

文章编号: 1000-0550(2012)03-0431-12

西藏西南部札达盆地新近纪沉积序列研究^①

吴旌^{1,2} 徐亚东^{1,2} 陈奋宁³ 陈锐明³ 张克信^{1,2}

(1. 中国地质大学(武汉)地球科学学院 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室 武汉 430074;
3. 西安地质矿产研究所 西安 710054)

摘要 札达盆地为一个藏南晚新生代断陷盆地,基于岩性岩相、古流向和物源分析,认为札达盆地主要经历了裂陷充填期(9.2~7.8 Ma)、稳定发展期(7.8~2.6 Ma)和裂后消亡期(2.6~1.7 Ma)。沉积相主要有辫状河相、淡水湖泊相和冲积扇相,以湖相为主;古流向由南西向转变为盆地周缘指向湖盆中心,发展到最后为南东向;物源主要来自北侧的阿伊拉日居山地区,古地势由北东高南西低,经差异抬升变为北西高南东低,沉积中心位于湖盆南缘。至约1.7 Ma之后,贡巴砾岩的出现代表了札达盆地的消亡。札达盆地的演化表明藏南裂陷盆地经历了拉张形成、湖盆最大化而后快速消亡的过程,揭示了藏南在获得最大高度后进一步构造伸展垮塌的演变历程。

关键词 札达盆地 新近纪 沉积相 沉积演化

第一作者简介 吴旌 男 1990年出生 学士 地质学 E-mail: fred93@live.cn

通讯作者 张克信 E-mail: kx_zhang@cug.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 前言

札达盆地位于西藏自治区西南部阿里地区象泉河流域,岗仁波齐峰的西侧,地理范围为东经79°00′至80°30′,北纬30°50′至32°20′。其新近纪地层近水平产出,呈典型的“塔林”地貌景观;基底为侏罗纪—白垩纪砂岩,地层出露厚度在盆地南缘达到最大^[1]。盆地周围山体主体呈北西—北西西方向延伸,地势南西(喜马拉雅山脉)和北东(阿依拉日居山脉)两侧高,平均海拔在4 000 m以上,呈向西北开口的喇叭状。盆地东西长约140 km,南北最大宽度为50 km,面积约为40 000 km²,属侵蚀剥蚀极高山地貌。

札达盆地地处喜马拉雅褶冲带,其形成和发育受控于青藏高原“两体三带”的构造格局的发展演化,即喜马拉雅造山带的北坡、喀喇昆仑造山带的东南端(阿伊拉日居山)和雅鲁藏布江缝合带西北端的结合地带,也是冈底斯地体和喜马拉雅地体结合部^[2]。札达盆地的控盆断裂为西南侧藏南拆离系和东北侧的阿伊拉日居山断裂(喀喇昆仑断裂的东南段的分支断裂)。

1 研究剖面介绍

本次研究剖面位于西藏自治区札达县城南4 km

的岗桑—多几东沟一线(以下简称多几东剖面),剖面起点坐标为79.75°E,31.48°N;剖面终点坐标为79.74°E,31.38°N(图1),自下而上出露的地层为中新统一上新统托林组(610.2 m)和下更新统香孜组(>44.3 m),剖面总厚约654.5 m。托林组区域上与下伏中侏罗统聂聂雄拉组呈角度不整合接触(河北省地质调查院2004)^②和上覆下更新统香孜组呈整合接触(图1)。由于多几东剖面处上覆香孜组未见顶,因而在札达县香孜乡西北约1 km(N31°50′31″,E79°37′20″)选择了一条辅助剖面(香孜剖面^[3])进行补充,该剖面厚109.4 m,与下伏托林组呈整合接触,与上覆顶盖砾岩(贡巴组)呈角度不整合接触(图3)。盆地内地层近水平产出,分布连续,保存完整,并含有丰富的动植物化石,因此是进行盆地演化研究的良好载体。然而,高程落差较大加剧了地貌侵蚀,使得札达地区发育典型的“塔林”地貌景观。古水流和砾岩成分分析可以提供盆地演化过程中沉积物源区的位置和组成的信息,是重塑沉积环境和恢复古地理的重要方法^[4,5]。我们对沉积地层中发育的砾石叠瓦状构造的优势扁平面产状和砂岩板状—楔状交错层理的前积纹层产状进行了系统的测量,室内主要通过通过对相关数据进行分析,并在图中用箭头指示优势古水流方向,并对主要砾石成分绘制物源饼状图。

