

新疆地壳演化与成矿^{*}

王元龙

(中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029)

成守德

(新疆地质矿产勘查开发局地矿研究所 新疆 830000)

摘 要 新疆地处欧亚大陆腹地,北邻蒙古阿尔泰,南接青藏高原,西邻哈萨克斯坦,东接华北阿拉善。它包括西伯利亚、哈萨克斯坦—准噶尔、塔里木、青藏等板块,其间为额尔齐斯—布尔根、木札尔特—红柳河、康西瓦—昆中等缝合带所焊接,形成古老变质陆块与年青造山带条块镶嵌的构造格局,造成目前新疆三山两盆的总体地貌特征及丰富的矿产资源。正是由于各古老陆块及分隔其间的大洋盆地长期发展、演化、消亡、聚合碰撞的结果,新疆是研究大陆和造山带及其成矿特征的极好地区,也是研究中国大陆的聚合及古亚洲洋、特提斯洋消亡而形成欧亚大陆的桥梁。

关键词 地壳演化 聚合大陆 成矿作用 古亚洲洋 特提斯洋 新疆

本文据新疆地壳发展演化特征将新疆地壳发展演化分为大陆基底的形成演化、古亚洲洋的形成发展与消亡、特提斯洋的形成发展与消亡3大阶段,细分为10个时期,指出了不同阶段、不同时期的主要成矿特征(图1,图2)。

1 新疆大陆基底的形成演化阶段

此阶段可分为3个时期:古陆核的形成与发展,原始陆核的形成与发展,第3次克拉通化和大陆基底最终形成。

1.1 古陆核的形成与发展时期

太古代是地壳发展演化的最早时期,在高温流值和缺氧环境下,初始硅铝壳呈点状悬浮状态。新疆塔里木盆地东北缘库鲁克塔格的托格拉克布拉克杂岩(以下简称托格杂岩)中的斜长角闪岩获得 Sm—Nd 等时线年龄 $3\ 263 \pm 129\text{ Ma}$,在灰色片麻岩中获得 Sm—Nd 等时线年龄 $3\ 362\text{ Ma}$ (胡霭琴等,1993),它们组成了 TTG(英云闪长岩、奥长花岗岩和花岗闪长岩)组合岩石,这是新疆目前发现的最古老岩石。中太古代末(约 $2\ 800\text{ Ma}$)发生了最早的一次区域变质作用,伴有酸性岩浆的侵入,使早—中太古代杂岩发生穹窿状构造变形,完成了早—中太古代地壳演化历史,构成了我国西部地区最古老的陆核。

晚太古代($2\ 500 \sim 2\ 800\text{ Ma}$)的变质杂岩,分布范围显著扩大,在阿尔金山北麓

国家科委“九五”科技攻关项目(编号:96—915—06)和重点基础研究项目(编号:G1999043206)。

王元龙,男,1957年7月生,博士,副研究员,岩石学和矿床地质学专业。

1999—06—04收稿,2000—10—06第二次改回。

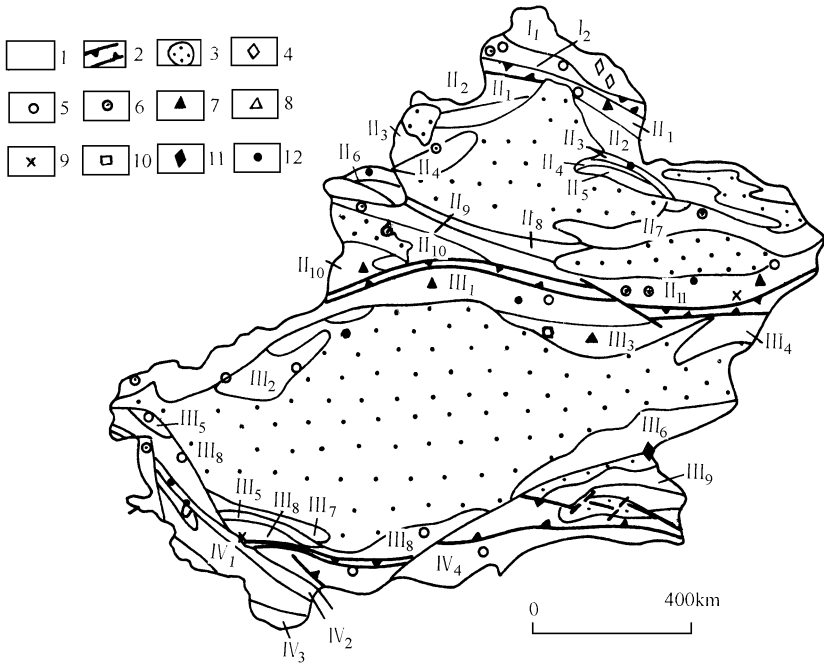


图1 新疆主要构造单元及矿产分布图

1. 构造分区及编号;2. 板块缝合带,由北而南为额尔齐斯-布尔根带(延出境外称恰尔斯克-玛因鄂博带),木札尔特-红柳河带(延出境外称纳伦-那拉提带)和康西瓦-昆中带;3. 第四系覆盖区;4. 稀有金属和云母矿;5. 有色金属(Cu, Cu-Mo, Cu-Zn, Pb, Zn 等)矿;6. 金矿;7. 铜、镍矿;8. 锰矿;9. 铁矿;10. 蛭石矿;11. 石棉矿;12. 钨锡矿;构造单元: . 西伯利亚板块; 1. 阿尔泰古生代岩浆弧; 2. 南阿尔泰晚古生代弧后盆地; . 哈萨克斯坦-准噶尔板块; 1. 萨彦晚古生代岛弧; 2. 塔里木-阿尔曼太早古生代岛弧; 3. 谢米斯台-库兰卡孜干泥盆纪陆缘火山岩带; 4. 达拉布特-克拉麦里泥盆-石炭纪残余洋盆; 5. 巴塔玛依内山石炭纪上叠火山-沉积盆地; 6. 准噶尔阿拉套泥盆-石炭纪残余洋盆; 7. 博格达陷槽; 8. 依连哈比尔尔泥盆-石炭纪残余洋盆; 9. 博罗科努早古生代岛弧; 10. 伊犁石炭-二叠纪裂谷; 11. 觉罗塔格石炭纪裂陷槽; . 塔里木板块; 1. 南天山古生代边缘海; 2. 柯坪断块; 3. 库鲁克塔格断块; 4. 北山裂谷; 5. 昆北石炭纪裂陷槽; 6. 阿尔金断块; 7. 铁克里克断块; 8. 昆中古生代岩浆弧; 9. 祁漫塔格早古生代裂陷槽; . 青藏板块; 1. 河尾滩侏罗-白垩纪前陆盆地; 2. 阿克赛钦古陆; 3. 羌塘侏罗-白垩纪前陆盆地; 4. 可可西里-大柳滩三叠纪边缘海

Fig. 1 Main tectonic units and mineral resources in Xinjiang

(2 400 Ma)、库米什东南(2 716 Ma)、辛格尔东50 km 的南天山(2 655 Ma)、中天山等均有发现(冯新昌等, 1998)。晚太古代末期的辛格尔运动,使下元古界兴地塔格群不整合于托格杂岩之上,并有2 582 Ma 的蓝石英花岗岩侵入,在强烈挤压和高热流作用下发生强烈塑性变形和高角闪岩相的中-深变质作用及广泛的混合岩化,使塑性性地壳演化为刚性地壳,代表了太古代陆核的最终形成。因此,辛格尔运动是塔里木古陆初始克拉通化的第一次造山运动。当今的大陆就是围绕着这些古老陆核发展演化而成的。

