文章编号: 1009-3850(2002)01-0007-09

青藏特提斯沉积地质演化

罗建宁[1], 王小龙[1], 李永铁[2], 朱忠发[1], 冯心涛[1], 谢 渊[1]

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 北京石油研究院遥感所, 北京 100083)

摘要: 组成青藏高原的主要微板块在不同的阶段经历了各具特色的地质演化历程和发展特点, 形成了不同的地壳结构。青藏高原的沉积地质历史演化经历了区内各主要微板块的基底形成与盖层沉积演化的前特提斯阶段; 以板块汇聚边缘与碰撞时期的构造背景为基础, 划出古特提斯、中特提斯和新特提斯三个沉积地质历史发展及其所形成的弧盆体系格架的特提斯形成演化阶段; 随着始新世末期残留海的消失, 青藏地区形成统一大陆, 并进入统一应力场的青藏统一陆壳形成阶段; 从中上新世开始的青藏高原隆升阶段, 青藏高原上发育了一些大中型中新生代沉积盆地, 如羌塘盆地、措勤盆地、昌都盆地等都经历过从弧后盆地向前陆盆地转化的演化阶段, 并具有受喜马拉雅运动统一改造的特征, 这些沉积盆地中油气藏前景良好。

关 键 词: 青藏特提斯; 沉积盆地; 弧盆体系; 形成演化

中图分类号: P541 文献标识码: A

青藏特提斯位于特提斯构造域的东段, 区内记录了古生代以来特提斯洋及其间所挟持的若干微板块所经历的多阶段离散、汇聚与碰撞的复杂演化过程。

根据近几年研究, 青藏高原自北而南可以划分为九个一级构造单元, 其分别为(图1):

1. 秦祁昆微板块;
2. 阿尔喀山-阿尼玛卿缝合带;
3. 巴颜喀拉微板块;
4. 拉竹龙-金沙江缝合带;
5. 羌塘-昌都微板块;
6. 班公湖-怒江缝合带;
7. 冈底斯-察隅微板块;
8. 印度河-雅鲁藏布江缝合带;
9. 喜马拉雅微板块。

上述五个微板块被四条缝合带所分割, 各微板块都经历了相互联系而又有区别的形成、发展与演化阶段。巴颜喀拉与羌塘-昌都微板块于晚二叠世开始随拉竹龙-金沙江洋壳向西向南俯冲并逐渐闭合、碰撞而拼贴, 于晚三叠世开始形成联合陆块。巴颜喀拉与羌塘-昌都联合陆块于中侏罗世中晚期随班公湖-怒江洋盆的闭合、碰撞而逐渐与冈底斯-察隅微板块拼贴。巴颜喀拉、羌塘-昌都与冈底斯-察隅联合板块于晚白垩世开始随印度河-雅鲁藏布江洋盆的闭合、碰撞并逐渐与喜马拉雅微板块拼贴, 形成青藏统一的联合陆块, 并为青藏高原的形成奠定了基础。因而, 青藏高原的沉积地质历史演化可归纳为四个阶段: 前特提斯阶段, 即各微板块或陆块结晶基底形成阶段; 特提斯形成演化阶段; 青藏统一陆壳的形成阶段; 青藏高原的形成与隆升阶段。

组成青藏高原的主要微板块经历了各具特色的地质演化历程, 也有各自的发展特点, 形成了不同的地壳结构系统。综合显生宙以来的地质发展史, 秦祁昆微板块的地质发展史与塔里木-中朝板块关系

