

文章编号:1001-6112(2005)06-0551-08

中国古生代盆地基底大地构造特征

高长林, 单翔麟, 秦德余

(中国石化石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:太古宙(>2 500 Ma)是出现陆核或形成初始陆块的阶段。华北和塔里木是最早出现初始陆块的地区。古元古代(1 800~2 500 Ma)为陆块迅速增生阶段;古元古代末,华北、塔里木、柴达木和扬子陆块经增生相互联接。中元古代(1 000~1 800 Ma)为裂谷发育阶段,在古元古代末相互联接的地区重新发生裂解,分裂为华北、塔里木和扬子陆块。晋宁期末,华北、佳木斯、塔里木、华夏及滇藏陆块相互拼合,成为 Rodinia 超大陆的组成部分。新元古代初(<1 000 Ma),在古板块运动体制下,形成中国新元古代—古生代盆地。

关键词:古生代;盆地;基底;Rodinia 超大陆;中国

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

中国盆地的形成和演化是人们极为关注的一个科学问题^[1~5],但对中国古生代盆地的基底地质综合研究尚不多。盆地的形成既有继承性,更有新生性^[6~10]。本文主要简述中国古生代盆地基底大地构造演化,为我国古生代盆地及油气资源评价研究提供一定的基础资料。

1 太古宙(>2 500 Ma):出现陆核和形成初始陆块的阶段

太古宙是中国地壳发展的早期阶段,是出现陆核和形成初始陆块的阶段。华北和塔里木是最早出现初始陆块的地区。

华北地区,冀东花岗岩年龄 3 550~3 850 Ma,鞍山附近花岗岩年龄 3 804 Ma,表明在始太古代已出现初始陆核。古太古代,吉南—辽北、冀东—张家口—集宁、阿拉善、晋南—豫北和鲁中—鲁东等地有大量火山沉积型表壳岩。中太古界孔兹岩系为富含铝质的陆壳碎屑岩,表明已存在一定规模的硅铝质地壳。新太古代是地壳增长的主要时期,已有资料表明,在出露的太古宙基底岩石中,新太古界占 85%以上。以大同—吴旗和吉辽鲁花岗绿岩带为界,可分包银、华北和胶辽 3 个微陆块。包银、华北微陆块主要沉积长英质碎屑岩系,上部有较稳定的碳酸盐岩;胶辽微陆块有大量火山喷发岩,夹含铁硅

质岩。新太古代末,包银、华北和胶辽 3 个微陆块拼合组成华北初始陆块^[11~13](表 1)。

佳木斯地区,麻山附近见有新太古代麻粒岩和 TTG(英云闪长—奥长花岗—花岗闪长质)组合的片麻岩,显示出现陆核,周缘有绿岩带分布。这与华北初始陆块东端龙岗相似,属于华北初始陆块的组成部分。

塔里木地区,阿尔金东北部阿格塔什塔格一带 3 600 Ma 的花岗片麻岩是目前我国西部发现的始太古代地壳残留,是塔里木最古老的基底。库鲁克塔格斜长角闪岩同位素地质年龄达 3 488 Ma 和 3 263 Ma^[14],初步确定为一套偏碱性玄武岩及具 TTG 组合片麻岩,表明存在古太古代初始陆核。新太古代普遍形成火山沉积型表壳岩,主要为玄武岩、富钾中酸性火山岩、火山质杂砂岩。阿尔金东部主要为 TTG 灰色片麻岩和孔兹岩系。库米什南东阿拉塔格加里东花岗岩继承锆石 Pb 蒸发法年龄为 2 716,2 700 Ma,表明存在新太古代基底^[15]。

柴达木地区,湟源混合花岗岩锆石年龄为 2 469 Ma,欧龙布鲁克混合岩年龄 2 464 Ma,表明存在新太古代表壳岩。新太古界主要为中基性火山岩、火山质杂砂岩、砂泥质岩^[16]。

扬子地区,发现 4 处中深变质岩,同位素地质年龄分别是:康滇北段 2 451~3 100 Ma,南段 2 478 Ma,鄂西 2 432~2 922 Ma,陕甘川交界摩天岭 U - Pb

收稿日期:2005-06-21;修订日期:2005-09-12。

作者简介:高长林(1945-),男(汉族),江苏泰兴人,博士、教授级高级工程师,主要从事构造化学和盆地分析研究。

基金项目:中国石化科技部项目(P01025)。

表 1 中国古生代盆地基底地史演化简表

Table 1 Evolution of basement geological history in Chinese Palaeozoic basins

地质时代			Ma	构造阶段			主 要 地 史 事 件											
							陆块演化		古中亚洋	古中国洋	原 - 古特提斯洋							
古生代	二叠纪	P ₃	438	复合中国大陸形成巨阶段 (- Q)	古亚洲阶段	古中国陆块形成期		北支洋向北俯冲, 中支、南支洋形成北支洋扩张	大洋扩张	大洋扩张								
		P _{1 - 2}																
	石炭纪	C ₂																
		C ₁																
	泥盆纪	D ₃																
		D _{1 - 2}																
志留纪	S																	
新元古代	奥陶纪	O ₃									490							
		O _{1 - 2}																
	寒武纪	C _{2 - 3}																
		C ₁																
	震旦纪	Z	543															
	南华纪	Nh	680															
	青白口纪	Qb	800															
			1 000															
	中元古代	Pt ₂	1 800															
	古元古代	Pt ₁	2 500															
太古宙	Ar																	

法年龄 2 657 Ma, Sm - Nd 等时线法年龄 2 688 Ma, 这些中深变质岩是扬子地区最早的表壳岩。康滇、鄂西、陕甘川摩天岭岩石组合序列基本相同, 主要为基性—酸性熔岩、火山碎屑岩, 少量硬砂岩、硅质岩, 属绿岩建造, 伴有大量 TTG 组合奥长花岗岩、云英闪长岩等富钠岩浆岩和超基性岩。此外, 广西本洞花岗闪长岩 T_{DM}^{ND} 为 3 289 Ma, 江西诸广山、广西摩天岭花岗岩继承锆石和广西四堡群碎屑锆石 U - Pb 法地质年龄为 2 516 ~ 2 935 Ma, 海南岛抱板群斜长角闪岩锆石 U - Pb 谐和曲线法地质年龄为 2 526 Ma, 暗色包体 Rb - Sr 等时线法地质年龄 2.885×10^8 a。另据地球物理资料推断, 川中、苏北—南黄海均有高磁块层, 为中新太古代—古元古代强磁性深变质岩引起。上述资料表明, 中新太古代康滇、川中、鄂西、陕甘川交界摩天岭、诸广山、广西摩天岭, 苏北—南黄海、海南等地已出现陆核^[17~19]。