①中国地质调查局青藏专项项目(编号:1212011121261)和国家地质学理科基地人才培养基金项目(批准号:J0830520)资助。

②河北省地质调查院.西藏自治区日新幅、札达县幅、姜叶马幅1:25万区域地质调查报告.2004

收稿日期:2011-06-02;收修改稿日期:2011-09-19

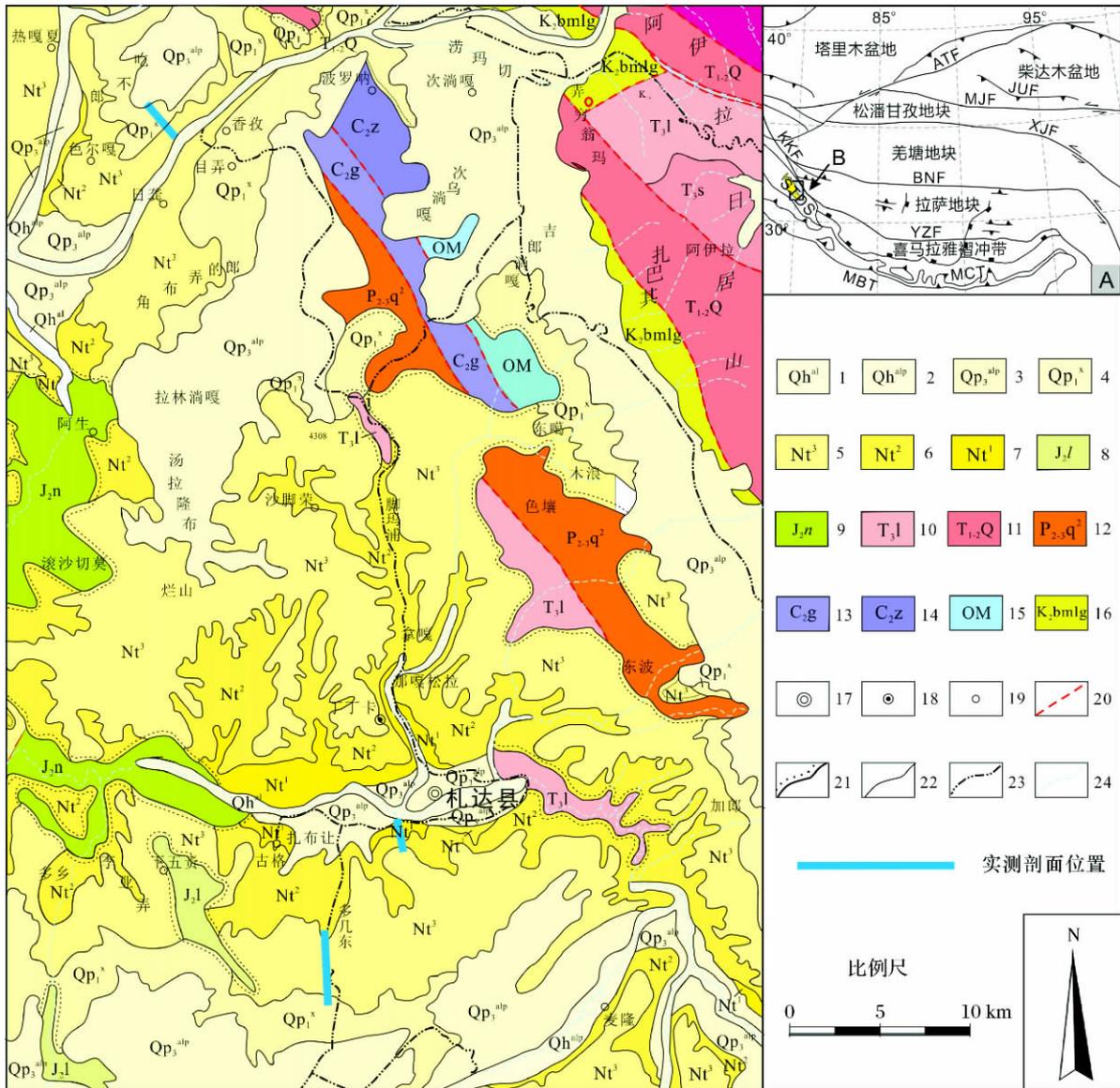


图1 札达盆地地质构造简图及其位置图^②

全新统: 1. 冲积物; 2. 冲洪积物; 更新统: 3. 冲洪积物; 4. 香孜组; 新近系: 5. 托林组三段; 6. 托林组二段; 7. 托林组一段; 侏罗系: 8. 拉弄拉组; 9. 聂聂雄拉组; 三叠系: 10. 拉吾且拉组; 11. 穷果群; 二叠系: 12. 曲嘎组二段; 石炭系: 13. 滚江浦组; 14. 哲弄组; 奥陶系: 15. 幕霞群; 16. 波库混杂岩; 17. 县行政所在地; 18. 村镇; 19. 居民点; 20. 推测断层; 21. 角度不整合界线; 22. 整合界线; 23. 公路; 24. 河流; ATF. 阿尔金断裂; JUF. 宗务隆断裂; MJF. 木孜塔格—鲸鱼湖断裂; XJF. 西金乌兰—金沙江断裂; BNF. 班公湖—怒江断裂; KKF. 喀喇昆仑断裂; YZS. 雅鲁藏布江缝合带; STDS. 藏南拆离系; MCT. 主中央断裂; MBT. 主边界断裂。

Fig. 1 The location and geological map of the Zanda Basin

2 沉积学研究

札达盆地新近系札达群可自下向上分为托林组和香孜组(图1), 主体为一套河湖相沉积。本文中托林组和香孜组的磁性地层年代引自 Saylor 等^[6]。札达群由张青松和王富葆创名^[7], 创名地点位于札达县城西北 338° 方向 43 km 的香孜农场内, 主要指一

套含脊椎动物化石(三趾马和古小长颈鹿)、孢粉及腹足类的半胶结—松散状态的碎屑组合。

托林组由钱方等创名^[8], 在札达县城南托林贡巴沟内建立正层型剖面, 主要为一套河湖相碎屑岩; 托林组下部未见底或一般不整合与基底地层, 上部与香孜组整合接触(图4和图5)。托林组主要见于札达、普兰、聂拉木、仲巴、拉萨、索县等地^[9]。在 multi-

