

塔里木板块早—中二叠世玄武质 岩浆作用的沉积响应

陈汉林¹ 杨树锋¹ 王清华^{1,2} 罗俊成² 贾承造³

魏国齐³ 厉子龙¹ 何光玉¹ 胡安平¹

(1. 浙江大学理学院地球科学系, 浙江 杭州 310027; 2. 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司, 新疆 库尔勒 841000; 3. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100087)

摘要:塔里木板块内部发育了大量由早—中二叠世板内岩浆作用所形成的、以玄武岩类为主的基性岩浆岩,包括玄武岩、辉绿岩、玄武安山岩等,残余分布面积约 20 万 km²。而二叠纪时期是塔里木板块演化过程中一个非常重要的转折时期,从早二叠世晚期开始塔里木板块结束了海相沉积,进入了陆相沉积阶段。通过对塔里木板块的岩浆作用特征和石炭纪—二叠纪沉积相的分析,笔者讨论了这一大规模的岩浆作用对板块晚石炭世—二叠纪的沉积作用所起的控制作用,提出了塔里木板块早—中二叠世巨量玄武质岩浆作用的沉积响应过程模式。

关键词:塔里木板块;早—中二叠世;玄武质岩浆作用;沉积作用;沉积响应模式

中图分类号:P534.46 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3657(2006)03-0545-08

被天山造山带、昆仑造山带和阿尔金山带所围绕的塔里木板块是中国境内的三大主要板块之一,在中亚大地构造的演化过程中具有十分重要的位置;而且位于塔里木板块内部的塔里木盆地是中国最大的含油气盆地,具有丰富的石油和天然气资源,是中国油气资源的战略接替区。塔里木板块内部发育了大量由早—中二叠世板内岩浆作用所形成的、以玄武岩类为主的基性岩浆岩,包括玄武岩、辉绿岩、玄武安山岩等^[1-4],残余分布面积约 20 万 km²(图 1)^[5],厚度几十米至几百米,规模与峨眉山玄武岩(25 万 km²)处于同一量级。基性岩浆岩不仅在板块内(巴楚)和周边(阿克苏、柯坪和库鲁克塔格)的露头区都有大量二叠纪玄武岩类出露,而且在盆地内部的石油钻井和地球物理探测中都有揭示。

与此同时,二叠纪是塔里木板块演化过程中一个非常重要的转折时期,从早二叠世晚期开始塔里木板块结束了海相沉积,进入了陆相沉积阶段。早—中二叠世玄武质岩浆作用与塔里木板块沉积演化的变化在时间上存在互相关联性。从大陆动力学的研究发现,如此大规模的玄武质岩浆作用必然对

板块的沉积演化起到一定的控制作用,并且蕴含着丰富的大陆动力学过程的信息。笔者将重点讨论塔里木板块石炭纪—二叠纪的沉积特征及玄武质岩浆作用对沉积的控制作用。

1 塔里木板块早—中二叠世玄武质岩浆作用发育特征

塔里木板块早—中二叠世玄武质岩浆作用所形成的基性岩浆岩主要包括玄武岩、辉绿岩、玄武安山岩等,其中以玄武岩和辉绿岩最为发育。

玄武岩为分布最为广泛的岩石,在野外露头(塔西南、柯坪及其巴楚地区)、地震剖面和钻井中广为揭示,其中以柯坪地区的库普库兹满组和开派兹雷克组玄武岩最为典型。柯坪东南部中二叠世的库普库兹满组和开派兹雷克组中出露了两套基性火山岩与沉积岩组合(图 2),保留最完整的地区共有 8 层基性火山岩,基性火山岩都顺层产出。这两套基性火山岩主要为黑色、暗绿色杏仁状、气孔状玄武岩、橄榄玄武岩、玻基玄武岩、粗玄岩等。在玄武岩的夹层中往往发育有

收稿日期:2006-05-10;改回日期:2006-05-27

基金项目:国家自然科学基金(40472120)和国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409801)资助。

