

论秦岭碰撞造山作用对华北石炭二叠纪 海侵过程的控制

陈世悦

(石油大学勘探系, 东营)

[内容提要] 晚古生代—三叠纪是秦岭造山带主造山作用的碰撞造山期, 其中石炭二叠纪是点接触至面接触碰撞的阶段。华北石炭二叠纪发育有4次较大规模的海侵, 时代分别为 $C_1^1-C_1^{1-1}$, $C_1^{1-2}-C_1^2$, P_1^1 和 P_1^2 。岩相古地理制图及海侵沉积单元空间展布规律的分析结果表明, 海侵来自华北地块南侧的秦岭残余海盆, 且海侵具有由东向西逐渐推进之势。这一海侵过程是受华北地块东低西高的古地理格局及秦岭造山带以小秦岭地区为中心呈双剪刀状反向穿时碰撞造山作用控制的结果。

关键词 碰撞造山作用 海侵 残余海盆 石炭二叠纪 秦岭造山带 华北

华北地块石炭二叠系分布在阴山-燕山造山与秦岭造山带之间(秦岭造山包括秦岭-桐柏-大别造山带和郯庐断裂以东的苏鲁-朝鲜临津江造山带, 后者是被郯庐断裂于中生代的巨大左行平移向北推移到现在的位置^[1], 其间蕴藏着丰富的煤炭、煤层气和天然气资源, 是我国重要的能源基地。由于石炭二叠纪聚煤作用的发育以及聚煤中心的迁移受海侵作用的直接控制, 因此查明当时的海侵方向、海侵规模及其变化, 不仅对指导能源勘探及发现新能源基地具有重要意义, 而且对于从板内沉积建造来研究秦岭造山带主造山期构造演化也有着极为重要的基础理论意义。

1 地质背景

华北石炭二叠纪沉积建造发育于巨型克拉通盆地内, 盆地的形成、发展和演化与华北地块的构造演化及周缘地区的造山作用密切相关, 直接受控于区域大地构造的演化。

华北地块的基底包括太古代结晶基底(3250~2500Ma)和古元古代过渡性基底(2500~1700Ma), 地台型的沉积盖层从中新元古界开始, 即长城系、蓟县系和青白口系(1950~850Ma), 长城系与下伏结晶岩系之间的不整合标志着华北地块的最终形成和固结^[2]。中新元古代华北地块南北两侧发育了规模巨大的裂谷作用, 并在扩张裂谷构造体制基础上, 逐渐转变为以现代板块构造体制为基本特征的板块构造演化阶段。华北地块北缘西起五原以北地区, 东至承德及其以东地区, 有两条近东西向的古裂谷带, 分别沉积了渣尔泰群和白云鄂

① 博士后科学基金资助项目部分成果。

② 本文1997年11月10日收稿。

博群,并在裂谷基础上充分发育演化成为真正的大洋(古亚洲洋)^[3]。而华北地块南缘在中元古代为裂谷与小洋盆并存的构造环境,新元古代则开始成为介于华北与扬子地块间的包括众多陆壳块体的裂谷与小洋盆间列的扩张岛海区,最后集中沿商丹带拉开,形成统一的古秦岭洋^[4]。早古生代早期,华北陆块南北两侧均处于板块的扩张期并发育被动大陆边缘沉积建造,而陆块内部在陆表海环境下形成了以碳酸盐岩为主的稳定型沉积建造。早古生代晚期,华北两侧的大洋板块相向向华北板块之下俯冲,使其转换为具沟-弧-盆系的活动大陆边缘。北侧的俯冲作用从寒武纪末期即已开始,而南侧的俯冲作用开始于中奥陶世。正是由于南北两侧的相向俯冲,使华北地块被抬升,缺失了从中奥陶世至早石炭世早期的地层。

华北石炭二叠纪沉积盆地的发育受其南北两侧造山带造山作用的控制。随着早海西期古亚洲洋向南俯冲,使华北地块北缘抬升,形成新的增生造山带。由于板块间强烈的挤压作用,使得造山带南侧呈现挤压拗陷构造状态,发育后陆盆地,接受了早石炭世晚期至晚石炭世的沉积。此时的南华北地区仍为无同期沉积的构造高地。石炭纪末至早二叠世,华北与秦岭-大别微板块碰撞,在其南缘也形成了挤压拗陷盆地,并由此直接过渡为陆表海盆地。正是由于上述南北两侧挤压碰撞时间的差异导致了板块内部的翘板式构造运动,改变了石炭纪南隆北倾的构造古地理格局,从早二叠世转为北隆南倾的古地理面貌。至晚二叠世,由于两侧进一步挤压抬升,使海水逐步以致完全退出华北地块而转变为陆相沉积。华北石炭二叠纪海侵主要来自秦岭残余海盆,且随时间发展呈现出由东向西的演替;物源区主要是华北北缘的阴山-燕山造山带,地块南缘的先期碰撞地段,如伏牛山等,从早二叠世开始也为盆地提供部分沉积物。