华夏地区, 仅在闽西北建宁附近发现新太古代岩浆型表壳岩。但是龙泉和东海灵峰 1 井片麻岩 T_{DM}^{ND} 为 2 608 ~ 3 319 Ma 和 2 832 Ma, 福建德化、尤溪、广东河台花岗岩继承锆石 U - Pb 谐和曲线法地

质年龄为 2 610 ~ 3 015 Ma。在航磁场上延 10 km 的平面图上, 浙闽、云开、增城 3 处均有平稳高磁块层, 推断为角闪岩相变质岩引起, 反映存在新太古代表壳岩。因此, 华夏地区除浙闽、云开、增城 3 处陆核外, 东海也已出现陆核^[20~23]。

藏滇地区是印度地盾和扬子陆块间的薄壳区, 未见太古宙表壳岩, 仅据南羌塘戈日木组 (Pt₂) 碎屑锆石同位素地质年龄达 2 762, 3 204 Ma 推测, 该地区中太古代已出现陆核^[24,25]。

2 古元古代(1 800 ~ 2 500 Ma): 陆块迅速增生阶段

古元古代, 华北初始陆块地壳进一步向硅铝质转化, 迅速增生, 更加成熟。塔里木、柴达木发展成为成熟陆块; 扬子、华夏处于陆壳增生, 形成初始陆块阶段; 藏滇尚处于原地壳活动阶段^[26~28]。

古元古代, 华北陆块大多已固结, 部分隆起, 遭受剥蚀, 地质事件主要集中在陆块边缘和陆块内部的裂谷中。从陆块中部向外缘, 地壳减薄, 活动性增

强。中部稳定带主要为长英质碎屑岩、孔兹岩系夹碳酸盐岩,向外岩浆喷发活动增强。陆块边缘的中天山—北山—阴山、兴安岭、祁连、秦岭活动带沉积杂砂岩、基性和碱质酸性火山岩夹含铁硅质岩。辽吉黑裂谷早期沉积杂砂岩、有钙碱质玄武岩;中期裂谷西缘沉积近源碎屑岩夹酸性凝灰岩,向东逐渐过渡为远源浊积岩、枕状大洋拉斑玄武岩;后期沉积砂泥质岩、碳酸盐岩。华北陆块内部的冀晋陕、太行、中条—淮南、贺兰山、济宁、宿松—海州6裂陷,早期沉积砂泥质碎屑岩、碳酸盐岩、碱质玄武岩、酸性火山岩;后期部分裂谷拗褶隆起,转化为小型拗陷盆地,沉积河流相砂砾岩,属同造山期磨拉石。古元古代末,各裂谷盆地完全闭合,普遍有规模不大的花岗岩、重熔型花岗岩侵位,发生混合岩化,有低角闪岩相—绿片岩相变质作用,地壳发生较大规模的隆升,基本形成现存的克拉通构造格局。辽吉黑裂谷闭合时,二侧碰撞挤压强烈,胶辽一带大量重熔型花岗岩浆上侵,并有明显递变增质带的热穹隆构造。

佳木斯陆块向东延至俄罗斯布列亚地区,中国境内仅为西部边缘增生活活动带。古元古界主要为蛇纹岩、绿泥片岩、斜长角闪岩、角闪岩、黑云斜长片麻岩、斜长变粒岩、石英岩等。原岩为拉斑玄武岩夹条带状磁铁石英岩、英安岩、硅质岩等,属含铁绿岩建造。钠长糜棱岩和斜长角闪岩 Pb—Pb 年龄为 2 122 Ma 和 1 962 Ma。

准噶尔盆地中部基底问题的认识分歧较大。据地球物理资料,布格重力异常为一向南倾斜的平稳重力高值区(-125~150 mg),南北边缘出现布格重力梯度带。吴庆福根据深源地震资料解释,P波 5.962 m/s 的波面为前寒武纪基底。航磁资料显示一平稳的正磁场,张跃荣所作的上延 15 km 垂直磁场图上,亦存在大范围的 +100 nt 的正磁场,反映存在前寒武纪基底。成守德,张以熔(1991)的资料显示,巴里坤梅钦乌拉山中上奥陶统荒草坪群下部黑云母花岗片麻岩锆石蒸发年龄 1 908 Ma^[29,30],由此可认为准噶尔中部、东部等地存在前中元古代基底,古元古代已出现小陆块。

塔里木陆块大部分是环绕塔中陆核的准稳定区,主要为砂泥质碎屑岩,夹不纯碳酸盐岩,碎屑物中石英成分较多。西昆仑、阿尔金活动带中期岩浆喷发活动剧烈,形成大量双峰模式岩浆岩,夹硅质岩;后期沉积陆源碎屑岩夹碳酸盐岩。南天山活动带有较多的铁镁质岩,可能是塔里木陆块北缘海槽^[31,32]。

柴达木陆块主要沉积石英质砂泥岩、碳酸盐岩,

有少量中酸性岩浆喷发,反映是在准稳定环境中。

古元古代末塔里木—柴达木发生强烈的构造活动和热事件。随着阿尔金、西昆仑、南天山等活动带固结,塔里木陆块和柴达木陆块相联。岩石产生强烈变形,低角闪岩相—绿片岩相变质和较强的混合岩化,火山沉积增生作用和大量花岗岩浆侵入,使硅铝质地壳增厚、扩大,地壳趋于成熟、稳定、克拉通化。

