

## 泰国地质构造基本特征与矿产资源(三)

锡矿矿产资源 泰国锡矿产资源较丰富,是泰国支柱产业之一,据统计,自1871年至1968年共生产锡精矿605 667 t,按1974年价格计算约合50亿美元。泰国锡矿均产出在泰国西部地区,以泰国半岛南部地区最为丰富,其次在中西部和东南部地区,再次在西北部地区。锡矿最先是在半岛西南部普吉府海滨地区淘沙时发现的,后来在锡矿开发中又发现了相伴的砂钨(主要为黑钨矿),随之由砂矿引伸到原生矿的寻找,并在泰国西部相继发现了大小钨、锡矿床数十处,构成了东南亚钨锡成矿带的重要组成部分。泰国锡矿资源的开发历史比较悠久,早在1511年泰国与葡萄牙贸易谈判的换文中就有泰国出口锡矿的条款,可见当时就有锡矿开发和生产的产业。在17~18世纪,基本上停留在滨海地区小规模手工淘洗砂矿的水平上。19世纪末至20世纪初,大批东、西方业主在南部与中西部地区开采砂锡矿,同时对其周围的原生矿进行勘查,取得了较大进展。1941年日本侵占泰国,开设了39个采掘场,掠走泰国62.6%的锡矿产品。第二次世界大战爆发后,泰国大部分采场与矿山处于停顿状态。二次大战结束后,泰国政府在恢复原有锡矿生产的基础上,在西部地区开展了较系统的工作,发现不少矿产地,同时对泰国—马来半岛地区的花岗岩与钨锡成矿进行了研究,取得很好的效果。

泰国锡矿类型基本可分砂矿与原生矿两部分。第一个发现与开发砂锡矿的人是中国人。泰国砂锡矿大致可分海滨砂矿、河道砂矿和残积砂矿3种类型(图1)。前两者占泰国砂锡矿的80%以上,并且经常相伴出现。海滨砂锡矿广布于半岛南部的东、西海岸以及泰国湾沿海地区,是泰国最主要的砂矿床类型,其中以半岛西部普吉岛(Phuket)北的泰孟(Thai Muang)砂锡矿较为典型,它位于外海滩,海平面以下平均12 m处,矿层上面有4.5 m厚的沉积覆盖层。砂锡矿体呈似层状,厚0.8 m左右,长20 km。砂矿中除锡石外,还有黑钨矿、白钨矿、铌铁矿、钽铁矿、金、方铅矿、白铁矿等。 $w(\text{Sn})$ 平均为0.3 kg/m<sup>3</sup>。黑钨矿、白钨矿及铌、钽、铁矿可回收。河道砂锡矿主要分布在泰国东南部罗勇府、尖竹汶府以及中西部的叻武里(叻丕)府,其次在半岛南部地区,其中以离泰缅边境16 km的Lam Pa Chi河流域较为典型,大多分布于河道冲积层中,呈透镜状,断续分布,但品位不甚稳定,规模较小。残积砂锡矿分布比较广,如西北部的南奔府、清迈府,中西部的春蓬府,南部的拉廊府、宋卡府等,多在小冲积平原和花岗岩地区的内部盆地中,残积层一般厚1~2 m,不超过3 m,除拉廊府一些矿点外,其他规模都较小。总之,泰国有价值的砂矿床主要集中在北纬11°以南,以海滨砂矿与河道砂矿为主,在产出位置上通常距原生钨、锡矿床或矿化点较近,或就在其上,从某种意义讲,它们属于残积经一定运移而形成的。砂锡矿是泰国锡矿产品主要开发对象和来源。近年来,泰国为保护生态环境,严格限制砂矿床的开发。

