



泰国地质构造基本特征与矿产资源(二)

关于泰国地质构造的基本格架近年来有许多种说法,其中比较流行的是从板块构造学的角度,认为泰国在前寒武纪就分属于2个地体,东部属印支板块,西部归马来巽他板块的一部分。后者两侧为海槽,古生代以来接受了巨厚地槽相沉积,晚石炭世开始受古特提斯运动影响,古陆两侧开始增生扩大而海槽范围则逐渐缩小,直至中三叠世特提斯运动后海槽基本封闭了。在这个过程中,特别是晚志留世以后,泰国北部、西部和半岛地区晚古生代和早-中三叠世各地层之间缺失间断以及火山岩夹层与底砾岩出现是十分普遍的,而且在横向上变化甚大,如泰国西北部石炭系不整合在泥盆系之上,局部见底砾岩,而在西部下石炭统与上泥盆统则是呈整合接触。这种沉积间断、火山喷发和隆升变形普遍出现,说明了这个时期泰国大部分地区是处于古陆边缘活动带的环境中,而且其活动频繁又不均衡。值得注意的是,在泰国中北部地区火山岩层较发育,尤其以晚石炭世与早二叠世最为明显,构成不完全的火山弧带,同时,目前在泰国中北部发现的由辉长岩、辉岩、辉绿岩与安山岩组成的晚石炭世混杂堆积层,也在一定程度上反映了这个大陆边缘活动带的性质。中三叠世以后海槽基本封闭,致使泰国东、西部2个地体对接,在这个过程中伴有区域性酸性岩浆侵入活动,规模不大,但其空间分布与上述的陆缘火山弧位置十分接近,因此有人认为它是火山弧带岩浆活动的延续,从另一个方面佐证了火山弧带的存在。三叠纪以后,由于太平洋板块向西活动,而印度洋板块向北俯冲,于是,处于两大板块之间的泰国发生了区域性的走滑断裂,其方向以NW向为主,最主要的是湄拉内至亚兰和桑卡拉武里至沙投沙空,其次为NE向,如沿泰缅边界的巴蜀至拉廊和猜亚至攀牙,并且在走滑断裂相间与追踪处形成规模不一的盆地,其中以呵叻盆地规模最大,接受了巨厚的以陆相为主的沉积物。同时,在区域性走滑断裂构造影响下伴随一次规模较大的岩浆侵入活动,特别是在泰国西部以及南部半岛地区,并延伸至马来西亚境内。其侵入体分布方向基本上是与NW向和SE向走滑断裂相配套的近SN向张性断裂控制。显然,这时期泰国构造以板内构造变形为特点。古新纪以来,在印度板块向北俯冲影响下泰国处于隆升阶段,仅个别地区形成面积有限的沉陷盆地,接受由海相至陆相的盆地沉积,盆地构造格局更加明显。但在其后,特别是更新世后,泰国与中南其他地区一样,处于印度板块向北俯冲后的松弛拉张环境,并伴有广泛的基性火山岩喷发和河网、泛湖的形成,构成了现今的地貌景观。

泰国在漫长而复杂的地质构造演化中成就了大量矿产的形成,目前已发现和勘查的矿种有60种以上,其中钨、锡、铀、钾石盐、宝玉石以及石油、天然气等矿产都具有一定的规模和知名度。各种矿产涉及的矿床类型有沉积型、热液型、层控型、岩浆型、砂卡岩型、残积型、斑岩型和砂矿型等,其中以岩浆热液型和沉积型矿床分布较广,数量较大,在国家矿产资源中占据主要地位。矿产产出在时空分布上相对较集中。成矿时间主要集中在中、新生代,古生代和前寒武纪产出的矿产较少。目前的统计资料表明,有色金属矿产成矿时期以晚白垩世至古新世最集中,相当于中国燕山晚期,少数相当于中国燕山早期与印支期;非金属矿产成矿时期以晚白垩世为主,其次为中三叠世和新近纪等。在成矿空间上,有色金属矿产最主要分布在泰国西部和半岛地区,处于古生代泰缅马褶皱系之上的晚白垩世至古新世板内构造-岩浆带的成矿环境,成矿作用以锡、钨以及其他稀有金属成矿为特征,而矿体赋存和富集与中酸性侵入体关系极其密切。其次在泰国中北部地区,它属于晚古生代大陆边缘活动带,并形成了一个较为发育的由中-基性火山岩组成的火山弧,晚三叠世后又叠加了一定规模的岩浆侵入活动。在该火山弧带环境中,成矿作用与海底火山喷发及次火山岩侵入关系密切,以火山岩型与热液成矿为主,虽然目前工作程度较低,仅发现一些贱金属矿产,但远景较好。泰国非金属矿产主要产出在泰国东北部及呵叻高原周边,分布于中生代陆内大型沉积盆地边部河流湖泊相次级沉积盆地中,以盐类和其他非金属成矿作用为特征,矿体明显受层位控制。