扬子初始陆块腹部川滇黔等地地壳初步成熟,环境较稳定,沉积石英质碎屑岩、富炭铝的泥质岩夹碳酸盐岩,少量火山质硬砂岩。喀喇昆仑活动带和苏北—南黄海活动带主要沉积砂泥质碎屑岩,后者夹含磷锰碳酸盐岩,有基性岩浆喷发活动。陕甘川交界摩天岭岩浆喷发活动剧烈,形成岩浆型表壳岩,主要为玄武岩、基性凝灰岩、流纹岩、安山质凝灰岩等组成。南华活动带虽然未见古元古代表壳岩,但是十万大山—南岭—武功山一带古生代花岗岩 $E_{Nd}(T)$ 为 -4.2~-12.7, T_{DM}^{Nd} 为 1 400~2 000 Ma,这些花岗岩极有可能来自古元古代花岗质基底,表明古元古代已经出现硅铝质地壳^[33]。古元古代是扬子地区陆壳增生和南华地区形成原地壳或微陆块的重要阶段。

华夏初始陆块在云开、浙闽和东海灵峰 1 井见有古元古代表壳岩。前 2 处早期沉积含炭砂泥质岩、杂砂质岩,岩浆喷发活动较强烈;后期沉积砂泥质浊积岩。表明古元古代是该处陆壳增生的主要阶段。

滇藏原地壳活动区位于印度地盾和扬子初始陆块间的薄壳区。在高喜马拉雅、冈底斯、念青唐古拉、察隅和南羌塘等地见有古元古代火山沉积型表壳岩,为深变质的片麻岩、麻粒岩、变粒岩、大理岩、花岗岩,地质年龄 2 056,2 310 Ma。纳木那尼峰花岗岩同位素地质年龄 2 018 Ma。拉萨—班戈—当雄间上石炭统、下白垩统和新近系沉积岩 $E_{Nd}(T)$ 大多在 -10.3~-16.7, T_{DM}^{Nd} 大多在 1 823~2 099 Ma 间。这些资料表明古元古代是地壳增生的主要时期,喜马拉雅—冈底斯和南羌塘等地已出现硅铝质地壳,同位素地质年龄为 1 772 Ma,是羌塘地体结晶基底年龄^[34]。

古元古代末,华北、塔里木、柴达木陆块和扬子初始陆块地壳经增生作用和拼接活动,相互联接。

3 中元古代(1 000~1 800 Ma):裂谷发育阶段

3.1 中元古代早期:裂谷大发育

在拉张应力作用下,古元古代末相互联接的地

区重新发生裂解。

3.1.1 南天山陆间裂谷

南天山陆间裂谷是华北陆块西端与塔柴陆块间的裂谷—洋盆。中元古代早期有双峰模式岩浆喷发;后期为枕状和块状拉斑玄武岩、硅质岩及复理石沉积,玄武岩稀土元素特征与大洋拉斑玄武岩一致,表明有较厚的洋壳层。南天山裂谷—洋盆蓟县纪末封闭,碰撞造山。陆松年等(1995)测得阿克苏群蓝片岩 Rb - Sr 等时线法地质年龄 961.7 ~ 944.5 Ma,可见碰撞造山活动持续到青白口纪^[35,36]。

3.1.2 昆仑—秦岭陆间裂谷

昆仑—秦岭陆间裂谷各段拉张裂解程度不一。西昆仑中元古代早期具有大陆裂谷双峰模式火山岩,后期充填砂泥质碎屑岩夹碳酸盐岩;东昆仑清水有洋壳蛇绿岩,经 Sm - Nd 等时线法测定年龄为 1 297 Ma。北秦岭松树沟中元古界下部以大洋拉斑玄武岩为主,夹硅铁质岩;上部为深海至半深海陆源碎屑复理石;顶部为碳酸盐岩。平武碧口一带,主要是以基性火山岩为主的双峰模式岩浆岩。基性火山岩大多属拉斑玄武岩系列,构造判别图解和微量元素地球化学模式主要投入洋脊玄武岩区,结合地质背景分析,处于硅铝质地壳裂陷向洋壳转化处,未达到真正洋脊环境,它是昆仑—秦岭裂谷的南部分支,二者在青海花石峡以西相联,向东成为扬子陆块与大别—胶南陆块的分界。以上显示昆仑—秦岭陆间裂谷主要扩张期是中元古代早期^[37,38]。

3.1.3 华北陆块

华北陆块中元古代主体部分已克拉通化,有规模巨大的隆起区,自西向东出现一系列呈南北向至北东向隆拗相间的格局。博罗科努、阿拉善、贺兰山—平凉和子长—宜君克拉通拗陷,长城系主要为长英质碎屑岩、粉砂岩、泥质岩夹碳酸盐岩,蓟县系主要为藻白云岩夹石英质碎屑岩、泥质岩。锦杭—庆阳潜隆处,沉积物与两侧拗陷相似,但厚度仅数十米。中元古代初在形成前述陆间裂谷的同时,华北陆块还形成伊勒呼里、中天山—北山—阴山、北祁连、豫西和燕辽等陆内裂谷。伊勒呼里裂谷中元古界为石英质碎屑岩、泥质岩夹流纹岩、英安岩、安山岩和高铝玄武岩,反映裂谷早期的沉积特征。中天山—北山—阴山裂谷,长城纪是裂谷发展期,西段中天山沉积成熟度较低的碎屑岩和双峰模式火山岩,中段北山以中基性火山岩和玄武岩为主;蓟县纪拉张作用停止,构造反转,主要沉积台地碳酸盐岩;东段阴山中元古界主要为砂泥质碎屑岩夹基性火山岩。北祁连裂谷,长城纪早期火山活动剧烈,有玄武