作者简介:陈汉林,男,1964 年生,教授,博士生导师,从事造山带与盆地构造和冲断带构造建模研究;E-mail:hlchen@zju.edu.cn。

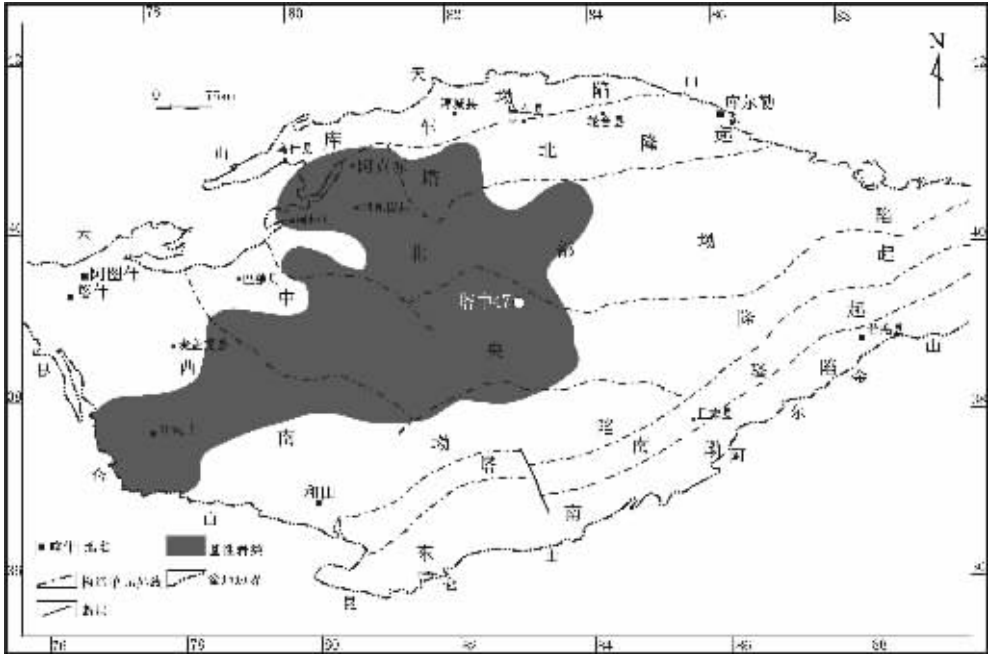


图 1 塔里木板块早—中二叠世基性岩类分布图(依据露头分布、钻井和航磁异常资料)

Fig. 1 Map showing the distribution of Early to Middle Permian basic igneous rocks in the Tarim plate (based on the data of outcrop distribution, drilling wells and aeromagnetic anomalies)

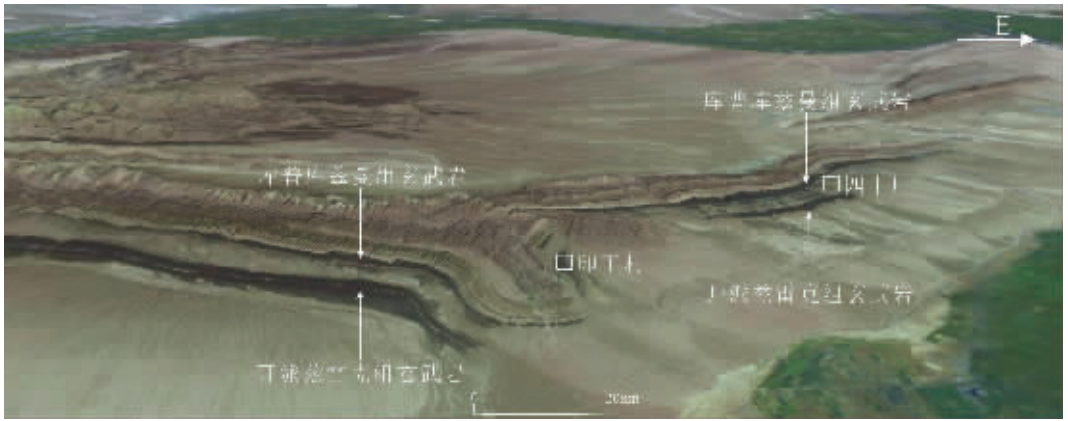


图 2 柯坪地区早—中二叠世基性火山岩出露的遥感影像

Fig. 2 Remote sensing image of Early to Middle Permian basic volcanic rocks in the Kalpin area

灰、灰绿色凝灰岩。

柯坪地区的第一套基性火山岩出露在中二叠统库普库兹满组中(图3)。该火山岩分布较广,在沙井子、四十厂、开派兹雷克、库普库兹满、音干村西南、阿恰硫磺矿都有出露。可以分为上下两层,第一层为黑色普通玄武岩、橄榄玄武岩、杏

仁状玄武岩,在四十厂剖面的厚度为 46.4m;第二层为黑色层状玄武岩、杏仁状玄武岩和角砾状凝灰岩,在四十厂剖面的厚度为 86.5m。第二套基性火山岩(上玄武岩层)仅在开派兹雷克地区和印干村西南地区有广泛分布,主要为玄武岩、玄武质火山角砾岩、角砾状凝灰岩及杂色细碎屑岩组成。在



图 3 四石厂剖面第一套基性火山岩剖面

Fig. 3 Cross section of Early to Middle Permian basic volcanic rocks in the Sishichang area