袁学诚等(1994)通过地球物理测深大断面研究,认为准噶尔盆地中南部以下及吐鲁番-哈密盆地南缘均存在太古代-早元古代基底,它们构成了哈萨克斯坦-准噶尔板块的古老陆核。

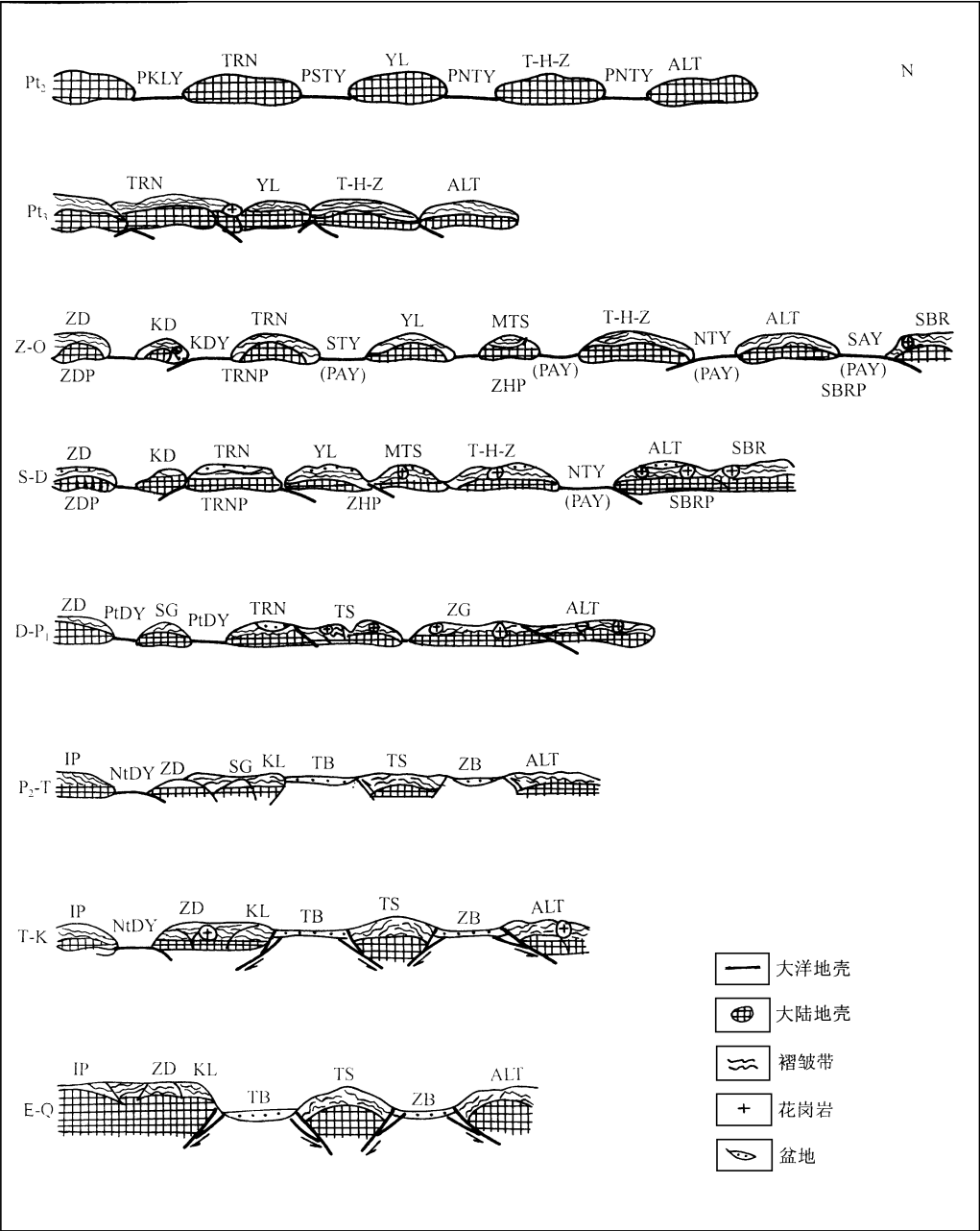


图2 新疆大地构造发展演化示意图

PKLY. 古昆仑洋; PSTY. 古南天山洋; PNTY. 古北天山洋; KDY. 库地洋; STY. 南天山洋; NTY. 北天山洋; SAY. 萨彦—蒙古洋; PtDY. 古特提斯洋; NtDY. 新特提斯洋; PAY. 古亚洲洋; SBRP. 西伯利亚板块; ZHP. 哈萨克斯坦—准噶尔板块; TRNP. 塔里木板块; ZDP. 藏滇板块; TRN. 塔里木地块; YL. 伊犁地块; T-H-Z. 吐鲁番—哈密—准噶尔地块; ALT. 阿尔泰地块; ZD. 藏滇地块; KD. 库地地块; MTS. 中天山地块; SBR. 西伯利亚地块(古陆); SG. 松潘—甘孜地块; TS. 天山; ZG. 准噶尔; IP. 印度板块; KL. 昆仑地块; TB. 塔里木盆地; ZB. 准噶尔盆地

Fig. 2 A sketch showing tectonic developing in Xinjiang

太古宇的特征矿产是与古老玄武岩建造及科马提岩等有关的块状硫化物锌-铜矿床, 岩浆型铜镍矿床及绿岩型金矿床, 但目前新疆尚未突破。

1.2 原始古陆的形成与发展时期

辛格尔运动后, 由大量火山喷发和花岗质岩浆活动的太古宙强构造活动状态, 进入了相对稳定的以沉积作用为主、并围绕古陆核陆壳迅速增生、成熟、发展为原始古陆的重要时期。这一时期的主要地质事件是陆壳的迅速增生、早期裂谷作用的发生与第2次克拉通化。

库鲁克塔格地区的下元古界兴地塔格群为石英岩、石英片岩、云母片岩夹镁质大理岩, 沉积韵律显著, 属成分成熟度较低的近源浊流沉积(高振家等, 1993)。塔里木南缘棋盘-铁克里克一带的下元古界称喀拉喀什群及埃连卡特群, 为云母石英片岩夹白云岩, 恢复原岩为具韵律层的砂泥质碎屑岩夹镁质碳酸盐岩, 显示成分成熟度较高的特点, 反映了早元古代时环绕塔里木陆核, 陆壳正在迅速增生、扩大。

与此同时, 塔里木南、北两侧发生了早期裂谷作用, 地壳的拉张形成了裂谷(海槽)。南天山木札尔特河上游和乌什-库车一带, 早元古代木札尔特群为石英片岩夹角闪片岩, 镁铁质岩石较多, 为塔里木北缘海槽。近来在辛格尔东、南天山原志留系中划分出早古元古代地层, 为一套含有大量基性火山岩的活动型建造(冯新昌等, 1998)。中天山-北山一带的下元古界恢复其原岩为杂砂岩、粘土质砂岩、基性-酸性火山岩夹镁质碳酸盐岩及镁硅质岩, 并见有 Sm-Nd 模式年龄为 $1\ 810 \sim 2\ 050\ \text{Ma}$ 的花岗岩侵入^①, 这次构造-热事件反映了早元古代末期的一次大陆增生。