岩、中基性火山碎屑岩,后期沉积含铁碎屑复理石夹硅质岩;蓟县纪构造反转,主要为浅海环境,沉积碳酸盐岩夹碎屑岩。豫西裂谷,边界受北东、北西和东西向 3 组断裂控制,呈三角形展布;长城纪初有少量河流相粗碎屑岩沉积,随后崤山、熊耳山、王屋山有中酸性熔岩喷发,长城系主要为碱质玄武岩、碱质富钾英安岩、流纹岩、火山碎屑岩组成的双峰模式火山岩;蓟县纪转入拗陷阶段,蓟县系不整合于长城系之上,主要为浅海相碎屑岩、潮坪碳酸盐岩,沉积中心向西南方向迁移至陕西洛南一带,地层厚达 6 km 左右。燕辽裂谷是受北东向断裂控制的单向裂谷,沉积体成单断式不对称,它通过内蒙列岛的多个峡口与中天山—北山—阴山裂谷相联;长城纪初常州沟期沉积受兴隆—宽城—凌源生长断裂控制,地面快速沉降,沉积巨厚的河流相粗碎屑岩,蓟县附近厚达 1 389 m;此后在继续拉张过程中,发生大规模海侵,向北西、向南大面积超覆,沉积浅海相页岩、滨海相含铁白云岩、硅质条带白云岩;大红峪中期平谷—蓟县一带发生富钾粗面岩、粗面玄武岩浆喷发,这标志裂谷作用达到高峰。之后由于地壳内部热能衰减,转为均衡沉降,盆地范围进一步扩大,沉积滨海、潮滩碳酸盐岩,曲阳一带夹有“石煤”和炭质白云岩;长城纪末地壳短暂抬升;蓟县纪初继续沉降,盆地向西扩大,北侧的张家口—北票断裂活动强烈,控制着盆地北界,沉积海滩相、泻湖相和陆棚相等多种环境的碳酸盐岩夹泥岩或碎屑岩,雾迷山组富含有机质,发育良好的生油岩,蓟县—兴隆一带沉积厚度最大,中元古界厚度超过 9 000 m。段吉业等(2002)对河北平泉中元古界剖面研究认为,该处中元古界有大量浅海深水(>150 m)至半深海(>200 m)沉积。高于庄组除独有深水薄层硅质岩、含硅质页岩外,还有大量非补偿碳酸盐岩溶解相的多种瘤状灰岩及浊积岩;杨庄组下部有瘤状灰岩及浊积岩;雾迷山组也有浊积岩;铁岭组中上部有含锰页岩、页岩、瘤状灰岩,这显示该处是燕辽裂谷沉降最深的部位。中元古代末芹峪运动使燕辽裂谷反转,抬升为剥蚀区^[37,40]。

佳木斯陆块中元古代已有较厚的陆壳,稳定性稍高,在陆块西南边缘嘉荫—牡丹江—虎林一带主要沉积杂砂岩和泥岩,有少量火山岩,是陆块边缘的增生带。

塔柴陆块,围绕塔中隆起展布的稳定边缘及柴达木长城纪开始盖层沉积,为石英质碎屑岩、碳酸盐岩,塔里木局部有少量碱质中酸性岩浆喷发;蓟县系为钙镁碳酸盐岩夹石英质碎屑岩、粉砂岩。阿尔金裂谷,

长城纪拉张裂陷作用强烈,补偿沉积厚度大,超越万米,为浅海陆棚环境,主要沉积火山碎屑岩、陆源碎屑岩;蓟县纪早中期沉降速度逐渐缓慢,沉积由中粒碎屑岩转为细碎屑岩;后期构造反转,为障壁海—潮坪碳酸盐岩;蓟县纪末裂谷闭合,抬升为陆块。

扬子陆块,在地壳最早固结的康滇、鄂中、川中、苏北—南黄海稳定区,中元古界下部为砾岩、石英质碎屑岩夹少量火山岩;上部为石英质或长英质碎屑岩与钙镁碳酸盐岩互层。南秦岭及江南活动带构造环境不稳定,沉降速度快,火山喷发活动剧烈。中元古界主要为中基性、酸性火山岩与碎屑岩韵律互层,夹碳酸盐岩、硅质岩。江南活动带的基性熔岩属大陆玄武岩或大陆拉斑玄武岩。会昆、川滇西部裂谷,分别位于康滇隆起的东、西两侧,在道孚以北会合,中元古代经历了拉张裂陷、快速沉降、拗陷至抬升一个完整旋回。会昆裂谷中部为长英质碎屑岩、泥质岩、钙镁碳酸盐岩夹基性熔岩;上部为石英质碎屑岩、泥质岩夹碳酸盐岩。川滇西部裂谷中部为纹层状硅泥质岩夹深水碳酸盐岩;上部为砂泥质复理石;顶部为碳酸盐岩。川滇西部裂陷深度较大。哀牢山—苍山活动带中元古界为基性、中酸性凝灰岩、玄武岩和陆源碎屑岩夹碳酸盐岩。海南岛中元古界为浊流沉积陆源砂泥质岩、深水碳酸盐岩^[41,42]。

南华海盆未见中元古代表壳岩,但是湘赣一带古生代花岗岩 T_{DM}^{Nd} 大多在 1 400 ~ 1 600 Ma 间,表明在中元古代,围绕初始陆块迅速增生,是形成小陆块的重要阶段。

华夏陆块,其西北缘为隆起区,其余为浙闽裂谷区,裂谷区自东北往西南方向深度加大。中元古代早期随着裂陷的扩展,有大量碱质—钙碱质双峰模式岩浆喷发,后期火山活动停息,裂谷北部构造反转抬升。下部主要为火山复理石,由杂砂岩、大陆玄武岩、大陆拉斑玄武岩组成;上部为陆源砂泥质岩、钙镁碳酸盐岩。原石油部在西沙群岛西永 1 井用 Rb - Sr 等时线法测定前寒武纪变质岩同位素地质年龄为 1 465, 1 680 Ma,江博明等测定台湾太鲁阁花岗岩继承锆石 U - Pb 等时线法年龄为 1 688 Ma,上海东南大陆架钻井变质岩 Rb - Sr 法年龄为 1 680 Ma,表明中元古代华夏陆块应包括东海至台湾(纵谷以西)、西沙群岛的广大区域^[43,45]。

滇藏陆块,中元古代是陆块增生的重要阶段。南羌塘—冈底斯准稳定带,中元古界主要由云英片岩、石英岩组成,原岩属砂泥质类复理石。喜马拉雅活动带由各种片岩、片麻岩、变粒岩和少量大理岩组成,原岩为杂砂岩、长石砂岩、泥质岩、中基性火山岩

