

西藏改则盆地渐新统一中新统康托组沉积相特征

姜高磊^{1,2}, 韩 芳^{1,2}, 宋博文^{1,2}, 韦 一^{1,2}, 江尚松^{1,2}, 罗 亮^{1,2}, 张克信^{1,2}

JIANG Gao-Lei^{1,2}, HAN Fang^{1,2}, SONG Bo-Wen^{1,2}, WEI Yi^{1,2}, JIANG Shang-Song^{1,2},
Luo Liang^{1,2}, ZHANG Ke-Xin^{1,2}

1. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北 武汉 430074;

2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074

1. Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

2. Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China

摘要:改则盆地地处青藏高原羌塘地层区, 研究程度较低。通过对西藏改则盆地新近系康托组沉积特征和沉积岩相的详细研究, 共划分出 3 类沉积相: 扇三角洲相、湖泊三角洲相和湖泊相, 整体表现为自下向上沉积物粒度由粗到细、水深逐渐增大的退积序列。综合区域地质特征及古流向分析认为, 改则盆地渐新世—中新世的沉积演化可大致分为 2 个阶段: 盆地初始裂陷阶段和盆地稳定沉积阶段。康托组剖面沉积相的研究有助于了解改则盆地渐新世—中新世的沉积演化。

关键词:康托组; 改则盆地; 渐新统一中新统; 沉积相分析

中图分类号: P512.2; P534.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2013)01-0165-10

Jiang G L, Han F, Song B W, Wei Y, Jiang S S, Luo L, Zhang K X. Sedimentary facies analysis of the Oligocene-Miocene Kangtuo Formation in Gerze Basin, Tibet. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(1): 165-174

Abstract: The Gerze basin located in the Qiangtang stratigraphic area of the Tibetan Plateau has been very insufficiently studied. According to the sedimentary characteristics of the Oligocene-Neogene Kangtuo Formation, three sedimentary facies have been recognized in the Gerze basin. i.e., fan delta facies, lacustrine delta facies and lacustrine facies. In combination with regional geological characteristics and paleocurrent analysis, the Oligocene-Neogene sedimentary evolution in the study area is divided into two stages, which in the chronological order are the initial rift-sagging stage and the steady depositional stage. The facies analysis of the Kangtuo section has obviously shed light on the understanding of the Oligocene-Neogene sedimentary evolution in the study area.

Key words: Kangtuo Formation; Gerze basin; Oligocene-Miocene; sedimentary facies analysis

盆地中的充填沉积物是盆地水系范围内剥蚀区基岩经受风化、剥蚀、搬运和沉积的产物, 造山带内盆地中的充填物则是盆地对于周围造山带隆升过程的响应。所以, 盆地中的沉积物可以反映盆地沉积过程中气候和环境的变化, 精细分析盆地的演化历史可以揭示周围造山带的构造活动过程^[1]。

利用盆地沉积物组分及其演化反映周围造山带的隆升是当前盆地研究的热点^[2]。对青藏高原周

缘新生代沉积的研究报道比较多, 如对青藏高原南部的吉隆盆地^[3-5], 东北缘的临夏盆地^[6-7]、贵德盆地^[8-9]、柴达木盆地^[10-12]、循化盆地^[13-15]等, 然而对于高原内部新生代沉积盆地的研究则明显不足^[16]。改则盆地位于青藏高原羌塘地层区, 受班公湖-怒江缝合带控制^[17]。本文对改则盆地的渐新统一中新统康托组剖面进行了详细的沉积相研究, 对于了解改则盆地渐新世—中新世的沉积演化有重要意义。

收稿日期: 2012-08-13; 修订日期: 2012-12-24

资助项目: 中国地质调查局国家青藏高原专项项目《青藏高原新近纪隆升过程与地质事件群研究》(编号: 1212011121261) 和国家自然科学基金《重大地质突变期生物与环境协同演化》项目(批准号: 40921062)

作者简介: 姜高磊(1988-), 男, 在读博士生, 从事沉积地层学及微体古生物学研究。E-mail: 773572056@qq.com

通讯作者: 张克信(1954-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 从事地层与造山带研究。E-mail: kx_zhang@cug.edu.cn

1 地质背景

改则盆地位于西藏西部的阿里地区(图 1), 由于自然地理环境十分恶劣, 地质研究程度较低。构造位置上, 改则盆地位于班公湖-怒江缝合带的中西段, 是在早期 EW 向构造薄弱带(结合带)和 EW 向褶皱隆起带的区域性表壳伸展作用下形成的^①。该盆地是新特提斯洋闭合后陆陆碰撞造山形成的山间盆地, 主要受班怒带南侧的 EW 向断裂控制, 北侧为康托-仲岗断裂带, 南侧为改则-洞措南断裂带^①。改则盆地的沉积时代为 E—N(渐新世、中新世及上新世^[18]), 沉积地层主要为古近系的纳丁措组(En)、美苏组(Em)和古近系—新近系的康托组(E—Nk)及第四系的河流-湖泊沉积。盆地的南北两侧分布有大片的蛇绿岩, 分别为侏罗纪侵位的洞措蛇绿岩和拉果错蛇绿岩, 这是班公湖-怒江缝合带洋壳在侏罗纪俯冲的结果^[19-20]。

目前, 关于康托组研究的报道很少, 仅有少数学

者对康托组的时代进行了研究^[21-23]。关于康托组的沉积特征、沉积环境分析及其在隆升过程中的沉积响应的研究基本上属于空白。本文详细地分析了改则盆地渐新统一中新统康托组的沉积特征并进行了盆地沉积演化的分析。

2 实测剖面

本次实测的康托组剖面(S32)(起点坐标为 N 32° 11' 59"、E 84° 21' 33", H4625m; 终点坐标为 N 32° 12' 52"、E 84° 21' 57", H4586m)位于改则县城东南约 120km 处, 地处改则盆地中南部(图 2)。该剖面主要为渐新统一中新统康托组沉积, 共划分为 131 层, 总厚度近 1100m。

该剖面主要为陆相湖泊沉积, 底部夹有 3 层火山岩(4、6、9 层), 剖面附近的康托组底部也有火山岩夹层出现^[21-23]; 下部(1~28 层)主要为紫红—砖红色厚层状中—细粒砾岩、红褐色薄层状岩屑砂岩以及泥岩与岩屑砂岩互层; 中部(29~84 层)为红褐色、肉红色中薄层泥岩与红褐色中薄层粉砂质泥岩、细砂岩互层, 其次为红褐色粉砂质泥岩; 上部(85~119