印干村西南地区共出露 6 层,基性火山岩的累积厚度达 467.7 m。

除了露头区发现有大量基性火山岩外,在盆地内部的阿瓦提拗陷、满加尔拗陷、塔中隆起、巴楚隆起、麦盖提斜坡钻遇下—中二叠统的钻井及塔北隆起上部钻遇早—中二叠统的钻井都发育有基性火山岩。图 4 为塔中地区塔中 47 井钻井柱状图。

玄武岩的 K-Ar 同位素年代为 278.0 Ma, $^{39}\text{Ar}-^{40}\text{Ar}$ 年代的主坪年龄为 $(278.5\pm 1.4)\text{Ma}$ ^[9]。并从库普库兹曼组 and 开派兹雷克组的古生物特征看,库普库兹曼组产介形类 *Whiphlella-Darwinula* 组合,大植物化石 *Autunia conferta-Pecopteris-Cordaite* 组合和 *Dichophyllum flabellifera* 组合,时代为中二叠世早期,属于中二叠统栖霞界—祥播界;开派兹雷克组产大化石 *Autunia conferta-Pecopteris-Cordaite* 组合、*Dichophyllum flabellifera* 组合和 *Sphenophyllum verticillatum-“Noeggerathiopsis” subangusta* 组合,时代为中二叠世晚期,对应的年代地层是中二叠统祥播界—冷垵界;塔西南的棋盘组,产腕足类 *Liraplecta aspera-Choristites tarimensis* 组合、*Potonieisporites-Vestigisporites* (PV) 孢粉组合,时代为中二叠世早期,对应的年代地层为中二叠统栖霞组^①。因此,玄武岩的发育时代为早二叠世晚期—中二叠世。

辉绿岩也是板块内部最为发育的一类基性岩类。在塔里木板块的中西部地区发育了大规模的辉绿岩岩墙,这些岩墙走向为 NW-NNW,倾角较陡,一般都在 60°以上,两壁平直,宽度为几十厘米至几米不等,主要穿插的地层为下二叠统及其以前的地层。巴楚地区是地表出露岩墙最多的地区,

密度相当大,在密集的地区每隔 1~2 m 就有一条岩墙发育(图 5)。巴楚地区的辉绿岩岩墙从产状上可以分为三组:第一组的走向为 350°~360°,近直立;第二组的走向为 310°左右,近直立;第三组的产状近水平,顺层产出。在巴楚地区,除了发育辉绿岩岩墙外,还发育有超基性和中酸性岩墙,这两种岩墙与辉绿岩岩墙一起产出,且相互平行。

用钻井、测井和地震资料的分析发现塔里木板块早—中二叠世玄武质岩浆作用形成的基性岩类分布广泛,不仅在满加尔拗陷西段和塔北隆起西段上有分布,而且在塔中隆起、巴楚隆起和塔西南拗陷都有分布。其残余分布的北界为阿克苏—羊塔 6 井—英买 1 井—跃南 1 井—羊屋 1 井,南界西段在昆仑山前,中、东段为玛参 1 井—南一塘参 1 井,西界为莎车—巴 1 井—柯坪南面的夏河黑山头剖面—乌什库鲁剖面东,东界为哈德 7 井—塔中 33 井—塔参 1 井,几乎涵盖半个塔里木盆地,面积约 200 000 km²(图 1)。

早—中二叠世基性岩类的残余分布共有 7 个厚度中心,分别是:位于柯坪断隆上阿克苏四石厂剖面—柯坪印干村剖面厚度中心,走向北东,最大厚度 780 m;位于塔北隆起上的英买 5 井厚度中心,走向南北,最大厚度 372 m;位于满加尔拗陷的满西 2 井厚度中心,走向北东,最大厚度 442.5 m;位于满加尔拗陷的哈德 5 井厚度中心,走向北东,最大厚度 207.1 m;位于巴楚隆起北侧的和 4 井厚度中心,走向近东西,最大厚度 478.5 m;位于巴楚隆起南侧的山 1 井—山 2 井厚度中心,走向近东西,最大厚度 442.9 m;位于塔中隆起上的塔中 22 井厚度中心,走向北西,最大厚度达 548.9 m。

根据陈汉林等^[9]、杨树锋等^[5]的研究发现玄武岩和辉绿

① 王智斌,张师本,杜品德,等.塔里木油气区石炭—二叠系划分对比、古环境研究及其含油气远景评价.中国石油天然气股份有限公司“十五”重点科技攻关项目报告,2003.