2 地层分布特征

华北地块广泛分布石炭二叠纪地层,与海侵有关的沉积可分为4期。

2.1 早石炭世晚期—晚石炭世早期早时($C_1^2-C_2^{1-1}$)

本期地层分布在皖北萧县、利国、苏北徐州、山东临沂、辽南复县、金县、辽东本溪、辽阳、恒仁、宽甸、吉南浑江、长白县,向东直至延吉市以及朝鲜平南等地,厚30~195m,以辽南发育最好。这套地层分为上下两部分,下部为铁铝质岩及碎屑岩,产有植物化石*Sublepidodendron bicostas* sp. nov. 等12属21种^[5],腕足类化石*Schizophoria resupinata* 等12属18种^[6],孢粉化石*Verrucosporites kaipiensis* Imger 等38属71种^[7],三者相互印证,共同表明为早石炭世晚期地层;上部为碎屑岩夹灰岩,灰岩在徐州—临沂—复州湾一线较发育,尤其是复州湾地区层数最多(6层),累积厚度最大达40m。由此向北的太子河流域仅含1层灰岩,且不稳定。但位于太子河以东的浑江地区含3~4层灰岩,单层厚达6.8m,累积厚大于13m。这套灰岩含丰富的筳类化石,由下向上可建立*Ozawainella aurora*,*Profusulina parva* 和*Eostaffella subsolana* 三个筳带^[8,9]。总之,本期地层的横向分布表现为北厚南薄,碎屑物质北粗南细,灰岩由南向北,由东向西层数减少,厚度减薄的变化规律。

2.2 晚石炭世早期晚时—晚石炭世晚期($C_2^{2-2}-C_2^3$)

本期地层分布在乡宁—陵川—商丘—永城—腾县一线以北的华北中北部地区及辽东、吉南和朝鲜平南等地。岩性为碎屑岩夹灰岩和煤层,地层厚度20~145m。灰岩在浑江地区有4层,各层厚度均不大,本溪地区有5层,以小峪灰岩较厚(达11m),唐山—淄博地区发育4层,其中淄博的徐家庄灰岩厚达12~14m,向西至元氏、阳泉、太原等地为3层,再西至柳林

减至2层,其北部大同仅发育1层。灰岩内含有丰富的筳类化石,由下向上可建立*Fusulina-Fusulinella* 和*Triticites simplex* 两个筳带,其中后者主要发育在山西、内蒙等地,可能与来自板块西缘海水的沟通有关。岩相古地理图表明在郯庐断裂西侧,碳酸盐台地相在唐山—沽化—新汶一线及其以东地区发育;郯庐断裂东侧仅发育在本溪地区。

2.3 早二叠世早期 (P_1^1)

本期地层在全区发育,为碎屑岩夹灰岩和煤层,厚40~200m。沉积中心位于淮北—临沂—淄博一线。灰岩在南部发育,淮南有13层,总厚达43~72m;淮北—徐州一线为10层,总厚约40m;至太原—元氏—淄博一线减至3~5层,总厚约10m;灰岩至准格尔—朔县—应县—曲阳—涿州—北京—柳江一线尖灭;辽南复州湾地区仅发育2层,其北部本溪地区及浑江地区均不含灰岩。这段地层中的灰岩以发育*Pseudoschwagerina-Sphaeroschwagerina* 和*Staffella modellerana* 筳带为特征。岩相古地理图表明,碳酸盐台地相发育在长治—腾县—临沂一线以南地区。

2.4 晚二叠世早期 (P_1^3)

自早二叠世晚期至晚二叠世早期,本区已不发育海相灰岩,但在两淮、河南、冀西南、晋中南等地的上石盒子组中普遍发育2~3层厚度不大(约20~30cm)。分布稳定的硅质海绵岩或硅质泥岩,硅质岩附近的泥岩中多含有*Lingula* sp. 化石,表明本期又出现了一次短暂的海侵活动。