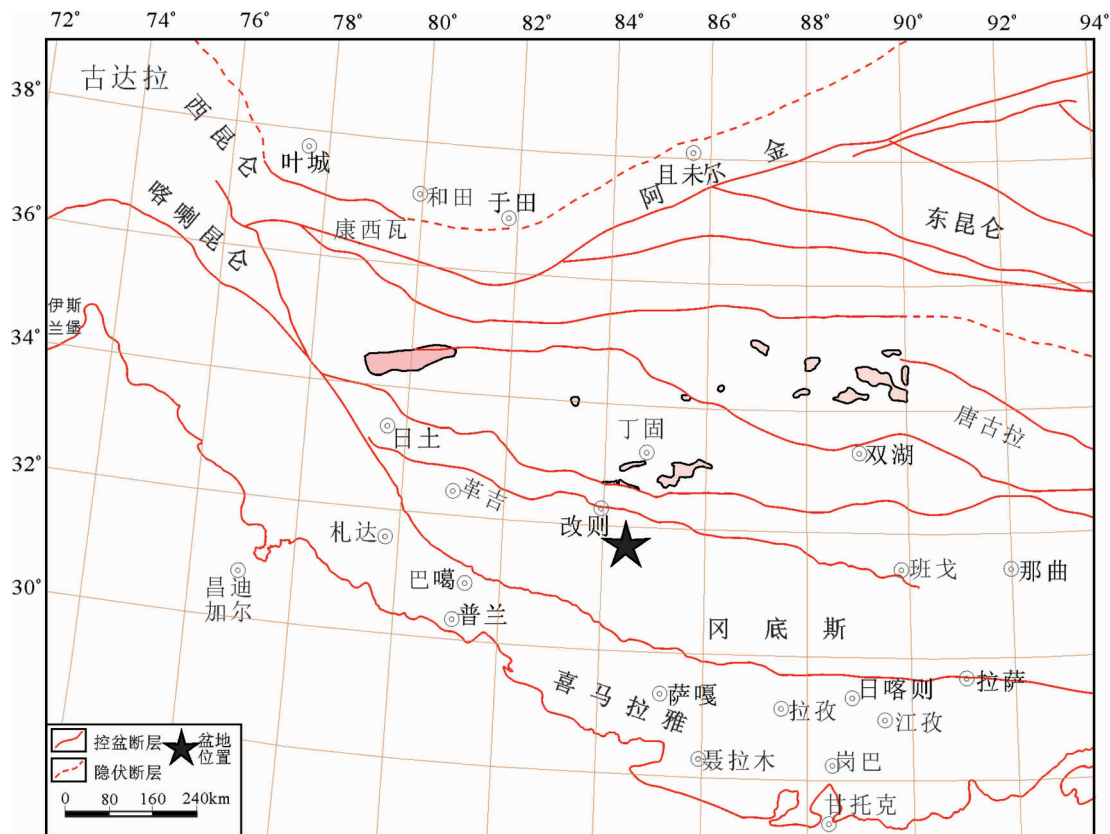


图 1 改则盆地构造位置

Fig. 1 Tectonic location of Gerze basin

层)由多个泥砂逆粒序旋回组成;顶部(120~131 层)为大套紫红色厚层状泥岩。剖面中遗迹化石丰富,种类多样,主要有鸟类脚印、潜穴、痕迹。

3 沉积相分析

3.1 沉积岩相

根据沉积物特征和沉积构造,将改则盆地康托组沉积地层划分为 11 个沉积岩相(表 1),包括砾岩相、砂岩相、粉砂岩相、泥岩相、石膏相和灰岩相。

3.1.1 砾岩相

Gm(代号见表 1)主要由分选差、无或微显粒

序、颗粒-杂基支撑的砾石构成。砾石呈次圆状,一般砾径 1~4cm,最大可达 15cm。砾石含量 40%~65%,主要成分为英安岩、变质岩,其次为砂岩、泥岩。单层 Gm 一般厚 0.7~1m,具叠瓦状构造,常与砂岩相(Sh)共存。该相属于洪积扇或水下扇三角洲假塑性富碎屑流沉积产物^[24, 27-28]。

3.1.2 砂岩相

Sm 主要由分选中-差的细-粗粒石英岩屑组成,含细砾石,砾石次圆-一次棱角状,分选中等,粒径范围 0.5~1cm。单层 Sm 厚度范围为 0.1~0.5m,块状构造,属高含砂水流的快速堆积。Sh:岩性与 Sm 一