泰国原生锡矿床基本上围绕花岗岩类侵入体分布。侵入体主要为白垩纪—古近纪,其次为侏罗纪,相当于中国燕山晚期,多呈小岩株,部分为小岩枝,侵位于古生代地层中,部分于中生代地层中。花岗岩侵入体主要岩性为白云母黑云母花岗岩、白云母花岗岩、白云母电气石花岗岩等。与成矿有关的岩体的 $w(\text{SiO}_2)$ 为68%~73%, $w(\text{Sn})$ 平均为0.0066%,属于高硅富锡花岗岩类。锡矿化作用基本局限在花岗岩体及其附近,呈脉状、浸染状、团块状分布。锡矿床类型主要有砂卡岩型、热液脉型、伟晶岩型和细脉浸染型。砂卡岩型锡矿主要分布在泰国半岛南部也拉府(Yala)和素叻他尼府(Sural Thani),赋存在白垩纪—古近纪花岗岩侵入体与古生代灰岩接触的砂卡岩带中,部分产于远离花岗岩的外接触带砂卡岩中。前者砂卡岩成分比较复杂,主要以深褐色石榴子石、钙铁辉石、紫苏辉石、阳起石、绿帘石为主,石英较少,而锡石比较富集,呈稠密浸染状或团块状产出,如也拉府Banchop锡矿,后者相对简单,以浅绿色、淡黄色石榴子石、透闪石、石英、磁铁矿为