3 海侵活动规律

华北石炭二叠纪陆表海盆地北部沿大同一张家口—兴隆—平泉—南票一线发育边缘相砾岩,表明华北地块北缘在海西运动阶段已经封闭造山,阴山—燕山一线已经成为华北盆地的主要物源区。因此,华北石炭二叠纪陆表海盆地的形成和演化主要与其南侧秦岭造山带的碰撞造山作用密切相关,且后者对前者具有控制作用。应当指出的是加里东运动之后,祁连山成为华北陆块的一部分,祁连山的褶皱导致了华北地块西端的抬升,从而形成西隆东倾的古地理格局,为克拉通盆地首先从东部形成创造了条件。

图1示意地表示了华北石炭二叠纪的海侵方向。早石炭世晚期至晚石炭世早期早时,海侵主

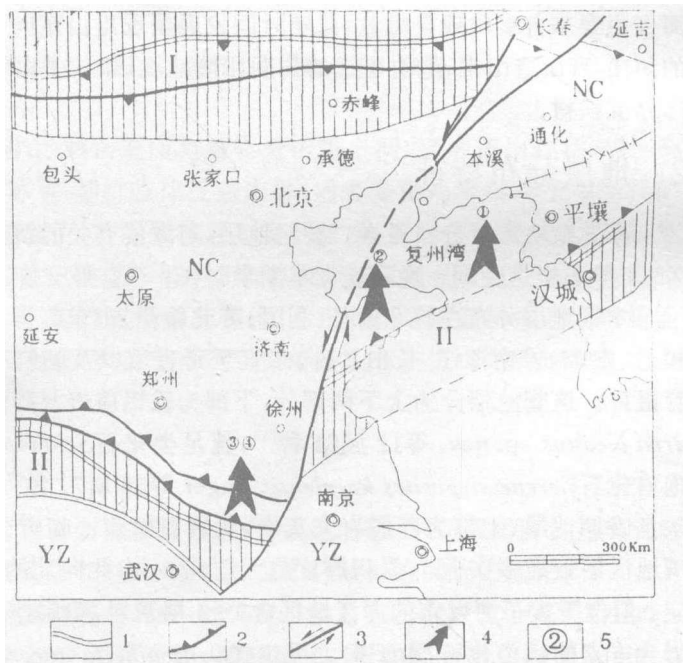


图1 华北地块石炭二叠纪海侵方向示意图

1. 缝合带;2. 逆冲推覆构造;3. 郯庐断裂带;4. 海侵方向;5. 海侵期次;
I. 兴蒙造山带;II. 秦岭造山带;NC. 华北地块;YZ. 扬子地块

Fig. 1 Sketch map showing the transgression direction in the North China block during the Carboniferous and Permian

1=suture zone;2=thrust nappe;3=Tancheng-Luxian fault;
4=transgression direction;5=transgression number;

I=Da Hingganling-Inner Mongol orogenic belt;

II=Qinling orogenic belt;NC=North China block;

YZ=Yangtze block

要发育在辽南及其以东地区,由此向北、向西侵进。向北抵达本溪—浑江一线,从浑江地区比本溪地区灰岩层数多、厚度大推测,该期海侵在复州湾以东地区可能发育更早、规模更大;向西因受古地形控制,分两支分别侵进到淮北涡阳—徐州—临沂和宝坻—唐山地区。这是华北与秦岭—大别微板块首先在其东段点接触碰撞,华北地块南缘拗陷接受沉积作用的地区。

晚石炭世早期晚时至晚石炭世晚期,海侵主要发育在胶北带,由此向北及东西两侧辐射状侵进。由于这一地区大部分没入渤海,使得情况不明,但碳酸盐台地体系发育在郯庐断裂西侧至唐山—沾化—新汶—滕县地区以及郯庐断裂以东的本溪地区则是最好的佐证。这一时期的盆地范围已经发展到华北板块中北部广大地区,向北抵达晋西南乡宁—晋城—商丘—永城—徐州—沂源一线,向西延伸至乌兰格—隆起东缘。以半沟灰岩为代表的海侵向西到达保德—柳林—离石地区,表明了和华北板块内部的海侵是自东向西发展的。但是郯庐断裂以东由本溪至浑江地区,不仅灰岩的层数减少,且厚度显著变薄,表明了海侵是自西向东发展的。上述盆地在华北板块中北部地区发育与华北板块和西伯利亚板块全面陆陆碰撞、隆升造山,在南侧拗陷发育后陆盆地有关。