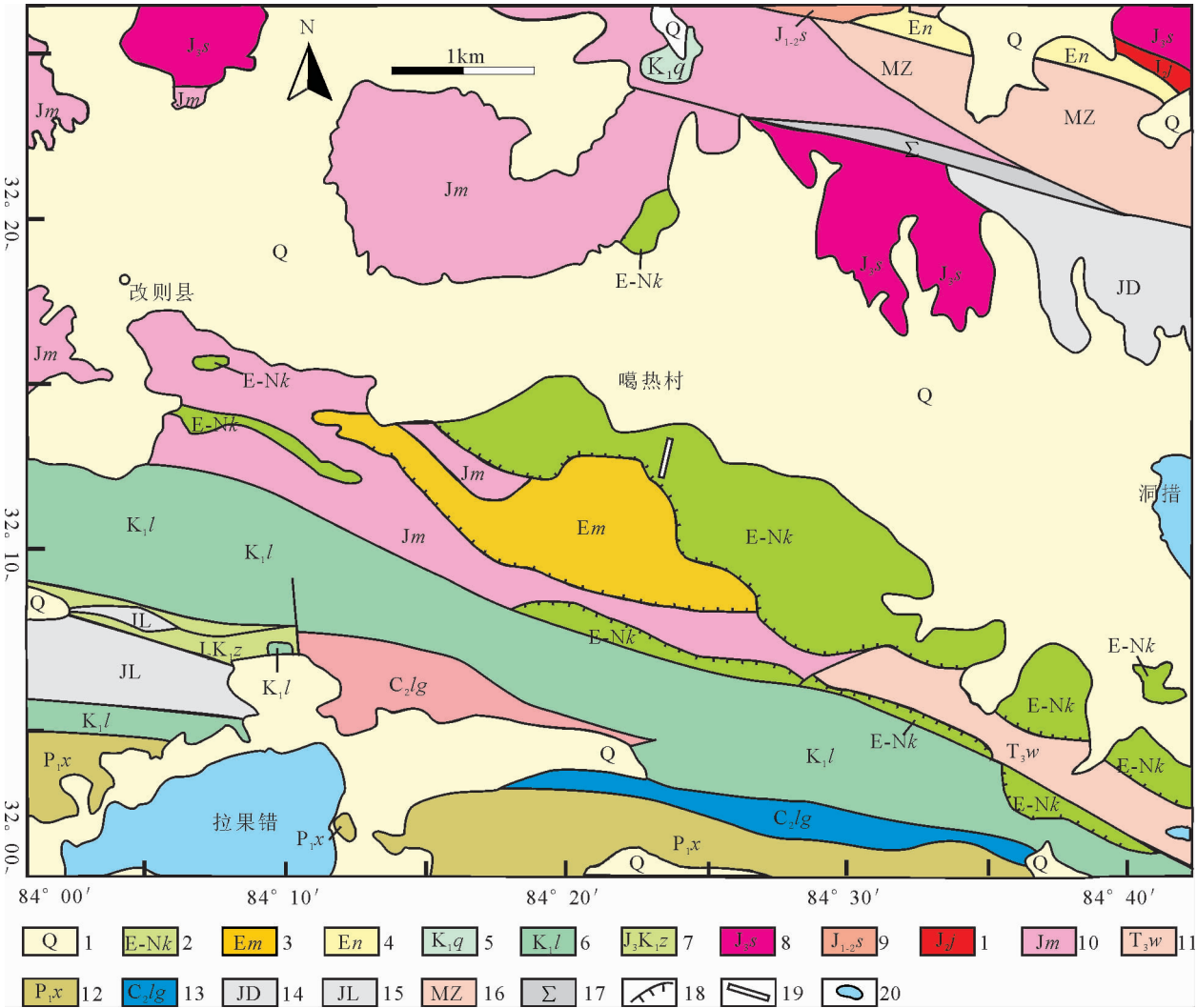


图 2 研究区地质简图及剖面位置

Fig. 2 Geological map of the study area and location of the measured section

1—第四系;2—康托组;3—美苏组;4—纳丁措组;5—屈伸啦组;6—郎山组;7—则弄组;8—色哇组;9—捷不曲组;10—木嘎岗日岩组;11—巫嘎组;12—下拉组;13—拉嘎组;14—洞措蛇绿岩;15—拉果错蛇绿岩;16—仲岗洋岛岩片;17—未分超基性岩;18—角度不整合;19—研究剖面;20—湖泊

表 1 改则盆地康托组沉积岩相(微相)划分(据参考文献[24–26]修改)
Table 1 Lithofacies classification of Kangtuo Formation in Gerze basin

相符号	岩相	沉积构造	成因解释
Gm	砾石,分选较差,次圆状,块状或大致呈层状,杂基充填	块状层理,叠瓦状构造	重力流沉积
Sm	细—粗砂,中—差分选,含砾	块状层理	高含砂水流快速堆积
Sh	细—粗砂,中—差分选,含砾	平行层理	高流态沉积
St	细—粗砂,中—好分选	块状层理,小型板状、槽状交错层理	中—低流态沉积
Ss	中细砂,中—好分选	滑塌变形构造	三角洲前缘快速堆积
Sr	粉—细砂	波状层理	水流波痕迁移
Fl	泥—粉砂	砂泥互层	低流态重力流与悬浮沉积交替
Fsc	粉砂	纹层状—块状构造	湖泊沉积
Fm	泥	块状层理,水平层理	湖泊沉积
Pc	石膏	薄层状	湖泊沉积
P	灰岩	薄层状	湖泊沉积

致,单层 Sh 厚度范围为 0.25~1.2m,底面平坦无明显冲刷构造,层内发育粗糙的平行层理。在改则盆地中该相常与 Gm、Sr 共生,属于水道高流态牵引流^[24,28]。岩相 St: 主要由分选中—好的细—中粒石英岩屑组成,单层 Sh 的厚度为 0.2m,层内发育小型板状、槽状交错层理、波状层理,属中—低流态沉积^[24,29]。Ss: 主要由分选中等的中细砂组成,单层 Ss 厚度为 0.9~1.5m,底面平坦,层内具有滑动变形构造。该相属于三角洲或扇三角洲前缘快速堆积在同生成岩期液化或滑动形成的变形层理。Sr: 主要由长石石英粉细砂岩组成,单层 Sr 厚度 0.05~0.25m,发育小型波状层理,常与 St 和 Fm 共生。

3.1.3 粉砂、泥岩相

Fsc: 主要由分选性较好的粉砂组成,单层厚度范围 0.1~0.5m,发育纹层状—块状层理,底面平坦,属于湖泊悬浮(少量推移载荷)沉积的产物。Fm: 主要由粘土、粉砂构成,单层厚度 0.5~9m,具块状、平行层理,成因类似于粉砂岩相。Fl: 泥岩与粉砂岩互层,泥岩与粉砂岩的比例为 3:1~4:1,是低流态重力流与悬浮沉积交替形成的。

3.1.4 石膏、灰岩相

Pc: 灰白色石膏层,在泥岩与粉砂岩底部的石膏层厚 0.6m,呈泥岩夹层出现的厚度为 1~3cm。P: 灰白色泥质灰岩、泥灰岩,层厚 2~10cm。

3.2 剖面沉积相分析

在对改则剖面康托组地层沉积特征进行详细的野外观察和沉积岩相分析的基础上,划分出了 3 种主

体沉积相类型: 扇三角洲相、湖泊三角洲相和湖泊相(图 3)。

3.2.1 扇三角洲相

扇三角洲相主要分布于剖面的下部(1~24 层),可细分为扇三角洲前缘亚相和前扇三角洲亚相。扇三角洲前缘亚相主要由 Gm、Sh 和 St 岩相组成,以紫红—砖红色厚层状中—细砾岩、红褐色中—薄层状泥岩与浅红褐色中层状石英岩屑中—细砂岩互层为特征。砾岩(Gm)具有叠瓦状构造(图版 I-a),砂岩(Sh)发育平行层理,砾岩、砂岩与泥岩组成多个旋回。