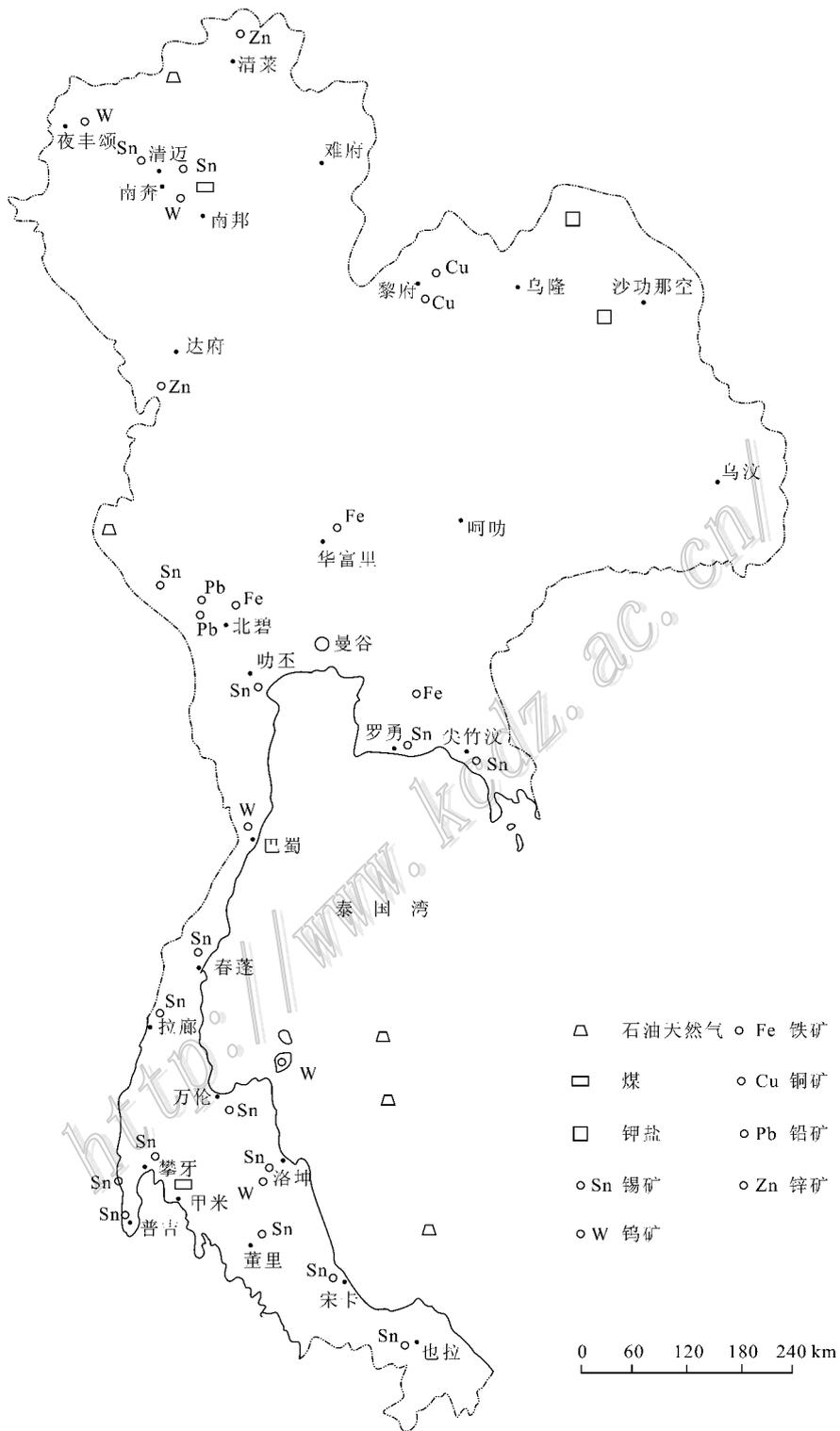


图 1 泰国主要矿产资源分布略图

主,常伴有毒砂、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等,锡石呈浸染状分布,如素叻他尼府 Chenkit 锡矿。勘查资料表明,矽卡岩型锡矿床在泰国锡矿类型中不占重要地位。

热液脉型锡矿床在泰国分布很广,其中以泰国半岛地区最为发育。该类型矿床大多以石英脉出现,可分

为2种:一种是细脉状,石英脉通常短而密集,一般多产于花岗岩体内,受节理裂隙控制,脉宽0.3~15 cm,锡石十分富集,矿石品位较高,矿石成分较简单,但规模较小,如也拉府 Baho 花岗岩锡矿;另一种是大脉状,一般产于接触带中或与岩体有一定距离的围岩中,受断裂构造的控制,脉宽大于3 m,锡石较稀少,矿石品位较低,但矿石矿物成分相对较多,除黑钨矿外,还有一定数量的铜、铅、锌、银、铋等硫化物,其规模一般为中小型,如宋卡府 Muang Mark 矿、素叻他尼(万伦)府的 Tuad 矿。

伟晶岩型锡矿大多产于花岗岩体附近沉积岩层或浅变质岩层中,个别如宋卡省 Namon 矿产于蚀变的细粒花岗岩中。该类型矿床以攀牙府 Chon 锡矿较为典型,由钠长石、钾长石和透明与乳状石英以及电气石、磷灰石组成的伟晶岩脉,呈不规则状分布于花岗岩体东侧的石英岩、钙质片岩中。锡石晶体直径5 mm~5 cm,浸染状分布于上述矿物之间。此外,万伦府 Shone 锡矿,其伟晶岩脉宽5 m,延伸近百米,赋存在角页岩与片岩中。伟晶岩型锡矿在泰国作为主要开发对象的有春蓬(尖喷)府 Paksong 矿和 Pato 地区,95%的锡矿来自产于片岩中的伟晶岩脉。一些省份的伟晶岩脉中往往含有一定数量的铌、钽、锂、铍和稀土元素矿物,与锡石共生,如董里府 Huaiyot 锡矿伟晶岩脉中的铌铁矿和钽铁矿,攀牙府 Krasom 地区和春蓬府 Bangnow 伟晶岩脉中锂云母,普吉府伟晶岩脉中的铌、钽、稀土元素矿,清迈府 Huaai No 伟晶岩中的蓝色绿柱石等,它们都具有工业意义,在开发锡矿中可作为副产品回收。