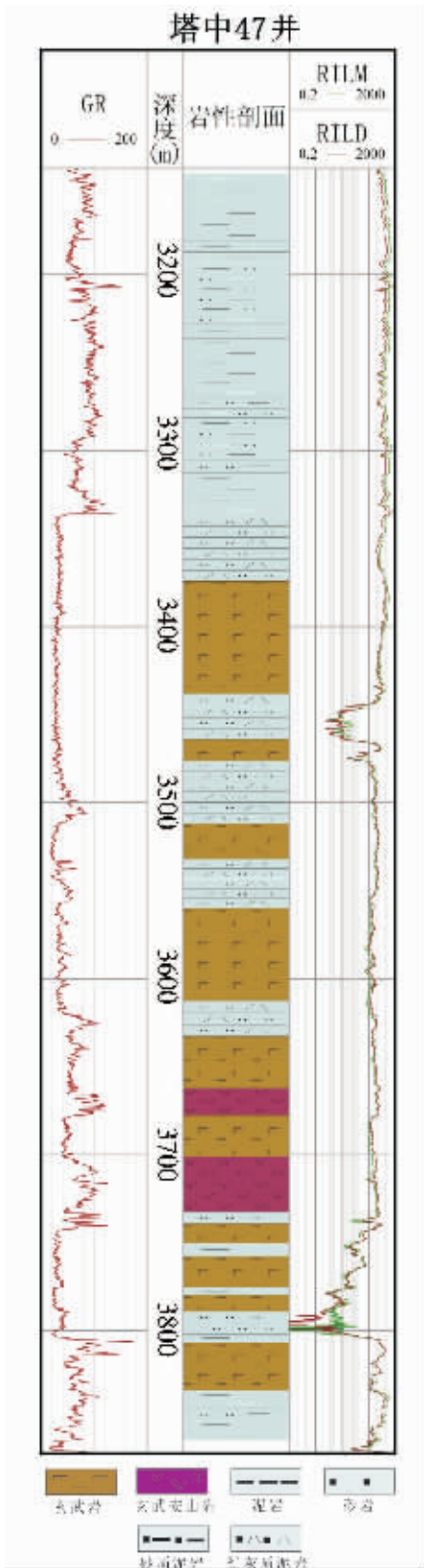


图4 塔中地区井钻井柱状图(井位见图1)

Fig. 4 Columnar diagram of well TZ47 in the central Tarim area (see Fig. 1 for the well site)

岩的 SiO_2 含量平均值为 49.05%, $\text{TiO}_2 > 2\%$, $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} < 5\%$ 。在硅—碱图解中, 投影点在碱性系列玄武岩区和亚碱性系列玄武岩区各占一半, 属于亚碱性向碱性系列过渡的岩石系列。基性岩的微量元素贫 Cr、Ni、Cu, 而 Ti、Zn、Li、Be、Ba、Nb、Y、Yb 相对富集; 玄武岩微量元素经洋中脊玄武岩 (MORB) 标准化后的分配形式呈特征的驼峰状; 在 Ti/Y-Nb/Y 等图解中都落在板内玄武岩区; 说明它们形成于大陆板内的构造环境。

2 塔里木板块石炭纪—二叠纪的沉积学特征

石炭纪—二叠纪是塔里木板块内部沉积演化的重要时期, 特别是早二叠世晚期开始塔里木板块结束了海相沉积, 进入了陆相沉积阶段。

石炭纪是塔里木板块重要的海侵期。这一海侵期可能开始于泥盆纪末期, 早石炭世岩关期中期海侵达到最大, 板块内形成一套碳酸盐台地沉积, 沉积厚度一般在 30~50 m。板块北部一带由于受物源区的影响(图 6-A), 在板块内广泛沉积灰岩的同时, 塔北地区出现混积滨岸和碎屑滨岸沉积相区, 其中混积滨岸相区分布于东河塘—哈拉哈塘地区及草湖地区, 沉积物以碎屑岩和碳酸盐岩互层沉积为主; 而碎屑滨岸相区主要分布于哈得逊及以北地区, 沉积物以砂岩为主。到了晚石炭世早期, 塔北等地受周围造山带的影响, 陆源碎屑大量增加, 东部和南部为三角洲相带, 中部的半局限泻湖亚相带和西北部的半局限台地亚相带。这一时期的三角洲相带非常发育, 大约占据该层序分布范围的“半壁江山”, 大致展布于满参 1 井—塔中 11 井—巴东 2 井—古董 2 井一线以南。到了晚石炭世晚期, 随着海平面的再次上升, 海水由西向东迅速涌入平坦的塔东地区, 结果在板块广大地区沉积了一套碳酸盐岩, 这一时期的沉积相带主要由开阔台地亚相、半局限台地亚相以及混积滨岸相带构成(图 6-B)。