石油、天然气矿产资源 早在19世纪中叶,泰国有关部门就在北部泰缅边境湄艾附近的芳盆地进行了

小规模人工地面采掘,1921年正式开展油气调查,并施浅钻探测,获得一定储量。1949年后,美国公司在泰国进行了较系统的石油地质和地球物理调查,相继在芳盆地以及西部麦索盆地、东部呵叻盆地和曼谷北部发现了新油田和油气显示,其中最引人注目的,是其在20世纪70年代对泰国海上油气地质与地球物理进行了较为全面的工作。当时美国公司在南部半岛地区西侧的安达曼海域内施工,11口海上钻井几乎完全落空,未见油气显示,而在泰国湾海上石油、天然气勘查中,40口钻井中有16口井获油气显示,取得了历史性重大突破。此发现奠定了泰国湾作为泰国重要油气区的基础,同时对泰国湾马来盆地的油气资源也作了评价,预测该盆地中油气田展布已延伸至马来西亚海域,远景较佳。目前泰国油气产区主要集中在芳盆地、麦索盆地和泰国湾马来盆地等3处,前2个面积较小,后者面积较大,总计有大、小油气田8处,炼厂4座和约800 km的海上运输管线。

油气田均产出在第三纪盆地中,在渐新统中上部至中新统中下部,由含近海煤层的三角洲沉积和富含油页岩的陆相沙泥质沉积组成,并以上部蕴藏丰富且可利用的油页岩、下部伴有煤层为特征。产油层为中新统下部至中部的三角洲砂岩。据泰国湾马来盆地的一些油气田资料,砂岩单层厚10 m左右,其孔隙度平均为25%,渗透率变化大,平均250 mD($1 \text{ mD} = 0.987 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)。生油层主要为储层附近富含煤和有机质的页岩。在芳盆地与麦索盆地中产层埋深一般1~2 km,沉积相变化不大,相对单一,而在泰国湾马来盆地中其埋深一般大于2 km,个别可达3 km以上,沉积相在北部以河流相、沼泽相和三角洲平原相为主,偶尔出现海相沉积,而盆地南部海相地层相对发育。芳盆地和麦索盆地中原油含硫较低,地表以及浅部油页岩发育,其中可露采的油页岩储量达25亿吨,可炼出油1.25亿吨。泰国湾马来盆地中,气田压力高,产凝析油,其规模较大,一般储量在300~500亿 m^3 ,个别达1500亿 m^3 以上。天然气富含 CO_2 ,达18%~23%。由于盆地地温梯度高,每百米达3.5~5.5℃,因此,压力高可能与晚中新世沿断裂发生火山活动有关。关于产油盆地性质的问题,目前对芳盆地和麦索盆地的认识有所不同,有的人认为是由中生代以后发生的区域性走滑断裂而引起的,所以盆地应属断陷性质,但也有人从区域构造演化角度分析认为古近世以来泰国是处于隆升状态,而这些盆地面积较小,应属差异性变动中产生的沉陷盆地。多数人认为泰国湾马来盆地是属于稳定区断陷盆地。泰国油气资源目前主要来自泰国湾马来盆地,今后仍然是以它作为发展基地。由于现今其勘查范围与程度都比较有限,未来还有较大的发展空间。