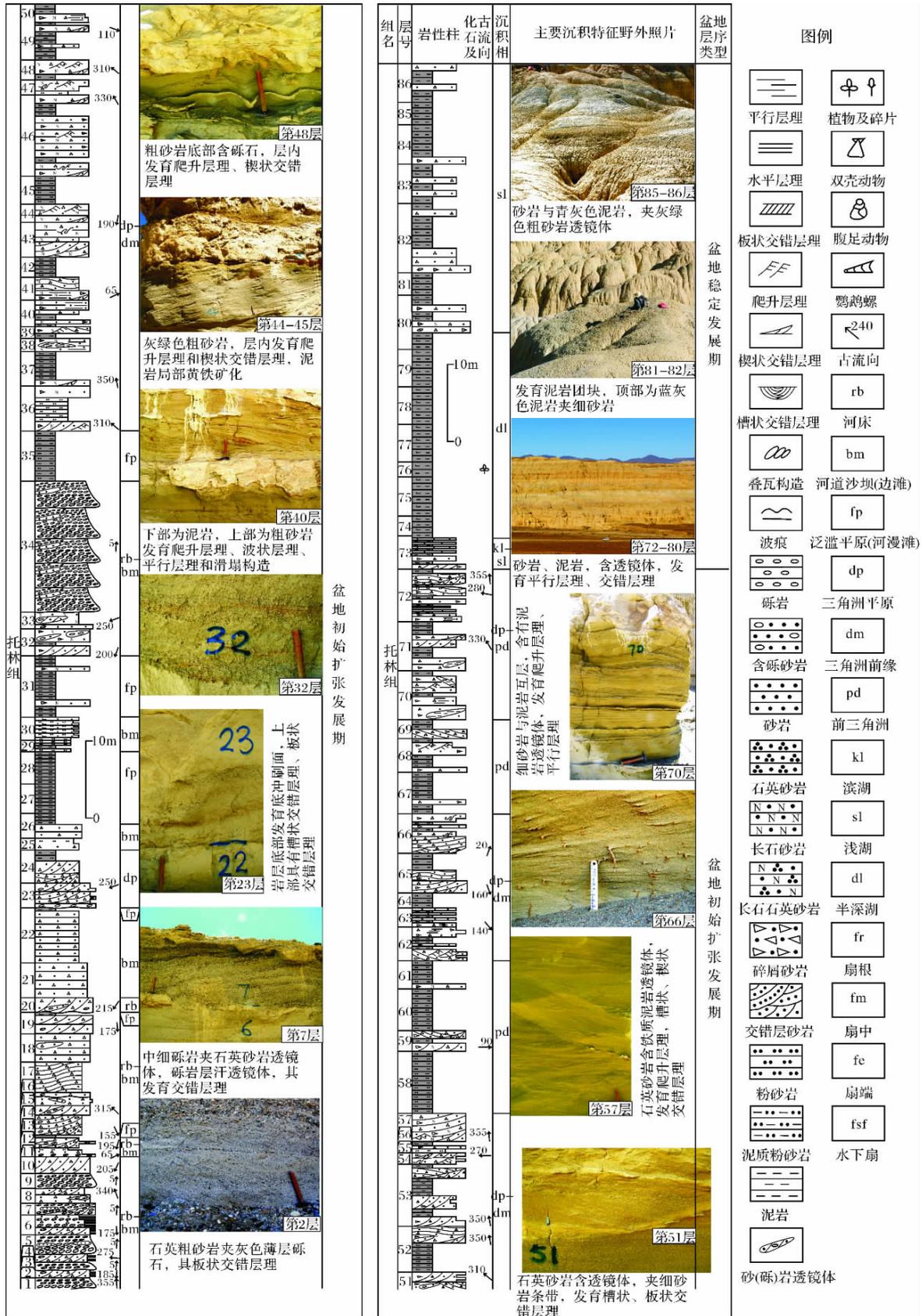


图 4 西藏札达盆地多几东剖面托林组下部沉积特征

Fig. 4 Sedimentary character of lower part of the Tuolin Formation of Duoqidong Section, Zanda Basin, Tibet

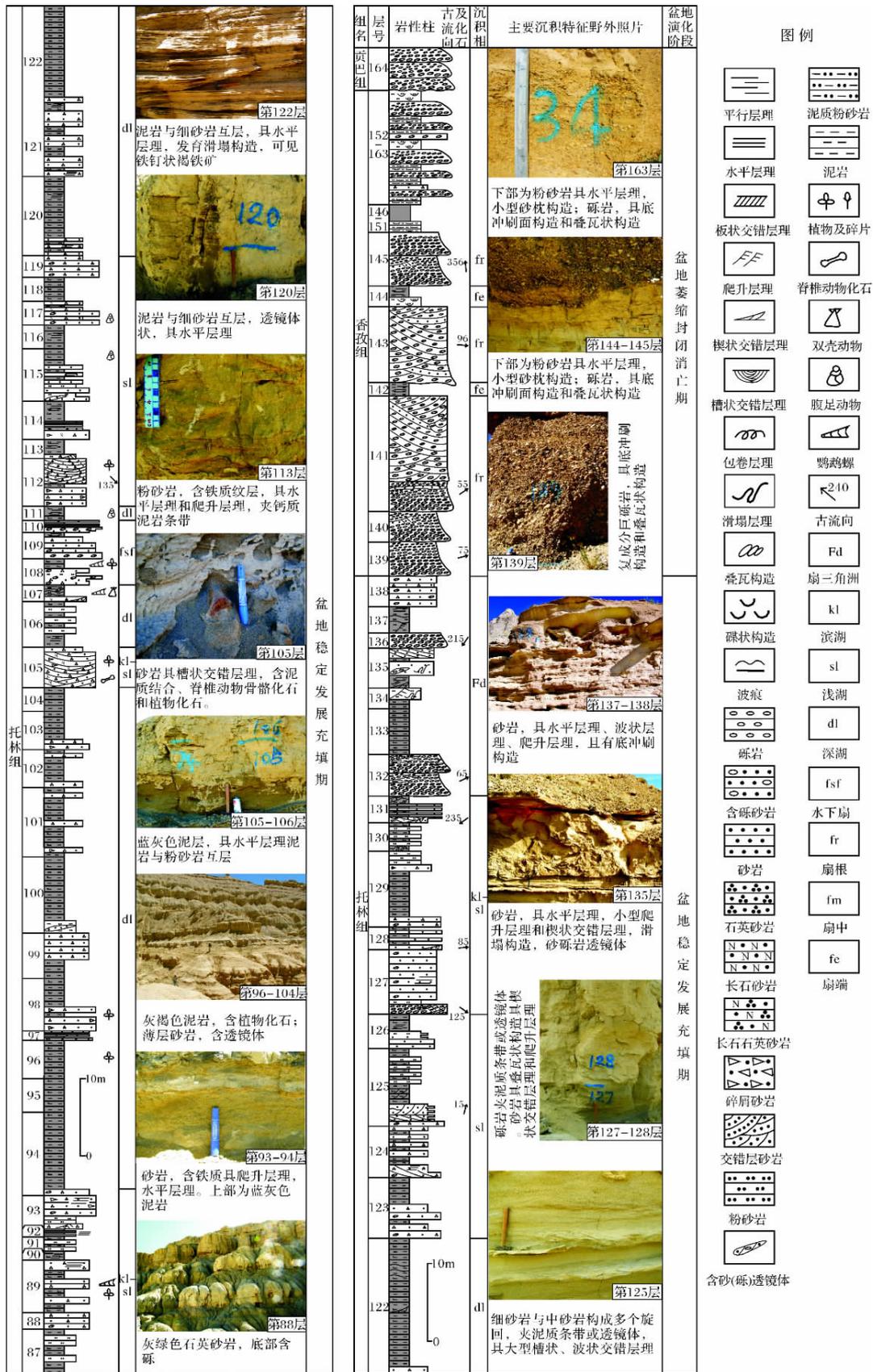


图5 西藏札达多几东剖面托林组上部沉积特征

Fig.5 Sedimentary character of Upper part of the Tuolin Formation of Duoqidong Section, Zanda Basin, Tibet