和少量碳酸盐岩。滇西中元古界由云母片岩、云母石英片岩、大理岩、黑云斜长变粒岩、斜长角闪岩、角闪片岩组成,原岩为火山—沉积岩。

3.2 中元古代末晋宁期: Rodinia (罗迪尼亚) 超大陆形成

上世纪 90 年代初, Moores (1991), Dalziel (1991) 和 Hoffman (1991) 等主要依据格林威尔期造山带和新元古代晚期裂谷系统的全球对比,形成了一个关于新元古代超大陆的构思。Powell 等 (1993) 较早地引用了 McMenamin 等 (1990) 提出的 Rodinia 一词来命名 Hoffman (1991) 的再造,后来更多的研究者接受了这一名词。Rodinia 不专指早期的某一种再造方式,而是指存在于中元古代末—新元古代的超大陆, Hoffman (1992) 和 Dalziel (1994) 把元古超大陆 (1 000 ~ 750 Ma) 命名为“Rodinia”。近年来的研究包括了中北亚地区,事实上已扩展到了泛大陆的规模^[15,24,41]。经过近 10 年的研究,虽然对罗迪尼亚超大陆复原和各陆块之间的拼合方案尚有分歧,但是就超大陆的聚合与裂解等一些关键性问题基本达成了一定的共识:1) 超大陆的主要聚合过程发生在中元古代晚期(距今 1 200 ~ 1 000 Ma),格林威尔造山运动代表着 Rodinia 超大陆聚合的构造过程,格林威尔期造山带是各陆块拼合的主要对比标志。2) 超大陆的解体发生在新元古代早期(距今 900 ~ 700 Ma)^[15,24,25,27,46]。

关于 Rodinia 超大陆以及中国大陆的位置,我国学者也进行过研究和报道。格林威尔造山带沿东南格陵兰绕经波罗的—亚马逊的北缘与北美东部边缘格林威尔山带连成一体,然后向西偏北经非洲的刚果、卡拉哈里边缘到达东南极西北缘和印度东高址山带,再进入澳大利亚的高勒克拉通与伊尔岗克拉通之间的山带,形成一个近于环状的巨型构造活动带。这个带具有约 1 300 ~ 900 Ma 的相同发育史,是新元古代超大陆再造和组合拼接的重要依据。研究认为格林威尔造山带在中国大陆上也有较普遍的反映,在华南普遍存在的武陵(晋宁)运动或华北东部的阜宁运动(1 000 ~ 900 Ma)与格林威尔运动相当;通过冰成岩的对比,可认为南澳的斯图特冰期和马临诺冰期分别相当我国扬子和塔里木地块上的古城(或长安)和贝义西冰期、南沱冰期和特瑞爱肯冰期;而罗圈或汉格尔乔克冰期则与可能的第三冰期庞德石英岩组底部杂砾岩层相当;间冰期塔普莱山页岩与大塘坡组页岩对应。因此中国大陆至少包括扬子—塔里木地块在新元古代时期(850 ~ 530 Ma)很可能与澳大利亚—东南极拼接在一起,

并与北美大陆相当接应^[46](图 1)。
李正样等(1996)提出,在超大陆中,东冈瓦纳和西伯利亚之间可能缺失了一个曾经存在的地质体,而该地质体即为扬子与华夏碰撞而形成的华南地块。从古元古代晚期至新元古代,塔里木地块、华北地块可能分别与澳大利亚北部和西伯利亚相连(图1)。

华南地块西北缘、北缘内及其周缘存在1 000 Ma的缝合线,可能记录了劳伦古陆、扬子地块与澳大利亚之间的聚合,并构成 Rodinia 超大陆的核部^[47]。华夏地块是中元古代中期劳伦大陆的一部分,扬子地块则位于劳伦—西伯利亚—华北地块和东冈瓦纳大陆之间,它们在 1 100 ~ 1 000 Ma 拼合形成统一的华南地块,填补了澳大利亚—南极洲东部和劳伦之间的缺失部分。扬子地块和阿得雷德(Adelaide)地向斜在 1 000 ~ 800 Ma 期间的沉积可能是 Rodinia 超大陆形成后裂陷作用的第一阶段,东冈瓦纳大陆、华南地块和劳伦古陆之间的裂解可能发生在约 700 Ma 的冰川时期。

已有研究成果表明,新元古代时期全球大陆经历了裂解和汇聚 2 个重要过程,这 2 个作用过程在中国大陆保存了相当多的地质记录。晋宁地质事件是中元古代晚期—新元古代早期北秦岭地块与中秦岭地块俯冲—碰撞造山作用和新元古代时期 Rodinia 超大陆形成的主要地质事件。武陵运动是华南最重要的运动,它使具有微陆块性质的地块拼合,使华夏古陆与扬子地块沿赣东北裂带发生碰撞形成统一的“华南古大陆”。发生在塔里木地块与哈萨克斯坦—伊犁地块之间的那拉提南缘碰撞带及雅尔当地区南北塔里木地块结合带的 2 起碰撞使哈萨克斯坦地块与塔里木地块以及华南地块联结在一起,成为冈瓦纳超大陆的一部分,而塔里木、华北(含祁连)和可能处于扬子地块边缘的柴达木 3 个地块约在 950 ~ 860 Ma 逐步汇聚于中国西部甘、青、新交界处并实现拼接^[26,27]。

中元古代末晋宁期,在伊勒呼里裂谷继续扩张、西伯利亚陆块向北裂离的同时,其以南的广大地区的陆内裂谷和陆间裂谷大多发生构造反转闭合,昆仑—秦岭裂谷西段成为残留洋盆,华夏陆块和扬子陆块沿江绍断裂拼贴时,南华海盆中的小陆块拼贴增生于扬子陆块东南缘,但南华地区仍有残留海盆。若羌—柳园西裂谷洋盆的碰撞作用持续到青白口纪,在敦煌西有大量重熔型花岗岩和地质年龄为 857 Ma 的榴辉岩。晋宁期,华北陆块结束了克拉通化以来的第一盖层沉积,扬子、华夏、滇藏陆块中元古界发生绿片岩相和少量角闪岩相变质,成为浅变质基底构造层。扬子陆块萍乡—溁浦—凯里一线以南中元古界普遍褶皱轻微,似乎未固结,仍有较大的活动性。晋宁期末华北陆块、佳木斯陆块、塔柴陆块、扬子陆块、华夏陆块、滇藏陆块相互拼合,结束了原中国陆块形成巨阶段,成为 Rodinia 超大陆的组成部分(图2)。中元古代末—晋宁期原中国陆块形

