

文章编号: 1000-0550(2001)01-0020-08

青藏高原中侏罗世—早白垩世羌塘 复合型前陆盆地充填模式^①

李 勇 王成善 伊海生 石 和 林金辉 朱利东 李祥辉

(成都理工学院沉积地质研究所 成都 610059)

摘 要 根据沉积物碎屑组分、粗碎屑楔状体、边缘相、古流向和沉积、沉降中心等重建了盆地结构、古地理和古地貌,认为该盆地是在中侏罗世—早白垩世多岛洋体制下形成的一种复杂的、特殊类型的复合前陆盆地,它的形成和发展同金沙江缝合带与班公湖—怒江缝合带的碰撞和对冲有关,是盆地两侧板块边缘的大型逆冲作用的产物。在此基础上,根据中央隆起地貌景观交替性变化和盆地中“三砂二灰”的幕式沉积特点,将中侏罗世—早白垩世羌塘前陆盆地演化过程分为 5 个阶段,其中巴通期和牛津—提唐期是羌塘盆地南北两侧构造活动相对平静期,而巴柔期、卡洛期、提唐—贝里阿斯期是羌塘盆地南北两侧构造活动强烈时期,强烈的逆冲推覆作用产生大量的构造负载,导致中央隆起强烈地挠曲隆升,造成了盆地中的幕式沉积,产生构造层序和层序,恢复了羌塘前陆盆地沉积记录与两侧缝合带的逆冲作用的相互关系。

关键词 复合型前陆盆地 充填模式 中侏罗世—早白垩世 羌塘 青藏高原

第一作者简介 李勇 1963 年生 博士 教授 沉积盆地与造山带

中图分类号 P56 **文献标识码** A

1 引言

中侏罗世—早白垩世羌塘前陆盆地位于青藏高原巨型造山带内,夹于金沙江缝合带与班公湖—怒江缝合带之间(图 1),是青藏高原最重要的含油气盆地。盆地呈东西向分布,东西向长度为 800 km。南北向宽度为 200~300 km。盆地内部自北而南由北部盆地、中央隆起(前陆隆起)和南部盆地构成,其中,金沙江缝合带位于盆地的北部^[1~8],由一系列向南逆冲的高角度逆冲断层组成,产出有印支期超基性岩片,于晚三叠世发生向东、向北俯冲碰撞和关闭^[6,8]。班公湖—怒江缝合带位于盆地的南部^[1~8],由一系列向北逆冲的冲断层构成,冲断层切割基底,基底由北向南逐渐抬升,带内以中晚侏罗世木嘎岗日群复理石建造为主体,发育蛇绿岩,出露一些由古生代灰岩地层组成的陆块^[7]。现今羌塘盆地具对冲式的构造格局(图 1),前人曾对该盆地地层进行过地层划分、对比和沉积相分析^[7~13],许多学者对其原型盆地性质持不同的认识^[1~8,6~17]。

笔者等于 1994—1997 年期间在高寒缺氧的藏北高原无人区开展野外石油地质调查,实测了 20 余条沉积地层剖面,研究了盆地中充填的巨厚的同构造期的磨拉石建造,划分了构造层序和层序,识别出了沉积相

类型(如冲积扇相、扇三角洲相、三角洲相、浅水泻湖相、深水盆地相、深水泻湖相、碳酸盐缓坡相、浅滩相、浪控潮控三角洲和海相蒸发岩沉积相带),根据沉积物碎屑组分、粗碎屑楔状体、边缘相、古流向沉积、沉降中心和地层等厚图等重建了中侏罗世—早白垩世羌塘结构、古地貌和古地理(图 4),探索前陆盆地沉积记录与两侧缝合带的逆冲作用的相互关系,揭示了中侏罗世—早白垩世羌塘盆地是一个与两侧缝合带逆冲作用相关的沉积盆地,表明该盆地是在中侏罗世—早白垩世多岛洋体制下形成的一种复杂的、特殊类型的复合前陆盆地。它的形成和发展与金沙江缝合带碰撞后逆冲推覆及班公湖—怒江缝合带的碰撞和闭合有关,是盆地两侧板块边缘的大型逆冲作用的产物,该前陆盆地与 Jordan^[18]和 Munoz-Jimenez^[19]提出的复合型前陆盆地类似,但与 Dickinson^[20]所划分的两类的前陆盆地不同。

2 中侏罗统—早白垩世构造层序

我们选择了位于羌塘盆地中部的连续地层剖面那底岗日剖面作为中侏罗世—早白垩世垂向层序分析的基础。该套地层是羌塘盆地的分布最为广泛的一套地层,顶部被中白垩统、上第三系以角度不整合覆盖,底部与下侏罗统或三叠系以不整合面为界,显示为一个

^① 国家重点基础研究(973)项目(G1990408015)和国家自然科学基金(批准号:49802013)资助。

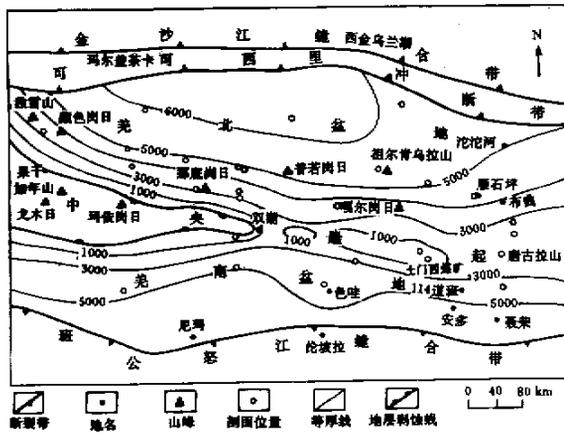


图 1 羌塘前陆盆地中侏罗世—早白垩世地层等厚图及盆地结构
Fig.1 Sedimentary basin pattern with stratigraphic isopachyte of the Qiangtang Foreland in Middle Jurassic-Early Cretaceous