收稿日期: 2001-09-26

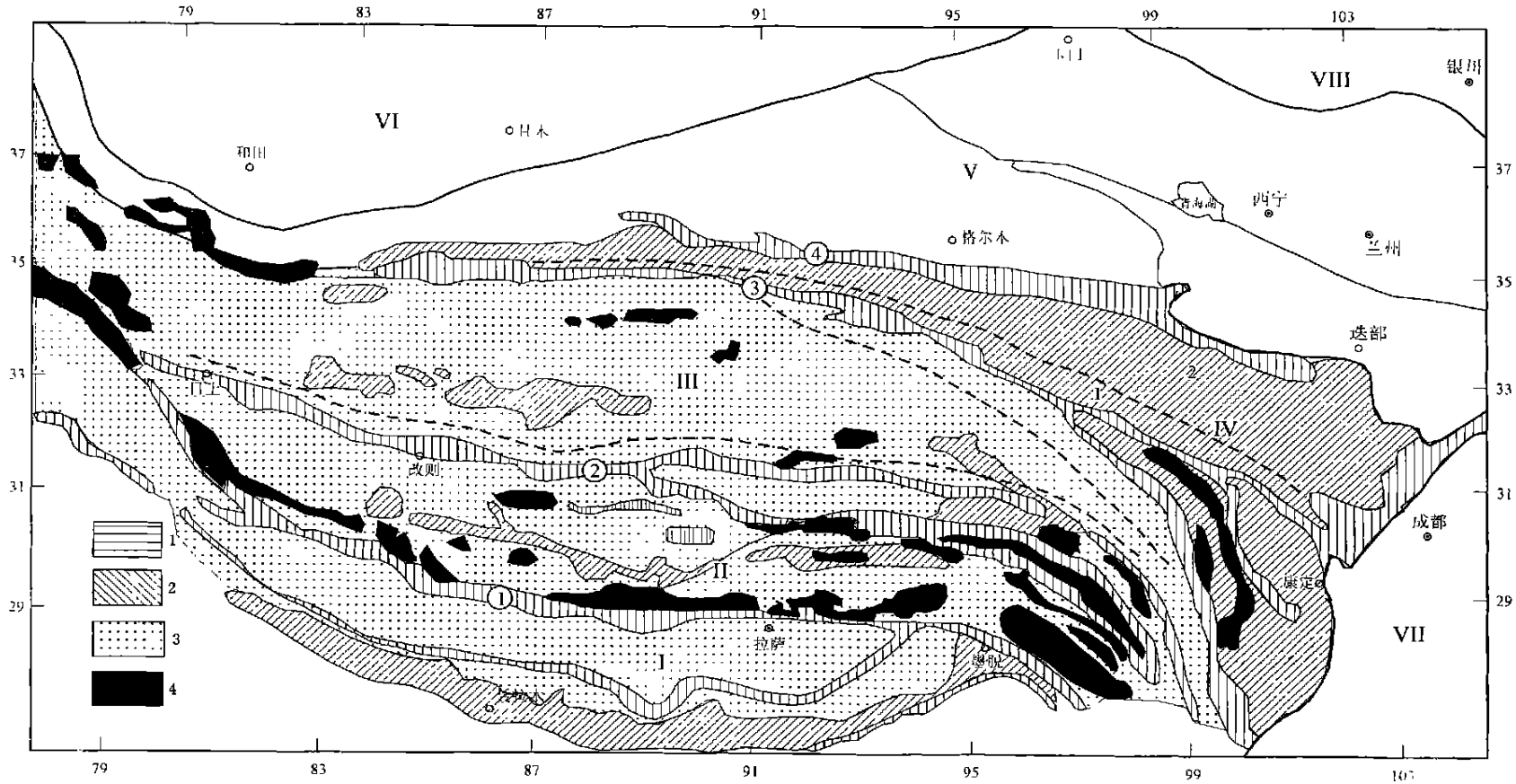

图 1　青藏高原构造-地层分区图

1. 构造混杂岩型；2. 有限史密斯型地层；3. 史密斯型地层；4. 岩浆岩。①印度河-雅鲁藏布江缝合带；②班公湖-怒江缝合带；③拉竹龙-金沙江缝合带；④阿尔喀山-阿尼玛卿缝合带。Ⅰ. 喜马拉雅微板块；Ⅱ. 冈底斯-察隅微板块；Ⅲ. 羌塘-昌都微板块；Ⅳ 巴颜喀拉微板块；Ⅴ. 秦祁昆微板块；Ⅵ 塔里木微板块；Ⅶ. 扬子区；Ⅷ. 华北区

Fig. 1　Tectonic and stratigraphic division of the Qinghai-Xizang Plateau

1 = tectonic melange-type strata; 2 = restricted Smith-type strata; 3 = Smith-type strata; 4 = magmatic rocks. ① = Indus-Yarlung Zangbo suture zone; ② = Bangong-Nujiang suture zone; ③ = Lazhuglung-Jinshajiang suture zone; ④ = Arkatag-A'nyemaqen suture zone. Ⅰ = Himalaya microplate; Ⅱ = Gangdise-Zayu microplate; Ⅲ = Qiangtang-Qamdo microplate; Ⅳ = Bayan Har microplate; Ⅴ = Qinling-Qilian-Kunlun microplate; Ⅵ = Tarim microplate; Ⅶ = Yangtze area; Ⅷ = North China area

密切,巴颜喀拉微板块与扬子-华南板块关系密切,喜马拉雅和冈底斯-察隅微板块与印度板块关系密切。羌塘-昌都微板块则是由扬子-华南板块分离出来的微板块。这些微板块的活动从晚古生代以来与特提斯的发展与演化有不可分割的密切联系[1~6]。

1　前特提斯阶段

前特提斯阶段系指青藏高原古特提斯形成之前的发展阶段,笔者分两个演化亚阶段加以叙述。

1.1　太古代至古中元古代阶段

喜马拉雅微板块区内由大面积出露的"中央结晶岩带(高喜马拉雅杂岩带)"的聂拉木岩群组成,该群分上、下两岩组。下部为组曲乡岩组,主要岩石有各种片岩、变粒岩与片麻岩等,局部夹石英岩、大理岩,未见底。上部为江东岩组,主要岩石有变粒岩、混合岩和大理岩,与上覆震旦系-寒武系肉切村群浅变质岩为平行不整合接触(推测)。聂拉木岩群的原岩为次稳定型砂泥岩建造变质而成,其同位素年龄值在 1270 ~ 2250Ma 之间,变质年龄值有 728 ~ 819Ma、640 ~ 658Ma和8.59 ~95Ma三组。主体原岩时代为古中元古代,与此接近同期的浅变质岩系有扬子地块西缘太古代至古元古代的康定群和大红山群。前者同位素年龄值为2062 ~ 2469Ma,二者之间为过渡关系。小官河运动形成扬子地块的结晶基底,其时限为1706Ma。喜马拉雅山脉以南的印度东北部比哈尔-奥利萨一带出露的太古界下部为多种片岩、钙质片麻岩和变质酸基性侵入岩等。另外,在印度西北部阿拉瓦利山一带,以3000Ma为界可划分为下部深变质基底岩群,称老变质岩群;上部为具酸性侵入岩的浅变质岩群,称浅变质岩群[7,8]。

据上所述,区内元古界聂拉木岩群只是相当于印度北部、东部的上部浅变质岩群,在聂拉木群之下也可能含有太古代下部深变质结晶基底存在。

在冈底斯-察隅微板块上出露念青唐古拉岩群,主要为一套中深变质的片麻岩、混合岩和片岩等,同位素年龄值为1250Ma,时代为中元古代,变质年龄值为40 ~ 10Ma,推测在前寒武纪时期曾发生过热事件。在察隅一带出露的波密岩群为一套片麻岩、变粒岩、混合岩和片岩等,变粒岩同位素年龄值为1800 ~2200Ma。该变质岩可与聂拉木岩群对比。

在羌塘-昌都微板块东部出露的雄松岩群,主要为一套中深变质的片麻岩、混合岩、片岩和大理岩等,同位素年龄值为1594 ~ 1627Ma,属中元古代。在青海玉树小苏莽出露的宁多岩群,主要为一套片麻岩、变粒岩与片岩等,片麻岩同位素年龄值为1870Ma,侵入其中的黑云二长花岗岩年龄值为1780Ma。这两套中深变质岩相当于扬子地块的结晶基底变质岩系,也是羌塘-昌都微板块的结晶基底[3,7,8,9,10]。