根据岩性和微相特征可将扇三角洲前缘亚相划分为分支河道和分支间湾 2 个微相。①分支河道微相以砾岩与含砾砂岩组成的多个正旋回为特征。剖面底部共有 5 个明显的分支河道砾岩层,层厚范围 0.7~1m。砾石呈圆—次圆状,分选差,粒径范围 0.5~6cm,最大可达 15cm,为碎屑—砾石支撑,砾石的成分主要为砂岩、变质岩,占体积分数的 45%,其次为安山岩、泥岩、石英。砂岩主要为石英岩屑中—细砂岩,层厚 0.1~0.6m,含细砾,发育水平层理。②分支间湾微相以红褐色薄层状泥岩与浅红褐色中层状细砂岩组成的正粒序为特征,其中泥岩含量为 60%。泥岩层厚 0.4~1.1m,发育水平层理。泥岩中常见灰绿色粉砂质、砂质条带和含细砾砂质透镜体(图版 I-c)。细砂岩为长石岩屑砂岩,层厚 0.1~0.15m,平行层理发育。

前扇三角洲亚相主要由 Sh、St、Fm 和 Fl 组成,以红褐色、肉红色中薄层泥岩与红褐色中薄层粉砂质泥岩、粉砂岩、中细砂岩互层为特征。中细砂岩层厚

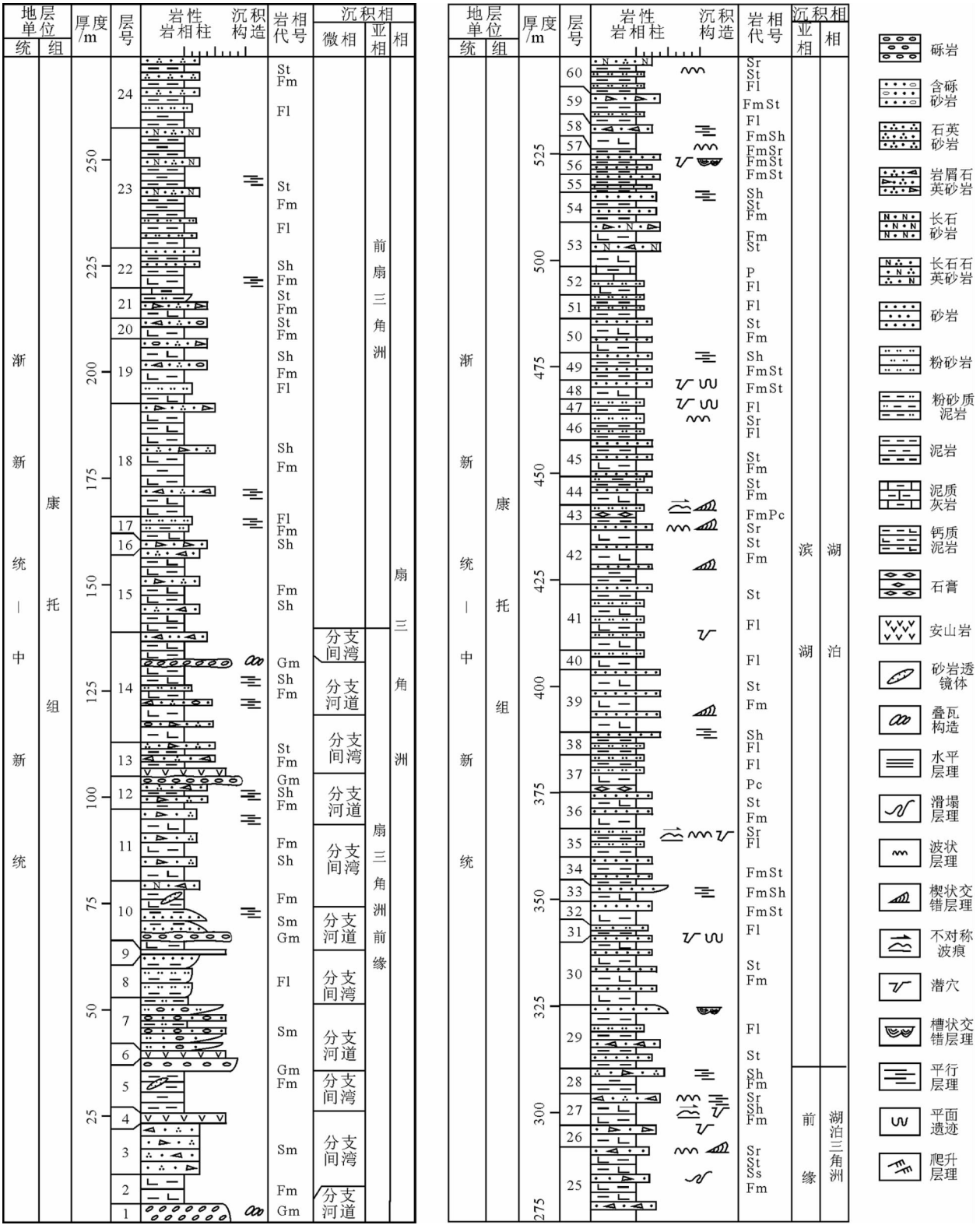
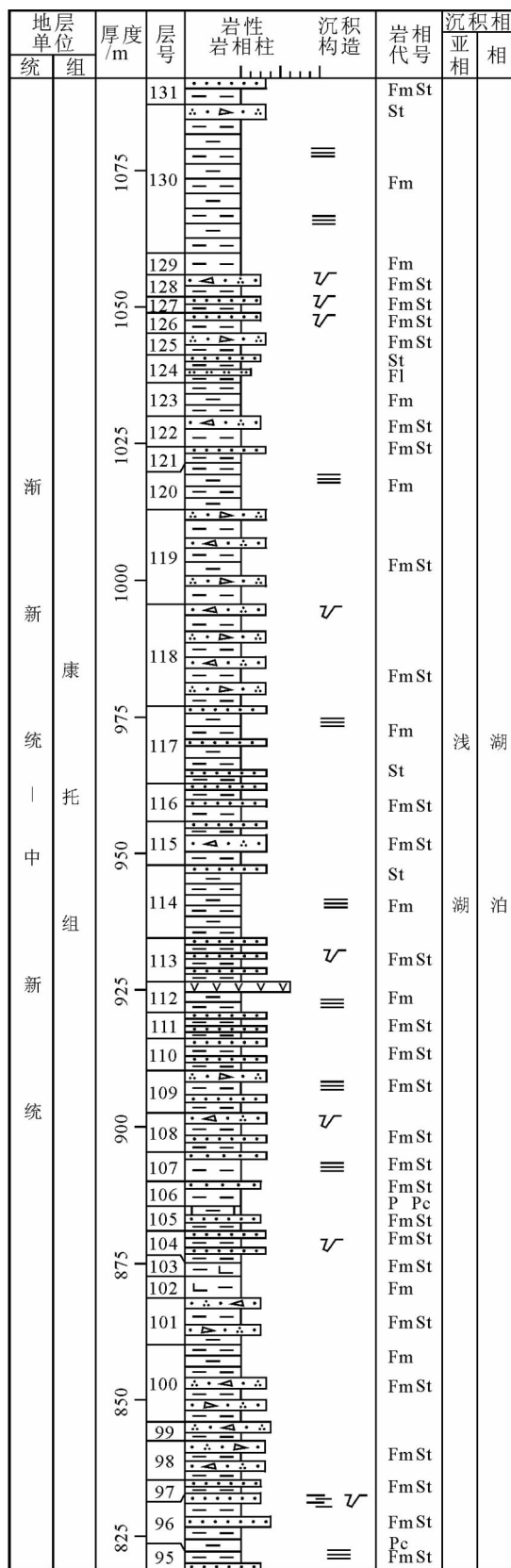