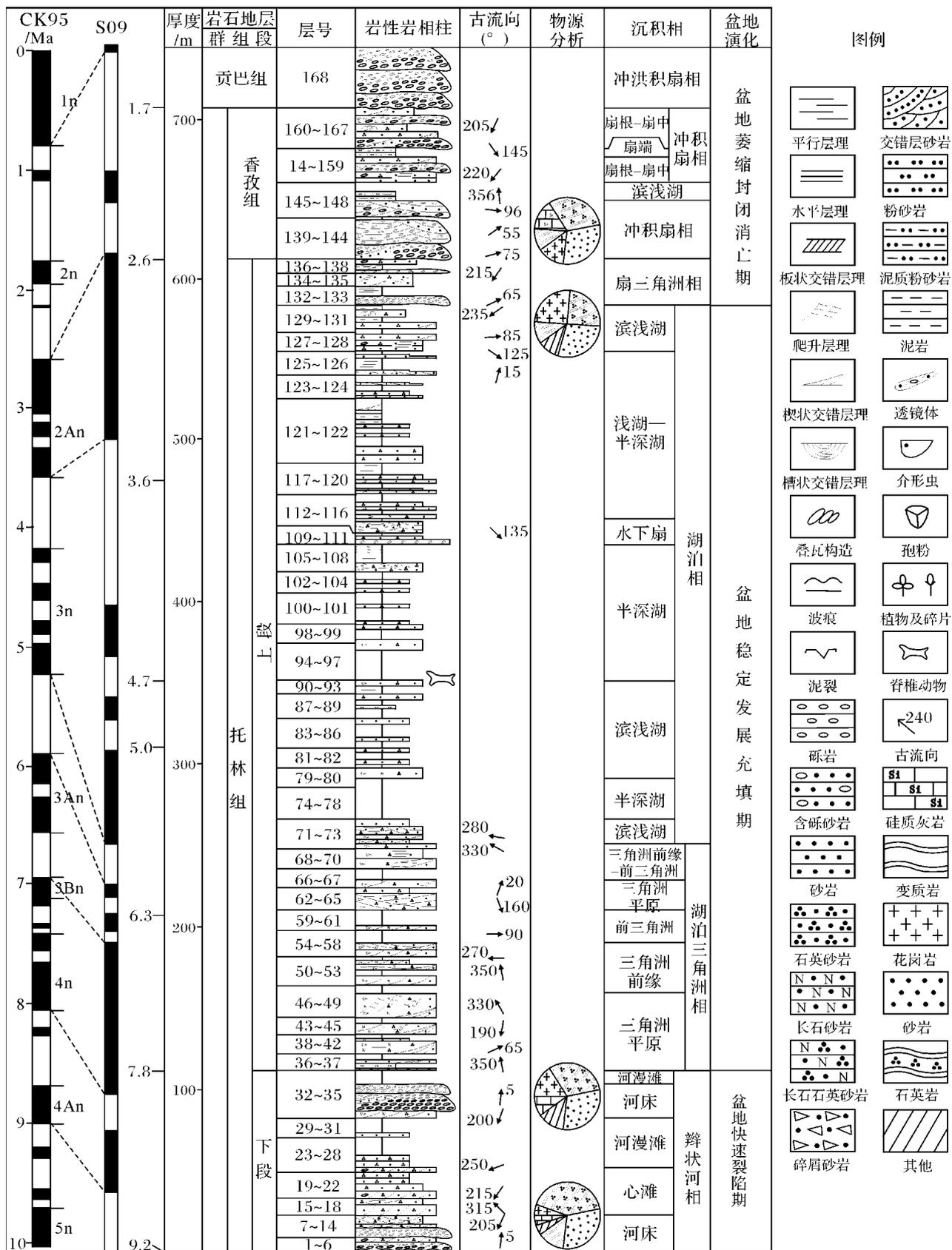


图 6 西藏札达盆地多几东新近系剖面沉积学综合地层柱状图

Fig. 6 Comprehensive stratigraphic column of the Neogene Duojidong Section, Zanda Basin, Tibet

东剖面,托林组厚 610.2 m,岩性下部为砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩的正粒序旋回,沉积构造发育,可见叠瓦状构造、大型板状斜层理、槽状交错层理、楔状交错层理;向上变细,为砂岩、粉砂泥岩互层,沉积构造发育爬升层理、槽状交错层理、楔状交错层理,并出现发育在湖泊三角洲前缘斜坡地带的滑塌构造。含树杆、哺乳动物、腹足和双壳动物、介形类和孢粉等化石。托林组顶部砾岩和砂岩层增多。该组详细的层序与岩性岩相详见图 6。本组主要发育的沉积相为辫状河相、湖泊相、湖泊三角洲相和扇三角洲相。

香孜组由钱方等创名^[7],并在札达县城南托林贡巴沟内建立正层型剖面,主要代表一套河湖相碎屑岩,其与下伏托林组呈整合接触,与上覆贡巴组呈角度不整合接触。香孜组主要分布于喜马拉雅地区^[9]。在剖面处香孜组厚 94.4 m,岩性主要为灰白、褐色厚层—巨厚层复成分砾岩,灰褐、灰绿色砂岩,夹灰色粉砂岩和蓝灰、土黄色泥岩。砾岩发育叠瓦状构造和底冲刷面构造,砂岩层发育波状层理,粉砂岩夹层发育爬升层理、水平层理、小型砂枕构造;砂质泥岩具水平层理。该组以冲积扇相为主。

2.1 托林组

基于岩性岩相、古流向和物源分析,我们把多几东剖面的托林组从下向上分为如下三段:

2.1.1 托林组下段(1~35层)