早二叠世开始, 塔里木板块沉积厚度最大的区域在塔西南地区。主要为—套开阔台地—湖坪、潟湖相沉积, 沉积厚度 600~1400 m, 沉积中心分别位于叶城和曲 1 井—苏巴什以西地区, 最大沉积厚度分别为 1400 m 和 1200 m。总体具有从南向北西沉积厚度逐渐增大的特征。据野外地质调查发现, 柯坪苏巴什地区和塔西南地区下二叠统下部主要为—套厚层灰岩, 而中部为—套海相砂泥岩夹生物灰岩、泥灰岩、玄武岩, 上部主要为—套河湖相红色及杂色碎屑岩。上述特点反映了塔西南地区由下二叠统下部开阔台地相沉积向下二叠统上部海陆交互相沉积过渡, 早二叠世末海水全部退出塔里木板块。

中二叠世时期, 塔里木板块的主体部位结束了海相沉积, 主要为陆相河湖沉积。曲流河沉积范围广, 以砂泥岩为主。砂岩为细砂岩、粉砂岩; 具交错层理泥岩呈紫红色和灰色。沉积物的粒度由西向东逐渐变粗, 东部主要为砾岩、砾状砂岩等(图 6-C)。在塔里木板块西北部的开派兹雷克一带的中二叠世火山岩系内部发育有劣质煤层、碳质页岩和淡水双



图 5 塔里木板块巴楚地区早—中二叠世辉绿岩岩墙
Fig. 5 Early to Middle Permian diabase dikes in the Bachu area in the Tarim plate

壳类化石,表明该期具有洪冲积物和淡水湖沼沉积物的特点。在满加尔凹陷,沉积了湖相环境中发育的棕褐色砂质泥岩夹灰色粉砂岩和砂岩。塔中隆起的钻探表明,该时期的沉积为冲积平原和泛滥平原环境,发育有灰白色、褐色、深灰色砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩等;砂岩内部往往还夹有深灰色泥岩、黑色碳质页岩等。在中二叠世的沉积相图中还可以发现早—中二叠世岩墙群、侵入岩体最为发育的巴楚地区此时已抬升较高,成为剥蚀区。

在晚二叠世,地貌格局仍旧保持了东高西低的特点,主要接受了一套粗碎屑冲积物和湖泊沉积。此时气候湿润,雨量丰富,板块内河流发育,分别注入各个孤立的湖沼之中。至晚二叠世中期,由于该期的水进而发展成为较大的淡水湖泊,湖泊中心可能位于和田地区,围绕湖泊中心相带依次为半深湖—浅湖—滨湖—曲流河—辫状河—冲积扇。塔中隆起西段的钻井剖面揭示,该时期的灰色、深灰色湖相泥岩中含有较多的淡水湖生物群落化石,为滨湖沉积;而低部位可能会出现浅湖或半深湖环境的沉积物(图 6-D)。

总之,塔里木板块早石炭世为滨浅海相碎屑岩、碳酸盐岩及蒸发岩混合沉积;晚石炭世为海陆交互相和滨浅海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积;早二叠世早期为海相和海陆交互相沉积;从早二叠世晚期开始主要为陆相碎屑岩沉积,同时伴随有岩浆侵入与喷发;到晚二叠世,整个板块为陆相河流与湖泊沉积所覆盖。