早二叠世早期,随着华北与秦岭—大别微板块面接触碰撞,华北南缘拗陷由此改变了北低南高的古地形,而成为北高南低、各南倾斜的古地理面貌。因此,该期海侵主要发育在郯庐断裂以西的确山—淮南一线,由此向北侵进,抵达朔县—曲阳—唐山一线。郯庐断裂以东除复州湾地区外,其它地区已不发育海相灰岩,且浑江地区已完全转为陆相沉积建造,表明华北与秦岭—大别微板块的东延部分在东部已经碰撞隆升成山,于山前发育陆相磨拉石建造。

晚二叠世早期,东部地区进一步抬升,但因西部的北秦岭是首先点接触碰撞地区,此时已经隆升成山,因此海侵仍然维持在确山至淮南地区,向北抵达忻州—石家庄—肥城—滕县一线。这次海侵造成了华北中南部地区广泛发育数层厚度不大的硅质岩。至晚二叠世晚期(石千峰期),海水全部撤离华北地块,从而结束了华北地块石炭二叠纪陆表海盆地的演化历史,秦岭造山带也开始了全面的隆起。

4 秦岭碰撞造山作用对华北石炭二叠纪海侵过程的控制

华北与扬子板块(包括秦岭—大别微板块)的碰撞造山过程是一个十分复杂且逐步演化的地质历史过程,特别是伴随着晚古生代东古特提斯洋北侧分支洋的扩张,古勉略有限小洋盆的打开,更加延缓了碰撞造山过程,致使其持续了近150Ma。这一漫长的碰撞造山过程可分为点接触、面接触和全面碰撞造山3个阶段^[10,11],分别发育在中晚泥盆世—石炭纪、二叠纪和早中三叠世。

古板块的边界呈不规则状,当二板块相互接近时,陆块前缘的突出部位便首先接触,由此开始了陆块对接碰撞的造山过程,而在突出边界之间的地区仍继续俯冲,尽管因点接触地区碰撞的影响而使俯冲速率明显减慢。通过对商丹—北淮阳带泥盆—石炭纪地层分布特征、丹凤蛇绿岩特征、构造变形特征及岩浆活动的分析研究,认为沿主缝合带首先发生对接碰撞的地区是商南—镇平一线及桐柏地区,其次是宁陕沙沟—柞水营盘一线,太白山南侧可能也是点接触碰撞的地段^①。另外,郯庐断裂以东的胶北带可能也是首先点接触碰撞的地区。在上述点接触初始碰撞地区之间的地段,如凤州地区、周至黑河地区、商州—丹凤地区、毛坪地

① 张国伟等,1996,秦岭—大别山带与两侧盆地构造演化及耦合机制研究报告,内部资料。

区以及北淮阳地区等则是残余洋盆至残余海盆地,现今保存出露着变质变形的蛇绿岩系和弧前沉积岩系以及类似磨拉石的碎屑岩系或含煤岩系(二峪河组、梅山群等)。这一阶段是造山作用的初期阶段,秦岭微板块与华北板块间的古秦岭洋以及二郎坪弧后边缘海盆地通过残余洋盆进一步演化为陆壳基础上的残余海盆。华北板块南缘总体仍表现为盆-岭相间的古地理格局,盆地在不断萎缩,走向消亡,而造山带在逐步形成。然而,地形分异不大,没有快速的造山带隆升。至石炭纪末,华北地块南缘的盆地已基本消亡,仅在北淮阳段可能还维持有残余海盆地。这一时期华北地块上的海侵主要发育在郯庐断裂以东地区,海侵来自苏鲁-临津江一线的残余海盆。该期海侵与华北地块西隆东倾的构造古地理格局以及碰撞造山作用首先从郯庐断裂以东的胶北段开始密切相关。

石炭纪末—二叠纪初,秦岭-大别微板块与华北地块沿商丹-北淮阳主缝合带的造山作用进入了面接触碰撞阶段。这一转换的根本标志是在华北地块南部紧邻北秦岭构造带形成沉积盆地,并成为二叠纪华北陆表海盆地的沉积中心。也就是说,华北地块发生了北升南降的“翘板式”构造运动,沉积中心由晚石炭世位于华北北部的太原—大城—唐山一线向南迁移至华北南部的郑州—商丘—徐州一线以南地区,使华北地块南部的二叠纪地层直接超覆在下伏寒武—奥陶系之上,海水改由两淮地区向华北腹地侵入。这一构造古地理格局和克拉通盆地结构的重大改变与秦岭造山带碰撞造山作用的进一步加剧密切相关。在面接触碰撞阶段,尤其是早中二叠世,北秦岭段和北淮阳段具有明显不同的造山响应:西部隆升成山;而东部则依然维持残余海盆地至水下隆起,在早二叠世接受了厚度巨大的碎屑岩与碳酸盐岩沉积,并由残余盆地或残余弧后边缘海盆地向华北地块内部逐渐过渡为陆表海盆地(图2)。