托林组下段厚约 110.2 m,主要发育辫状河相(Rb),包含 3 个亚相: a) 河床亚相(rb), b) 心滩亚相(bm), c) 河漫滩亚相(fp)。岩性为灰、灰黄、桔红、灰绿色中—厚层或者巨厚层砾岩、砂岩,与蓝灰、灰色、黄褐、紫红色钙质粉砂质泥岩、钙质泥岩互层。砾岩的砾石粒径为 0.2~10 cm,以 1~5 cm 为主,磨圆度次圆—圆,分选较好,成分复杂,填隙物为粉砂岩或粗砂岩,占 50% 左右,胶结类型为基底式胶结,底部发育大型冲刷面构造,顶部发育削顶构造,含砂岩透镜体。砂岩主要以石英砂岩为主,其中夹杂少量砾岩透镜体;砂岩中主要发育槽状交错层理、楔状交错层理、板状交错层理。泥岩具水平层理。砾岩、砂岩与泥岩构成 5 个向上变细的正向旋回层。

2.1.2 托林组上段(35~138层)

托林组上段厚约 500 m,主要发育湖泊三角洲相(D)、淡水湖泊相(L)和扇三角洲相(Fd)。

以下分托林组上段下部(35~71层)、托林组上段上部(72~131层)和托林组顶部(132~138层)叙述。

托林组上段下部(35~71层):厚约 160 m,主要发育湖泊三角洲相(D),包含 3 个亚相: a) 三角洲平原亚相(dp), b) 三角洲前缘亚相(dm), c) 前三角洲亚相(pd)。岩性主要为灰绿色、蓝灰色细砂—粗砂岩、泥岩;砂岩中发育有水平层理、板状交错层理、波状交错层理、楔状交错层理和变形层理,夹泥岩、砾岩透镜体,透镜体中含有植物化石,在细砂岩中含有树干化石,粗砂岩中含有蓝灰色泥质结核,外囊为铁质壳层;灰绿色厚层岩屑石英细砂岩和砖红色薄层粉砂质泥岩组成正粒序,粗砂岩中发育槽状交错层理,细砂岩中发育爬升层理和冻融褶皱,泥岩中发育波状交错层理、爬升层理。

托林组上段上部(72~131层):厚约 340 m,主要发育淡水湖泊相(L),包含 3 个亚相: a) 滨湖亚相(kl), b) 浅湖亚相(sl), c) 半深湖亚相(dl)。岩性主要为蓝灰、灰白色厚层状石英粗砂岩、长石石英细砂岩、中薄层粉砂岩和粉砂质钙质泥岩。石英粗砂岩具槽状交错层理,含砾石和钙质结核,及古脊椎动物化石;长石石英细砂岩具楔状交错层理,局部含石膏脉体;泥岩与粉砂岩呈互层状,各厚约 3 cm 和 5 cm,含铁质壳层及铁质中粒砂岩透镜体,其中粉砂质泥岩具波状层理、水平层理和因重力作用发育的滑塌构造;产植物叶片、双壳类、腹足类、介形类和孢粉化石。

托林组顶部(132~138层):厚约 20 m,以扇三角洲相(Fd)为主,岩性主要为灰色巨厚层状复成分砾岩,灰褐色中层状含砾石英中砂岩夹薄层状中—细粒石英砂岩,蓝灰、土黄色薄层—极薄层泥质粉砂岩。砾石大小以 1~5 cm 为主,磨圆次棱角—次圆,分选中等—差,砂泥填隙物,基底式胶结;砾石成分为石英岩(30%)、砂岩(25%)、花岗岩(15%)、其他成分(5%);砾石具叠瓦状构造。中—细粒石英砂岩具底冲刷面构造,可见充填冲刷构造;泥质粉砂岩和钙质泥岩具水平层理、波状层理和爬升层理。

2.2 香孜组(139~167层)

该组厚约 100 m,以冲积扇相为主,夹少量淡水湖泊相,基本特征表述如下:

(1) 冲积扇(Af)扇根—扇中亚相(fr—fm):岩性为灰白、灰褐、褐色复成分砾岩,灰白色厚层—巨厚层中、粗砾岩和含砾中粗砂岩,砾石分选中等,磨圆度为次棱角—次圆,填隙物为粉砂至粗砂,占 10%~25%,基底式胶结;具叠瓦状构造和底冲刷构造,含粗砂岩透镜体。

(2) 冲积扇扇端相(fe),岩性为灰绿色中薄层粉

砂岩,土黄色薄层粉砂质泥岩,具水平层理。

(3) 淡水湖泊相可见滨湖亚相和浅湖亚相,岩性主要为蓝灰色中薄层钙质泥岩,土黄色薄层粉砂质泥岩,具水平层理,产孢粉化石。

下更新统贡巴组由一套巨厚层冲积扇相砾岩组成,与下伏香孜组呈角度不整合接触,标志着704.6 m厚的多几东剖面沉积序列的结束。

3 古流向与物源分析

古流向分析最早由 Hemg 等提出^[10],是识别、描述和解释过去的水流形式,为盆地分析的重要手段之一。物源分析是确定沉积物物源位置和性质及沉积物搬运路径,在整个盆地的沉积作用和构造演化等方面有重要意义。

3.1 古流向分析

古流向的研究方法主要由某一点水流方向的微观研究和确定大范围水流方向的宏观研究^[11],以波痕和交错层理、水道和冲蚀、砾石组构、底面印痕以及斜坡地区的滑塌构造等的标志分析为主。本次研究主要通过野外对沉积地层中发育的砾石叠瓦状构造的扁平面优势产状以及板状—楔状交错层理的前积纹层产状进行系统的测量,在室内用 Qbasic 软件对野外测得的相关数据进行校正和分析,最后在图中用箭头指示优势古水流方向。

根据分析从托林组底部第1、3、5、7、9、11、34层砾岩层叠瓦状构造和第2、4、6、8、10、12、14~15、19、20~23、32、35层中砂岩层板状—楔状交错层理得到的古流向数据,得出该剖面托林组沉积时期古水流方向为 $200^{\circ}\sim 250^{\circ}$,古流向指向南西。到托林组上段,根据第36~37、41、44、46~54、57、59、63、65~66、71~72、125~128、131~132、136层砂岩层板状—楔状交错层理采集的古流向数据,计算校正得出古流向较为杂乱,从 $15^{\circ}\sim 330^{\circ}$ 不等,甚至出现多组相反的方向,反映该阶段古流向为从盆地周缘指向盆地中心。而札达县城北部的香孜组第139、141、143、145、153、160、167层砾石叠瓦状构造和第157、159、166层砂岩层板状—楔状交错层理的古流向数据指出古流向早期为 $75^{\circ}\sim 96^{\circ}$ (指向东),晚期转变为 $145^{\circ}\sim 205^{\circ}$ (指向南)。