3 玄武质岩浆作用对板块沉积的控制

通过上述的塔里木板块晚古生代沉积学特征分析,从早

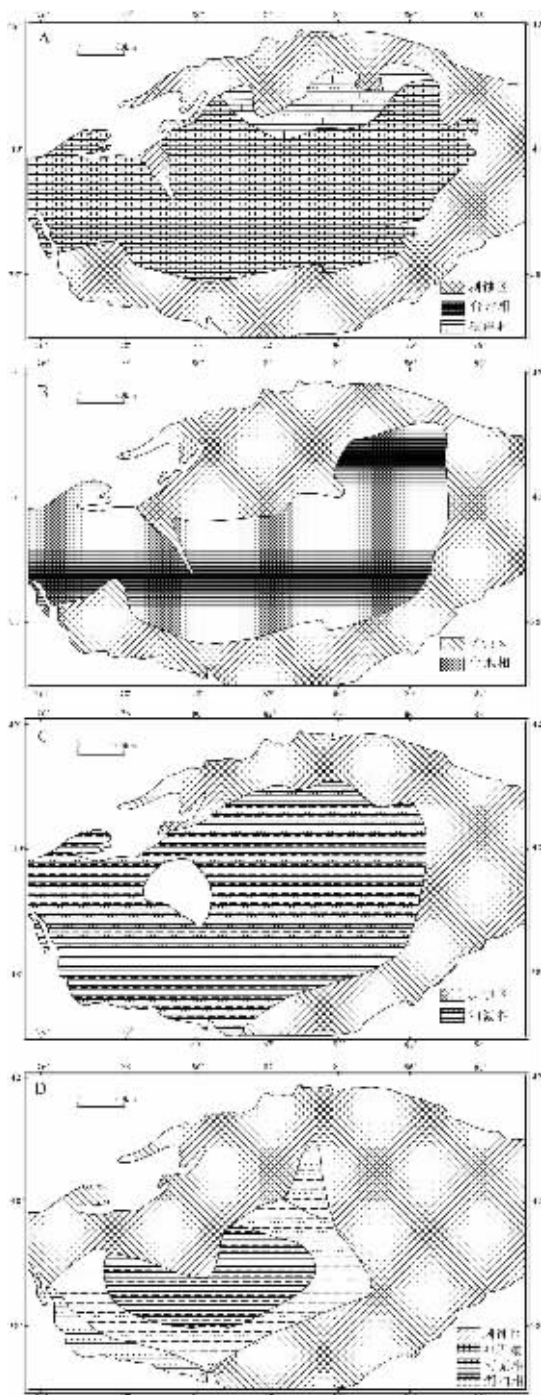


图 6 塔里木板块石炭纪—二叠纪沉积相图(据王智斌等^①修改)
A—早石炭世沉积相图;B—晚石炭世沉积相图;
C—中二叠世沉积相图,D—晚二叠世沉积相图

Fig. 6 Carboniferous to Permian sedimentary facies in the Tarim plate (modified from Wang Zhibing et al^①)
A—Early Carboniferous sedimentary facies; B—Late Carboniferous sedimentary facies; C—Middle Permian sedimentary facies; D—Late Permian sedimentary facies

① 王智斌,张师本,杜品德,等.塔里木油气区石炭—二叠系划分对比、古环境研究及其含油气远景评价.中国石油天然气股份有限公司“十五”重点科技攻关项目报告,2003.

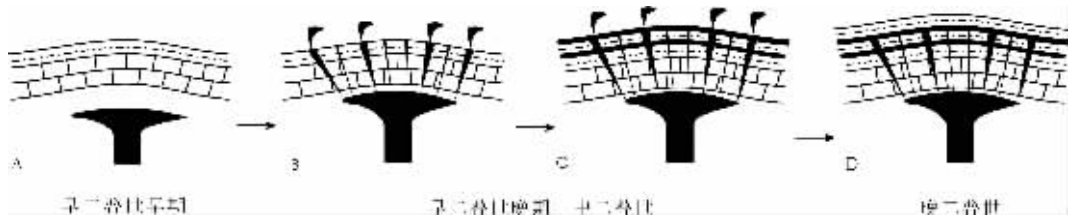


图7 塔里木板块早—中二叠世玄武质岩浆作用与沉积响应模式

Fig. 7 Relation model between basic magmatism and sedimentation in the Tarim plate during the Early and Middle Permian

二叠世晚期开始,由于板块的抬升,海水自东向西退缩。中二叠统的沉积以湖泊、河流相等陆相为主。板块内部的绝大多数地区中二叠统以红、棕红、灰、灰绿色泥岩及粉砂岩等的碎屑岩为主,并夹有砾岩、砂岩、火山岩等,偶夹有煤层和石膏层,沉积厚度为几百至1500m。砂岩成熟度低,为一种分选性差,磨圆度差,属于以山麓堆积相、河流堆积相、湖泊三角洲相、湖泥相为代表的类磨拉石建造。

塔里木板块大规模的早—中二叠世玄武质岩浆作用在整个塔里木板块的普遍发育,玄武岩岩石地球化学研究表明它们形成于板内环境,指示了板块处于区域性伸展环境^[35]。早—中二叠世玄武质岩浆作用与晚石炭世—二叠纪时期沉积作用的变化在时期上有很好的匹配性,同时岩浆作用最强烈的巴楚地区与中二叠世抬升最高的地区相对应,该区在中二叠世的沉积相平面图上为剥蚀区(图6-C)。因此,笔者认为塔里木板块晚石炭世—二叠纪时期沉积特征的变化与早—中二叠世玄武质岩浆作用存在着密切的联系。