细脉浸染型锡矿床分布也比较广,目前工作多是在南部地区。一般产出在花岗岩中和围岩中,并以前者为多,其中以拉廊府 Head Son Pan 锡矿规模较大,它产出在黑云母花岗岩体顶部叶片状断裂带上,花岗岩已强烈云英岩化,锡石在其中呈浸染状、细脉状分布,与其共生的除少量黑钨矿外,还有丰富的黄玉以及电气石、萤石、独居石、辉铋矿、辉钼矿等。此外,还有万伦府 Ban Song 锡矿,极细粒的锡石浸染在蚀变花岗岩中;他拉府 Pa Pane 矿在蚀变花岗岩中石英脉呈短小密集分布,其中含大约15%的锡石和少量黑钨矿;在素叻他尼府 Hin Tak 和洛坤府 Veng Kai Tai 锡矿在片岩中细粒状锡石呈稀疏浸染状。泰国细脉浸染型锡矿虽然资源储量规模较大,并且有的地区如普吉省常伴有丰富的铌、钽、稀土元素矿,但其矿石品位较低,多在边界品位边缘,目前还没有进行过详细勘查,只对其地表强烈风化层进行了小规模开发。在今后应该具有很大的开发前景。

上述4种主要锡矿床类型经常是叠置产出,如砂卡岩型锡矿在其接触带上经常有含锡石英脉与含锡伟晶岩脉出现,在细脉浸染型锡矿中常见含锡石英大脉横切蚀变花岗岩体,在伟晶岩脉锡矿中也见有含锡石英脉穿插其中。看来这几种矿床类型其成矿时间虽有先后,但比较接近。

**钨矿矿产资源** 钨矿的特点与锡矿较相似,主要亦分布在泰国西部地区,矿床产出也大体可分为砂矿与原生矿两大类,而原生矿的矿床类型与锡矿基本相同,且钨矿与锡矿常共生,但是钨矿的矿床数量及其资源储量与锡矿相比,略有逊色。砂矿型钨矿,目前还没有发现规模较大的独立矿床,大多是砂锡矿床的共生矿,在开发砂锡矿时作为有益组分加以回收。其中海滨砂矿以普吉岛北的泰孟砂矿为代表,含有较富的黑钨矿和白钨矿,部分已回收利用。泰国河道砂矿中普遍都含白钨矿,但品位不稳定,可供利用的不多。残积砂矿中钨矿相对较集中,在花岗岩区小冲积盆地内往往有白钨矿,如在泰国西北部南奔府 Jae Son 地区和 Khuntan 地区,白钨矿比较富集。

原生钨矿主要有砂卡岩型和热液脉型2种。有工业意义的砂卡岩型钨矿目前在泰国仅有一处,即西北部清莱府的 Doi Mok 钨矿。该区志留纪—泥盆纪(?)灰岩呈顶垂体分布于石炭纪(?)黑云母花岗岩中。在灰岩与黑云母花岗岩接触带上发育数米厚的砂卡岩,除白钨矿外,还有少量锡石、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿和毒砂。此外,在花岗岩体中,白钨矿、黄铁矿和毒砂呈细脉状充填在节理中或浸染状分布于花岗岩中,在花岗岩外接触带的片岩中,局部有白钨矿化。该区矿化范围较广,目前仅开发其中最富的部位。在上世纪该矿床钨矿产量占泰国钨矿产量的一半。热液脉型钨矿分布比较广,其中以洛坤府 Khao Soon 钨矿较为典型。该区出露晚古生代砂岩、粉砂岩和凝灰质泥岩,矿区以北10 km处有白垩纪花岗岩出露。矿区内N向、NE向、NW向断裂发育,并且普遍遭受强烈的硅化。成矿作用受断裂破碎带的控制,已知在1 km范围内有2条走向北、长几十米的石英大脉和8个直径大于10 m,延伸至少70 m的不规则状破碎角砾岩筒;在石英脉中钨矿呈浸染状,而在岩筒中钨矿呈囊状。矿石多为块状、角砾状,除黑钨矿外还有黄铁矿、赤铁矿和辉锑矿,辉

铋矿常充填在黑钨矿的晶隙之间。矿石品位较高,  $w(\text{WO}_3)$  大约为 12%。在主矿区附近的 NE 向和 NW 向断裂中有黑钨矿-辉铋矿脉和白钨矿-辉铋矿脉, 铋矿可作独立矿体开采。依据矿石矿物及其地质特征, 大多数学者认为 Khao soon 铋矿应属于浅成低温环境下的产物, 似乎与热泉有关。夜半颂府的明泉矿区也是比较大的黑钨矿石英脉矿床, 含矿石英脉受 NE 向断裂带控制, 赋存在古生代地层中, 并组成 3 个密集的脉组, 最长的 460 m, 单脉宽从几厘米至 2 m。矿石成分除黑钨矿外, 还有毒砂、白钨矿及少量黄铁矿、辉钼矿等。二次世界大战期间曾开采过该矿床。此外, 在巴蜀府、洛坤府、万伦府和泰国湾的阁沙岛均有黑钨矿石英脉产出, 并具有一定规模。