图 3 西藏改则盆地渐新统康托组实测剖面岩性岩相柱状图(岩相代号见表 1)

Fig. 3 Lithologic and lithofacies columnar section of the measured profile in Kangtuo Formation of Gerze basin, Tibet

续图 3



0.3~1.2m,夹有灰绿色粉砂质条带,平行层理发育。泥岩与粉砂岩互层(FI)中粉砂岩层厚 0.5~1m,块状构造;泥岩层厚 1.4m 左右,块状构造,夹灰绿色粉砂质条带。泥岩(Fm)层厚 0.8~3m,块状构造。

以上岩相和沉积构造特征反映剖面下部扇三角洲相属重力流与水道高流态共同作用的沉积。岩石主体颜色为紫红色,反映了水体氧化能力较强。该扇三角洲应属湖泊边缘较陡部位氧化环境下的沉积产物。

3.2.2 湖泊三角洲相

湖泊三角洲相分布在剖面的 25~28 层,主要由 Sh、St、Ss 和 Fm 组成,以泥岩与石英岩屑砂岩互层为特征。灰褐色、红褐色砂岩(Sh、St)主体层厚为 0.15~0.25m,最厚达 1.5m,层内发育板状、槽状交错层理、平行层理、波状层理。25 层中细砂岩(Ss)发育滑塌构造(图版 I -b),属于三角洲或扇三角洲前缘快速堆积在同生成岩期液化或滑动形成的变形层理^[9]。27、28 层的底部砂岩中含砾石(Sm),平均粒径 0.20~0.5cm,分选好,次棱角状。26、27 层砂岩的顶部发育有不对称的波痕,产状:走向 145°,缓坡面倾向 90°。27 层发育有遗迹化石—生物潜穴,直径 0.3~0.8cm,垂直层理,反映当时水动力较强。红褐色泥岩(Fm)层厚 0.15~1.1m,主体为 0.4m 左右,夹灰绿色粉砂质条带和钙质泥岩条带,条带宽约 0.5cm。

综合以上岩性及沉积构造(不对称波痕、滑塌构造、生物潜穴等)特征,认为剖面 25~28 层属于湖泊三角洲相中的三角洲前缘亚相。

3.2.3 湖泊相

研究剖面的沉积相主体为湖泊相,根据岩性和沉积构造特征将湖泊相进一步划分为滨湖亚相、浅湖亚相。

滨湖亚相主要分布在剖面的 29~84 层,由 Sh、St、Fm 和 FI 组成,以红褐色、肉红色中薄层泥岩与红褐色中薄层粉砂质泥岩、粉砂岩、中细砂岩互层为特征。中细砂岩(Sh)层厚 0.1~1m,常夹有灰绿色粉砂质条带,沉积构造以平行层理为主,中细砂岩(St)中发育平行层理、小型板状、槽状交错层理、波状层理、不对称波痕。泥岩与粉砂岩互层(FI),粉砂岩层厚 0.1~0.3m,层内沉积构造不发育,块状构造;泥岩层厚 0.3~1.5m,块状构造,夹灰绿色粉砂质条带。泥岩(Fm)层厚 0.4~6m,块状构造,水平层理发育,夹有灰绿色粉砂质条带。37 层底部出现石膏层,厚约 0.6m;43、63 层中泥岩与粉砂岩互层中层夹有十几

层厚 1~3cm 的灰白色石膏层。石膏层的出现,表明当时气候较为炎热(湖水盐度很高)。52 层出现 2~3cm 厚的泥质灰岩,表明湖水盐度略有增加。滨湖亚相中遗迹化石丰富,发育大量的生物潜穴构造、居住迹、爬行迹,31 层发现鸟类脚印化石(图版 I -d),说明此时水体温度及盐度较为适宜,水深较浅。

浅湖亚相主要分布在剖面的 85~131 层,由 St、Fm 和 FI 组成,岩性以多个泥砂逆粒序旋回和大套泥岩(图版 I -e)为主。旋回中泥岩(Fm)层厚 0.2~1m,发育水平层理,砂岩(St)层厚 0.1~0.3m,发育小型波状层理以及垂直层面的生物潜穴构造。大套紫红色泥岩(Fm),层厚平均为 3m,发育水平层理,夹有灰绿色泥岩、粉砂质条带、团块。紫红色薄层状泥岩与灰褐色薄层状粉砂岩互层(FI)中泥岩与粉砂岩比例 4:1,泥岩层厚 2.5m,发育水平层理,粉砂岩厚 0.5~0.6m。97、105 层细砂岩中夹有薄层石膏,表明气候炎热。该亚相与浅一半深湖亚相的区别就是泥砂旋回中泥岩的比例和大套泥岩所占比例的增加。剖面顶部砂岩中发育生物潜穴(126、127、128 层)和平行层面的遗迹化石(127 层)(图版 I -f)。