但是,这一代表构造伸展作用下形成的玄武质岩浆作用并未在塔里木板块形成强烈断陷,而是引起地壳隆起,导致板块内部海水的退出和陆相环境的形成。这一现象说明了玄武质岩浆作用是由深部热动力过程所控制的,即是一种主动过程。上部地壳的伸展、广泛的岩浆活动以及沉积物由海相向陆相的转变与地球深部物质的上涌有关;而不是由区域性岩石圈的拉张所导致,即被动过程。主动伸展作用与被动伸展作用的区别在于,被动伸展作用是在区域性地壳或岩石圈水平伸展作用下发生的,深部的岩浆由于岩石圈伸展减薄而发生部分熔融,深部物质处于被动上升状态,所以岩浆作用常在强烈的裂陷作用之后表现出来。塔里木板块早—中二叠世玄武质岩浆作用形成的基性岩类是在板块的海相沉积结束之后,与二叠纪最早的陆相类磨拉石沉积共生在一起,塔里木板块的伸展作用是主动作用的过程;而这些岩浆岩和沉积岩都是板块伸展作用早期阶段的产物。

从区域上看,在东特提斯北缘地区发育了大量的早二叠世到晚二叠世的板内岩浆作用形成的基性岩类。除了塔里木

板块和扬子板块西缘的峨眉山玄武岩以外,在吐哈盆地及其周缘、红柳河地区、北山地区等都发现了早二叠世板内玄武岩^[6-7]。关于峨眉山玄武岩,很多学者认为它是与地幔柱有关的大陆溢流玄武岩^[8-12]。对于红柳河地区的早二叠世玄武岩,赵泽辉等^[7]认为它们属于板内玄武岩,其岩浆主要源于亏损地幔(DM)和富集地幔(EM)组分的混合。而邢秀娟等^[14]认为吐哈盆地及其周围的早二叠世火山岩为造山期后伸展背景下裂谷环境的产物。这一大范围的、同时期的板内岩浆作用可能与该区的地幔柱活动有关。

综合以上的分析,塔里木板块早—中二叠世玄武质岩浆作用过程与沉积作用的响应可以通过以下过程来进行描述。在晚石炭世晚期—早二叠世早期,塔里木板块及其邻区来自地球深部的地幔柱源的岩浆上升时导致塔里木板块的地壳抬升,海水逐渐向西退出,沉积从海相向陆相过渡(图7-A)。早二叠世晚期,由于岩石圈上隆的作用力超过了岩石圈的挠曲强度,造成岩石圈破裂,发生大规模的岩浆作用和相应的伸展背景下的类磨拉石沉积(图7-B、7-C)。晚二叠世早期,由于塔里木板块与中天山岛弧的强烈碰撞,导致了塔里木板块北部的前陆变形和前陆盆地的发育,同时也导致了塔里木板块内部的伸展作用的停止(图7-D)。

4 结 论

塔里木板块早—中二叠世玄武质岩浆作用与板块晚石炭世—二叠纪的沉积环境变迁在时间上有很好的匹配性、在空间上有很好的 consistency(即岩浆作用强烈活动中心与沉积剥蚀区相一致),岩浆作用对沉积作用具有明显的控制作用,是来自地球深部的地幔柱源的岩浆上升时导致塔里木板块的地壳抬升,海水逐渐向西退出,沉积由海相向陆相过渡。

参考文献(Reference):

- [1] 王庭印,刘金坤.塔里木成盆期及裂谷作用初探[A].见:贾润晋主编.中国塔里木盆地北部油气地质研究[C].北京:中国地质大学出版社,1989.115~124.