煤炭矿产资源 泰国煤炭资源主要分布在西北部、西部及半岛地区,产出在山间盆地或现代海岸线边缘的第三纪大陆或半咸海沉积中,成煤时代大多为新近纪上新世-更新世,其次为古近纪渐新世。煤层厚度尚较稳定,变化不大。资源储量也较集中,有的一个煤田资源储量可达亿吨以上,但缺少高品级煤炭资源,其大多是作为燃料的褐煤或烟煤。已有资料表明,泰国西北部与西部地区主要为褐煤,褐色,具树枝构造,发热量小于4600 cal/kg($1 \text{ cal} = 4.184 \text{ J}$);半岛地区主要为烟煤,黑色,致密块状,发热量大于4600 cal/kg。

泰国最大煤田位于泰国西北部南奔(Lampang)东30 km的Mae Moh。煤层产于上新统黏土岩和粉砂岩中,含煤岩系厚1000 m,沿向北延伸的地堑分布,面积约 $5 \times 13 \text{ km}^2$,其两侧为以隆升断块形式出现的三叠纪海相地层。Mae Moh煤田有2个主煤层,走向近SN,向W倾,其中在地堑东侧的煤层南北延伸长度可达6 km。2个煤层总厚30 m,之间被30 m厚黏土岩层间隔。煤炭级别属于次烟煤级,其湿度为33%~35%,灰分9%~15%,固定碳22%~28%,硫1.6%~4.2%,挥发分26%。据估算Mae Moh煤田总资源储量为1.1亿吨。目前该煤田仅开发中间一部,长度约1 km,其他尚未开发。矿山设计产能为1200吨/日,主要用于附近化肥厂生产。最近在南奔省Ban Pa Dun小盆地内发现与油页岩共生的褐煤矿。盆地四周为三叠纪碎屑岩,盆地中含煤地层由古近纪页岩、黏土质砂岩和油页岩组成,分布面积约 $1 \times 2.5 \text{ km}^2$,地层厚度不大,但层序清楚。目前已查明煤层处于油页岩层之下,页岩与黏土质砂岩之中,共有2个煤层,厚度均为7 m。褐煤质量较佳,估算储量为1500万吨,其中一半以上可以露天开采,同时还可回收油页岩用于炼油。该矿山目前仅小规模开发,用于附近烟厂烘烤烟叶。

泰国半岛地区煤田产出与西北部及西部地区比较相似,也均产于第三纪沉积盆地中。盆地面积一般不大,含煤地层以陆相或海陆交互相沉积为主,煤层厚度大,煤炭蕴藏量比较丰富。例如克拉比(Krabi)煤矿产于上新统海陆交互相的克拉比群砂岩、黏土岩和泥灰岩互层中,煤层最大厚度28 m,据估算克拉比及其附近

矿山总资源储量可达 1 亿吨以上,目前仅部分开发供热电厂使用。

泰国类似于上述产出特点和规模的煤矿还不少,总体讲煤炭资源比较丰富,开采条件不复杂,基本上能满足国内生产与生活所需,但其分布比较局限,多在西部与半岛地区,东部地区相对欠缺,并且煤炭品级较低,以一般生产与生活所需的褐煤为主,缺少高品级煤炭,因而阻碍了煤炭工业的发展,其总体开发水平与力度都比较低。

钾盐及盐类矿产资源 上世纪 70 年代泰国在呵叻高原北部乌隆他尼(Udon Thani)钻探施工中于 250 m 处首次发现钾盐和巨厚含钾岩层,随后在距乌隆他尼以北 50 km 处,泰国与老挝边境附近的廊升(Nong Khni)也在相同层位上发现了巨厚钾盐和含钾岩层。这一重大发现立即引起世界特别是东盟各国的关注,经过后续的勘查工作,证实了呵叻高原是一个具有巨大前景的钾盐及其相关盐类的矿产地。泰国政府为加速钾盐矿产勘查与开发于上世纪 70 年代末颁布法令,准许在泰国东北部三块特许区内实行对外竞标招商开发矿业,并且硕果颇丰。1990 年在东盟国家鼎力相助以及联合国和德国先进技术支持下,呵叻高原西部的邦内那隆钾盐矿山动工建设,1995 年正投产,生产能力为年产 KCl 100 万吨,从此泰国迈入世界钾盐生产大国的行列,成为亚洲主要的钾盐生产国与输出国。近年来由于呵叻高原其他钾盐矿的勘查与开发,原为世界钾盐生产第八位的泰国地位不断荣升。钾盐矿生产已成为泰国重要支柱产业之一。