3.2 物源分析

砾石成分是确定沉积物物源的重要证据。根据野外实际情况,我们通过对砾岩中砾石成分的详细研究,对砾岩中不同成分砾石的百分含量进行统计,并

结合古水流方向资料,绘制砾石成分饼状图,对该剖面地层沉积物的物源进行了恢复(图6)。

在物源分析中,多几东沟剖面托林组底部第1、3、5、7、9、11、34层的砾石成分分析表明主要为石英岩和砂岩,占80%左右,含有少量的灰岩、花岗岩和变质岩。而多几东沟的托林组上部第127、132、136层砾石成分分析表明砾石成分主要为花岗岩25%、石英岩25%和砂岩30%,少量的变质岩。砾石成份特点说明札达盆地物源与北部的阿伊拉日居山脉地区密切相关,因为沿阿伊拉日居山脉发育大量的中新世花岗岩和中生代的砂泥质沉积岩,而盆地的西南部主要出露中生代的蛇绿混杂岩、砂岩、浅变质岩及元古代变质岩。此外,盆地北部的香孜剖面的香孜组第139、141、143、145、153、160、167层砾石成分主要为石英岩和砂岩,次之为花岗岩、灰岩和变质岩,指示出札达盆地顶部的物源与盆地北部的阿伊拉日居山脉地区密切相关,故其物源主要来自于盆地西侧和北侧地区。

3.3 结果

通过以上的分析,我们发现在托林组下段古流向主体为南向和西向,砾石主要成分为石英岩和砂岩,含少量的花岗岩和变质岩,沉积物源主要来自北部的阿伊拉日居山脉地区;在托林组上段,古流向为盆地周缘指向盆地中心,砾石主要成分为花岗岩、石英岩和砂岩,表明沉积物源与盆地北部的阿伊拉日居山脉地区密切相关;香孜组古流向从早期的东向转变为南向,砾石主要成分为石英岩和砂岩,花岗岩、灰岩及变质岩次之,该砾石成分特征表明其物源主要来自盆地的西侧和北侧地区。

在岩相上托林组下部与吉隆沃马组下段^[12,13]、Thakkhola地堑 Narsing-Ghidiya Kholas一带的 Tetang组^[14]、聂拉木北部野博康加勒地区的“野博康加勒群”和亚汝雄拉的“达涕组”^[15]均是一致的,并且沉积物的源区来自喜马拉雅提斯断褶带。同时,托林组上部也与上述的区域地层可以很好地进行对比。

前人^[16,17]对盆地南部的物源分析认为砾石成分主要为花岗岩和砂岩,其中花岗岩达70%,基性、超基性岩成分较少。根据周勇等^[15]研究发现在盆地西北部曲松厚150~170 m,向东南至札达农场和县城厚200~500 m,盆地南部的地层厚度最大可达800 m^[16]。我们判断物源主要来自于盆地北缘的阿伊拉日居山脉地区,结合区域托林组地层分布特征,沉积中心位于盆地的南端。

4 沉积盆地演化

札达盆地为受东北侧的北西—南东向喀喇昆仑断裂主控的半地堑盆地,其控盆断裂还包括西南侧近东西向的藏南拆离系。其中,喀喇昆仑断裂(KKF)西起红其拉甫,经班公山、扎西岗、门士至冈仁波齐峰一带,全长约1200 km,具有右旋走滑性质,是青藏高原西南缘的一条大型活动断裂带;该断裂的初始活动时间在27 Ma以前^[18,19],并且活动时间可以持续到12 Ma左右^[19~22],之后在8.75~6.88 Ma之间再次发生强烈走滑变形^[23],断裂的活动一直延续到晚更新世以来。而藏南拆离系(STDS)西起喜马拉雅西部的扎斯卡地区,经中部的珠穆朗玛地区到东部的米林地区,是分隔高喜马拉雅变质结晶基底和藏南特提斯沉积盖层的低角度正断裂^[24];其被藏南南北向正断层切割,反映其活动时间上限为8~9 Ma^[24,25],对应了札达盆地初始裂陷形成的时间。

根据Saylor等^[17]的最新古地磁年代学的研究成果,结合三趾马动物群的出现和C₃-C₄植物型演化的时限,本文认为札达盆地的沉积时限为9.2~1.7 Ma。结合古流向数据和物源的统计分析,可将盆地的沉积演化分为三个阶段(图6),即盆地快速裂陷充填阶段、盆地稳定发展充填阶段和盆地萎缩消亡阶段。

4.1 盆地快速裂陷充填阶段

托林组下段沉积时期(9.2~7.8 Ma),受伸展构造的影响,主要发育辫状河相(包括河漫滩、河床和心滩),古流向主体呈南向和西向,物源主要来自北部的阿伊拉日居山地区。大量粗碎屑沉积物在该时期随着辫状河快速向南流入盆地;而该阶段盆地南部深,西北部较浅,沉积中心位于盆地南部。

4.2 盆地稳定发展充填阶段

托林组上段沉积时期(7.8~2.8 Ma),盆地进入稳定发展阶段,主要发育湖泊三角洲相和淡水湖泊相,且以滨—浅湖相和半深湖相沉积为主。古流向较杂乱,表明该时期古流向由盆地四周指向盆地中心,物源依然主要来自北部的阿伊拉日居山地区。该阶段湖盆面积达到最大化,随着盆缘地带的差异隆升,四周的高山地带所提供的物源随着河流可以从四周进入盆地,沉积中心位于盆地中部。

4.3 盆地萎缩消亡阶段

托林组顶部(2.8~2.6 Ma)和香孜组(2.6~1.7 Ma)沉积时期,湖盆演化进入萎缩消亡期,主要发育

扇三角洲相和冲积扇相,夹滨浅湖相。古流向早期指向东,晚期转向南,物源来自西侧和北侧山脉地区。该时期湖盆受到青藏高原背景环境的强烈持续隆升,湖泊迅速萎缩消亡,并且由于区域差异抬升,沉积物源由北偏东转变为北偏西,古地势由北东高南西低转变为北西高南东低。在约1.7 Ma之后的贡巴砾岩的出现表示札达盆地结束沉积。