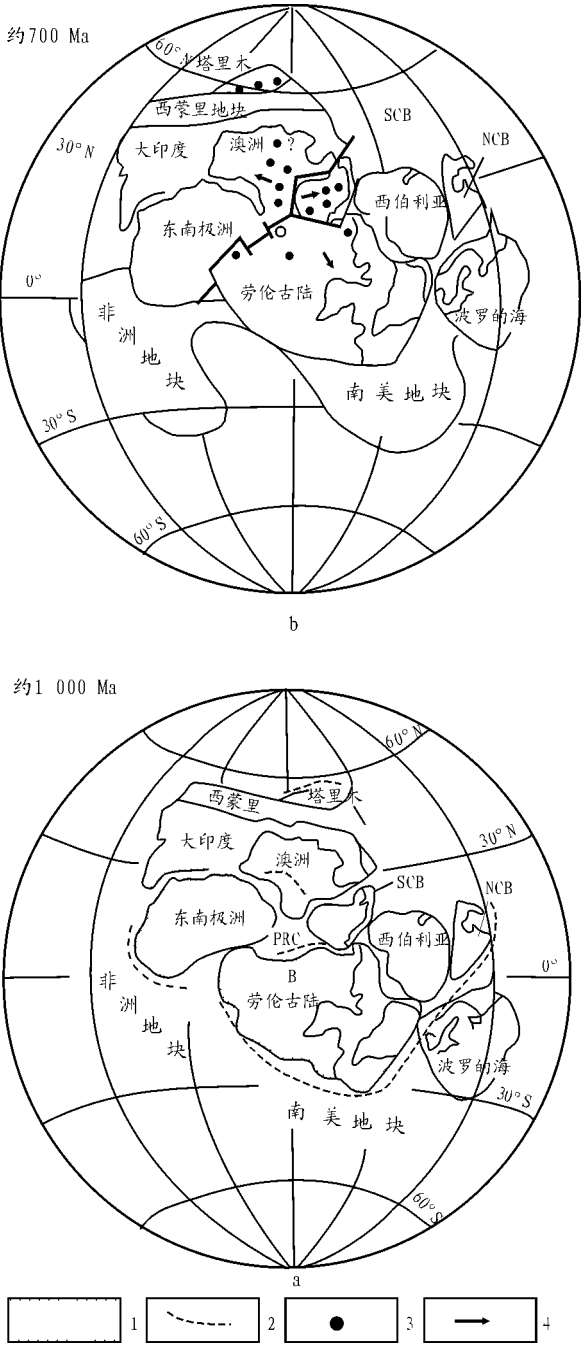


图 1 东亚克拉通 Rodinia 超大陆中的位置及变化^[15]
1. 格伦威尔期活动带;2. 格伦威尔期俯冲带;3. 冰川发生地;
4. 板块运动方向
NCB—华北地块;SCB—华南地块;PRC—普斯特河杂岩;
B—贝尔特盆地
Fig. 1 Location and variation of East Asia Cratons in the Rodinia Super Continent

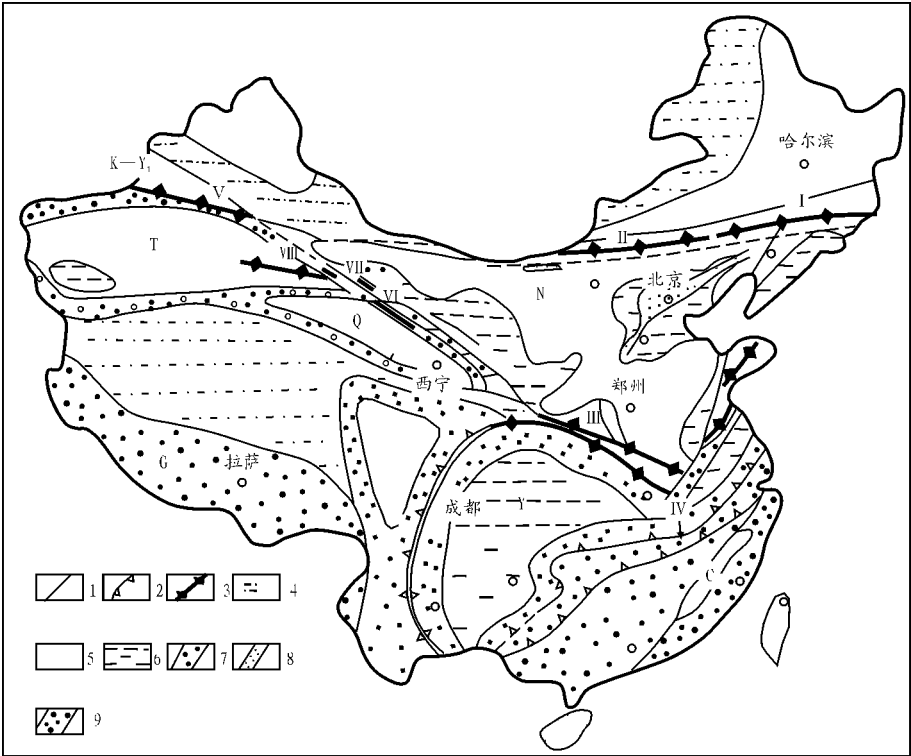


图 2 中国古大陆中 - 晚元古代汇聚、裂解构造示意图^[15]

1. 构造区界线;2. 俯冲带;3. 对接带;4. 洋区;5. 古陆剥蚀区;6. 古陆拗陷带(盆地);7. 中元古代活动带(裂陷槽、裂谷、活动大陆边缘);
8. 新元古代活动带(裂陷槽、裂谷、活动大陆边缘);9. 中新元古代活动带(裂陷槽、裂谷、活动大陆边缘)
N—华北地块;Y—扬子地块;C—华夏地块;T—塔里木地块;Q—柴达木地块;K-Yi—哈萨克斯坦-伊犁地块;G—冈瓦纳古陆
· 华北地块北缘辽北碰撞造山带,含原蛇绿岩套;· 华北北缘白乃庙-温都尔庙碰撞造山带,含温都尔庙蛇绿岩带;· 秦岭-大别碰撞造山带,含松树沟蛇绿岩带;· 华南碰撞造山带,含赣东北蛇绿岩带;· 新疆塔山那拉提碰撞带,含那拉提蛇绿岩带;· 柴达木北缘碰撞带,含达肯达板杂岩、榴辉岩;· 塔里木地块和华北地块碰撞带,含柳园榴辉岩-花岗片麻岩带;· 塔里木雅尔当俯冲碰撞带