- Wang Tingyin, Liu Jinkun. A preliminary investigation on formative phase and rifting of Tarim basin[A]. In: Jia Renxu(ed.). Research of Petroleum Geology of Northern Tarim Basin[C]. Beijing:China University of Geoscience Press, 1989.115~124(in Chinese with English abstract).
- [2] 杨树锋,陈汉林,董传万,等.塔里木盆地二叠纪正长岩的发现及其构造意义[J]. 地球化学, 1996, 25(2):121~128.
Yang Shufeng, Chen Hanlin, Dong Chuanwan, et al. The discovery of Permian syenite inside Tarim basin and its geodynamic significance[J]. Geochimica, 1996, 25(2):121~128 (in Chinese with English abstract).
- [3] 陈汉林, 杨树锋, 董传万, 等.塔里木盆地二叠纪基性岩带的厘定及其大地构造意义[J]. 地球化学, 1997, 26(6):77~87.
Chen Hanlin, Yang Shufeng, Dong Chuanwan, et al. The discovery of early Permian basic rock belt in Tarim basin and its tectonic meaning[J]. Geochimica, 1997, 26(6):77~87 (in Chinese with English abstract).
- [4] Jia Chengzao. Tectonic characteristics and petroleum, Tarim basin, China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 20~120.
- [5] 杨树锋,陈汉林,冀登武,等.塔里木盆地早—中二叠世岩浆作用过程及地球动力学意义[J]. 高校地质学报, 2005, 11(4):504~511.
Yang Shufeng, Chen Hanlin, Ji Dengwu, et al. Geological process of early to middle Permian magmatism in Tarim basin and its geodynamic significance [J]. Geological Journal of China Universities, 2005, 11(4):504~511(in Chinese with English abstract).
- [6] 邢秀娟,周鼎武,柳益群,等.吐哈盆地及周缘早二叠世火山岩地球化学特征及大地构造环境探讨[J]. 新疆地质, 2004, 22(1):51~55.
Xing Xiujuan, Zhou Dingwu, Liu Yiqun, et al. Geochemistry of early Permian volcanic rocks and their tectonic settings from the Turpan-Hami basin[J]. Xinjiang Geology, 2004, 22(1):51~55 (in Chinese with English abstract).
- [7] 赵泽辉,郭召杰,张志诚,等.新甘交界红柳河地区下二叠统玄武岩地球化学特征及其形成的构造背景 [J]. 高校地质学报, 2004, 10(4):545~552.
- Zhao Zehui, Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, et al. The geochemical characteristics and tectonic setting of the lower Permian basalts in Hongliuhe area at the border between Xinjiang and Gansu provinces[J]. Geological Journal of China Universities, 2004, 10(4): 545~552 (in Chinese with English abstract).
- [8] Xu Y G, Chung S L, Bor-ming Jahn, et al. Petrologic and geochemical constraints on the petrogenesis of Permian-Triassic Emeishan flood basalts in southwestern China[J]. Lithos, 2001, 58:145~168.
- [9] 徐义刚,钟孙霖.峨眉山大火成岩省:地幔柱活动的证据及其熔融条件[J]. 地球化学, 2001, 30 (1):1~9.
Xu Yigang, Zhong Sunlin. The Emeishan large igneous province: evidence for mantle plume activity and melting conditions [J]. Geochimica, 2001, 30 (1):1~9 (in Chinese with English abstract).
- [10] Zhang Zhaochong, Wang Fusheng. Geochemistry of two types of basalts in the Emeishan basaltic province:evidence for mantle plume-lithosphere interaction[J]. Acta Geologica Sinica, 2002, 76 (2):229~238.
- [11] 肖龙, 徐义刚, 何斌.峨眉山山地幔柱-岩石圈的相互作用:来自低钛和高钛玄武岩的 Sr-Nd 和 O 同位素证据[J]. 高校地质学报, 2003, 9(2):208~217.
Xiao Long, Xu Yigang, He Bin. Emei mantle plume - subcontinental lithosphere interaction: Sr-Nd and O isotopic evidences from low-Ti and high-Ti basalts[J]. Geological Journal of China Universities, 2003, 9 (2): 208~217 (in Chinese with English abstract).
- [12] 郝艳丽,张招崇,王福生,等.峨眉山大火成岩省“高钛玄武岩”和“低钛玄武岩”成因探讨[J]. 地质论评, 2004, 50(6):587~592.
Hao Yanli, Zhan Zhaochong, Wang Fusheng, et al. Petrogenesis of high-Ti and low-Ti basalts from the Emeishan large igneous province[J]. Geological Review, 2004, 50(6):587~592 (in Chinese with English abstract).

Sedimentary response to the Early–Mid Permian basaltic magmatism in the Tarim plate

CHEN Han-lin¹, YANG Shu-feng¹, WANG Qing-hua^{1,2}, LUO Jun-cheng²,
JIA Cheng-zao³, WEI Guo-qi³, LI Zi-long¹, HE Guang-yu¹, HU An-ping¹

(1. *Department of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310027, Zhejiang, China;*

2. *Tarim Oil Field Branch, PetroChina, Korla 841000, Xinjiang, China;*

3. *Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100087, China)*

Abstract: In the Tarim plate there is a great deal of basic igneous rocks including basalt, diabase and basaltic andesite formed by the Early to Middle Permian intraplate magmatism, and their residuals cover an area of about 200 000 km². The Permian was a very important transition stage in the evolution of the Tarim plate. In the late Early Permian the Tarim basin ended marine sedimentation and entered the stage of continental sedimentation. On the basis of an analysis of the characteristic of the Early to Middle Permian basaltic magmatism and Carboniferous to Permian sedimentary facies in the Tarim basin, this paper discusses the controls of this large-scale magmatism on the Carboniferous to Permian sedimentation and puts forward a model of the sedimentary response to the Early to Middle Permian basaltic magmatism in the Tarim plate.

Key words: Tarim plate; Early to Middle Permian; basaltic magmatism; sedimentation; sedimentary response model

About the first author: CHEN Han-lin, male, born in 1964, professor of geology and supervisor of doctor students, mainly engages in the research on tectonics of orogenic belts and basin structure and structural modeling of thrust belts; E-mail: hlchen@zju.edu.cn.