根据以上剖面的沉积相分析,结合本剖面中叠瓦状砾石(27 个)、不对称波痕(5 个)、交错层理前积纹层(2 个)等产状的统计计算得出的古流向(图 4),认为改则盆地渐新世—中新世的演化分可为 2 个阶段:盆地初始裂陷阶段和盆地稳定沉积阶段。①盆地初始裂陷阶段:该阶段为剖面的 1~28 层,沉积环境为扇三角洲和湖泊三角洲,主体水深变化不大,1、27 层古流向主体均为 N 向;扇三角洲和湖泊三角洲的发育可能是盆地初始裂陷阶段盆地边缘较陡和南侧的冈底斯隆起区^[9]提供丰富物源的结果。②盆地稳定沉积阶段:该阶段为剖面的 29~131 层,沉积环境稳定,为滨湖、浅湖沉积。从剖面图上可以看出,由下到上,沉积亚相由滨湖亚相逐渐过渡变化为浅湖亚相,该时期水深略有加深。42、63、72、79 层的古流向显示为 N、NNE 和 NNW,表明该阶段古流向变化不大,沉积环境稳定,水深略有加深。综上,剖面整体表现为自下向上沉积物粒度由粗到细、水深逐渐增大的退积序列。

4 讨 论

65~40Ma 左右,随着新特提斯洋的闭合,印度板块与欧亚板块开始发生“硬碰撞”^[31~32],冈底斯地区开始发生构造抬升。由于冈底斯地区的构造抬升

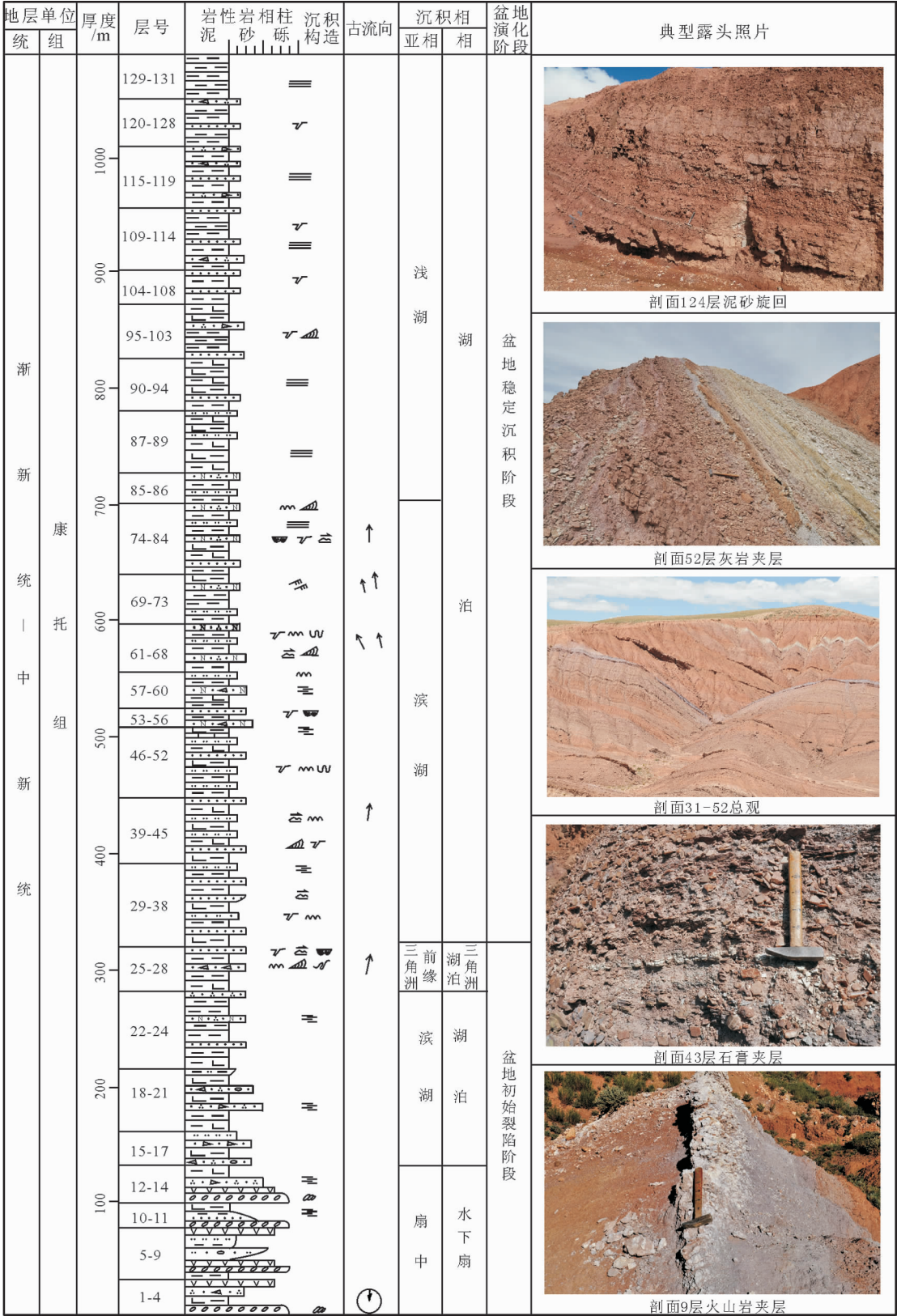
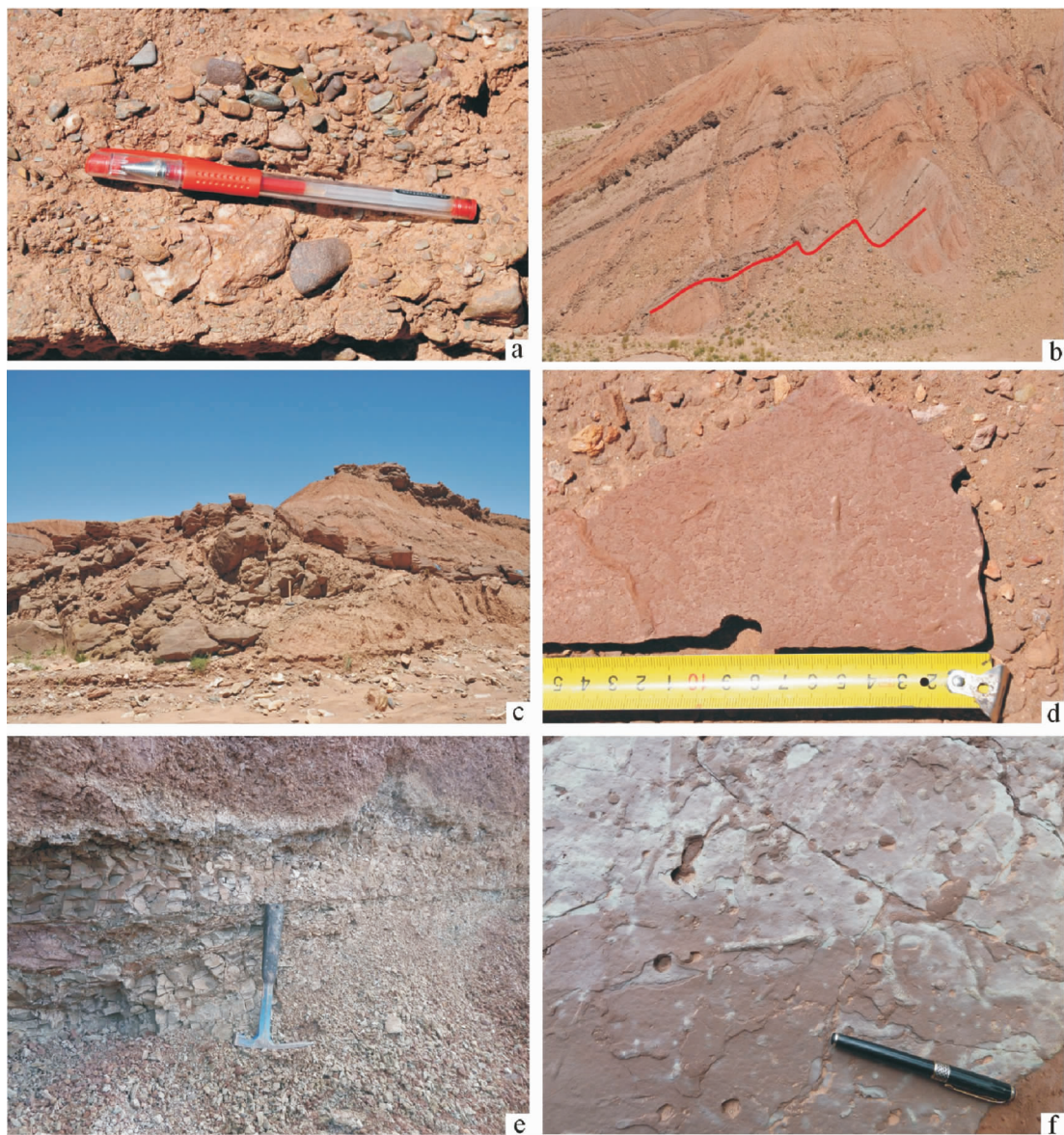


