,并被灌木林覆盖。每年季风来临期间,海滩软泥被冲洗,淘洗出高品位重砂矿物,因此,沿着同一海滩延伸方向可重复开采,大大降低了许多海滩采矿作业中面临的环境难题。1979年德国有关公司与斯里兰卡合作,在普尔莫代砂矿床邻近的滨外地区开展地质调查,结果发现宽几百米,水深平均 10 m 的窄小砂矿富集地带,认为其属于该矿床向外延伸的部分。砂矿中钛铁矿平均为 68.7%, $\alpha(\text{TiO}_2)$ 平均为 56%,金红石和锆石主要在邻近海岸线 50 m 宽的条形带中,质量分数分别为 4.65% 和 5.80%, α (独居石)估计不足 1%。据估算,普尔莫代砂矿床外围的滨外地区还有 90 万吨钛铁矿,9500 吨金红石,3.9 万吨锆石的资源储量。

东北部亭可马里-穆莱蒂武(Mullaitivu)一带除 Pulmoddai 砂矿床外,还有 4 个潜在的砂矿床。Pudevakkadu 矿床预计资源储量较大,但品位低,且其主要部分在内陆。Nayaru 矿床面积虽小,但品位高,并且产出在海滩或其附近。Kokkilai 矿床产出在靠近海滩边缘或邻近海滩的地区,但金红石品位较低,在 0.5% 以下。Peryakarachchi 矿床面积中等,金红石品位低,锆石品位中等,该矿床部分产在内陆,规模小,品位低,部分产在小港中,有一定的远景。据初步勘查,这一带除 Pulmoddai 砂矿床外,上述 4 个潜在矿床有 47.5 万吨~70 万吨金红石,35 万吨~50 万吨锆石,240 万吨~410 万吨钛铁矿的资源储量。

东南部沿海地区目前仅有 Tirrukkovil 一处海滨砂矿床,锆石质量分数为 25%,规模属于中-小型,目前尚未开发。

西南部科伦坡-马特勒(Matara)的沿海地区也是砂矿产出比较集中的地区,已知矿床(点)有 7 处,以独居石和锆石为主。Kaikawela 和 Polkotuwa 的钛铁矿-独居石-锆石海滨砂矿床规模比较大,矿砂中 α (独居石)为 15%~40%,独居石矿源来自附近出露的伟晶岩脉。贝鲁沃勒(Beruwala)也是独居石的重要产地。较早前,斯里兰卡曾在卡鲁特勒(Kalutara)建立试验性工厂进行独居石和锆石的生产,但现在工厂已经关闭了。

西北部地区的砂矿分布较分散,除马纳尔南侧的 Kudremalai 矿点属海滨砂矿外,其他多产于内陆或河谷阶地“红色与褐色土”中,实质上属于残坡积砂矿,规模较小,品位较低。

斯里兰卡海滨砂矿较发育,分布广泛,目前勘查的仅是其中一部分。由于斯里兰卡沿海地区矿砂中 useful 组分较多,而其沉积与富集往往受矿源以及地理、地貌与气候影响,其富集浓度十分悬殊,并且只有当某种重矿物组分富集程度达到工业要求,同时矿技术条件可行时,才能作为矿产资源加以利用。斯里兰卡海滨砂矿今后还有待系统的地质调查与详细的可行性试验,方可对其做出经济价值的评估。

宝石资源 斯里兰卡的宝石矿久负盛名。宝石不但加工精美,而且品质优良。斯里兰卡产出的宝石有刚玉、黄玉、电气石、石榴子石、尖晶石、金绿宝石、锆石、绿柱石、堇青石、红柱石、磷灰石、石英、长石、柱晶石、硼铝镁石、塔菲石、硅钙铀钍石和钙碳酸盐等 18 大类 40~50 种之多,其中还有些比较名贵,如星光红宝石、金绿宝石、海蓝宝石等。斯里兰卡宝石产地主要在西部省、南部省和萨伯勒格穆沃省,以拉特纳普勒(Ratnapura)最集中,此外在东部省的 Okkampitiya 和中央省的 Elahera 也有发现。各类宝石产出在含宝石的砾石中,赋存在河床、掩埋的河谷和沼泽地及其附近,从产出特点看,属于残坡积型次生矿床,但从含宝石的砾石特点分析,原石产出在前寒武系中,属于沉积-变质的产物,后经破裂、分解、搬运、沉积而呈现“鸡窝状”分布的残坡积矿床。宝石矿分布很广,但矿体分布无序,大小不一,一个透镜体宽几米,长小于百米,基本依靠人工和简单机械进行挖掘,每年宝石产量在 20 万克拉以上。

石墨矿资源 斯里兰卡石墨资源十分丰富,开发已有近 200 年的历史。主要分布在西南部的萨伯勒格穆沃(Sabaragamuwa)省、西北省和中央省,产出在前寒武系高原岩系中上部的石墨片岩层中。矿化主要有脉状、薄片状和非晶质 3 种类型,目前只对脉状矿化类型的矿床进行了勘查与开发。矿体通常呈脉状,产状主要受构造控制,并跟随某一主体方向延伸。石墨多呈薄片状浸染在围岩中,在 SN 向背斜构造中常见稠密浸染状的石墨矿石,品位较高,往往构成富矿体,而产于 EW 向节理和次级断裂中的石墨多呈稀疏浸染状,矿石相对较贫。斯里兰卡石墨质量尚佳,通常 $\alpha(\text{C})$ 较高,一般在 97%~99%,而灰分、砂粒和挥发分含量很低,多在 1% 左右。全国已知石墨矿床(点)有 51 处,其中,萨伯勒格穆沃省 Bogala、中央省 Kahatagaha 和 Kolongaha 三处已规模开发,属于国家采矿和矿产发展公司。目前,石墨以出口精矿为主,其次用于铅笔