显然,喜马拉雅与冈底斯-察隅微板块和羌塘-昌都微板块的结晶基底形成年代有异,前者存在以太古代为主的下深变质结晶基底,而后者则以中元古代与古元古代形成的结晶基底为主。

1.2　跨前震旦纪阶段

青藏高原各地块内出露一套跨前震旦纪浅变质岩系,其中包括新元古代和部分前泥盆纪的浅变质岩系,现分述如下。

喜马拉雅微板块上出露的拉轨岗日群,主要为一套蓝晶石片岩、石榴子石片岩和大理岩等,侵入其中的花岗岩同位素年龄值为484.3Ma。肉切村群为片岩、板岩和千枚岩等,假整合或不整合伏于奥陶系之下。

冈底斯-察隅微板块上出露的波密岩群上部为凝灰质变砂岩、大理岩和片岩等浅变质岩系,其时代为震旦纪至寒武纪。

羌塘-昌都微板块上的羌塘地区出露阿木岗组、戈木日组和玛衣岗日组等一套浅变质岩系,其中戈木日组同位素年龄值为1350Ma。昌都地区出露吉塘群下部恩达组片麻岩、混合岩、变粒岩夹片岩,其同位年龄值为757.1Ma。吉塘群上部酉西组不整合于恩达组之上,主要为片岩和板岩,同位素年龄值为371 ±50Ma和212.5Ma。嘉玉桥群卡穹岩组片麻岩、混合岩、变粒岩和大理岩等同位素年龄值为1334Ma。嘉玉桥群中上部为瞎绒曲组、怒江组等一套浅变质岩系,后者同位素年龄值为317 ±40Ma。昌都地区青泥洞群浅变质岩系上部地层中采到早奥陶世化石,且与下泥盆统呈角度不整合接触[7,8,11,12]。

巴颜喀拉微板块出露较完整的震旦系—寒武系浅变质碎屑岩,其中中基性火山岩相当发育。

综上所述,青藏高原区内主要微板块均存在元古代至前泥盆纪的浅变质褶皱基底,并均遭受后期的多次变质与变形事件。但羌塘-昌都微板块具有双结构基底:即下部为结晶刚性(硬)基底,由一套

中、深变质岩系组成，其中伴有中基性变火山岩，同位素年龄值为1000～1800Ma（变质年龄为371～548Ma）；上部为褶皱基底，主要由砂泥质建造组成。上、下部之间在新元古代末至震旦纪初有过强烈的褶皱造山事件。

冈底斯-察隅与羌塘-昌都微板块基底的岩石组合及层序有较多的相同点，在前震旦纪与震旦纪—寒武纪时期有极相似的发展演化过程。

巴颜喀拉微板块仅存在上部的褶皱基底，而下部结晶基底是否存在尚不清楚。

2 特提斯形成演化阶段

区内沉积地质历史发展涉及古特提斯，中特提斯和新特提斯三个发展阶段。笔者以板块汇聚边缘与碰撞时期的构造背景为基础，划分出三个演化阶段及其所形成的弧盆体系格架，并简述其演化过程。缝合带是一个以表征汇聚板块边缘所有地质过程的集合名词，在这里，作者还把缝合带作为古洋盆和洋壳的遗迹，并根据蛇绿混杂岩带的主形成时期，划分出不同时期的主洋盆形成与演化阶段（图2）。

2.1 古特提斯拉竹龙-金沙江汇聚边缘与沟弧盆体系及其演化

该演化阶段主要指泥盆纪至二叠纪时期。代表古特提斯洋北支的蛇绿混杂岩带为北祁连蛇绿混杂岩带，代表古特斯洋南支的蛇绿混杂岩带为拉竹龙-金沙江蛇绿混杂岩带。与阿尔喀山（南昆仑）-阿尼玛卿蛇绿混杂岩带对应，其间挟持着巴颜喀拉板片，构成以厚大的大面积分布的三叠纪浊积岩沉积。龙木错-金沙江蛇绿混杂岩带，西起龙木错向东经可可西里山脉，再折向南东经金沙江至哀牢山，全长大于2000km。混杂岩带由镁铁质、超镁铁质岩、基性熔岩、硅质岩、碳酸盐岩、砂板岩、绿片岩等组成。超基性岩成群成带分布，灰岩块体所含化石年代从志留纪至二叠纪均有，在可可西里可见早三叠世块体。据莫宣学等（1993）研究，金沙江中段德格至巴塘一带堆晶杂岩的化学成分为拉斑系列，其辉长岩的Si值为38.9，Mg/（Mg＋Fe）值为0.7，近于原生岩浆，化学成分投影点落入大洋中脊区。认为在早石炭世已开始有洋脊的构造背景。根据与洋脊型玄武岩伴生的硅质岩中放射虫时代确定为早石炭世，部分为晚泥盆世，推测洋盆自泥盆纪开始拉张，一直持续到早二叠世。早石炭世至二叠纪早期已拉张出洋壳，它是古特提斯洋的重要一支，其中含有被后期构造破坏改造的石炭纪至早二叠世的海沟盆地。