单独的构造层序,根据其内部海泛面、相转换面和蒸发岩事件可将该构造层序划分为五个层序(图 2)。其中构造层序是以不整合面为界的巨型沉积旋回层,并伴随着以砂砾岩为代表的巨厚粗碎屑楔状体和以石膏层为代表的蒸发岩沉积事件,在横向上则表现为不同巨型沉积旋回层具有不同的沉积体系配置模式和古流向体制(图 2、图 3),具特定的垂向充填模式和横向沉积体系配置模式,是一个成盆期的产物^[17, 21~22, 25];层序是以构造层序内不整合面、相转换面和海泛面为界的充填地层,是一个成盆期内不同发育阶段的产物^[17, 21~22, 25],可以与 tectosedimentary units^[19]对比,表明羌塘前陆盆地与其它前陆盆地一样^[11, 21~26],构造因素是控制盆地层序地层形成的主要因素,其在层序界面、层序内部结构等方面均不同于 Exxon 层序地层模式,具明显的特殊性(图 2),具体表现为:①中侏罗统—早白垩统是一个由顶底不整合面限制的构造层序,为一个总体向上变粗变浅的充填序列,内部缺乏因海平面下降形成的不整合面,根据海泛面和相转换面可将其分为层序;②层序内部构成一般表现为向上变粗或向上变细的不完整旋回;③层序内部由海侵体系域和高位体系域构成,缺乏低位体系域,即以海退沉积物为主;④层序界面和结构与以海泛面为代表的突然变深事件和以石膏层为代表的蒸发岩沉积事件密切相关;⑤白云岩与蒸发沉积事件相伴生,位于每个层序上部高位体系域的顶部。

3 盆地古地理和古构造再造

3.1 盆地的边缘相带

羌塘盆地具有北部边缘相、南部边缘相和中央隆

起南北两侧的边缘相等三个边缘相带,中央隆起是分隔北部盆地和南部盆地的构造地貌高地。

羌塘盆地北部边缘相带发育了粗碎屑岩沉积和浅水相蒸发岩系(图 3 A)。粗碎屑岩主要分布于雀莫错组、夏里组和雪山组,河控三角洲扇体由北向南推进,三角洲平原叠复于三角洲前缘砂坝之上。其中发育多套复成分砾岩,砾石成分复杂,厚度较大,显示了边缘相砾岩的特征。由北向南,砂岩和砾岩的厚度减薄,粒度变细,反映陆源碎屑主要来源于北部古陆侵蚀区。浅水蒸发岩系主要见于夏里组和索瓦组,自西向东分布于白龙冰河、长颈湖、多格错仁、乌兰乌拉湖和祖尔肯乌拉山一带(图 3),均为潮坪—泻湖环境中的红色碎屑岩与蒸发岩,为典型的缓地貌型边缘相。

中央隆起带南北两侧的边缘相带呈近东西向展布,在双湖以西尤为发育(图 3)。在雀莫错组、夏里组和雪山组发育粗碎屑边缘相带,自西向东见于拉雄错剖面、菊花山剖面、那底岗日剖面、阿木岗剖面、托那木藏布剖面、达卓玛等剖面,主要发育冲积扇、扇三角洲相和三角洲相。在阿木岗一带雀莫错组和布曲组向南以角度不整合超覆于前泥盆系变质岩之上,在那底岗日一带雀莫错组以不整合超覆于下侏罗统那底岗日组之上。砾石成分复杂,在那底岗日地区以火山岩和变质岩砾石为主,在阿木岗则以变质岩为主,砾岩以近物源的碎屑流砾岩为特征,常见大漂砾,厚度为 54.10 m,显示了边缘相砾岩的特征。布曲组、索瓦组、夏里组和雀莫错组中发育浅水泻湖相蒸发岩系,自西向东见于拉雄错、菊花山、胜利河、那底岗日、西雅尔岗、阿木查跃、土门格拉,呈东西向大致沿北纬 34°线分布,产地达 20 余处(图 3)。该类蒸发岩一般由纹层状石膏、细晶白云岩、微晶灰岩和紫红色泥岩和粉砂岩构成,泥岩中见石盐假晶,白云岩夹于灰岩与蒸发岩之间。此外,碳酸盐浅滩相沉积呈东西向串珠状分布于双湖以东的沉积型中央隆起带上,东西向延伸近 400 km,南北向宽 30~60 km,也是一种特殊的、发育于水下隆起上的边缘相带,从层位上来看,浅滩相主要分布于以灰岩沉积为主的中侏罗统布曲组和上侏罗统索瓦组,显示这两个时期双湖以东的中央隆起带表现为水下隆起,其上发育串珠状浅滩相沉积,主要以碳酸盐颗粒灰岩为主,包括颗粒滩、鲕粒滩、生物滩、内碎屑滩、核形石滩、滩间、滩后坪、滩后泻湖等沉积类型。浅滩相是前陆隆起上标志性沉积相类型和区域性储层。