札达盆地的沉积历史与临近的吉隆盆地^[11]、尼泊尔盆地^[13]及其他南北向断陷盆地极为相似,伴随着青藏高原加速岩石抬升剥露期^[26]强烈地表抬升和高原快速扩展的背景,并且其沉积序列可与高原周缘压陷盆地的记录^[27]相互响应。这表明藏南裂陷盆地均经历了拉张形成、湖盆最大化而最后快速消亡的过程,揭示了藏南在获得最大高度后进一步构造伸展垮塌的演变历程。

5 结论

根据札达盆地多几东剖面和香孜剖面的岩性岩相的野外观察和研究,以及古流向和物源的统计分析,表明札达盆地存在3个沉积阶段:托林组下段为裂陷充填期(9.2~7.8 Ma),主要发育辫状河相沉积,古流向主体呈南向和西向,沉积中心位于盆地东南缘,盆地南深,西北浅,大量粗碎屑沉积物随辫状河自北部的阿伊拉日居山地区流入湖盆;托林组上段为稳定发展期(7.8~2.6 Ma),主要发育湖泊三角洲相和淡水湖泊相,湖盆面积达到最大化,以半深湖相沉积为主,盆缘四周的高山地带为沉积盆地提供物质来源;到托林组顶部和香孜组为裂后消亡期(2.6~1.7 Ma),主要发育冲积扇相,湖盆迅速从湖相和扇三角洲相转变为冲积扇相粗碎屑沉积,沉积物质主要来源于盆地西侧和北侧,古地势为北西高南东低;至约1.7 Ma之后,湖盆消亡。

参考文献(References)

- 1 王世锋,张伟林,方小敏,等. 藏西南札达盆地磁性地层学特征及其构造意义[J]. 科学通报, 2008, 53(6): 676-683 [Wang Shifeng, Zhang Weilin, Fang Xiaomin, et al. Magnetostratigraphy of the Zanda basin in southwest Tibet Plateau and its tectonic implications[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(6): 676-683]
- 2 潘桂棠,李兴振,王立全,等. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 2002, 21(11): 701-707 [Pan Guitang, Li Xingzhen, Wang Liquan, et al. Preliminary division of tectonic units of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent regions[J]. Geological Bulletin of China, 2002, 21(11): 701-707]
- 3 江尚松,向树元,徐亚东. 西藏札达盆地晚上新世—早更新世孢

- 粉组合及其地质意义[J]. 地质科技情报, 2010, 29(4): 21-31 [Jiang Shangsong, Xiang Shuyuan, Xu Yadong. Geological significances of late Pliocene-Early Pleistocene palynological assemblage in Zanda Basin, Tibet [J]. Geological Science and Technology Information, 2010, 29(4): 21-31]
- 4 王世虎, 焦养泉, 吴立群, 等. 鄂尔多斯盆地西北部延长组中下部古物源与沉积体空间配置[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2007, 32(2): 202-208 [Wang Shihu, Jiao Yangquan, Wu Liqun, *et al.* Spatial combination of paleoprovenance and depositional lobe of Mid-Lower Yanchang Formation in the northwest of Ordos Basin [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2007, 32(2): 202-208]
 - 5 王晓丰, 张志诚, 郭召杰, 等. 酒西盆地早白垩世沉积特征及原型盆地恢复[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(3): 304-311 [Wang Xiaofeng, Zhang Zhicheng, Guo Zhaojie, *et al.* Sedimentary characteristics of the Lower Cretaceous and reconstruction of the prototype basin in the Jiuxi Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(3): 304-311]
 - 6 Saylor J E, Quade J, Dettman D L, *et al.* The late Miocene through present paleoelevation history of southwestern Tibet [J]. American Journal of Science, 2009, 309: 1-42
 - 7 张青松, 王富葆, 计宏祥, 等. 西藏札达盆地的上新世地层[J]. 地层学杂志, 1981, 5(3): 216-220 [Zhang Qingsong, Wang Fubao, Ji Hongxiang, *et al.* Stratum in the Neogene Zhada Basin, Southwest Tibet [J]. Journal of Stratigraphy, 1981, 5(3): 216-220]
 - 8 钱方, 马醒华, 吴锡浩. 中国第四纪磁性地层的初步研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1983, 3(3): 17-30 [Qian Fang, Ma Xinghua, Wu Xihao. Preliminary study on the Quaternary magnetic stratigraphy of China [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1983, 3(3): 17-30]
 - 9 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 1-302 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. Lithostratigraphy of Xizang Autonomous Region [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1997: 1-302]
 - 10 杨运海. 物源分析的几种方法[J]. 内江科技, 2009, 30(12): 21-22 [Yang Yunhai. Several Methods of Provenance Analysis [J]. Nei Jiang Science and Technology, 2009, 30(12): 21-22]
 - 11 陈妍, 陈世悦, 张鹏飞, 等. 古流向的研究方法探讨[J]. 断块油气田, 2008, 15(1): 37-40 [Chen Yan, Chen Shiyue, Zhang Pengfei, *et al.* Discussion on research methods of paleocurrent direction [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2008, 15(1): 37-40]
 - 12 Xu Y D, Zhang K X, Wang G C, *et al.* Extended stratigraphy, palynology and depositional environments recording the initiation of the Himalayan Gyirong Basin (Neogene China) [J]. jseas. 2011. 04. 007. Doi: 10. 1016/j
 - 13 徐亚东, 张克信, 王国灿, 等. 西藏南部吉隆盆地中新世—早更新世孢粉组合及其地质意义[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2010, 35(5): 759-773 [Xu Yadong, Zhang Kexing, Wang Guocan, *et al.* Geological significance of Miocene-Early Pleistocene palynological zones in the Gyirong Basin, Southern Tibet [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2010, 35(5): 759-773]
 - 14 Garzione C N, DeCelles P G, Hodkinson D G, *et al.* East-west extension and Miocene environmental change in the southern Tibetan plateau: Thakkhola graben, central Nepal [J]. Geological Society of America Bulletin, 2003, 115(1): 3-20
 - 15 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993: 240-241 [Tibet Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional Geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993: 240-241]
 - 16 周勇, 丁林, 邓万明, 等. 札达盆地构造旋回层及其地质意义[J]. 地质科学, 2000, 35(3): 305-315 [Zhou Yong, Ding Lin, Deng Wanming, *et al.* Tectonic cyclothem in Zanda Basin and its significance [J]. Scientia Geologica Sinica, 2000, 35(3): 305-315]
 - 17 韩建恩, 余佳, 孟庆伟, 等. 西藏阿里地区札达盆地第四纪砾石统计及其意义[J]. 地质通报, 2005, 24(7): 630-636 [Han Jian'en, Yu Jia, Meng Qingwei, *et al.* Analysis of Quaternary gravels in the Zhanda basin, Ngari area, Tibet, China [M]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(7): 630-636]
 - 18 李海兵, Franck Valli, 许志琴, 等. 喀喇昆仑断裂的变形特征及构造演化[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 239-255 [Li Haibing, Franck Valli, Xu Zhiqin, *et al.* Deformation and tectonic evolution of Karakorum Fault, Western Tibet [J]. Geology in China, 2006, 33(2): 239-255]
 - 19 Li H B, Valli F, Liu D Y, *et al.* The formation age of Karakorum fault: constrained by zircon SHRIMP U-Pb dating [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52(4): 438-447
 - 20 Murphy M A, Yin A, Kapp P, *et al.* Southward propagation of the Karakoram fault system, southwest Tibet: timing and magnitude of slip [J]. Geology, 2000, 28(5): 451-454
 - 21 Lacassin R, Valli F, Arnaud N O, *et al.* Large-scale geometry, offset and kinematic evolution of the Karakorum fault, Tibet [J]. Earth and Planetary Science Letters, 2004, 219(3-4): 255-269
 - 22 Phillips R J, Parrish R R, Searle M P. Age constraints on ductile deformation and long-term slip rates along the Karakoram fault zone, Ladakh [J]. Earth and Planetary Science Letters, 2004, 226: 305-319
 - 23 Zhou Y, Xu R H, Yan Y H, *et al.* Dating of the Karakorum strike-slip fault [J]. Acta Geologica Sinica, 2001, 75(1): 10-18
 - 24 Burchfiel B C, Chen Z, Hodges K V, *et al.* The south Tibet detachment system, Himalayan orogen: extension contemporaneous with and parallel to shortening in a collisional mountain belt [J]. Special Paper-Geological Society of America, 1992, 269: 1-41
 - 25 Harrison T M, Copeland P, Kidd W S F, *et al.* Activation of the Nyainqentanghla shear zone: implications for uplift of the southern Tibetan Plateau [J]. Tectonics, 1995, 14(3): 658-676
 - 26 王国灿, 张克信, 曹凯, 等. 从青藏高原新生代构造隆升的时空差异性看青藏高原的扩展与高原形成过程[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2010, 35(5): 713-727 [Wang Guocan, Zhang Kexin, Cao Kai, *et al.* Expanding processes of the Qinghai-Tibet Plateau during Cenozoic: An insight from spatio-temporal difference of uplift [J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2010, 35(5): 713-727]