Fig. 2 Schematic diagram showing China Palaeocontinent convergence and disintegration during the Meso-Neoproterozoic

成以后,新元古代初进入了复合中国大陆形成巨阶段($<1\,000\text{ Ma}$),在古板块运动体制下,形成中国新元古代—古生代盆地^[48,55]。

4 结论

- 1) 中国古生代盆地基底大地构造演化历经陆核—初始陆块形成,陆块增生扩大,裂谷发育和裂谷闭合 4 个阶段。
- 2) 太古宙($>2\,500\text{ Ma}$)是出现陆核或形成初始陆块的阶段,华北和塔里木是最早出现初始陆块的地区。
- 3) 古元古代($1\,800\sim2\,500\text{ Ma}$)为陆块迅速增生阶段,华北初始陆块地壳进一步迅速增生,更加成熟,塔里木、柴达木发展成为成熟陆块,扬子、华夏形成初始陆块。古元古代末,华北、塔里木、柴达木和扬子陆块经增生,相互联接。
- 4) 中元古代($1\,000\sim1\,800\text{ Ma}$)为裂谷发育阶段。早期在拉张应力作用下,产生呈东西向展布的

南天山陆间裂谷和昆仑—秦岭陆间裂谷以及北东向的若羌—柳园西裂谷,使在古元古代末相互联接的地区重新发生裂解,分裂为华北、塔柴和扬子陆块。

5) 晋宁期末,华北陆块、佳木斯陆块、塔柴陆块、扬子陆块、华夏陆块、滇藏陆块相互拼合,成为 Rodinia 超大陆的组成部分。

6) 新元古代初($<1\,000\text{ Ma}$),在古板块运动体制下,形成中国新元古代—古生代盆地。

构造地质学家**秦德余**教授级高级工程师因患喉癌医治无效,於 2004 年 12 月 14 日 6 时 48 分在江苏无锡第三人民医院不幸逝世,作者谨以此文表示沉痛悼念!

参考文献

1 张渝昌. 中国含油气盆地原型分析[M]. 南京:南京大学出版社, 1997. 1~450
2 武守诚. 中国板块演化与油气盆地[J]. 石油实验地质, 1988, 10(3): 197~212
3 武守诚. 中国板块演化与油气盆地[J]. 石油实验地质, 1988,

- 10(4):325~333
- 4 王鸿祯,刘本培,李思田.中国及邻区大地构造划分和构造发展阶段[A].见:王鸿祯.中国及邻区构造古地理和生物古地理[C].武汉:中国地质大学出版社,1990.3~34
- 5 任纪舜,王作勋,陈炳蔚等.从全球看中国大地构造-中国及邻区大地构造图简要说明[M].北京:地质出版社,2000.1~74
- 6 丘东洲,滨怀玉,王守德.中国晚元古代至三叠纪海相生油岩与生油潜力[J].石油实验地质,1982,4(4):269~278
- 7 柳忠泉,纪晓东,逢建东.在平构造带古生界原生油气勘探前景[J].石油实验地质,1999,21(1):48~52
- 8 郝杰,翟明国.罗迪尼亚超大陆与晋宁运动和震旦系[J].地质科学,2004,39(1):139~152
- 9 王杰,陈践发,窦启龙.华北北部中、上元古界生烃潜力特征研究[J].石油实验地质,2004,26(2):206~212
- 10 邵济安,张履桥,李大明.华北克拉通元古代的三次伸展事件[J].岩石学报,2002,18(2):156~160
- 11 李春昱,王荃.我国北部边陲及邻区的古板块构造与欧亚大陆的形成[A].见:唐克东.中国北方板块构造文集(第一集)[C].沈阳:沈阳地质矿产研究所,1983.3~16
- 12 段吉业.浅析华北板块中元古代—古生代构造格架及其演化[J].现代地质,2002,16(4):331~339
- 13 孟祥化,葛铭.中朝板块旋回层序、事件和形成演化的探索[J].地学前缘,2002,9(3):125~140
- 14 胡谔琴.新疆塔里木北缘首次发现33亿年的岩石[J].科学通报,1992,(7):627~630
- 15 高坪仙.试论中国古大陆中—新元古代汇聚与裂解的地质记录[J].前寒武纪研究进展,1999,22(1):47~54
- 16 高振家.新疆前寒武纪地质[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1984.1~76
- 17 单翔麟.扬子地区古生代盆地基底建造特征[J].石油实验地质,1993,15(4):370~384
- 18 单翔麟.中国南方青白口系的厘定[J].石油实验地质,1993,15(2):146~159
- 19 袁学诚.全球地学断面第21号,北冰洋—欧亚大陆—太平洋地学断面简要说明[M].北京:科学出版社,2001.1~26
- 20 秦德余,高长林,吉让寿.东秦岭地区古洋盆及其两个大陆边缘[A].见:李清波.现代地质学研究文集[C].南京:南京大学出版社,1999,52~63
- 21 水涛,徐步台.中国浙闽变质基底地质[M].北京:科学出版社,1987.1~79
- 22 朱洪发,周浩达.论浙皖赣闽地区早古生代盆地沉积特征及其构造环境[J].石油实验地质,1990,12(2):121~124
- 23 沈渭洲,朱金初.华南基底变质岩石的Sm-Nd同位素及其对花岗岩类物质来源的制约[J].岩石学报,1993,9(2):115~124
- 24 张文治.全球新元古超大陆拼合和裂解及中国大陆所处位置[J].古地磁研究进展,2000,23(3):179~189
- 25 汤耀庆,赵民.中国天山板块构造演化[A].见:肖序常.古中亚复合巨别缝合带南缘构造演化[C].北京:北京科学技术出版社,1991.109~124
- 26 翟明国,郭敬辉,赵太平等.新太古—古元古代华北陆块构造演化的研究进展[J].前寒武纪研究进展,2001,24(1):17~28
- 27 张世红.中、新元古代全球古大陆再造的古地磁研究[J].现代地质,2004(4):222~224
- 28 张抗.鄂尔多斯断块构造和资源[M].西安:陕西科学技术出版社,1989.1~206
- 29 李锦铭.试论新疆东准噶尔古生代板块构造演化[A].见:肖序常,汤耀庆.古中亚复合巨型带南缘造演化[C].北京:北京科学技术出版社,1991.92~108
- 30 何同琦,李茂松.中国新疆古生代地壳演化及成矿[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994.1~156
- 31 康玉柱,叶留生,康志宏等.中国西北地区油气地质特征及资源评价[M].乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1997.1~301
- 32 李锦铭,肖序常.对新疆地壳结构与构造演化几个问题的简要评述[J].地质科学,1999,34(4):406~415
- 33 赵政章.青藏高原石油地质学丛书—青藏高原地层[M].北京:科学出版社,2001.1~185
- 34 黄继钧.羌塘盆地基底构造特征[J].地质学报,2001,75(3):333~337
- 35 肖序常,汤跃庆,冯益民等.新疆北部及邻区大地构造[M].北京:地质出版社,1992.1~10
- 36 王作勋,邬继易,吕喜朝等.天山多旋回构造演化及成矿[M].北京:科学出版社,1990.1~149
- 37 丁道柱,王道轩,刘伟新等.西昆仑造山带与盆地[M].北京:地质出版社,1996.1~198
- 38 唐克东,张允平.内蒙古缝合带的构造演化[A].见:肖序常.古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[C].北京:科学技术出版社,1991.30~54
- 39 刘宝泉,方杰.冀北宽城地区中上元古界、寒武系有机质热演化特征及油源探讨[J].石油实验地质,1989,11(1):16~32
- 40 刘宝泉,蔡冰,方杰.上元古界下马岭组页岩干酪根的油气生成模拟实验[J].石油实验地质,1990,12(2):147~161
- 41 王剑.华南新元古代裂谷盆地演化——兼论与Rodinia解体的关系[M].北京:地质出版社,2000.1~63
- 42 冯增昭.中国南方寒武纪和奥陶纪岩相古地理[M].北京:地质出版社,2001.1~49
- 43 陈彦华,刘莺.中国南方下古生界碳酸盐岩生油岩的成岩方式与烃类初次运移关系探讨[J].石油实验地质,1987,9(2):98~103
- 44 周荔青,张淮.中国海相残留盆地油气成藏系统特征[J].石油实验地质,2002,24(6):483~490
- 45 高长林,叶德燎.中国南方早古生界3类煤的稀土元素特征[J].石油实验地质,1999,21(3):270~274
- 46 张惠民.全球元古宙超大陆及中国主要陆块的位置[J].国外前寒武纪地质,1994,(4):61~70
- 47 颜耀阳.超大陆研究进展[J].国外前寒武纪地质,1996,(3):14~20
- 48 宁正伟.华北地区寒武、奥陶系碳酸盐岩有机质丰度及生油岩研究[J].石油实验地质,1992,14(4):344~351
- 49 张福礼.多旋回与鄂尔多斯盆地石油天然气[J].石油实验地质,2004,26(2):138~143
- 50 高长林,叶德燎,黄泽光.塔里木库鲁克塔格高原洋裂谷与地幔柱[J].石油实验地质,2004,26(2):161~169
- 51 俞凯,郭念发.下扬子区下古生界油气地质条件评价[J].石油实验地质,2001,23(1):41~47
- 52 张渝昌,秦德瑜,丁道桂等.扬子地区古生代盆地构造格架和油气关系的若干初步认识[J].石油实验地质,1989,11(3):205~218