南部边缘相带见于盆地的南部,前人已在班—怒缝合带发现侏罗纪复理石与磨拉石共生的现象^[7],复理石由中粗粒砂岩、细砂岩与灰黑色页岩和少量灰岩组成,最厚达 14 700 m(木嘎岗日),其中砂岩和砾岩的

岩屑以灰岩为主,显示了近物源区的特点,海相磨拉石以扇三角洲砾岩相为代表,显示为碎屑流砾岩,分选性和磨圆性差,具边缘相砾岩的特征。如此规模的扇砾岩的存在说明该区位于一个具有山区地貌的陆地前缘,换言之,该区南侧存在地貌剥蚀区。

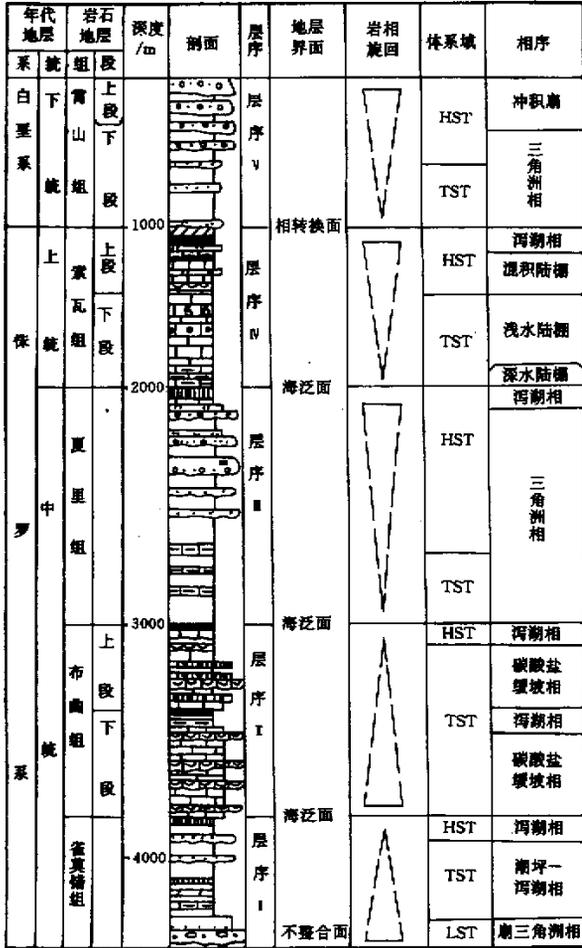


图 2 中侏罗世—早白垩世羌塘前陆盆地充填层序
Fig. 2 Sequential fills of the Qiangtang Foreland in Middle Jurassic-Early Cretaceous

以上研究表明,羌塘盆地具有北部边缘相和南部边缘相带,而中央隆起是分隔北部盆地和南部盆地的构造地貌高地。中央隆起的不同地段以及同一地段的不同时期,其隆起幅度不同,出现了山地、低平陆地和水下隆起等三种地貌景观,当中央隆起表现为山地时,其起着蚀源区的作用,出现以扇砾岩为特征的边缘相;当中央隆起表现为低平陆地时,也起着蚀源区的作用,出现以潮坪—泻湖相为特征的边缘相;当中央隆起表现为水下隆起时,羌塘南、北两个盆地的水体(海水)相通,中央隆起接受海相沉积,其以富含砾屑、砂屑、生物

屑等各种内碎屑和颗粒为特征的碳酸盐滩相沉积,标志着水体浅而动荡,在一定程度上相当于边缘相,可以布曲组和索瓦组沉积为典型代表。换言之,我们可以对中央隆起及其两侧边缘相沉积类型及其在时间上变化的研究,判断中央隆起的隆升幅度及其在地质历史的变化,为再造其隆升史提供依据。

3.2 盆地的古流向体制与古地貌

盆地内大量的交错层理、波痕和槽模等测量数据的分析统计(图 3)表明北部盆地和南部盆地具有不同的古流向体制,具有以下特点(1)盆地北部边缘的古流向是单向的(145°~220°),主体为南西,均显示了由北向南流的特征,显示盆地北缘为地貌高地和侵蚀物源区,沉积物的搬运方向由北向南(2)中央隆起南北两侧古流向相反,北侧古流向总体显示为由南向北流的特征(290°~45°),雀莫错组、夏里组和雪山组中古流向显示为北西,中央隆起南侧古流向均显示了由北向南流的特征,如在昂达尔错雀莫错组砂岩中的古流向为 270°~285°,夏里组砂岩的古流向为 230°~250°,在扎加藏布南岸卓普地区的雀莫错组砂岩的古流向为 240°~250°,古流向是单向的,显示中央隆起为地貌分水岭和侵蚀物源区,沉积物向南北两侧剥蚀、搬运(3)盆地南部边缘班—怒缝合带的近东西向古流向体制与羌塘盆地中北部古流向体制不同,在东西向呈现深浅相间的古地理格局,它是该带逆冲负载而产生的微地貌和剥蚀抬升块体控制的古水流体制。

纵观羌塘盆地古流向特征,我们不难发现,南部盆地和北部盆地具有不同的古流向体制,中央隆起是羌塘盆地中一个最为重要的古流向分水岭(图 3、图 4),其北侧向北流,其南侧向南流,它不仅是一个地貌高地,而且是剥蚀物源区,从古流向南北分流出现于晚三叠世来看,该分水岭形成于晚三叠世,控制了北部盆地和南部盆地的古流向体制。另外一个值得指出的是羌塘盆地古流向总体具有偏西的特点,显示了羌塘盆地东高西低,东部为抬升、剥蚀区,西部为汇水区。