27 Zhang K X , Wang G C , Ji J L , *et al.* Paleogene-Neogene stratigraphic realm and sedimentary sequence of the Qinghai-Tibet Plateau and

their response to uplift of the plateau [J]. *Science in China: Earth Sciences* , 2010 , 53(9) : 1271-1294

Neogene Sedimentary Succession in the Zanda Basin , Southwest Tibet

WU Jing^{1 2} XU Ya-dong^{1 2} CHEN Fen-ning³ CHEN Rui-ming³ ZHANG Ke-xin^{1 2}

(1. Faculty of Earth Sciences , China University of Geosciences , Wuhan 430074;

2. State Key Laboratory of Biological and Environmental Geology , China University of Geosciences , Wuhan 430074;

3. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources , Xi'an 710054)

Abstract: The Zanda Basin is a Neogene rifted basin in South Tibet. On the basis of previous vertebrate palaeontology , palynology , magnetostratigraphy , and ESR dating research , the age interval can be bracketed between ~9.2 and 1 Ma through strata correlation. Based on lithology , paleo-current measurements and provenance analysis , this paper studies sedimentological succession of the Neogene Basin , and three sedimentological phases are identified: initial rift filling phase(9.2 ~ 7.8 Ma) , stable subsidence phase(7.8 ~ 2.6 Ma) and subduction phase(2.6 ~ 1.7 Ma) . During 9.2 ~ 7.8 Ma , the braided river lithofacies with an SWS paleo-current predominates in the Lower Tuolin Formation , and the sediment sources are mainly in the north-eastern side of the basin , the sedimentary center is located at the southside of the basin. Then , the lacustrine lithofacies dominates in the basin , accompanied by lake-delta lithofacies , with a basin-centric paleo-current in the Upper Tuolin Formation from 7.8 Ma to 2.6 Ma , the lake area reach to maximum , and the source of the sedimentary basin comes from mountains surrounding the basin margin. During 2.6 ~ 1.7 Ma , the alluvial-fan lithofacie dominates , with a SES paleo-current in Xiangz Formation , implying the the source material are from southwestern side of the basin , and the facies change from fine lacustrine to coarse alluvial fan rapidly. The Pleistocene Gongba Formation is in angular unconformity with the underlying Xiangz Formation , implying end of the sedimentary basin. In summary , the lithofacies compose of braided river , lacustrine and alluvial-fan , dominated by lacustrine lithofacies. Paleo-current directions change from SW (lower part) to SE (upper part) , with a basin-centric direction in the middle part. Furthermore , regional geography changes from northeast high , southwest low to northwest high , southeast low , and the sedimentary central is located at the south margin of the basin. After 1.7 Ma , the Pleistocene Gongba Formation appears and implies disappearance of the basin. It indicates that the rift-sag basin in southern Tibet rises firstly , forming a paleo-lake , and then falls abruptly , dating east-west extensional tectonic evolution when the plateau attains its maximum elevation.

Key words: the Zanda Basin; Neogene; sedimentological facies; sedimentological evolution