早二叠世末期，洋壳开始向南西俯冲，罗建宁等（1987）在芒康海通一带见到一套晚二叠世的河流至滨海相石英质砾岩与石英砂岩，向上为含煤碎屑岩。在巴塘西山格绒纳蛇绿混杂岩系之上见有一套未变质含晚二叠世化石的砂泥岩夹砾岩，显然，两者之间存在有重要的构造不整合面。上二叠统这套河湖至滨海相沉积物是俯冲碰撞后的产物。以金沙江缝合带为轴线，北侧巴颜喀拉板片为被动边缘。在金沙江缝合带南西侧存在有开心岭-江达陆缘弧带，延伸达数百公里，其上发育有海西期至印支期的岩浆岩和火山岩。该火山弧带在江达至德钦一带保存较好，出露下古生界至上三叠统，并沉积了早三叠世至晚三叠世的连续剖面，并以发育完整的三叠纪地层为特色。在陆缘弧带的西侧发育了位于羌塘-昌都仰冲板片之上的晚二叠世至早中三叠世弧后盆地，即北羌塘-昌都盆地。在陆缘弧带内于晚三叠世又出现碰撞后拉伸裂谷火山作用，形成一套基性、中基性、酸性火山喷发，发育独具特色的铅、锌、铜矿床。在陆缘弧带的东侧出现残缺不全的弧前沉积[11, 12, 14, 15]。

从晚三叠世开始，北羌塘、昌都弧后盆地分别向北和向南消减，并在弧后盆地的基础上转变成弧背前陆盆地，亦即在此时，该两盆地具弧背前陆盆地性质[2]。

综上所述，古特提斯阶段以拉竹龙-金沙江汇聚边缘为构造背景形成沟-弧-盆体系。

2.2 中特提斯班公湖-怒江汇聚边缘与沟弧盆体系及其演化

该演化阶段主要指三叠纪至侏罗纪时期，代表这个时期洋盆消减的蛇绿混杂岩带为班公湖-怒江蛇绿混杂岩带等。代表中特提斯洋壳碰撞、消减的班公湖-怒江蛇绿混杂岩带西自班公湖，向东经东巧至丁青折向沿怒江南下，宽8～30km，长2000km，呈近东西、北西西转为北西到北北西方向展布。由基性熔岩、堆晶辉绿辉长岩、席状岩墙群、含放射虫硅质岩、绿片岩与灰岩块体等组成，在东巧、丁青可见较完整的蛇绿岩套组合。其中灰岩块子在东部有石炭纪至二叠纪化石，在安多一带灰岩块体中发现有中晚侏罗世的生物礁体。硅质岩中含放射虫的年代