3.3 陆源碎屑成分与物源区分析

大量侏罗系沉积岩石薄片碎屑成分分析表明,北部盆地和南部盆地中砂岩的碎屑成分在组成上不同。根据羌塘盆地中陆源碎屑成分在空间上变化,我们将其划分为 3 个区带,即羌塘盆地的北部、中央隆起两侧和南部(图 3),该区的砂岩碎屑成分在 QFL 图解上投点均落入再旋回造山带物源区。

羌塘盆地北部侏罗系砂岩的碎屑成分复杂,其中火成岩岩屑占 44.78%,以中基性火山岩岩屑为主,沉积岩岩屑占 40.67%,包括泥晶灰岩、微晶灰岩、砂质灰岩、生物碎屑灰岩、泥岩、砂岩和粉砂岩,特征岩屑组

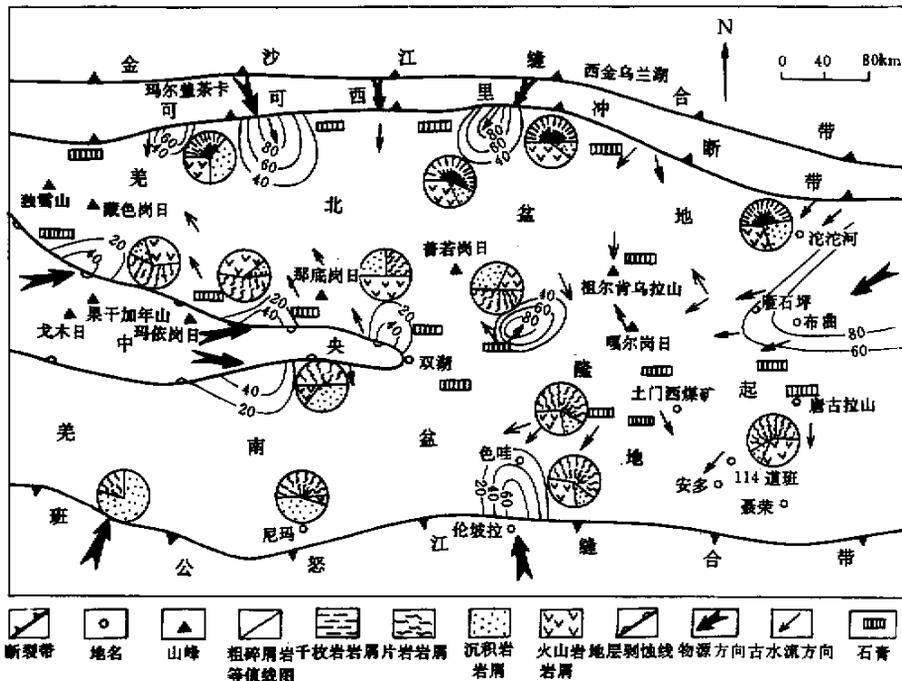


图 3 中侏罗世—早白垩世羌塘前陆地物源及古流向分析图

Fig.3 Sketch map showing the provenance areas and paleocurrent directions of the Qiangtang Foreland in Middle Jurassic Early Cretaceous

分是放射虫燧石岩屑 ;变质岩岩屑占 14.55% ,包括变质石英砂岩、千枚岩、炭质板岩和石英云母片岩,缺乏结晶程度较高的变质岩岩屑。阴极发光显示,该区石英阴极发光主要为褐色,兰色较少,显示石英主要来自于变质岩。碎屑成分显示该物源区应由浅变质岩、中基性火山岩和沉积岩构成与北部盆地北侧的羊湖—可可西里冲断带构成一致。但是碎屑成分中所存在的大量沉积岩物源区却与地表地层构成不同,当前仅在冲断带上发现少量上三叠统肖茶卡组 and 侏罗系布曲组灰岩,这一现象显示了盆地中的沉积岩曾大量卷入冲断带,并成为盆地的物源,暗示了造山带可能以前展式向盆地内推进。

中央隆起带南北两侧侏罗系砂岩的岩屑均以变质岩屑和沉积岩屑为主,含少量岩浆岩屑,其中变质岩屑以片岩和千枚岩为主,出现大量结晶程度较高的变质岩岩屑(如变粒岩等),沉积岩屑包括泥晶硅质岩、放射虫硅质岩、硅质泥岩、泥晶灰岩、细晶灰岩、粉砂岩和细砂岩,岩浆岩以火山岩为主,包括中酸性、中基性和基性火山岩。石英和长石的阴极发光显示,石英以区域变质的石英与火成成因石英并列为特征。以上砂岩碎屑成分的特征显示其物源区应由浅—深变质岩和沉积岩构成,并有少量火山岩,而这一特征与目前中央隆