塔里木南缘的西昆仑山, 下元古界研究程度较低, 原岩为陆源碎屑岩、碳酸盐岩夹基性-酸性火山岩、硅质岩等的片岩和片麻岩; 阿尔金山的阿尔金山群下部为中-基性火山岩、火山质硬砂岩, 中上部为陆源碎屑岩夹碳酸盐岩等的片岩和片麻岩, 构成了塔里木南缘的裂谷海槽。

早元古代末期的兴地运动($1\ 800\ \text{Ma}$)使南、北海槽封闭, 中元古界不整合于下元古界之上, 并有红色片麻状花岗岩($2\ 073\ \text{Ma}$)侵入(高振家等, 1993), 使早元古代地层褶皱变质, 在高热流强度下地壳两次发生塑性变形并产生中-低相系的低角闪岩相或高绿片岩相的区域动力热流变质作用, 同时出现面型混合岩化及深融花岗岩, 从而在古陆核的基础上扩大为原始古陆, 完成了第2次克拉通化。

1.3 第3次克拉通化及大陆基底最终形成时期

兴地运动后, 沉积作用发生了巨大变化和明显分异, 生物繁盛, 在已固结的古陆区, 沉积稳定, 代表 $1\ 800 \sim 800\ \text{Ma}$ 沉积记录的长城系、蓟县系和青白口系构成了早前寒武纪结晶基底上的最下部沉积盖层。塔里木原始古陆的主体及伊犁、博罗科努等地, 下元古界结晶基底之上, 为中-晚元古代的浅海相陆源碎屑岩-碳酸盐岩所覆, 但在塔里木原始古陆南、北两侧, 再次发生大陆边缘的裂谷作用, 再次形成南、北两个海槽。

^① 胡霭琴等. 1991. 新疆北部主要地质事件同位素地质学研究.

塔里木北侧的柯坪地区以阿克苏群富钠铁镁质火山岩、蓝片岩为代表($1\,663 \pm 16$ Ma、多硅白云母720 Ma, 见肖序常等, 1991), 在哈尔克山南北坡有1 400~1 600 Ma(转引自何国琦等, 1994)的蛇绿岩及图拉苏等地的蓝片岩, 可作为当时南天山海槽的遗迹。中-晚元古代, 南天山海槽向北(伊犁地块)俯冲、消减, 形成了巴仑台-那拉提一带的片麻状斜长花岗岩-正长花岗岩链(刘德权等, 1998)及活动型巴仑台群(车自成等, 1994)。晚元古代末期, 相当于阿克苏群中多硅白云母的年龄720 Ma, 南天山海槽关闭, 塔里木古陆与伊犁地块碰撞而拼贴在一起。

塔里木南侧, 自中元古代开始裂解, 形成裂谷或昆仑海槽, 其中心在铁克里克南-阿尔金山一带。铁克里克南裂谷发育于早元古代基底之上, 张裂始于中元古代早期, 闭合于阿尔金运动。阿尔金山的长城系出现双峰式火山岩, 蓟县系早期发育蛇绿岩, 晚期发育大量碳酸盐岩, 属裂谷封闭期产物。蓟县纪末的阿尔金运动, 是元古代一次重要的聚合运动, 使长城-蓟县系变形, 发生低绿片岩相变质作用, 并伴随酸性岩浆的侵入(陈哲夫等, 1997), 在与碳酸盐岩的接触带可形成玉石矿床。这次运动使新疆南部元古代洋盆全面封闭, 青白口系(1 000~800 Ma)沉积区大为缩小, 并使全区在各地沉积面貌基本一致, 下部为碎屑岩、上部为碳酸盐岩的滨海台地相沉积。

新疆北部阿尔泰地区位于西伯利亚西南缘(现在位置), 属大陆边缘裂谷带。中元古代克木齐群原岩为基性火山岩、杂砂岩等, 南部具双峰式火山岩特征, 其中所获得的两个Sm-Nd等时线年龄为1 357~1 456 Ma^①。晚元古代富蕴群为绿片岩-结晶片岩, 部分为片麻岩、混合岩, 其中斜长角闪岩的Sm-Nd等时线年龄为707~1 060 Ma, $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = +6.4$ 及8.9(胡霭琴等, 1994)。富蕴西萨勒巴斯、特斯巴汗斜长角闪岩的化学成分与大陆裂谷碱性玄武岩成分相似, 并与变质酸性火山岩相间产出, 构成双峰式火山岩组合。570~1 000 Ma的构造-热事件, 标志着阿尔泰元古代裂谷的封闭和阿尔泰古陆壳的增生和最终形成。

准噶尔地区虽无可靠的元古界出露, 但据胡霭琴等^②研究认为该区的岩浆物质大约有30%~40%的老地壳的混染作用, 混入的老地壳物质年龄为1 300~1 400 Ma。拉巴群的粉砂岩的 $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = -3$, 说明基本上是由老地壳物质形成, 其Sm-Nd模式年龄为1 400~1 500 Ma与上述认识基本一致, 从一个侧面反映了中-晚元古代围绕着准噶尔陆核、地壳的不断扩大增生。

青白口纪末期(800 Ma)的塔里木运动, 使古陆进一步固结并全面隆升, 有的地区见有海陆交互相碎屑岩-冰碛岩, 并以角度不整合覆于下伏地层之上, 完成了第3次克拉通化, 标志着新疆大陆基底的最终形成。

库鲁克塔格的照壁山-兴地一带, 震旦系冰碛岩和碎屑岩厚达6 000~7 000 m, 夹多层偏碱性玄武岩-粗面安山岩及流纹岩, 具有大陆裂谷火山-磨拉石建造特征, 且干布拉克一带的碱性超镁铁杂岩(771~892 Ma)(刘德权等, 1998)(后期风化蚀变后形成特大型蛭石矿床)等反映了中-晚元古代形成的这一联合古陆又在开始新的裂解作用。据李永安等

① 胡霭琴等. 1991. 新疆北部主要地质事件同位素地质年龄学研究报告.

② 胡霭琴等. 1991. 新疆北部主要地质事件同位素地质学研究.

(1990) 古地磁资料, 库鲁克塔格和阿克苏震旦纪的极移曲线反映, 两地块从南半球30°左右向北漂移, 晚震旦世在赤道附近碰撞联合。

元古代是地史上一个重要成矿期, 此时期总的趋势是火山作用逐渐减弱, 花岗质陆壳逐渐发育, 地表上出现了巨大的沉积盆地和有机物以及大气圈中氧的出现。在元古代的沉积岩系中堆积了 Fe、Cu、Pb、Zn、Au、U 等大量金属, 这是雄厚的矿源层, 也是后期内生成矿作用的重要矿质来源。此时形成的重要矿床有: 硅质条带状铁矿、含铁石英岩、含金砾岩及金-铀砾岩、层控 Cu、Pb、Zn 等多金属矿床及磷。由于元古代白云岩分布较广, 为菱镁矿、硼矿床的形成提供了有利条件; 元古代地幔岩中含铝较高, 故分熔出来的斜长岩分布较广, 在断裂活动带上可形成与其有关的 Fe、Ti、Cr、Pt、Ni、Cu 等岩浆矿床。