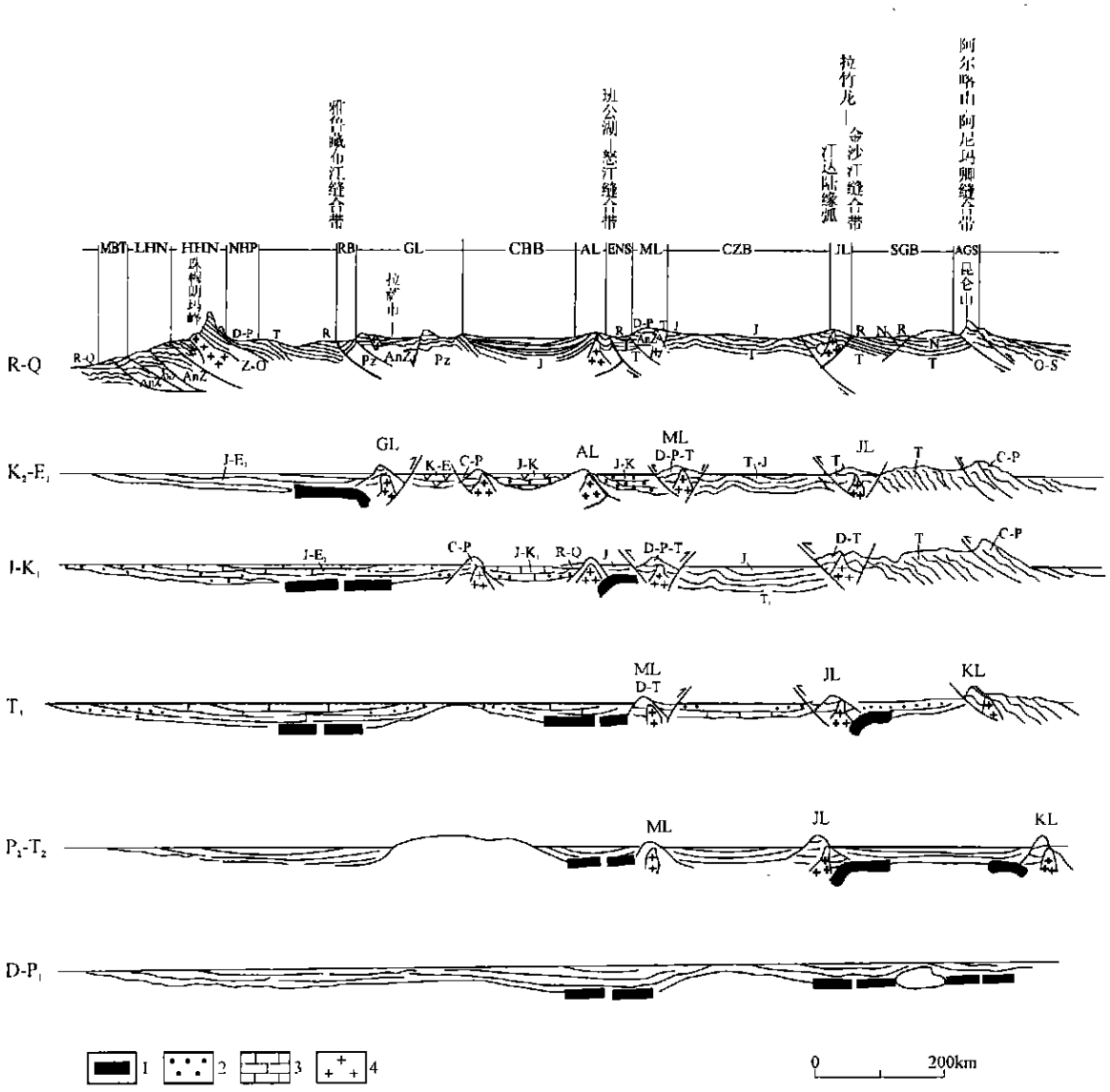

图 2　青藏特提斯沉积构造-演化模式略图

1. 洋壳; 2. 碎屑沉积物; 3. 碳酸盐岩; 4. 岩浆弧。Q. 第四系; N. 新近系; E. 古的近系; R. 第三系; K. 白垩系; J. 侏罗系; T. 三叠系; C—P. 石炭系—二叠系; D—P. 泥盆系—二叠系; O—S. 奥陶系—志留系; Z—O. 震旦系—奥陶系; Pz. 古生界; AnZ. 前震旦系; *r*. 花岗岩; a. 火山岩; MBT. 西瓦里克山前坳陷; LHN. 低喜马拉雅山推覆体; HHN. 高喜马拉雅山推覆体; NHP. 北喜马拉雅新特提斯被动大陆沉积; RB. 日喀则喜马拉雅期弧前盆地; GL. 冈底斯喜马拉雅期岛弧; CBB. 措勤-比如弧后盆地; AL. 昂仁花岗岩浆弧; ENS. 第三纪走滑拉分盆地; ML. 中央隆起带; CZB. 北羌塘弧后盆地; JL. 江达陆缘弧; SGB. 巴颜喀拉被动边缘盆地; AGS. 阿尔喀山-阿尼玛卿结合带; KL. 南昆仑晚古生代—三叠纪火山-岩浆弧

Fig. 2　Model showing the sedimentary and tectonic evolution of the Qinghai-Xizang Tethys

1= oceanic crust; 2= clastic sediments; 3= carbonate rock; 4= magmatic arc. Q= Quaternary; N= Neogene; E= Eogene; R= Tertiary; K= Cretaceous; J= Jurassic; T= Triassic; C— P= Carboniferous— Permian; D— P= Devonian— Permian; O— S= Ordovician— Silurian; Z— O= Sinian— Ordovician; P_z= Palaeozoic; AnZ= pre-Sinian; γ= granite; a= volcanic rock; MBT= Siwalik piedmont; LHN= Lower Himalayan nappe; HHN= Higher Himalayan nappe; NHP= Northern Himalayan Neo-Tethys passive continental sediments; RB= Xigaze Himalayan fore-arc basin; GL= Gangdise Himalayan island arc; CBB= Coqen-Biru back-arc basin; AL= Ngamring granitic-magmatic arc; ENS= Tertiary pull-apart basin; ML= Central uplift zone; CZB= North Qiangtang back-arc basin; JL= Jomda marginal arc; SGB= Bayan Har passive marginal basin; AGS= Arkatag-A'nyemaqen suture zone; KL= South Kunlun Late Palaeozoic— Triassic volcanic-magmatic arc

在丁青为中侏罗世，日土为晚侏罗世牛津期。基性熔岩地球化学特征为初始洋壳产物。较完整的蛇绿岩套在东巧-江错地区可见，其上多被上白垩统不整合覆盖。

班公湖-怒江洋盆作为东特提斯大洋的主体从早古生代已开始形成，晚三叠至中侏罗世为洋盆主发育期，晚侏罗世开始洋壳向南西俯冲。在中西段昂龙岗日一带出现侏罗纪至白垩纪岩浆弧与一套活动边缘沉积，向东至班戈、聂荣一带也出现岩浆弧或古岛弧，再向东延至嘉玉桥一带。在这一连串不连续的岛弧的南侧为措勤-比如-洛隆侏罗纪至早白垩世的弧后沉积盆地，并且于晚侏罗世开始转化为弧背前陆盆地。而位于班公湖-怒江缝合带北侧的南羌塘盆地，由早中侏罗世的被动边缘，至晚侏罗纪-白垩纪逐渐转变为前渊前陆盆地。覆盖南北羌塘盆地的侏罗系雁石坪群具有南厚北薄，沉积环境为南深北浅。自南而北，下侏罗统曲色组为黑色浊积岩系，中侏罗统雀莫错组为紫红色砂砾岩以及其后的陆表海沉积，证实了南羌塘地区为一个发育在被动边缘之上的中侏罗世时期开始形成的前渊前陆盆地。分割南北羌塘盆地的中央隆起带，是自晚三叠世开始形成的前陆隆起带，在前陆隆起过程中逐渐暴露出古生代地层[2,6,16~21]。

因此，中特提斯阶段是以班公湖-怒江汇聚边缘为构造成背景形成的沟-弧-盆体系。

被挟持在班公湖-怒江缝合带与雅鲁藏布江缝合带之间的冈底斯-察隅微板块，具有独特的地质演化史。它既是在侏罗纪至早白垩世期间相对于班公湖-怒江洋壳俯冲的仰冲板片，而且也是在晚白垩世至古近纪期间相对于雅鲁藏布江洋壳俯冲的仰冲板片，出现南北两个不同时期的活动边缘。前者主要为侏罗纪至白垩纪期间的活动边缘，后者为晚白垩世至第三纪期间的活动边缘，造成在地层分布格架上出现差异，也是岩相类型最多，变化最快的地区，也是热源分布最集中的地区。两者之间还存在弧间盆地。自北而南可划分为北部坳陷区、申扎-文部隆起、中部坳陷区、仁堆-帕拉隆起和南部坳陷区。

2.3 新特提斯印度河-雅鲁藏布江汇聚边缘与沟弧盆体系及其演化

该演化阶段主要指白垩纪至新近纪时期，代表这个时期洋盆的蛇绿混杂岩带有印度河-雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带。

雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带，西自印度河流域的Kohistan地区，向东经郎钦藏布、日喀则至林暮折向北北西向展布，全长大于2500km，宽10~30km。蛇绿岩套各单元在噶尔县日康巴剖面、仲巴和仁布一带出露比较完全。橄榄岩是富镁，贫碱、铝，特别贫钙的镁铁质超基性岩。堆晶岩自下而上具有超基性堆晶岩→层状辉长岩的垂直分异系列，其地球化学特征仍为富镁，贫碱、铝、钙。席状岩墙(床)群具有早白垩世和晚侏罗世至早白垩世两套岩石。前者的化学成分低钾、富钠、低硅，轻稀土略亏损的平坦型稀土配分模式，玄武岩属近洋中脊拉班玄武岩；后者稀土配分曲线有两种形式：一是轻稀土略亏损的平坦型，另一为轻稀土富集的右倾斜型，玄武岩属于向碱性玄武岩过渡的大洋拉班玄武岩。蛇绿岩形成时代一般认为属侏罗纪—白垩纪，在中段夹于枕状熔岩中及上覆硅质岩中，有晚侏罗世至早白垩世放射虫(西藏地质志，1993)；北侧夹于枕状熔岩及其上覆冲堆组硅质岩中，含早白垩世—晚白垩世放射虫(吴浩若，1986)。

雅鲁藏布江洋壳于晚白垩世开始向北俯冲，在其北侧形成晚白垩世至古近纪冈底斯火山-岩浆弧带，除发育晚白垩世到古近纪规模巨大的冈底斯深成岩浆岩(95.40Ma)和弧火山岩组合外，其中在拉萨地区尚可见中晚侏罗世的桑日群的一套以碎屑岩为主，下部夹安山岩-粗面岩-角斑岩组合的钙碱性火山岩系列，显示岛弧火山岩的特征。表明该火山弧发育时间很长。在冈底斯火山-岩浆弧的南侧，存在一个呈东西向狭长带状分布的日喀则白垩纪至古近纪弧前盆地，盆地北侧保存有陆棚碳酸盐岩残留物，盆地北部边缘达低变质程度。盆地内充填的复理石沉积厚度至少有5km，主要由冈底斯火山-岩浆弧倾泻下来的火山碎屑(安山岩至英安岩)物质组成，砂泥质复理石的浊积层序非常发育。随着大陆碰撞和残留洋的消失，弧前盆地海洋沉积作用逐渐被始新世-渐新世的秋乌组陆相河流沉积所取代。与此相应，在冈底斯火山-岩浆弧的北侧存在一个呈东西向展布的阿果错-拉萨晚白垩世至古近纪的弧后盆地，它上叠在前述的措勤弧背前陆盆地之上，即为南部坳陷。在南部坳陷的北侧为仁堆-帕拉隆起，它是发育在古生代隆起基础上的古岛弧，在它与申扎-文部隆起之间有中部坳陷存在，实际上中部坳陷是发育在弧间盆地基础上[17~20,22~25]。

在雅鲁藏布江蛇绿混杂岩带的南侧，存在一个晚白垩世至古近纪的呈东西向带状展布的定日-江孜前渊前陆盆地。它是发育在冈底斯北侧被动边缘之上，与同期形成的前渊盆地在中东地区是主要的油气田分布区。随后，由于印度板块进一步向北俯冲，前陆褶冲带逐渐向南迁移，导致新近纪的前陆盆地坳陷中心也逐渐向南迁移，形成西瓦里克周缘前陆盆地。其中，在尼泊尔和印度也发现具工业意义的含油气盆地。

雅鲁藏布江缝合带南侧为喜马拉雅微板块，它是从奥陶纪开始至第三纪期间发育基本连续的主要为一套具被动边缘的海相沉积，是我国海相地层最连续、最完整的沉积区，代表典型的冈瓦纳北缘的沉积特征。

总之，新特提斯阶段是以雅鲁藏布江汇聚边缘为构造背景形成的沟-弧-盆体系，南侧为典型的冈瓦纳北部被动边缘。

2.4　弧后盆地演化的特征

综上所述，青藏高原上的主要大中型中新生代沉积盆地如羌塘盆地、措勤盆地、昌都盆地等都经历过弧后盆地的演化阶段，它们具有共同的特征。

(1)弧后盆地在靠近岛弧的一侧往往卷入造山作用，形成一个与岛弧相平行的前陆褶皱冲断带。

(2)弧后盆地的底部出现代表洋壳或局部洋壳的地幔岩，可能出现减薄的大陆地壳，其具有拉张盆地、地壳高热流以及存在初始快速沉降阶段，形成较厚的有利于生油岩生成的深水或次深水沉积。

(3)在前陆褶皱冲断带与弧后盆地主体之间存在有前陆拗陷与前陆隆起带，后者有可能成为油气聚集的有利地带。

(4)在前陆盆地内，由于板块碰撞导致在前陆的形成过程中，随着褶皱-冲断作用向前推进，前陆盆地在向克拉通方向迁移的同时，其靠近山侧的部分逐渐被卷入造山带或深埋其下。这样，含于沉积物孔隙中的大量流体(主要是海水)，可能还包括含水矿物的部分流体、含膏盐热卤水，就会受到排挤析出，聚集乃至受热发生侧向迁移。这被排挤迁移的受热流体可以携带油气组分进入毗邻大陆侧的前陆或内部区，形成造山带构造排液→侧向迁移→油田假说(Oliver，1986)，对油气的聚集迁移有重要的影响(图 3)。天然气通常出现在造山带附近，而油田分布则远离造山带一段距离，这一假说已得到的证实。美国及其附近地区的油气田大多分布在造山带的侧旁。在阿巴拉契亚地区，天然气通常出现在造山带附近，而油田分布则远离造山带一段距离，这是由于构造流体迁入前陆盆地时温度分布特征所造成。因此，在分析羌塘盆地的有机质成熟度和地温场时，应该考虑构造排挤侧向迁移这一客观存在的事实，模式对可能存在的油气田的展布有一定指导作用，也应引起充分的重视。

(5)经过近百年研究，烃类有机说已成为不可争辩的主流，但无机生成的证据也越来越多，特别是天然气现已证实有来自地壳深部和上地幔的深源气。目前在东海某些钻井中已发现深源气。在南海的莺歌海盆地中也找到深部热流体活动和可能的深源气证据。在四川威远气田、塔里木盆地的柯克亚和雅克拉气田均已发现深源气，在羌塘盆地内也发现一些深源气的证据。而弧后盆地正是深源气生成的良好场所(图 4)。因此，羌塘盆地、昌都盆地、措勤盆地等形成的大地构造背景不仅是有机说可以判断的有巨大潜力的含油气盆地，而且也是深源气聚集的良好场所，这一点值得引起关注。