起带的构成基本一致,显示了中央隆起带南北两侧的物源区就是中央隆起带本身。

该区中晚侏罗世木嘎岗日群砂岩岩屑以灰岩岩屑为主,次为泥岩、板岩、砂岩、片岩及石英岩,很少有火山岩,显示其物源主要来自于沉积岩,而且主要是碳酸盐岩地层。该套复理石建造碎屑成分构成与中央隆起带南侧砂岩碎屑成分构成明显不同,显示两个物源区各自独立,且性质不同,换言之木嘎岗日群中砂岩的碎屑成分并非来自于中央隆起带,故我们认为木嘎岗日群砂岩碎屑成分来自于新生的物源区,即在其南侧于中侏罗世出现了以碳酸盐岩为主的抬升剥蚀区。前人研究表明沿班公湖—怒江带内出露一些由古生代碳酸盐岩地层组成的陆块^[7],并被侏罗系所环绕,如多学库陆块、聂荣陆块、嘉玉桥陆块等,地层分析表明这些陆块曾经隶属于冈念地体。它们的存在证实了羌塘盆地南缘曾存在一系列造山楔增生体,砂岩的碎屑成分研究表明这些造山楔增生体形成于中侏罗世,我们认为这些陆块是班公湖—丁青一带在走滑挤压体制下形成的陆缘岛链,在岛链的周围为深水复理石盆地,它们可能为周围深水复理石盆地提供物源,并控制其古水体制为东西流向,改则向西流,日土向东流^[7]。

通过对羌塘盆地侏罗系砂岩碎屑成分的分析,我

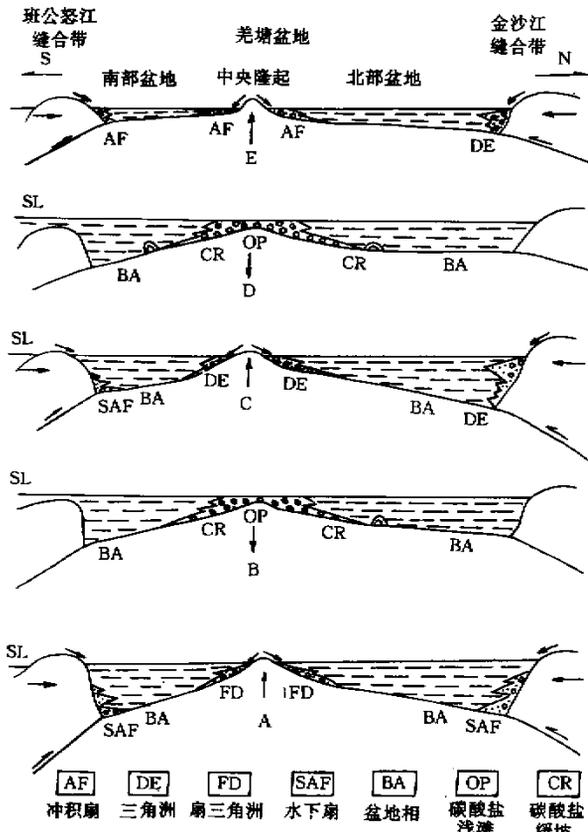


图 4 中侏罗世—早白垩世

羌塘前陆盆地演化过程及动力机制

Fig.4 Model sketch on the evolution and dynamic mechanism of the Qiangtang Foreland in Middle Jurassic-Early Cretaceous

们不难发现羌塘盆地存在 3 个不同的物源区,即北部的金沙江带、中央隆起带和南部的班公湖—怒江带,羌塘盆地自中侏罗世形成南北对冲的格局,北部的金沙江带以前展式由北向南推进,班公湖—怒江带已开始由南向北逆冲,形成造山楔增生体,并提供物源。

4 中侏罗世—早白垩世羌塘前陆盆地的演化过程及动力学

在前文对盆地构造格架、充填地层、沉积体系、层序分析和盆地结构研究的基础上,根据中央隆起地貌景观交替性变化和 中侏罗世—早白垩世构造层序由“三砂二灰”幕式沉积,可将中晚侏罗世羌塘前陆盆地演化过程分为 5 个阶段(图 4),其中巴通期和牛津—提唐期是羌塘盆地南北两侧构造活动相对平静期,而巴柔期、卡洛期、提唐—贝里阿斯期是羌塘盆地南北两侧构造活动强烈时期,强烈的逆冲推覆作用产生大量的构造负载,导致中央隆起强烈地挠曲隆升,造成了盆

地中的幕式沉积,产生构造层序和层序。

第一阶段为中侏罗世巴柔期,羌塘盆地充填了雀莫错组(图 4, A),中央隆起两侧首次出现以扇砾岩为特征的边缘相,显示中央隆起处于强烈隆升阶段,表现为山地蚀源区。而羌塘盆地南北两侧处于强烈凹陷阶段,形成南北深渊。盆地南缘发育以浊积岩为代表的海底扇,横向上表现为海底扇—深水盆地—扇三角洲充填模式,盆地窄而深,物源分析表明中侏罗世巴柔期是羌塘前陆盆地南缘班公怒江缝合带逆冲楔形成和侵位时期,构造活动强烈,在东巧一带在变质橄榄岩底盘动热晕中获得的角闪石年龄为 179 Ma,即是这一逆冲推覆的证据^[2],表明班公湖—怒江缝合带已开始碰撞造山,发育一系列由碳酸岩构成的造山楔增生体,强烈的逆冲推覆作用产生大量的构造负载,导致中央隆起强烈地挠曲隆升,相当于典型前陆盆地早期复理石阶段。盆地北缘发育以三角洲为代表的磨拉石,横向上表现为扇三角洲—浅海—三角洲充填模式,显示中侏罗世巴柔期是羌塘前陆盆地北缘金沙江缝合带陆内逆冲造山时期,强烈的逆冲推覆作用产生大量的构造负载,也加剧了中央隆起强烈地挠曲隆升。