**铁矿资源** 泰国铁矿资源相对贫乏, 大多为中小型。据报道, 铁矿资源储量约 5 000 万吨, 品位中等。已知有沉积变质型、矽卡岩型、热液脉型和风化残积型等 4 种, 后 2 种没有工业意义, 无法利用。矽卡岩型铁矿分布较广, 是泰国主要的铁矿床类型, 其中工作较多且开发较早的是华富里府北 20 km 处的考塔布瓜 (Khao Thab Kwai) 铁矿。它产于古近纪石英闪长岩岩株与石炭纪—二叠纪灰岩、砂岩与页岩接触带附近。接触带走向北东, 产状陡。接触带矽卡岩主要由钙铁石榴子石、硅灰石、云母组成。矿体大多产在大理岩中, 部分在矽卡岩中, 呈大透镜状, 总长 500 m。主要矿石矿物是赤铁矿、磁铁矿。矿石品位约 48%, 估计资源储量约 80 万吨。上世纪六七十年代, 泰国地矿部门在干乍那武里 (北碧) 府之北 55 km 处勘查发现 Kao Uem Kruem 铁矿床, 它产出在三叠纪花岗岩闪长岩体外接触带奥陶纪矽卡岩化大理岩中, 呈似层状, 沿走向已控制长度 100 m, 矿石矿物为赤铁矿和褐铁矿, 少量磁铁矿, 钻孔中矿石品位 50%~55%, 估算资源储量约 600 万吨。此外, 在黎府和万伦府也有类似的矽卡岩型铁矿床, 但规模均较小, 并且地表氧化强烈。沉积变质型铁矿主要分布在泰国东南部, 产于前寒武纪硅铁建造中, 基本上呈 NNW 走向展布, 其中以 Thap khlong 矿化较好, 此外沿其走向还有 Cham khlo、Klaeng、Ban prok 等矿点。铁矿层由磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿和石英组成, 含矿岩层厚度大于 5 m, 但富铁矿层较薄, 矿石呈不规则层纹状构造, 层纹宽仅几毫米, 且磁铁矿颗粒较细, 矿石品位一般在 35% 左右。在南部洛坤府有数个镜铁矿化赤铁矿矿点, 其含矿层产于片麻岩夹层的云母片岩中, 可能为前寒武纪的产物。

**铜、铅、锌矿资源** 泰国铜矿主要在北部黎府一带, 如黎府以南 10 km 处的福通达恩 (Phu Thong Daeng) 铜矿和黎府以东 15 km 处的福兴莱克费 (Phu Hin Lek Fai) 铜矿。该区主要出露石炭纪—二叠纪凝灰岩, 并有三叠纪花岗岩类侵入活动, 化作用与岩浆活动有关, 主要发生在岩体及其接触带中。矿床基本属于斑岩-矽卡岩型, 并且地表矿石品位较高, 具有一定潜力, 但由于地表风化淋滤作用强烈以及缺乏深部资料, 矿床规模难以推测。

泰国铅、锌矿主要分布在西北部与中西部, 矿产地有限, 但相对比较集中, 类型也比较简单, 其中以层状矿床为主, 此外还有热液脉型铅锌矿、矽卡岩型铅锌矿。层状矿床大多产于灰岩中, 与中国南方以灰岩为容矿围岩的层控型铅锌矿床可以类比, 但它受后期变形、改造和风化淋滤作用更为强烈。