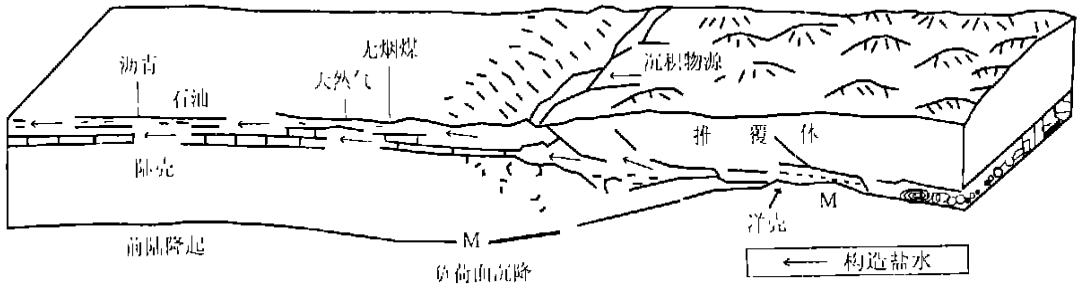

图 3　前陆盆地中的成矿作用模式(仿 Oliver，1984 修改)

Fig. 3　Mineralization model for a foreland basin (Modified from Oliver，1986)

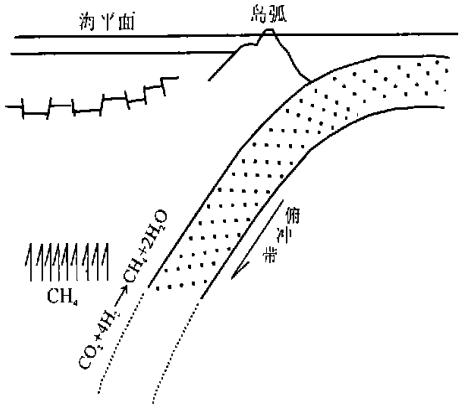

图4 深源气生成条件示意图(仿张义纲, 1991)

Fig. 4 Sketch to show the generation of deep-seated gas (after Zhang Yigang, 1991)

3 青藏统一陆壳的形成和青藏高原的形成与隆升阶段

随着雅鲁藏布江洋壳的俯冲、碰撞和消失, 与印度板块和冈底斯-察隅微板块的拼贴, 青藏地区形成统一陆壳。

始新世在定日—岗巴一带仍有较发育的海相沉积, 遮普惹组为灰岩与页岩, 含有孔虫与双壳类等化石, 其中含晚始新世化石, 代表新特提斯残留海沉积。江孜一带出露的柳区群, 雅鲁藏布江一带出露的日康巴组、秋乌组等, 主要为一套海陆交互相磨拉石沉积(包括陡岸陆上与水下扇砾岩), 并夹火山岩, 其时代为始新世, 代表冈底斯岛弧南缘邻接海岸沉积。据所含古植物群化石推测, 这个时期的海拔高度为0~1000m之间。

始新世末残留海消失, 青藏地区形成统一的大陆, 进入统一应力场支配下的历史阶段。因此, 渐新世初至中新世为高原雏形奠定期。喜马拉雅区整体上升, 缺失沉积, 但在古缝合带及邻区出现一些拉分盆地沉积, 其它地区均为陆相断陷盆地沉积区。青藏高原大致以可可西里至巴颜喀拉山为界, 划分为南北两区。北区为干燥炎热气候区, 沉积一套杂色碎屑岩系。南区以温暖湿润气候为背景, 沉积一套暗灰色含煤细碎屑岩系。据冈底斯南大竹卡组与乌龙组所产植物群特征反映, 当时已达到海拔1000~2500m高度。上新世至第四纪为青藏高原隆升期, 高原内部处于相对稳定的构造环境, 发育大、中、小型湖泊沉积, 高原地壳大幅上升。喜马拉雅山脉南侧的新近系至第四系西瓦里克群沉积了巨厚的陆相磨拉石建造, 这是高原隆升沉积的直接产物。而在喜马拉雅山脉北侧的高原内, 产状平缓的上新世至第四纪沉积地层绝大多数由湖泊和河流相的粉砂岩、泥岩、砂岩和泥灰岩组成, 反映当时高原内部地势平缓, 起伏不大, 近于夷平状态。喜马拉雅山脉北侧吉隆沃马组中含大量三趾马动物群、孢粉及植物群。据托林组的植物群分析, 当时植被为草原-森林型, 气候为温热而稍偏干旱。冈底斯-察隅区乌郁组中的植物群属于针叶类和草本植物为主的组合, 反映了一个温凉干燥的气候环境。羌塘-昌都区的唢呐湖组、拉屋拉组中的植物群主要以乔本和灌木为主。总体而言, 自上新世开始, 以寒温带针叶林广布为特色, 早更新世植物在昆仑山以南均以灌丛和草原为主。这个时期高原累计上升达2500~3000m。

现今的青藏高原由一系列大山、高原面和高原盆组成, 大致可分为五个分区:

3.1 内部高原(或称藏北高原)

藏北高原介于冈底斯山与昆仑山间的高原, 是青藏高原的最高部分, 平均海拔约5000m, 有世界屋脊之称。这里水道无出口, 为内流流域, 其内部可分为三级。南北的冈底斯山及昆仑山为三级, 中北部与中南部湖盆区为二级, 中间洼地带为一级。中间洼地带位于措勤盆地北部, 平均海拔约4400m, 是区内海拔最低、形态最完整、延伸最长的一条大型低洼带, 全长2000km, 宽约40km, 主要出露第三纪和部分侏罗纪和白垩纪地层。