第二阶段为中侏罗世巴通期,羌塘盆地充填了布曲组(图 4, B),中央隆起两侧出现以潮坪—泻湖相和碳酸盐滩相为特征的边缘相,显示中央隆起表现为低平陆地或水下隆起,隆升作用较弱。中央隆起接受海相沉积,以富含砾屑、砂屑、生物屑等各种内碎屑和颗粒为特征的碳酸盐滩相沉积,标志着水体浅而动荡。横向上盆地的南北边缘不发育粗碎屑岩楔状体,盆地充填模式表现为碳酸盐缓坡—潮坪、泻湖、碳酸盐滩—碳酸盐缓坡。表明盆地南缘的班公怒江缝合带和盆地北源的金沙江带此时构造活动相对平静期,逆冲推覆作用所产生的构造负载较少,中央隆起挠曲隆升明显较弱。

第三阶段为中侏罗世卡洛期,羌塘盆地充填了夏里组(图 4, C),中央隆起两侧出现以三角洲和砾岩为特征的边缘相,显示中央隆起处于较强烈隆升阶段,表现为山地,起着蚀源区的作用,而羌塘盆地南北处于强烈凹陷阶段形成南北深渊。羌塘盆地盆地南缘发育以浊积岩为代表的海底扇,横向上表现为海底扇—深水盆地—浪控潮控三角洲充填模式,盆地窄而深。物源分析表明中侏罗世巴柔期是羌塘前陆盆地南缘班公怒江缝合带逆冲楔形成和侵位时期,构造活动强烈。沿班公湖—怒江带内出露一些由古生代灰岩地层组成的造山楔增生体,提供以灰岩为主的物源,其间具有分隔、局限特征的深水复理石盆地。古水体制为东西流向,表明班公怒江缝合带已开始第二次碰撞造山,强

烈的逆冲推覆作用产生大量的造山楔增生体和构造负载,导致中央隆起再次向上强烈地挠曲隆升。由于具有复理石和磨拉石共生的现象,东部以浅水海相和冲积体系的沉积物为特征,西部以深水沉积为主,显示班公湖—怒江带是斜向碰撞,东部碰撞较早,西部碰撞较晚。在东部东巧和丁青一带蛇绿岩和浊积岩被晚侏罗世的浅海碎屑岩不整合覆盖及不整合面上普遍发育古风化壳和残积铬砂层^[2],反映了因大规模逆冲而受到明显的抬升侵蚀,就是这一构造事件的反应。盆地北缘发育以河控三角洲为代表的磨拉石,横向上表现为浪控潮控三角洲—浅海—河三角洲充填模式,显示中侏罗世巴柔期是羌塘前陆盆地北缘金沙江缝合带陆内逆冲造山时期,物源分析表明逆冲作用以前展式由北向南推进,强烈的逆冲推覆作用产生大量的构造负载,加剧中央隆起强烈地挠曲隆升。

第四阶段为晚侏罗世牛津—提唐期,羌塘盆地充填了索瓦组(图5,D),中央隆起两侧出现以潮坪—泻湖相和碳酸盐滩相为特征的边缘相,显示中央隆起表现为低平陆地或水下隆起,隆升作用较弱。中央隆起接受海相沉积,以富含砾屑、砂屑、生物屑等各种内碎屑和颗粒为特征,标志着水体浅而动荡。横向上盆地的南北边缘不发育碎屑岩楔状体,盆地充填模式表现为碳酸盐缓坡—潮坪、泻湖、碳酸盐滩—碳酸盐缓坡,表明盆地南缘的班公湖—怒江缝合带和盆地北缘的金沙江带此时构造活动相对平静期。

第五阶段为晚侏罗世—早白垩世提唐—贝里阿斯期,羌塘盆地充填了雪山组(图5,E),中央隆起两侧不同地段出现以三角洲和冲积扇砾岩为特征的边缘相,显示中央隆起处于较强烈隆升阶段,表现为山地,起着蚀源区的作用,而羌塘盆地南北处于强烈凹陷阶段。北部盆地以粗碎屑岩为特征,发育冲积扇—残留海—冲积扇充填模式,显示晚侏罗世提唐—贝里阿斯期是羌塘前陆盆地北缘金沙江缝合带陆内逆冲造山时期,强烈的逆冲推覆作用产生大量的构造负载,产生区域性挠曲沉降,中央隆起(前缘隆起)再次向上强烈挠曲隆升、剥蚀。从中晚白垩世磨拉石沉积与该套之间所发育的角度不整合面来看,盆地南缘的班公湖—怒江缝合带碰撞和封闭于早白垩世末期,形成的构造侵位,导致羌塘盆地抬升,产生区域性隆升、剥蚀。

此外,羌塘前陆盆地关闭的时间具有东早西晚的特点,在东部东巧和丁青一带蛇绿岩和浊积岩被晚侏罗世的浅海碎屑岩不整合覆盖^[7],在中部杂查鄂日、康目赛姜一带下白垩统被中白垩统角度不整合覆盖,而在西部改则和日土一带,蛇绿岩和浊积岩则被上白垩统不整合覆盖^[7]。羌塘前陆盆地关闭时间自东向西的