新疆目前已发现的主要矿床或矿化现象有: 1) 产于深大断裂带上与镁铁-超镁铁岩有关的铜镍矿化, 如兴地 号等铜、镍矿化 (Sm-Nd 等时线年龄 1.209 Ma , 据李华芹等, 1998); 2) 产于裂谷带内与细碧角斑岩有关的铜矿化 (昆仑赛拉加兹群); 3) 元古代角闪岩相变质岩及陆源碎屑岩中含贫铁矿层及含铁石英岩, 经后期成矿作用富集成工业矿床 (天湖、玉山、沙垄等铁矿); 4) 中元古代与变质碎屑岩-碳酸盐岩有关的银矿 (玉西)、铅锌多金属矿 (卡拉) 及中-上元古界的铜矿 (喇嘛苏) 等具有层控特征, 邻区吉尔吉斯斯坦的库姆托尔金矿为超大型矿床; 5) 晚元古代的被动大陆边缘是形成菱镁矿、大理石矿 (天山白玉、密腊黄玉等)、熔剂灰岩、白云岩等的重要地区, 在含碳较高的地区变质后形成石墨矿 (库松木契克)。

2 古亚洲洋的形成、发展与消亡, 亚洲北大陆的形成阶段

震旦纪在地史演化中占据着特殊的地位, 它标志着大陆基底的最终形成并在显生宙内开始新的发展阶段。

显生宙时克拉通化的中国大陆开始解体, 促使各古陆边缘进一步裂离, 形成了北部 (现在位置) 西伯利亚与南部 (现在位置) 华北及塔里木之间的古亚洲洋和南部的秦岭-昆仑洋 (属原特提斯洋的一部分)。

华北北缘温都尔庙蛇绿岩为 $562 \sim 632 \text{ Ma}$ (张良臣, 1995) 及蒙古湖区、萨彦-阿尔泰等一带的蛇绿岩, 是古亚洲洋北支存在的证据; 华北南缘的二郎坪蛇绿岩带 ($681 \sim 744 \text{ Ma}$, 据贾承造, 1997), 塔里木南缘的库地蛇绿岩带 ($651 \pm 53 \text{ Ma}$, 见丁道桂等, 1996; 860.5 Ma , 见汪玉珍, 1983) 可能是秦岭-昆仑洋存在的证据。

从震旦纪开始至晚古生代, 经历了大陆的裂离、板块的强烈活动及古亚洲洋的消亡, 最后西伯利亚板块与由漂移于古亚洲洋中的各陆块拼贴而成的哈萨克斯坦-准噶尔板块及塔里木板块相继碰撞缝合, 古亚洲洋消亡, 形成亚洲北大陆, 其间经历了4个时期。

2.1 萨拉伊尔—蒙古湖区古亚洲洋北支的形成与消亡时期

西伯利亚陆缘的分裂及扩张, 产生了萨伊-蒙古洋 (古亚洲洋北支), 这里分布着震旦纪-早寒武世的大洋型地壳。早寒武世后大洋开始俯冲并逐渐消减, 萨拉伊尔运动造成地壳的强烈挤压。上寒武-下奥陶统的磨拉石建造及酸性钾、钠型火山岩和石英闪长岩-花岗岩的侵入, 说明萨伊-蒙古洋已开始关闭。新疆阿尔泰山北坡及蒙古阿尔泰山南坡, 中寒武-早

奥陶世为被动大陆边缘,沉积了巨厚的陆源碎屑岩建造。中奥陶世早期,阿尔泰与西伯利亚古陆碰撞,萨伊—蒙古洋最终消亡,使阿尔泰成为西伯利亚西南缘的增生陆壳,构成了西伯利亚板块的组成部分。

2.2 早古生代末北天山洋(古亚洲洋中支)相继消亡、哈萨克斯坦—准噶尔板块形成时期

萨伊—蒙古洋(古亚洲洋北支)消亡后,北天山洋(古亚洲洋中支)正处于发展消亡的过程中。北天山洋中所漂移的各大小陆块,如准噶尔、中天山、伊犁以及中哈萨克斯坦等,早古生代是通过弧盆发展进行增生的主要时期,并导致早古生代大陆的形成,其时限为晚元古代至志留纪末,局部可滞后到早泥盆世。这时古亚洲洋已大大缩小。如成吉思—塔尔巴哈台岛弧,震旦—寒武纪开始拉张沉降,早寒武世出现蛇绿岩,中寒武世开始俯冲,发育岛弧型建造,晚寒武—早奥陶世出现磨拉石,伴随大量滑塌堆积及花岗闪长岩的侵入,证明早期岛弧基本形成,大陆进一步增生。

第2期岛弧形成时间在晚寒武—中奥陶世,如成吉思—塔尔巴哈台南侧岛弧、博罗科努岛弧、公婆泉岛弧等。中奥陶世广泛发育安山岩—安山玄武岩建造,近年在洪古勒楞蛇绿岩中获得626 Ma(黄建华等,1995)及444 Ma(肖序常等,1990)的同位素年龄值,阿尔曼太蛇绿岩为515 Ma和493 Ma(刘伟,1993),与唐巴勒蛇绿岩为508 Ma(转引自何国琦等,1994)等,证明准噶尔地区寒武纪—中奥陶世是一个重要的扩张和俯冲时期。

第3期岛弧已很难绝然分开,且发展时间更短。唐巴勒蛇绿岩之上缺失晚奥陶世沉积,库米什沟奥陶纪细碧角斑岩之上不整合覆盖含早志留世笔石化石的碎屑岩,沿塔尔巴哈台至东准噶尔的考克塞尔盖山和莫钦乌拉山等地断续出露的下古生界均可见到早古生代的岛弧型建造及早古生代晚期斜长花岗岩—花岗岩的侵入。西准噶尔的中志留统见有蛇绿岩,东准噶尔考克塞尔盖一带上志留—下泥盆统为磨拉石建造并不整合于岛弧型建造和花岗岩之上,说明北天山洋志留纪末主体已经关闭,反映了漂移在北天山洋中的各陆块已于晚志留世末拼贴在一起,形成统一的哈萨克斯坦—准噶尔板块。这时北天山洋仅退缩到西伯利亚板块南缘的斋桑—额尔齐斯一带。成为分隔西伯利亚板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块间的大洋盆地。

2.3 古亚洲洋主体消亡、3大板块碰撞缝合和亚洲北大陆形成时期

当分散于北天山洋中各陆块相互聚合形成早古生代统一大陆时,南部(现在位置)塔里木正处于克拉通内拗(断)陷盆地的发展过程并形成了重要的生油层。由于北天山洋的向南俯冲,塔北一带产生弧后拉张,在南天山北缘长阿吾子蛇绿岩中的辉长岩获得 439.4 ± 26.9 Ma年龄值(郝杰等,1993),说明最晚在晚奥陶世时,南天山洋(古亚洲洋南支)已拉开形成。刘本培等(1996)在南天山南缘的黑英山等蛇绿混杂岩带的斜长角闪岩中获得430.3 Ma的年龄值,说明志留纪时南天山洋已发展成相当规模的多岛洋,其中存在汗腾格里、库米什等老地块。中天山南缘巴音布鲁克组的岛弧型火山岩建造说明南天山洋在志留纪时已开始向北俯冲,并于晚志留世至泥盆纪时关闭(穹库什太蓝闪石片岩中多硅白云母年龄值为 415.37 ± 2.17 Ma,高俊等,1994),使塔里木板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块

拼贴一起。

塔里木南缘从震旦纪开始拉张形成的秦—昆洋(西段有库地蛇绿岩),库地一带于中奥陶世向北俯冲,形成昆中一带的奥陶纪岩浆弧,使塔里木向南增生。这一运动(艾比湖运动)发生在中奥陶世与志留纪之间,并使塔里木盆地由寒武—奥陶纪的克拉通内拉张盆地转化为挤压背景下的克拉通内挠曲盆地(陈发景等,1991)。在志留系的缺失区具有良好的油气远景。