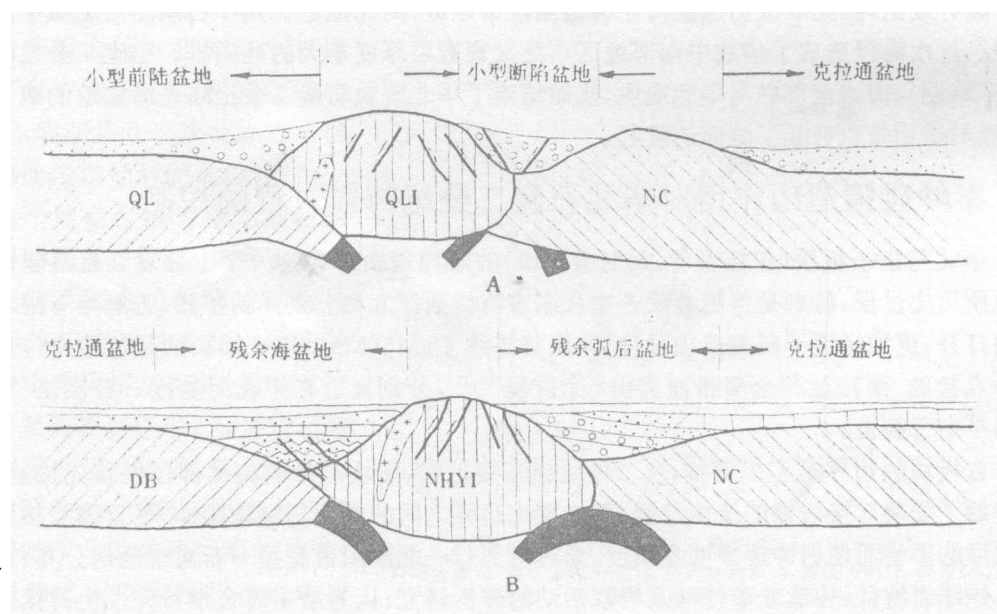


图2 华北地块南缘二叠纪盆山关系示意图

A. 东秦岭-渭北剖面; B. 北淮阳-淮南剖面; QL, 秦岭地块; NC, 华北地块; DB, 大别地块; QLI, 秦岭岛弧; NHYI, 北淮阳岛弧

Fig. 2 Simplified diagram showing the basin-range relationship on the southern margin of the North China block during Permian time

A = East Qinling-North Weihe section; B = North Huaiyang-Huainan section; QL = Qinling block; NC = North China block; DB = Dabie block; QLI = Qinling island arc; NHYI = North Huaiyang island

造成北秦岭-北淮阳带东西构造分异的原因可能有三方面:其一是东古特提斯构造的扩张作用是自西向东发展的,西部的秦岭微板块向北游离的速度较快,由此在板块结合带产生了较强的挤压应力,并逐渐向板内传递;其二是秦岭-大别微板块和华北板块分别以顺时针和逆时针方向旋转,强挤压状态从镇平-商南一线逐步向西推进,复合叠加在自南而北的挤压应力之上,而东部北淮阳带两侧板块却具有反向转动趋势,由此产生的不是挤压,反而是扩张作用;其三是鄂尔多斯早前寒武纪基底是一个统一地体,具有较强的刚性,不易挤压拗陷,面接触碰撞阶段的变形主要发育在陆缘活动带;而北淮阳带北侧登封群、霍丘群和五河群等晚太古宙基底可能是由不同地块拼贴而成^[12],相对西部鄂尔多斯早前寒武纪基底具有一定的活动性,在碰撞造山过程中相对易于形成拗陷。由于上述三个方面因素的相互作用,叠加复合,促使北秦岭处于较强的挤压状态,逐渐隆升成山,并发育断陷盆地,而北淮阳带于早二叠世仍为残余盆地,并逐渐向北过渡为克拉通盆地。至中二叠世,北淮阳带及其北侧的这种盆地格局逐步消失,随着碰撞挤压作用的加剧而逐渐隆升,使华北海水退出,陆表海盆地消失,至晚二叠世已基本转为陆相盆地,南侧隆起成山。