迁移表明班公湖—怒江缝合带是典型的斜向碰撞造山的产物,碰撞的时间东早西晚,具短暂的走滑—推覆—定位过程,是侏罗纪—早白垩世走滑挤压造山作用的产物。

5 结论

通过本次研究,获得以下主要认识和结论(1)中侏罗世—早白垩世羌塘盆地位于青藏高原巨型造山带内,夹于金沙江缝合带与班公湖—怒江缝合带之间,显示为对称型复合前陆盆地,是在中侏罗世—早白垩世特提斯巨型造山带内形成的一种复杂的、特殊类型的复合前陆盆地,由北部盆地(对应于金沙江构造带)、南部盆地(对应于班公湖—怒江构造带)和中央隆起带构成,其中中央隆起是北部前陆盆地和南部前陆盆地共有的前陆隆起(2)中侏罗统一白垩统是一个由顶底不整合面限制的构造层序,为一个总体向上变粗变浅的充填序列,内部缺乏因海平面下降形成的不整合面。根据海泛面和相转换面可将其分为5个层序;层序内部构成一般表现为向上变粗或向上变细的不完整旋回,由海侵体系域和高位体系域构成,缺乏低位体系域。层序的界面和结构与以海泛面为代表的突然变深事件和以石膏层为代表的蒸发岩沉积事件密切相关,显示海相前陆盆地层序地层的特征(3)根据沉积物碎屑组分、粗碎屑楔状体、边缘相、古流向和沉积、沉降中心和地层等厚图等重建了中侏罗世—早白垩世羌塘盆地盆地结构、古地貌和古地理,揭示了中侏罗世—早白垩世羌塘盆地是一个与两侧缝合带逆冲作用相关的沉积盆地,表明该盆地是在中侏罗世—早白垩世多岛洋体制下形成的一种复杂的、特殊类型的复合前陆盆地,它的形成和发展与金沙江缝合带碰撞后逆冲推覆和班公湖—怒江缝合带的碰撞和闭合有关,是盆地两侧板块边缘的大型逆冲作用的产物(4)根据中央隆起地貌景观交替性变化、中晚侏罗世构造层序的“三砂二灰”幕式沉积和粗碎屑岩楔状体幕式出现,可将中晚侏罗世羌塘前陆盆地演化过程分为5个阶段,其中巴通期和牛津—提唐期是羌塘盆地南北两侧构造活动相对平静期,而巴柔期、卡洛期、提唐—贝里阿斯期是羌塘盆地南北两侧构造活动强烈时期,强烈的逆冲推覆作用产生大量的构造负载,导致中央隆起强烈地挠曲隆升,显示羌塘盆地构造活动具有幕式活动的特征,揭示了前陆盆地沉积记录与两侧缝合带的逆冲作用的相互关系和动力机制(5)羌塘前陆盆地关闭自东向西的迁移表明班公湖—怒江缝合带是典型的斜向碰撞造山的产物,碰撞的时间东早西晚,是侏罗纪—早白垩世走滑挤压造山作用的产物,具短暂的走滑—推覆—定位过程,

导致羌塘盆地东高西低,东部为抬升、剥蚀区,西部为汇水区,古流向总体具有偏西的特点。

致谢:本文是在高寒缺氧的藏北高原无人区历时四年的野外调查和研究的基础上完成的,特此向参加本项研究的全体研究人员和后勤人员表示感谢,同时还要感谢曾允孚教授多年来的指导、关怀和支持。

参 考 文 献

- 1 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,1987
- 2 周祥.西藏板块构造—建造图及说明书[M].北京:地质出版社,1984
- 3 王鸿祯等.中国及邻区构造古地理和生物古地理[M].武汉:中国地质大学出版社,1990
- 4 刘增乾,徐宪,潘桂唐.青藏高原大地构造与形成演化[M].北京:地质出版社,1990
- 5 西藏地质矿产局.西藏区域地质志[M].北京:地质出版社,1993.184~188
- 6 张之孟,金蒙.川西南乡城—得荣地区的两种混杂岩及其构造意义[J].地质科学,1979,3:205~210
- 7 余光明,王成善.西藏特提斯沉积地质[R].地质专报,第11号,北京:地质出版社,1990.1~132
- 8 李勇,王成善,伊海生.青藏高原北部晚三叠世 *Epigondolella* 动物群的发现及其地质意义[J].地质论评,45(6):628
- 9 白海生.青海西南部海相侏罗纪地层新认识[J].地质论评,1989,35(6):529~536.
- 10 范和平,扬金泉,张平.藏北地区的晚侏罗世地层[J].地层学杂志,1988,12(1):66~70.
- 11 蒋忠惕.羌塘地区侏罗纪若干问题.青藏高原地质文集[C].No.3,北京:地质出版社,1983.87~112
- 12 吴瑞忠,胡承祖,王成善等.藏北羌塘地区地层系统.青藏高原地质文集[C].No.9.北京:地质出版社,1985.1~32
- 13 Cheng-shan Wang, Edmund Z Chang, Shao-Nan Zhang. Potential oil-and-