泰国锌矿床以帕达恩 (Pa Daeng) 锌矿规模最大, 位于泰国西北部泰缅边境附近湄赛 (Mae Soc) 东南 12 km 处, 发现于 1956 年, 后经近十年勘查, 现已部分开发。锌矿赋存在三叠纪中-薄层、局部有鲕状结构的不纯灰岩中。灰岩中有白云岩、钙质砂岩及少量黏土岩夹层或透镜体。帕达恩矿床周围有 4 个卫星锌矿, 构成长 2 500 m 的成矿带。帕达恩矿床的主矿体呈不规则扁透镜体, 长大于 500 m, 厚 50 m, 走向 NE, 倾向 NW。主矿体上方有 2 个长度分别为 150 m 和 50 m 的独立透镜状小矿体。矿区内围岩蚀变很弱, 仅矿体附近灰岩有明显退化或铁染现象。矿石矿物主要为异极矿和菱锌矿, 其中异极矿在矿区西半部占优势而菱锌矿在东半部为主。此外有少量次生水锌矿和蓝锌锰矿。脉石矿物为石英、赤磁铁矿、针铁矿、鲕绿泥石和少量蒙脱石, 局部有白云石和方解石等。未见方铅矿、闪锌矿。矿石呈不规则层纹状, 但层纹大多不连续, 部分呈角砾状构造。矿石品位, 矿体中心  $w(\text{Zn})$  30%, 而其边缘一般为 20% 左右,  $w(\text{Cd})$  变化于 0.01%~1.0%, 平均 0.2%, 主要在菱锌矿中。据估算, 帕达恩主矿体矿石量不少于 300 万吨。大多数人认为它是层控型矿床, 后经构造变形与次生淋滤作用而富集成矿。

泰国铅矿以北碧府西北部的西沙萨沃特附近铅矿较典型, 其中 Song Toh 铅矿和 Nong Phai 铅矿规模略大。Song Toh 矿床产于中奥陶统浅灰色薄层状大理岩化灰岩中。矿区 30 km 范围内没有花岗岩侵入体。矿体

呈小透镜状或囊状,厚 5 m,宽 15 m,在灰岩层中断续分布,产状与灰岩基本一致。矿石矿物以方铅矿为主,其次为少量闪锌矿和黄铁矿,方铅矿晶体最大可达 2 mm。矿石呈层纹状、角砾状、斑纹状,具有明显的强烈形变,似水流纹状,被破碎又被胶结起来。矿石品位一般  $w(\text{Pb})$  在 10% 左右,估算矿石量在 5~10 万吨。Hong Phal 矿床亦产于中奥陶统灰岩中,灰岩已重结晶,而矿床周围广泛硅化。矿区内断裂构造较发育,有 NE 向、N 向、NW 向 3 组,并控制了矿化作用。矿体基本上沿 NW 向和 N 向 2 组断裂分布。矿体由不规则密集平行细脉组成一条脉带,长 100 m,宽约 20 m,其中硫化物细脉占整个脉带的 10%~20%。矿石矿物以方铅矿为主,并有少量闪锌矿、黄铁矿,地表矿石大多已氧化,主要为铅矾、水锌矿等。矿石以细层纹状为主,同时还发育角砾状、网脉状、柔皱状等构造。该矿床开发历史较长,据资料推算,矿床资源储量为 10 万吨左右,平均品位  $w(\text{Pb})$  约 10%、 $w(\text{Zn})$  4%、 $w(\text{Ag})$  1 g/t。目前开发主要在主矿体中心部位,而其周围矿石品位低于 10% 的部分尚未工作。

泰国矿产种类比较多,其中的钨、锡、钾、铅、锌、钽、铌、萤石及其他非金属矿是勘查与开发的重点,而铁、铜、铬以及石油等是资源不足或供不应求的矿产品。近年来,泰国政府在组织本土力量加强地质勘查与开发的同时,大力加强合作研究,引资开发,取得了一定成效,如东北部呵叻盆地的钾盐矿、泰国湾油气田和泰国半岛锡矿的勘查与开发都是成功的范例。

(中国地质科学院矿产资源研究所 吴良士 供稿)

<http://www.kcdz.ac.cn/>