呵叻高原在泰国东部,面积约 6 万 km^2 ,其南、西和北西 3 面受深断裂控制,在古生界基底上形成一个长期持续的拗陷区,自三叠纪起接受了巨厚的陆相沉积,最大厚度可达 4 000 m 以上。其中三叠系至第三系层序较全,并且基本连续,构造变形与位移也不强烈,表现出其具有长期相对稳定的地质环境。呵叻高原其内部可分出 2 个凹陷与 1 个隆起,其北为沙功空那凹陷(部分延伸入老挝境内),南为呵叻凹陷,中间为普潘隆起,将 2 个产钾凹陷分开。凹陷与隆起走向为近 EW 向,在空间上 2 个凹陷几乎呈平行排列,长宽之比约 3:1 至 2:1,在凹陷边缘常有次级小凹陷,往往构成赋矿构造。呵叻高原钾盐及其盐类矿产主要赋存在上白垩统马哈沙拉堪(Maha Sarakam)组中,其由灰色、淡红色、褐色和棕褐色黏土岩、泥岩和粉砂岩以及少量易碎的褐色、红色、灰色和白色细粒砂岩组成,富含岩盐、石膏、硬石膏和光卤石。该组岩层厚度在钻孔中已达 700 m,但尚未揭穿,估计总厚度在 1 000 m 左右。据钻孔勘查资料表明,含盐层有上、中、下 3 个韵律层,其中以下韵律层最发育,整个地区几乎均有分布,中韵律层分布范围次之,上韵律层仅局部发育,零星分布。呵叻高原盐类矿产主要赋藏在下韵律层的上部,其中钾盐矿层埋深最深为 531 m,最浅为 90 m,一般在 200~400 m。矿层中矿石矿物以光卤石为主,其次为钾石盐以及岩盐和次生矿物镁钙石。在矿层中通常以光卤石矿为主体,有的矿段光卤石可占 95% 以上,成分单纯,其厚度最大达 95 m,平均厚度在 40 m 左右。光卤石矿层上部为岩盐,而钾石盐大多呈薄层状于岩盐中,也有部分钾石盐呈浸染状于光卤石层中;哇伦矿段的情况比较特殊,钾石盐于光卤石层之下,厚达 20 m,对此有人认为是构造引起的而不是原生的。总之,在含矿地层中钾石盐产出不如光卤石广泛和集中,然而钾石盐层最厚的地段往往与下韵律层厚度最大部位对应。

通过数十年的工作,呵叻高原钾盐及其他盐类矿产的产出分布情况得到了进一步的阐明,并进行了一定的圈定与评价。在面积 2.1 万 km^2 的沙功那空盆地内现已圈定出 3 个矿段(相当于独立矿床,下同):中部哇伦-农汉矿段、西北部廊开矿段和西南部的乌隆矿段,这 3 个矿段其钾盐层平均厚度为 43 m, KCl 平均品位 16%,矿化面积约 2 100 km^2 ,其储量与资源量估算可达 335.5 亿吨。在 3.6 km^2 的呵叻盆地内现已圈定出 6 个矿段:中部南丘克矿段、东部亚索顿矿段、北部孔敬西矿段、东北部加拉信矿段、西部邦内那隆矿段、西南部暖颂矿段,由于工作程度较差,资料有限,目前还难于进行全面评价,不过有人根据邦内那隆矿段的开发情况判断呵叻盆地钾盐远景资源量很可能超过 100 亿吨。泰国钾盐矿处于交通不便的呵叻高原地区,缺乏水源,并且钾盐矿物成分以光卤石为主,含 KCl 较低,一般在 15% 左右,这将影响选矿工艺与生产成本,给进一步开发带来一定的困难。