5 结论

(1)华北石炭二叠纪陆表海盆地的形成与演化受其南北两侧造山带造山作用控制。当时北侧兴蒙造山带已经封闭,阴山-燕山造山带已经隆升成山,成为华北陆表海盆地的物源区;而南侧秦岭造山带则进入由点接触至面接触碰撞的阶段,残余洋壳逐步消减殆尽,转化为陆壳基础上的残余海盆,成为华北陆表海盆地海侵的来源。

(2)受秦岭造山带主造山期碰撞造山作用控制,华北石炭二叠纪陆表海盆地的形成与演化具有由东向西逐步发展,海侵方向由东向西逐步推进的变化规律。早石炭世晚期至晚石炭世早期早时的海侵发育在辽南及其以东地区。晚石炭世早期晚时至晚石炭世晚期的海侵发育在胶北带,并由此向北及东西两侧辐射状侵进。早二叠世早期的海侵发育在郯庐断裂以西的确山-淮南一线,郯庐断裂以东已经开始隆升成山,残余海盆消失。晚二叠世早期的海侵也是发育在确山至淮南地区,但其东西两侧均已隆升成山。至晚二叠世晚期,海水全部撤离华北板块,秦岭造山带开始全面隆升成山。

参 考 文 献

- 1 徐嘉炜、马国锋. 郑庐断裂带研究的十年回顾. 地质论评, 1992 第38卷, 第4期, 316~324
- 2 邢裕盛、刘桂芝、乔秀夫等. 中国的上寒武系, 中国地层 I, 《中国地层概论》. 北京: 地质出版社, 1982
- 3 王荃、刘雪亚、李锦轶. 中国华厦与安加拉古陆间的板块构造. 北京: 北京大学出版社, 1991
- 4 张国伟、周鼎武、于在平等. 秦岭造山带岩石圈组成、结构和演化特点, 秦岭造山带学术讨论会论文选集. 西安: 西北大学出版社, 1991, 121~138
- 5 米家榕、孙克勤、金建华. 辽宁本溪早石炭世植物化石. 长春地质学院学报, 1990, 第4期, 361~368
- 6 刘发. 辽宁本溪地区本溪组下部腕足类化石的发现及其意义. 长春地质学院学报, 1987, 第2期, 121~129
- 7 高联达、范国清. 辽东地区早石炭世晚期孢子花粉的发现及其地层意义. 中国区域地质, 1995, 第3期, 269~271
- 8 盛金章. 太子河流域本溪统的笔石. 中国古生物志, 新乙种, 1958, 7号, 1~53
- 9 芮琳. 江苏贾汪煤田泉旺头灰岩的笔石. 古生物学报, 1983, 第2期, 170~178
- 10 Zhang Guowei et al. Orogenesis and Dynamics of the Qinling Orogeny, Science in China(D), 1996, 3, 225~234
- 11 张国伟、张宗清、董云朋. 秦岭造山带主要构造岩石地层单元的构造性质及其大地构造意义. 岩石学报, 1995, 第11卷, 第2期, 101~114
- 12 欧阳自远、张福勤、林文祝等. 华北克拉通基底构造格架及形成模式. 科学通报, 1995, 第40卷, 第8期, 734~736

The controls of the collisional orogenesis in the Qinling Mountains on the Carboniferous—Permian transgressional processes in North China

Chen Shiyue

Department of Exploration, China University of Petroleum, Dongying

ABSTRACT

The Late Palaeozoic—Triassic is the collisional orogenic period of the major orogenesis in the Qinling orogenic belt, where the collisional orogenesis operated in the forms of point contact and plane contact during the Carboniferous—Permian when four phases of large-scale transgressions once occurred in North China, including $C_1^2 - C_2^{1-1}$, $C_2^{1-2} - C_2^2$, P_1^1 and P_1^2 , respectively. The research of sedimentary facies and palaeogeographic mapping and spatial distribution of the transgressional depositional units indicate that the transgressions originated in the Qinling residual sea basin south of the North China block, and progressively prograded from east to west. These transgressional processes are generally governed by both the palaeogeographic framework of the North China block being higher in the west and lower in the east, and shear reverse diachronous collisional orogenesis centred by the Xiaoqinling region within the Qinling orogenic belt.

Key words: collisional orogenesis, transgression, residual sea basin, Carboniferous—Permian, Qinling orogenic belt, North China