当南天山洋于志留—泥盆纪关闭并与北部哈萨克斯坦—准噶尔板块碰撞缝合时,北天山洋在斋桑—额尔齐斯一带仍在发育并向南、北双向俯冲,形成了萨吾尔山一带的晚古生代沟弧盆系,使阿尔泰陆缘转化为活动陆缘及弧后拉张盆地。至泥盆—石炭纪早期北天山洋封闭,哈萨克斯坦—准噶尔板块与西伯利亚板块碰撞缝合,古亚洲洋主体消亡,亚洲北大陆基本形成。

2.4 古亚洲洋残余海盆及陆内裂谷—裂陷槽发展时期

晚古生代新疆地壳发展演化的基本特征是早古生代浩瀚的古亚洲洋关闭,或在其残留洋盆的基础上再次拉张形成有限洋盆或陆内裂谷—裂陷槽、裂谷发育消亡的过程。

早泥盆世中晚期—早石炭世早期,3大板块聚合后,准噶尔地区在尚未成熟的陆壳基础上,再次扩张裂解,形成有限小洋盆。中泥盆统北塔山组的枕状中基性火山岩、放射虫硅质岩及科克森套蛇绿岩带、卡拉麦里蛇绿岩带等是当时有限小洋盆存在的证据。南天山一带的泥盆—石炭纪蛇绿岩也是当时裂陷槽或有限小洋盆发展的遗迹。这一时期是新疆北部地壳演化的重要时期,有限小洋盆的消减导致大陆的进一步增生,形成不同的沉积构造环境及强烈的岩浆活动,为矿产的形成提供了极好的条件。如果说,早古生代发展阶段在边缘海盆形成层控铅锌矿床、拉张环境中的含铜块状硫化物矿床及与蛇绿岩有关的铬铁矿等通常不具重要经济价值,那么此阶段不管是矿产类型还是规模等都大大超过了前者,表现在:1)发育在元古代—早古生代基底上的大陆边缘裂谷或由此发展起来的弧后拉张盆地中的火山喷气—沉积成因的铜、铅、锌等有色金属矿床(南阿尔泰);2)与蛇绿岩有关的铬铁矿床;3)在挤压环境中与钙碱性岩浆活动有关的各类矿床,如与早泥盆世彩华沟组碱性长英质岩石有关的黄铁矿型铜—多金属矿床,南天山相对稳定环境中的喷发—沉积型铁及铁锰矿床,汗吉尔山一带的沉积—改造型铅、锌矿床等。

早石炭世中期—中石炭世末期的主要地质事件是准噶尔有限小洋盆关闭,南、北天山张裂形成裂陷槽,塔里木盆地由挤压转向张裂,准噶尔地区有大规模陆相火山喷发及同造山或后造山期花岗岩侵入,说明有限小洋盆关闭并由洋壳—过渡壳而进入新生陆壳的发展阶段。而北天山的依连哈比尔尕—康古尔塔格,南天山的米什布拉克一带,表现为新的扩张,形成裂陷槽,在拉伸较强的地方如米什布拉克、巴音沟等见有蛇绿岩。此时是洋、陆转化的又一重要时期,构造运动及岩浆活动十分强烈,形成了类型众多的各类矿产,为新疆内生成矿作用最强烈时期,矿产的时空分布见图3和图4。

在挤压环境中形成了与地壳交代型花岗岩有关的伟晶岩型白云母矿床、铍铌矿床(阿尔泰);与地壳重熔型花岗岩有关的伟晶岩型Be、Nb、Ta等稀有金属矿床(阿尔泰)及云英岩型石英脉型W、Sn矿床(准噶尔阿拉套);与石英脉有关的金矿床(金窝子);与花岗斑岩

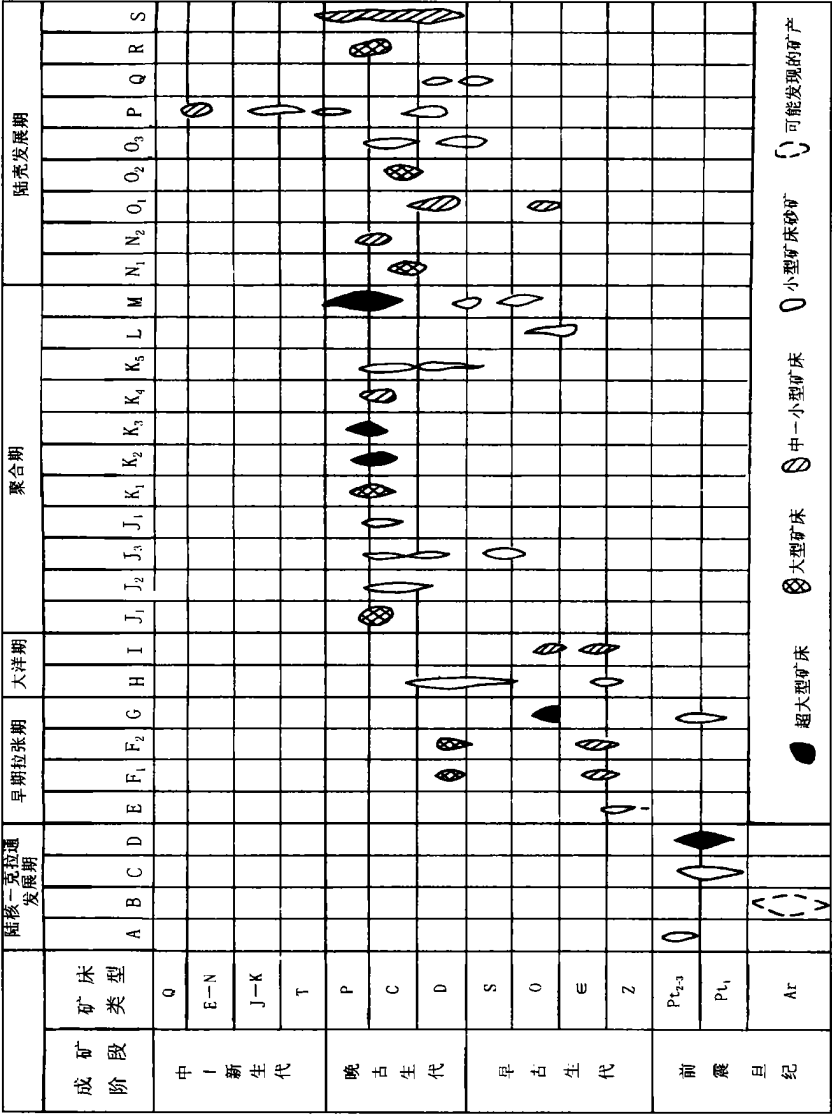


图 3 新疆北部及邻区贵金属、有色金属矿产多旋回成矿示意图

A. 沉积变质 Ag 矿; B. 绿岩型 Au 矿; C. 岩浆 Cu-Ni 矿; D. 层控热液型 Au 矿; E. 岩浆 Cu-Ni 矿; F. 黄铁矿型 Cu-Zn 矿; G. 层控热液型 Pb-Zn 矿; H. 蛇绿岩中的 Cu-Ni 矿; I. 黄铁矿型 Cu 矿; J. 夕卡岩型 Pb-Zn 矿; J₂. 夕卡岩型 Pb-Zn 矿; J₃. 夕卡岩型 W 矿; J₄. 夕卡岩型 Sn 矿; K₁. 热液型 W-Mo 矿; K₂. 热液型 Hg 矿; K₃. 热液型 Sn 矿; K₄. 热液型 Cu-Mo 矿; K₅. 热液型多金属矿; L. 黄铁矿型多金属矿; M. 斑岩型 Cu-M 矿; N₁. 火山岩型 Au 矿; N₂. 火山岩型 Cu-Ag 矿; O₁. 层控热液型 Pb-Zn 矿; O₂. 层控热液型 Au 矿; O₃. 层控热液型 Hg-Sb 矿; P. 砂页岩型 Cu 矿; Q. 玄武岩中的 Cu-沸石; R. 岩浆 Cu-Ni 矿; S. 韧性剪切带 Au 矿