内部高原中北部和中南部主体为湖盆区, 其南侧为南湖盆区(位中间洼地带南侧), 共有湖泊318个, 总面积为15524.3km^2。按湖面海拔高度又可分为亚三级, 由南向北逐渐降低, 其分别为大于4800m, 4500~4700m, 4200~4300m, 区内主要出露白垩纪和侏罗纪海相地层, 为措勤盆地分布区。洼地带北侧为北湖盆地, 共有湖泊459个, 总面积为9196.5km^2, 由北向南按湖面海拔高度也分为亚三级: 5100~5300m, 4800~5000m, 4600~4700m, 主要出露海相侏罗纪地层, 为羌塘盆地分布区。需要指出的是, 晚侏罗世与早白垩世的岩相古地理原型恢复与现今的地貌有一定的吻合, 说明二者有一定的继承性。

3.2 外部高原

外部高原位于内部高原以东的青海大部和藏东、川西部分, 也是一个起伏平缓的高原, 平均海拔

约4000m,其中包含黄河与长江源头。

3.3　雅鲁藏布江谷

雅鲁藏布江谷以宽谷为主,间夹窄谷、峡谷,总体呈宽窄相间的串珠状地貌景观。

3.4　柴达木盆地

柴达木盆地是青藏高原最大的低落盆地,海拔约2500～3000m,四面都是4000m以上的高山或高原,其中充填第三系与巨厚的第四纪沉积。

3.5　康滇峡谷

康滇峡谷位于川西与滇西北,为横断山脉与大峡谷区。

在研究与本文编写过程中,承蒙刘宝　院士、潘桂棠研究员和叶和飞研究员的热情指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

参考文献:

[1] 四川省地质矿产局. 四川省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
[2] 叶和飞, 罗建宁, 等. 特提斯构造域与油气勘探[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(1): 1—27.
[3] 刘增乾. 青藏高原大地构造与形成演化[M]. 北京: 地质出版社. 1990.
[4] 陈智梁. 特提斯地质一百年[A]. 成都地质矿产研究所. 特提斯地质[C]. 北京: 地质出版社, 1994. (18): 1—19.
[5] 程裕淇. 中国区域地质概论[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
[6] 黄汲清, 陈炳蔚. 中国及邻区特提斯海的演化[M]. 北京: 地质出版社, 1978. 78.
[7] 西藏地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
[8] 西藏地质矿产局. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
[9] 青海省地质矿产局. 青海省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
[10] 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.
[11] 罗建宁, 等. 三江地区主要沉积地质事件及与邻区对比[A]. 青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集[C]. 北京: 地质出版社, 1991. (21): 195—201.
[12] 罗建宁, 等. 三江特提斯沉积地质与矿产[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
[13] 莫宣学, 等. 三江特提斯火山作用与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
[14] 罗建宁. 大陆造山带沉积地质学研究中几个问题[J]. 地学前缘, 1994, 1(2): 177—183.
[15] 罗建宁, 等. 西南三江地区沉积地质与成矿[M]. 北京: 地质出版社, 1999.
[16] 刘宝　, 余光明, 等. 珠穆朗玛峰地区上侏罗统生物礁的发现[J]. 矿物岩石, 1982, 2(3): 32—43.
[17] 刘宝　, 余光明, 等. 从珠峰地区侏罗系的沉积特征讨论该区板块性质[A]. 青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集[C]. 北京: 地质出版社, 1984. (15): 1—12.
[18] 刘宝　, 曾允孚. 岩相古地理基础与工作方法[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
[19] 刘宝　、余光明, 等. 雅鲁藏布江中新生代深水沉积盆地形成和演化[J]. 岩相古地理, 1993, 13(1): 32—64.
[20] 刘宝　, 李文汉. 层序地层研究与应用[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
[21] 潘桂棠, 郑海翔, 等. 初论斑公湖-怒江结合带[A]. 青藏高原文集编委会. 青藏高原地质文集[C]. 北京: 地质出版社, 1983. (12): 229—238.
[22] 刘增乾, 等. 从地质新资料试论冈瓦纳北界及青藏高原地区特提斯的演化[A]. 青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集[C]. 北京: 地质出版社, 1983. (12): 11—22.
[23] 肖序常, 李廷栋, 等. 青藏高原的构造演化与隆升机制[M]. 东科学技术出版社, 2000.
[24] 潘桂棠, 焦淑沛, 王培生, 等. 试论青藏高原始新世-渐新世界限的地质事件及大地构造意义[A]. 青藏高原地质文集编委会. 青藏高原地质文集[C]. 北京: 地质出版社, 1984. (15): 147—154.
[25] 潘桂棠, 王培生, 等. 青藏高原新生代构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1990.

Sedimentary geological evolution of the Qinghai-Xizang Tethys

LUO Jian-ning[1], WANG Xiao-long[1], LI Yong-tie[2], ZHU Zhong-fa[1], FENG Xin-tao[1], XIE Yuan[1]

(1. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu* 610082, *Sichuan, China*; 2. *Beijing Research Institute of Petroleum, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: The historical evolution of sedimentary geology of the Qinghai-Xizang Plateau is involved in: (1) the Pre-Tethys stage, when the basement and cover of individual microplates were initiated; (2) the Tethys stage that may be divided into Palaeo-, Meso- and Neo-Tethys stages, when the frameworks of arc-basin systems were developed; (3) the formation of the Plateau continental crust with the collapse of the residual seas and unified stress fields during the latest Eocene, and (4) the formation and uplift of the Plateau since the Miocene and Oligocene. Some large- or medium-sized Mesozoic and Cenezoic basins on the Plateau such as Qiangtang, Coqen and Qamdo basins were once evolved from back-arc basins to foreland basins and reworked without exceptions by the Himalayan orogeny, and thus have the potential of oil and gas resources.

Key words: Qinghai-Xizang Tethys; sedimentary basin; arc-basin system; formation and evolution