图 4 西藏改则盆地渐新世沉积演化综合柱状图(图例参见图 3)

Fig. 4 Composite columnar section of the sedimentary evolution of Gerze basin in Tibet in Oligocene

图版 I Plate I



a.扇三角洲前缘叠瓦状砾岩;b.三角洲前缘滑塌构造;c.三角洲前缘砂岩透镜体;
d.滨湖亚相鸟脚印化石;e.浅湖亚相厚层泥岩;f.浅湖亚相平行层面的遗迹化石

和北部边界断层班公湖-怒江断裂的向北逆冲,在其北侧控制着羌塘地区的以康托组磨拉石堆积为代表的盆地发育^①,此时改则盆地初始形成。后期改则盆地的稳定退积序列沉积可能与南部的冈底斯地区 22~15Ma 的强烈隆升有关^②。

关于康托组底部火山岩夹层的年龄,主流观点认为应是 28~36Ma,李才等^[9]用 Ar-Ar、K-Ar 法对走构由茶错地区的火山岩夹层测年得出年龄为 28~30Ma;钟华明等^[23]用 Ar-Ar 法对松西地区的火山岩夹层测年

得出 36Ma 左右;西藏地质调查院对距研究剖面约十几千米的扣档勒村康托组剖面底部火山岩夹层用 K-Ar 法测得年龄为 29.6Ma^①。张克信等^②对已有的冈底斯地区的碎屑锆石裂变径迹年龄进行分析认为,35~26Ma 是冈底斯地区重要的火山喷发和岩浆侵入时期。研究剖面底部的 3 层(4、6、9 层)安山岩夹层,是对冈底斯火山喷发时期(35~26Ma)的响应,综合分析认为改则盆地的康托组沉积的底部年龄为 30Ma 左右。

5 结 论

(1)通过对西藏改则盆地渐新统一中新统康托组剖面沉积特征的详细研究,共识别出 11 种沉积岩相,3 种沉积相:扇三角洲相、湖泊三角洲相和湖泊相。扇三角洲相主要划分为扇三角洲前缘亚相和前扇三角洲亚相,湖泊三角洲主要为三角洲前缘亚相,湖泊相又进一步细分为滨湖、浅湖亚相沉积,整体表现为自下向上沉积物粒度由粗到细、水深逐渐增大的退积序列。