- Gas-Bearing basin of the Qinghai-Tibetan plateau, China[J]. International Geology Review. 1997, 39: 876~890
- 14 Ingersoll R V. Tectonics of sedimentary basin[J]. Geological Society of America Bulletin, 1988, 100: 1704~1719
 - 15 Graham S A, et al. Collisional successor basins of western China: Impact of tectonic inheritance on sand composition[J]. Geological Society of America Bulletin, 1993, 105: 324~34
 - 16 孙肇才.中国中西部中—新生代前陆类盆地及其含油气性[J].海相油气地质,1998,3(4):16~30
 - 17 李勇,曾允孚,伊海生.龙门山前陆盆地沉积及构造演化[M].成都:成都科技大学出版社,1995
 - 18 Jordan T E, et al. Dating thrust-fault activity by use of forland basin strata[A]. In: Kleinspohn K L, et al. (eds) New Perspective in Basin Analysis[C]. Springer-Verlag. 1988. 307~329
 - 19 Munoz-Jimenez A, Casas-Sains A M. The Rioja Trough (N Spain): tectosedimentary evolution of a symmetric foreland basin[J]. Basin Research, 1997, 9: 65~85.
 - 20 Dickinson W R. Plate tectonic evolution of sedimentary basins. In: Plate tectonics and hydrocarbon accumulation[J]. AAPG Short Course, 1976: 1~56
 - 21 李勇.造山作用与地层纪录[A].大陆构造及陆内变形暨第六届全国地质力学学术讨论会论文集[C].1999.48~51
 - 22 李勇.前陆盆地层序地层学[A].见:钱弈中等主编,层序地层学理论和研究方法[C].成都:四川科技出版社,1994.96~106
 - 23 Puigdefaregas C, et al. Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin. In: Allen P. A, P. Homewood, eds Foreland basin[C]. International Association of Sedimentologists Special Publication 8, 1986. 229~246
 - 24 Swift D J P, et al. Shelf construction in a foreland basin: storm beds, shelf sandbodies, and shelf-slope depositional sequence in the Upper Cretaceous Mesaverde Group, Book Cliffs, Utah[J]. Sedimentology, 1987, 34: 423~457
 - 25 Zeng Yunfu, Li Yong. Sedimentary and tectonic evolution of the Longmenshan foreland basin, western Sichuan, China[J]. Scientia Geologica Sinica, 1994, 3(4): 337~387

Fill Models of in the Qiangtang Composite Foreland Basin in Qinghai—Xizang Plateau, China

LI Yong WANG Cheng-shan YI Hai-sheng SHI He
LIN Jin-hui ZHU Li-dong LI Xiang-hui
(Chengdu University of Technology Chengdu 610059)

Abstract

Middle Jurassic-Early Cretaceous Qiangtang foreland basin is located between Jinshajiang suture belt and Bangong-Nujiang suture belt. It is an important petroliferous basin in the north of Qinghai-Xizang Plateau. This had been basin elongates in E-W direction with 800 km long and 200 km to 300 km wide. Both of the northern and southern margins of the basin are large suture belt and linked to thrusting of large suture belt, so the Qiangtang foreland basin belongs to composite foreland basin according to Jordan's classification of the foreland basin (1988).

The foreland basin had been filled with 3 000 ~ 6 000 m thick marine sediments of Middle Jurassic to Early Cretaceous. The spacial changes of the stratigraphy indicate that the basin texture looks like a symmetric body, and it can be subdivided into three tectonic paleogeomorphic units from north to south, e. g. northern basin, center uplift, and southern basin. The sedimentary thickness in the north varies from 3 000 to 6 000 m, and from zero to 1 000 m in center uplift and from 3 000 to 5 000 m in the south. The thickness changes of filled, show that the occurrence of the Mesozoic filling stratigraphy is in the north and the south of the basin thicker than in the center uplift of the basin. There are two centers of subsidence of the basin the front of suture belt. Both of them are located in the front of the suture belt of the south and north foredeep belt. The basin is one of common foreland basins between suture belt and belongs to typical symmetric foreland basin. This kind of basin geometry is related to basement uplifts and thrusts in the cratonic edge of the mountain belt, which allows huge synsedimentary molasse sediments to be preserved.

Middle Jurassic to Early Cretaceous tectonic sequence is bounded by unconformity and composed of the Quemocuo formation, Buqu formation, Xiali formation, Suowa formation and Xueshan formation, which is more than 3 000 m in depth. A tectonic sequence is a body of genetically-related strata isolated by unconformity, and it had been deposited in a basin-formed stage responding to a thrusting episode. The provenance and constituent of the clasts in sandstone and conglomerate indicate that there are three provenances in the foreland basin, including Jinshajiang suture belt, Bangong-Nujiang suture belt and the center uplift of the later was formed in the late Triassic. There are three marginal facies belts in the basin recognized, two of them distribute in the front of suture belt, one of them distributes in the both side of center uplift. The sedimentary facies can be symmetrically subdivided into four facies belt from center uplift to north or to south, namely center uplift, foreland slope, fore-deep, and the foothill of thrust belt. The statistic measured data of cross-bedding, rippled mark and flute mold indicate that there are two palaeocurrents systems and one drainage distribution pattern in the basin, the center uplift was drainage division.

The uplifting amplitudes of the center uplift can provide information on the thrusting strength of both suture belt. The highland of the center uplift, characterised by fan, fan delta conglomerate, mark that Jingshajiang tectonic belt or Bangong - Nujiang tectonic belt were thrust severely to produce lots of tectonic load which led to rise the center uplift severely, whereas the topography of underwater uplift in the center uplift, characterised by carbonate bank and ramp, mark that the Jingshajiang tectonic belt or Bangong-Nujiang tectonic belt was in the course of static times. So the evolution of the basin can be divide in to five stages by the emplacement of large thrust sheets on both side of the basin by Bangong-Nujiang suture belt Jingshajiang suture belt.

Key words fill model composite foreland basin Qiangtang Middle Jurassic to Early Cretaceous Qinghai-Xizang Plateau China