Fig. 3 A Sketch showing poly-cycle mineralization of precious and nonferrous metals in the northern Xinjiang and its environs

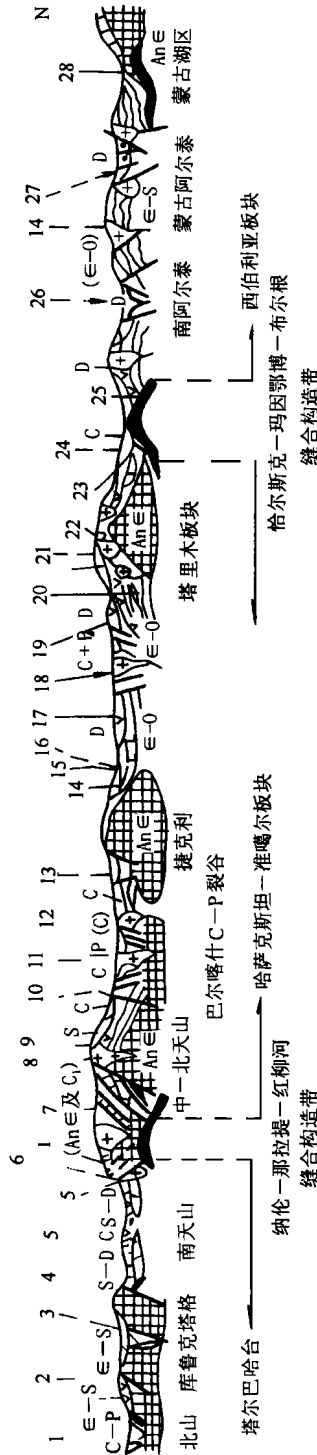


图 4 新疆北部及邻区主要贵金属、有色金属矿产分布示意图

1. 岩浆 Cu-Ni 矿床; 2. 斑岩型 Cu-Mo 矿; 3. 岩浆 Cu-Ni 矿床; 4. 层控 Sb-Hg-Au 矿床; 5. 热液型多金属矿; 6. 热液型 Sn 矿 (P); 7. 层控 Pb-Zn 及 Au 矿; 8. 斑岩型及热液型 Cu; 9. Au-多金属矿 (O₈); 10. 层控 Pb-Zn 多金属矿 (An \in 及 C₁); 11. 斑岩型 Cu-Mn-Au 矿; 12. 斑岩型 Cu 及火山岩型 Au 矿; 13. 层控 Pb-Zn 矿 (O₂); 14. 热液型 W-Sn 矿; 15. 大洋型 Cu-Ni 矿; 16. 火山岩型 Cu 矿; 17. 热液型 W-Sn 矿; 18. 陆相火山岩型及热液型 Cu 矿和 Cu-沸石建造; 19. 斑岩型夕卡岩型 Cu 矿; 20. 大洋型含 Cu 黄铁矿; 21. 含 Cu 砂岩; 22. 火山岩型黄铁矿多金属矿; 23. 斑岩型 (C-P) Cu 矿及岩浆型 Cu-Ni 矿; 24. 层控及火山岩型 Au 矿; 25. 大洋型含 Au 黄铁矿型 Cu 矿; 26. 火山及火山沉积型黄铁矿 Cu-Zn 及 Pb-Zn 矿; 27. 火山岩型 Pb-Zn 矿; 28. 大洋型黄铁矿型 Cu 矿

Fig. 4 Distribution of mineral resources of precious and nonferrous metals in northern Xinjiang and its environs

等有关的夕卡岩型矿床、斑岩型铜(钼)矿床(赤湖、卡拉先格尔等)、热液型铜、钼矿床(三岔口)等。

在扩张环境中的上叠盆地或裂陷槽中,形成层控铅、锌矿床(马鞍桥),铁、锰矿床(莫托萨拉),更重要的是金矿床,如阿希(大型)、多拉纳萨依、沙尔布拉克等金矿都与石炭纪火山岩、浊积岩有关;此外还有与火山岩有关的铁、铜矿床(雅曼苏);闭塞台地中的石膏(库姆塔格),昆北恰尔隆-库尔浪早石炭世裂谷中的含铜砂岩及块状硫化物矿床等。

晚石炭世-二叠纪,是陆壳进一步扩大同时也是陆内裂谷发展与关闭的时期。在碰撞造山之后,早二叠世又发生了地壳的拉张,导致地壳减薄和上地幔上涌,使上地幔岩石和下地壳受到部分熔融形成富碱的酸性岩浆和玄武岩浆的上侵,但一般发展时间很短,北山等地扩张剧烈形成北山裂谷,其它多为裂谷发展的初始阶段。晚二叠世北山裂谷封闭,并有造山期后的富碱花岗岩侵入(钾长-碱长花岗岩),年龄为250~280 Ma(王中刚等,1998)。早二叠世后地壳抬升,上二叠统不整合于下二叠统之上。从此新疆北部海水全部退出,进入了陆内盆地及南部特提斯洋的发展演化阶段。

此时北部的典型矿产是在扩张环境下与底辟侵位的镁铁-超镁铁杂岩有关的岩浆熔离贯入型铜、镍矿床(喀拉通克和黄山);产于富碱杂岩中的岩浆晚期分异的钒、钛磁铁矿床(尾垭、巴费等);大断裂带上与幔源重熔型碱性花岗岩、碳酸岩有关的稀有、稀土矿(黑英山),碱性花岗岩中的金矿(吉木乃)、锡矿(贝勒库都克);与双峰式火山岩有关的铜、银(含金)矿(阿吾拉勒);上二叠统磨拉石建造中的含铜砂岩,及膨润土、磷、煤(准噶尔北部)等。

此时的准噶尔盆地,已由石炭纪的开放型海相盆地向封闭型内陆盆地转化,早二叠世具有前陆型海相-残留海盆地的性质。早二叠世早期的佳木河组为优良的油气储集层(杨文孝等,1995);早二叠世晚期(风城组)由于盆地周边的山系向盆地逆冲,形成了西、南、东北缘3个独立发展的前陆盆地及多个拗陷间的各个隆起,在欠补偿的沉积拗陷内沉积了准噶尔盆地主要烃源岩层(风城组)(杨文孝等,1995)。早二叠世末的天山运动(新源运动)使盆地转化为内陆盆地,发育了优良的湖相烃源岩,是风城组之后的又一个重要烃源岩系。这时的塔里木盆地正处于古亚洲洋残留海盆的最后消亡与特提斯洋发展演化的过渡阶段。

3 特提斯洋的形成、发展与消亡及盆山构造发展阶段

如果说古生代新疆地壳的演化取决于古亚洲洋与其两侧大陆的碰撞缝合,那么新疆南部中-新生代地壳的演化则主要取决于特提斯洋的闭合及其与两侧大陆间的碰撞。

特提斯(参阅张惠民,1994)是指近东西向的中生代古海道——赤道洋,它从晚古生代到白垩纪,分开了欧亚和冈瓦纳大陆。随着时间的流失,特提斯的含义也在发生变化,迄今已有始原、古、新特提斯的称谓,时间上从局限于晚古生代到中生代,扩大到从晚元古代到中生代的历程。