THE TECTONIC STRESS FEATURE AND BASINING DURING YANSHAN STAGE IN THE NORTHWEST OF CHINA

Ji Rangshou, **Qin Devu**

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract : Research on the regional tectonic stress field during the Late Jurassic to the Early Cretaceous and Late Cretaceous to Early Tertiary in the northwest of China shows that the state of stress field to the east of Aerjin Fracture is different from the that to the west of Aerjin Fracture. The principal compressive stress of the regional tectonic stress field is NNE-oriented to the east and near-meridional to the west of Aerjin Fracture during the Late Jurassic to the Early Cretaceous. In Late Cretaceous - Early Tertiary, the regional tectonic stress field to the east of Aerjin Fracture basically carry on the state of previous stress field and the direction of the principal compressive stress to the west of Aerjin Fracture is northwestward. This tectonic stress field feature is consistent with the basin prototype, basin reversal and tectonization forming in the relevant period.

Key words : regional tectonic stress field; basining; Yanshan Stage; the northwest of China

(上接第 558 页)

- 53 黄汲清. 中国大地构造的几个问题[J]. 石油实验地质, 1983, 5(3): 165 ~ 169
- 54 朱 夏. 论中国含油气盆地构造[M]. 北京: 石油工业出版社, 1986. 1 ~ 74
- 55 地质矿产部各省(市、自治区)地质矿产局编著. 上海、山东、山

西、广东、广西、云南、内蒙古、四川、宁夏、江西、江苏(上海)、甘肃、辽宁、安徽、西藏、吉林、河北(北京、天津)、河南、青海、陕西、贵州、浙江、黑龙江、湖北、湖南、福建、新疆各省(市、自治区)地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1984—1993

THE BASEMENT TECTONIC CHARACTERISTICS OF THE PALAEOIC BASIN, CHINA

Gao Changlin, Shan Xianglin, **Qin Devu**

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract : The Archaeozoic Era (> 2 500 Ma) is the stage that the continental nucleus occurs or the proto-continental segment forms. The proto-continental segments firstly occurred in the North of China and Tarim. The Paleoproterozoic (1 800 ~ 2 500 Ma) is the stage that the continental segments rapidly accrete. The North china, Tarim, Qaidam and Yangtze continental segments were connected by accretion in the end of Paleoproterozoic Era. The Mesoproterozoic (1 000 ~ 1 800 Ma) is the stage that the rifts develop. The continental segments which have been connected by accretion in the end of Mesoproterozoic were re-broken up into the North China, Tarim - Qaidam and Yangtze continental segments. In the end of Jinning stage, the North China, Jiamusi, Tarim-Qaidam, Yangtze, Cathaysia and Dian-Zang continental segments integrated each other, becoming a part of Rodinia Super Continent. Beginning from the Neoproterozoic (< 1 000 Ma) to Palaeozoic Era, the Chinese Neoproterozoic-Palaeozoic basins formed under the Palaeo-plate tectonic system.

Key words : Palaeozoic Era; basin; basement; Rodinia Super Continent; China