工业生产。近年来开始涉及石墨基础工业建设和加工生产新产品,如坩锅、润滑油等。

云母矿资源 斯里兰卡云母种类较全,有金云母、白云母、黑云母及其变种蛭石等,其中,对黑云母和白云母的工作较多,早在1896年就已开发、生产和外销。云母矿分布在中南部地区,大部分产出在前寒武系下部高原岩系中,小部分产出在前寒武系上部维亚伊恩群中。金云母常与结晶灰岩、白云岩相伴;白云母主要产在石英-长石伟晶岩中,而黑云母广泛分布在片麻岩和伟晶岩中。已知云母矿床(点)15处,为伟晶岩型和石英脉型2种矿床类型。由于可行性问题,目前勘查、开发的是石英脉型矿床,只有在可进行多种矿产综合开发时,才对伟晶岩型矿床进行工作。目前工作区多局限在浅部或地表,因长年的风化作用,很难获得高品质云母,多是碎片级云母,大大降低了出口产品竞争力,有关公司正计划开发深部高级云母产品。

磷酸盐岩资源 斯里兰卡过去一直缺少磷酸盐岩资源。1971年4月,该国地质调查部门在北中省南部公路边埃帕瓦拉(Eppawala)发现磷酸盐岩,它是中型以上的磷矿床,为斯里兰卡建立了磷肥生产的基地。埃帕瓦拉磷矿产出在前寒武系高原岩系的中-上部,赋矿围岩为花岗片麻岩、紫苏花岗岩、结晶灰岩、薄层石英岩和黑云母片麻岩,属于紫苏花岗岩-沉积变质岩系列。磷酸盐矿化发生在结晶灰岩中,矿体呈似层状分布,控制范围达3平方英里(8 km²)。矿体控制深度超过400英尺(121 m),自地表向深部200英尺(61 m)为淋滤带,磷灰石产于铁氧化基质中,构成磷酸盐富矿带,200英尺(61 m)以下为含磷灰石的新鲜碳酸盐岩。磷灰石属于富氟的氟磷灰石。矿石中, $\omega(\text{SiO}_2)$ 为0.5%~0.6%, $\omega(\text{CaO})$ 为43.63%~52.30%, $\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ 为2.30%~7.70%。钻探揭露,富矿带的矿石中,平均 $\omega(\text{P}_2\text{O}_5)$ 为35%,其中, $\omega(\text{P}_2\text{O}_5)$ 为39%~40%的样品并不少见,深部新鲜的碳酸盐岩 $\omega(\text{P}_2\text{O}_5)$ 少于10%。初步估算已控制的资源储量为2500万吨,若考虑磷灰石产出的深度大、分布广等因素,推断该矿床矿石量可超过5000万吨。该矿床现已开发和生产,供国内磷肥需要。

白云岩资源 斯里兰卡白云岩资源十分丰富,包括白云岩、白云质灰岩和菱镁矿,分布在斯里兰卡中部地区,于前寒武纪高原岩系下部层位,与石英岩、紫苏花岗岩和片麻岩呈互层状产出。白云岩与前寒武系结晶灰岩往往相伴,构成岩带,其分布广阔,从北部省瓦武尼亚(Vavuniya)以NNE走向向南延伸,至中央省康提(Kandy)附近,逐渐转为NW向,直至南部省安伯兰托特(Ambalantota)。虽然白云岩沉积不是连续分布的,但其常呈稳定的层状沿岩层走向延伸数英里,并与围岩的走向基本一致。白云岩矿床成分变化很大,可从白云质灰岩至白云岩,甚至菱镁矿。质量较好的白云岩矿床有Kandy、MatalNalanda、Ratnapura、Balangoda等10处。白云岩中白云石颗粒变化较大,经常是粗大菱形的白云石被细小的白云石包围,构成类似斑状变晶结构。白云石常与镁橄榄石和金云母共生,还有少量的磷灰石、尖晶石、黄铁矿、磁黄铁矿、石墨和微量电气石等,因此,白云岩往往具有一定的杂质。近年来,斯里兰卡为了满足国内农业与陶瓷业的需要,在多处开展了白云岩矿床的勘查工作,取得了较大成果,如在Niriella查明一处15万吨资源储量的白云岩矿床,在乌沃省韦勒沃取(Wellawaya)附近发现一处菱镁矿矿床。勘查表明,Matala-yNalanda地区可能是斯里兰卡今后最好的白云岩矿区,如果白云质灰岩 $\omega(\text{MgO})$ 在10%~20%,该区资源储量将是斯里兰卡最大的。

斯里兰卡由于地理、地质条件所限,矿产资源的种类与数量都不尽如人意。近年为了发展经济,该国对石墨矿、白云岩矿、海滨砂矿及宝石等矿种进行了较大投入,开展了有计划、有步骤的勘查工作。

(中国地质科学院矿产资源研究所 吴良士、秦思婷 供稿)