自古生代以来,冈瓦纳古陆解体后,就有大、小不同的陆块由南向北漂移,并不断向劳亚古陆增生,形成中-新生代的岩浆活动和变质作用及复杂的逆冲推覆构造。而新疆北部中-新生代时已属劳亚大陆的组成部分并处于盆山构造的发展阶段。特提斯洋的发展消亡

经历了3个时期。

3.1 古特提斯洋的形成与消亡时期

晚古生代冈瓦纳古陆解体后产生的古特提斯洋以南、之后被新特提斯洋从冈瓦纳上裂离出来的大陆块体, 曾被称为“基麦里”大陆, 即现称的青藏板块组成部分, 其北界西起阿富汗的赫拉特断裂, 东经新疆的康西瓦断裂与若拉岗日—金沙江带相连, 与北部的塔里木和扬子板块相邻。南以巴基斯坦的瓦济里斯坦经帕米尔科希斯岛弧南北的上地幔断裂、喀喇昆仑断裂—印度河—雅鲁藏布江缝合带与印度板块相接(王广瑞, 1996)^①。该区具有复杂的基底构造, 它们分别来自冈瓦纳和扬子或华夏古陆群所分裂出来的块体。古生代特别是早古生代以较稳定的陆源碎屑岩、碳酸盐岩为主, 其中产沉积变质型铁矿(契列克其)、铁(铅、锌)矿等, 属元古界的沉积盖层。石炭—二叠纪地壳强烈拉张, 形成古特提斯洋。东邻区(江达—芒康)在早—中三叠世有钙碱性岛弧型火山岩及混熔型花岗岩侵入, 说明古特提斯洋已向西北俯冲。羌北及喀喇昆仑一带为浅水碳酸盐岩—碎屑岩(夹少量基性火山岩), 具弧后沉积特点。“基麦里”中间板块北侧的陆缘岩浆弧在晚三叠世已发展到鼎盛时期, 晚三叠世末古特提斯洋沿赫拉特—康西瓦—大红柳滩—若拉岗日—金沙江一带及北部的康西瓦—昆中断裂带消亡, 与北部的塔里木、扬子(松潘—甘孜地块在大红柳滩尖灭于上述两缝合带间)板块拼贴一起, 成为欧亚大陆的组成部分。侏罗纪时仍有较强的拉张。班公错有限洋盆的产生就是例证。

此时的新疆北部(塔里木、准噶尔)正处于古亚洲洋关闭后的残余海盆全部消亡而进入陆内山链与盆地的发展时期, 并深受古特提斯洋发展演化的影响, 其主要地质事件如下。1) 古特提斯洋的开启, 使塔里木盆地再次遭受海侵, 形成石炭纪—早二叠世的克拉通内凹陷盆地及塔西南克拉通周边拗陷盆地。早二叠世由于遭受南北挤压, 塔里木盆地下地壳与上地幔发生挤压弯曲, 形成局部上拱, 诱发了基性岩浆的侵入和顺断裂喷发, 海水向西退却到和田河以西的叶城西南一带。2) 早二叠世末海水继续西退, 晚二叠世安加拉植物群入侵, 形成安加拉植物群与华夏植物群的混生。早二叠世末的天山运动, 使天山造山带抬升并向塔里木、准噶尔盆地逆冲, 形成晚二叠世的前陆型陆相盆地。西昆仑造山带上使二叠—三叠系遭受了低绿片岩相的动力变质, 形成由南向北的逆冲大型韧性剪切带及推覆构造并控制了塔里木油气聚集构造带的展布。天山运动后, 塔里木盆地再次出现准平原化, 进入陆内盆地发展时期。

3.2 古特提斯洋残余海盆及前陆盆地的发展演化时期

古特提斯洋消亡后, 喀喇昆仑一带侏罗—白垩纪时为残留海盆, 其海水可进入塔里木盆地的凹陷区。南部班公错一带地壳再次拉张形成有限洋盆, 洋盆扩张于侏罗纪, 晚侏罗—早白垩世向北俯冲闭合, 形成了喀喇昆仑山等一带的燕山期花岗岩的侵入, 和与其有关的大红柳滩伟晶岩型云母矿、卡拉码铜(金)矿、斑岩型铜矿及韧性剪切带中的金矿等。在昆仑山前, 随着西昆仑北带的逆冲岩席和铁克里克推覆体的向北逆冲, 形成了塔里木南缘的

^① 成守德, 王广瑞等. 1997. 塔里木盆地西部及邻区沉积建造及构造演化研究.

侏罗-白垩纪前陆盆地。

古特提斯洋消亡及向北碰撞所产生的印支运动,除形成了塔里木盆地周边的前陆盆地外还形成了天山南、北两侧及其内部的一系列侏罗纪含煤盆地,在准噶尔盆地内形成了北东向低隆起及多种构造组合,三叠-侏罗系也是该盆地内的重要含油气层系。

晚三叠世-白垩纪,古特提斯洋向北俯冲消减的挤压应力作用不断增加,出现了塔里木南缘由南向北的逆冲高潮,推覆构造前缘下盘发育侏罗纪前陆挤压盆地,后缘出现拉张断陷盆地(丁道桂等,1996),叶城-和田、民丰-若羌、库车-拜城等前陆盆地主要形成于此时,侏罗纪特别是早-中侏罗世是新疆最重要的成煤期,同时还产菱铁矿、陶土及耐火粘土。

3.3 新特提斯洋的发展、消亡及陆内俯冲时期

新特提斯洋于二叠纪开始拉张至始新世闭合。形成中-新生代蛇绿岩及蛇绿混杂岩和相应的岛弧火山岩建造,在冈底斯-日喀则一带形成完整的沟弧盆体系。由雅鲁藏布江蛇绿岩晚侏罗纪-白垩纪及冈底斯陆缘火山-岩浆弧中广泛发育燕山晚期-喜马拉雅期复合型花岗岩及其同源喷发相的晚白垩-始新世火山岛弧型建造看,新特提斯洋此时沿印度河-雅鲁藏布江一带消亡,渐新世-第四纪各类同造山建造及陆壳重熔型花岗岩说明印度板块拼贴于“基麦里”大陆南缘,成为欧亚大陆南缘的组成部分。这一碰撞聚合使喀喇昆仑地区褶皱变形,形成韧性剪切带及新生代的岩浆活动,同时使西昆仑抬升并向北挤压,造成塔里木盆地岩石圈地幔向造山带下俯冲(陆内俯冲),使逆冲推覆进入激烈期,山前的前陆盆地进一步扩大,部分新特提斯的残余海水可侵入塔里木盆地的凹陷带内。

碰撞后的印度板块继续向欧亚大陆楔入,使陆内俯冲及走滑平移运动进一步发展,西昆仑受到强烈的挤压并向北逆冲于塔里木盆地之上,加剧了塔里木盆地大陆岩石圈的挠曲,形成中新-更新世的前渊。由于天山、昆仑山的强烈抬升伴随走滑断裂系的活动,盆地相对下降,形成了统一的由造山带包围的陆内盆地,构成了新疆三山两盆地貌景观的雏形。