(2)根据剖面沉积相分析认为,改则盆地渐新世—中新世的沉积演化可分为 2 个阶段:盆地初始裂陷阶段和盆地稳定沉积阶段。

(3)综合分析认为改则盆地康托组底部的沉积年龄为 30Ma 左右。

致谢:中国地质科学院地质研究所张进教授对本文的修改提出了建设性意见,张世红教授及研究生安显银、湛微微、张军红、丁继凯参加了研究剖面的野外工作,在此谨表谢意。

参考文献

- [1]Metiver F, Gaudemer Y. Mass transfer between eastern Tian Shan and adjacent basins (central China): constraints on regional tectonics and topography[J]. *Geophys J. Int.*, 1997, 128: 1–17.
- [2]李吉均, 方小敏. 晚新生代黄河上游地貌演化与青藏高原隆起[J]. *中国科学(D 辑)* 1998, 26(4): 316–322.
- [3]申旭辉, 王富葆, 张捷. 藏南吉隆盆地晚新生代磁性地层学研究及相关讨论 [C]//青藏高原形成演化环境变迁与生态系统研究学术论文年刊. 北京: 科学出版社, 1994:103–110.
- [4]徐亚东, 张克信, 王国灿, 等. 西藏南部吉隆盆地中新世—早更新世孢粉组合带及其地质意义[J]. *地球科学*, 2010, 35(5): 759–773.
- [5]陈奋宁, 徐亚东, 江尚松, 等. 西藏南部吉隆盆地上中新统—下更新统沃马组介形虫动物群[J]. *地球科学*, 2010, 35(5): 821–827.
- [6]Weber M E, Wiedicke M H, Kudrass H R. Active growth of the Bengal Fan during sea-level rise and highstand [J]. *Geology*, 1997, 40(1): 39–43.
- [7]方小敏, 李吉均, 朱俊杰, 等. 甘肃临夏盆地新生代地层绝对年代划分与测定[J]. *科学通报*, 1997, 42(14): 1457–1471.
- [8]宋春晖, 方小敏, 李吉均, 等. 青海贵德盆地晚新生代沉积演化与青藏高原北部隆升[J]. *地质评论*, 2003, 49(4): 337–346.
- [9]宋春晖, 方小敏, 李吉均, 等. 青藏高原东北部贵德盆地上新世沉积环境分析及其意义[J]. *第四纪研究*, 2003, 23(1): 92–102.
- [10]路晶芳, 宋博文, 陈锐明, 等. 柴达木盆地大柴旦地区大红沟古近纪孢粉组合序列与地层对比[J]. *地球科学:中国地质大学学报*, 2010, 35(5): 1–11.
- [11]宋博文, 张克信, 季军良, 等. 柴达木盆地北缘锡铁山—长山梁古近纪沉积演化[J]. *沉积与特提斯地质*, 2010, 30(1): 1–10.
- [12]宋博文, 张克信, 季军良, 等. 柴达木盆地东北缘大红沟地区古近

- 系露头层序地层[J]. *地质科技情报*, 2011, 30(3): 25–32.
- [13]季军良, 张克信, 强泰, 等. 青海循化盆地新近纪磁性地层学及其对青藏高原东北缘隆升的年代学制约[J]. *地球科学*, 2010, 35(5): 803–810.
- [14] 张捷钰, 张克信, 季军良, 等. 青藏高原东北缘循化盆地渐新世—上新世沉积相分析与沉积演化[J]. *地球科学*, 2010, 35(5): 774–788.
- [15]韩芳, 张克信, 韦一, 等. 青海循化盆地晚更新世沉积序列与古气候[J]. *地球科学*, 2010, 35(5): 849–856.
- [16]刘志飞, 王成善, 伊海生, 等. 可可西里盆地新生代沉积演化与历史重建[J]. *地质学报*, 2001, 75(2): 250–257.
- [17]张克信, 王国灿, 陈奋宁, 等. 青藏高原古近纪—新近纪隆升与沉积盆地分布耦合[J]. *地球科学:中国地质大学学报*, 2007, 32(5): 583–597.
- [18] 张克信, 王国灿, 骆满生, 等. 青藏高原新生代构造岩相古地理演化及其对构造隆升的响应[J]. *地球科学*, 2010, 35(5): 697–712.
- [19]樊帅权, 史仁灯, 丁林, 等. 西藏改则蛇绿岩中斜长花岗岩地球化学特征、锆石 U–Pb 年龄及构造意义[J]. *岩石矿物学杂志*, 2010, 29(5): 467–478.
- [20]张玉修, 张开均, 黎兵, 等. 西藏改则南拉果错蛇绿岩中斜长花岗岩锆石 SHRIMP U–Pb 年代学及其成因研究[J]. *科学通报*, 2007, 52(1): 100–106.
- [21]李才, 黄小鹏, 牟世勇, 等. 藏北羌塘南部走构由茶错地区火山岩定年与康托组时代的厘定[J]. *地质通报*, 2006, 25(1/2): 226–228.
- [22]岳龙, 牟世勇, 曾昌兴, 等. 藏北羌塘丁固—加措地区康托组的时代[J]. *地质通报*, 2006, 25(1/2): 230–232.
- [23]钟华明, 刘俊, 童劲松, 等. 羌塘西北部松西地区康托组火山岩年龄及意义[J]. *安徽地质*, 2008, 18(2): 92–94.
- [24]Miall A D. *Principles of Sedimentary Basin Analysis*[M]. New York: Springer, 1984: 668.
- [25]Miall A D. *The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*[M]. Berlin: Springer Verlag, 1996.
- [26]Korus J T, Kvale E P, Erikson K A, et al. Compound paleovalley fills in the Lower Pennsylvanian New River Formation, West Virginia, USA[J]. *Sedimentary Geology*, 2008, 208(1/2): 15–26.
- [27]Horton B K, Schmitt J G. Sedimentology of the lacustrine fan–delta system, Miocene Horse Camp Formation, Nevada USA[J]. *Sedimentology*, 1996, 43: 133–155.
- [28]Miall A D. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary[C]//Miall A D (Ed.). *Fluvial Sedimentology*, 1978, 5: 597–604.
- [29]张克信, 王国灿, 季军良, 等. 青藏高原古近纪—新近纪地层分区与序列及其对隆升的响应[J]. *中国科学(D 辑)*, 2010, 40(12): 1632–1654.
- [30]Chung S, Chu M, Zhang Y, et al. Tibetan tectonic evolution inferred from spatial and temporal variations in post–collisional magmatism[J]. *Earth–Science Reviews*, 2005, 68: 173–196.
- [31]莫宣学, 赵志丹, 周肃, 等. 印度–亚洲大陆碰撞的时限[J]. *地质通报*, 2007, 26(10): 124–1244.
- ①西藏自治区地质矿产局. 中华人民共和国区域地质调查报告(1:25 万改则幅). 2006.
- ②张克信, 王国灿, 向树元, 等. 青藏高原新生代地质作用过程与第四纪环境研究演变综合研究报告. 2011: 612–616.