此时的主要矿产除石油外还有:1)古新世-始新世塔西南残留海盆中膏泥碳酸盐建造中的自然硫及石膏;2)晚白垩世闭塞台地相带及古新-始新世泻湖及海陆交互相和渐新世残留海盆咸湖相的岩盐;3)上白垩统海相层是塔西南坳陷的生油层之一,白垩纪陆相沉积为重要储油层;4)准噶尔坳陷西北缘内陆湖泊中产大型膨润土矿床(白垩-老第三纪),塔里木西北缘产沉积型铅、锌(锗)矿床。新第三纪时还形成盐类矿产及含铜砂岩(康村组),为新疆第2成盐期。

第四纪时差异性升降运动进一步加强。由古夷平面的研究看,阿尔泰含3级夷平面,最低为海拔1 000~1 400 m,其次为1 800~2 200 m,最高为2 800~3 500 m;天山可见4级,除前3级外最高为海拔3 600~4 500 m;昆仑山可见6级夷平面,除前4级外,其它两级为海拔4 600~5 200 m及5 800~6 200 m,说明新构造运动的影响由南向北有逐渐减弱之势,这一特点正好反映了印度板块向北推挤的远程效应。据大地测量资料,迄今昆仑山仍以15~20 mm/a的速度向塔里木之上推覆,从昆仑南缘第四纪火山活动看,印度板块仍在向北推挤(陈哲夫等,1997)。

第四纪以河流相、山麓堆积及冲洪积、冰川堆积、风成堆积、内陆湖盆相为主,为新疆

第四纪盐类矿产及砂矿的主要成矿期。

参 考 文 献

- 车自成, 刘洪福, 刘 良, 等. 1994. 中天山造山带的形成与演化. 北京: 地质出版社. 1—27.
- 陈发景, 陈金茂. 1991. 塔北地区盆地构造演化及其油气关系. 见: 贾润霄主编, 中国塔里木盆地北部油气地质研究(第二辑). 武汉: 中国地质大学出版社. 29—38.
- 陈哲夫, 成守德, 梁云海, 等. 1997. 新疆开合构造与成矿. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社(K). 176.
- 丁道桂, 汤良杰, 钱一雄, 等. 1996. 塔里木盆地形成与演化. 南京: 河海大学出版社. 53—67.
- 冯新昌, 董富荣, 李嵩岭, 等. 1998. 新疆南天山奥图拉托格拉克一带前震旦系基底地质特征. 新疆地质, 16(2): 108—117.
- 高 俊, 肖序常, 汤耀庆, 等. 1994. 新疆西南天山蓝片岩的变质作用 P-T-t 轨迹及构造演化. 地质论评, 40(6): 544—553.
- 高振家, 陈晋镛, 陆松年, 等. 1993. 新疆北部前寒武系. 见: 新疆地质研究所编, 前寒武纪地质(第6号). 北京: 地质出版社. 125—127.
- 郝 杰, 刘小汉. 1993. 南天山蛇绿混杂岩形成时代及大地构造意义. 地质科学, 28(1): 93—95.
- 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 1994. 中国新疆古生代地质演化及成矿. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 香港: 香港文化教育出版社. 62—67, 130—147.
- 胡霭琴, 张国新, 李启新, 等. 1994. 新疆北部地质演化及其与成矿的关系. 新疆地质, 12(1): 32—39.
- 胡霭琴, 张国新, 张前锋, 等. 1993. 新疆北部同位素地球化学与地壳演化. 见: 涂光炽主编, 新疆北部固体地球科学新进展. 北京: 科学出版社. 27—36.
- 黄建华, 吕喜朝, 牛星南. 1995. 北准噶尔晚古生代蛇绿岩研究的新进展. 新疆地质, 13(1): 20—29.
- 贾承造主编. 1997. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京: 石油工业出版社. 229.
- 李华芹, 谢才富, 常海亮, 等. 1998. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学. 北京: 地质出版社. 217—220.
- 李永安, 高振家, 李 强, 等. 1990. 塔里木地块古地磁研究与周边地块关系的探讨. 见: 305项目“新疆地质科学”编委会编, 新疆地质科学(第二辑). 北京: 地质出版社. 142—157.
- 刘本培, 王自强, 张传恒, 等. 1996. 西南天山构造格局与演化. 武汉: 中国地质大学出版社. 105—107.
- 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 1998. 新疆前震旦纪基底陆壳问题. 新疆地质, 16(3): 195—202.
- 刘 伟. 1993. 新疆阿尔泰地区岩浆岩等时线判断地壳构造运动及构造环境发展演化. 见: 305项目“新疆地质科学”编委会编, 新疆地质科学(第四辑). 北京: 地质出版社. 47—53.
- 王广瑞. 1996. 新疆北部及邻区构造—建造图说明书. 武汉: 中国地质大学出版社. 24—52.
- 汪玉珍. 1983. 西昆仑山依莎克群的时代及其构造意义. 新疆地质, 1(1): 1—8.
- 王中刚, 赵振华, 邹天人, 等. 1998. 阿尔泰花岗岩类地球化学. 北京: 科学出版社. 25—30.
- 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等. 1991. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化. 北京: 科学出版社. 10—15.
- 肖序常, 汤耀庆, 李锦铎, 等. 1990. 试论新疆北部大地构造演化. 见: 305项目“新疆地质科学”编委会编, 新疆地质科学(第一辑). 北京: 地质出版社. 47—52.
- 杨文孝, 况 军, 徐长胜, 等. 1995. 准噶尔盆地大油气形成条件和分布规律. 见: 新疆地质学会秘书处主编, 新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社. 91—108.
- 袁学诚, 左 愚, 徐计忠, 等. 1994. 阿—阿断面与西夏克拉通. 见: 305项目“新疆地质科学”编委会编, 新疆地质科学(第五辑). 北京: 地质出版社. 1—17.
- 张惠民. 1994. 超大陆和超大陆旋回、冈瓦纳组成及特提斯演化. 国外前寒武纪地质, (4): 61—70.
- 张良臣. 1995. 中国新疆板块构造与动力学特征. 见: 新疆地质学会秘书处主编, 新疆第三届天山地质矿产学术讨论会论文集. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社. 5—8.

CRUST EVOLUTION AND MINERALIZATION OF
XINJIANG UYGUR AUTONOMOUS REGION

Wang Yuanlong

(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Cheng Shoude

*(Institute of Geology and Mineral Resources, Bureau of Geology and Mineral Resources of
Exploration and Development of Xinjiang, Urumqi 830000)*

Abstract

Xinjiang is located in the central part of the Asian continent, sandwiched in between the Mongolia and Altai Mountains to the north and the Qinghai-Tibetan Plateau to the south respectively. Tectonically, the main units are the Siberian Plate, the Kazakstan-Junggar Plate, the Tarim Plate and the Tibet Plate. These plates have been amalgamated together along the Gerqisi-Buergen, Mushaerte-Hongliuhe and Kangxiwa geosuture zones, and consequently formed eye-catching tectonic framework. Geomorphically, Xinjiang is featured by two basins situated among three chains of mountains. As a bridge to better understand the convergence of Eurasian Continent, the disappearance of ancient Asian Ocean and Tethyan Ocean, Xinjiang must be an ideal area for study on origin and evolution of continent, orogenic belts and orogeny-related mineralization. Based on main features of crust evolution of Xinjiang, the authors divided the geohistory there into three stages (namely, the stages of creation of continental basement, developings of Paleo-Asian Ocean and Tehtyan Ocean) and subdivided ten episodes, and discussed characteristics of mineralization in each stage and episode.

Key Words Crust evolution, Amalgamated continent, Mineralization, Paleo-Asian Ocean, Tethyan Ocean, Xinjiang