文章编号: 1009-3850(2018)04-0097-07

北羌塘坳陷冬曲地区上三叠统巴贡组扇三角洲沉积特征

陈 浩[1,2], 孙 伟[1,2], 占王忠[1,2], 何 磊[1,2]

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 2. 自然资源部沉积盆地与油气资源重点实验室, 四川 成都 610081)

摘要: 北羌塘坳陷冬曲地区上三叠统巴贡组为一套碎屑岩沉积,在垂向上具有两个向上变粗的充填序列。根据沉积体产出形态和叠置序列、岩石组合与结构、沉积构造及流体性质等沉积特征,确定该套沉积体为扇三角洲相沉积,进而可划分出扇头、扇中、扇尾3个亚相。发育底冲刷构造、粒序层理、平行层理、交错层理等,表明其流体性质既有重力流又有牵引流特征。通过该套扇三角洲沉积体的认识,对研究该区古构造背景、沉积环境及油气地质条件等具有重要意义。

关 键 词: 巴贡组; 扇三角洲; 底冲刷构造; 羌塘盆地
中图分类号: P534.51 文献标识码: A

扇三角洲是指冲积扇直接进入海洋或者湖泊中,形成从水上到水下的中-粗粒碎屑岩沉积体系,主要发育在地形坡降大、构造活动强烈的山前大断裂地区,或者地震、火山作用强烈地区。古水流通常是阵发性洪流作用,流体性质既有陆上牵引流又有重力流的双重作用机制。扇三角洲沉积体由于靠近物源区,搬运距离短,因而岩石成分复杂多变,随物源区成分(沉积岩、岩浆岩、变质岩的物源)而变化。岩性差别较大,既有粗碎屑岩物质(砾岩、砂岩),也有细碎屑岩物质(粉砂岩、泥页岩)。岩石结构成熟度低,颗粒大小不等,分选、磨圆差。颗粒间既有孔隙式胶结与颗粒支撑,也有粉砂质、泥质充填的基底胶结与杂基支撑等特点。通过扇三角洲沉积体研究,对分析研究区域地质背景、构造活动状况以及油气地质特征等具有重要意义。

1 地质概况

羌塘盆地位于北部的金沙江缝合带与南部的班公湖-怒江缝合带之间,从北到南可划分东部隆起、北羌塘坳陷、中央隆起、南羌塘坳陷4个构造单元(图1B)。据前人研究[1-4],金沙江缝合带为晚古生代到中生代早期的产物,晚泥盆世—早石炭世洋盆打开,晚二叠世末洋盆关闭,中、晚三叠世碰撞造山。班公湖-怒江缝合带是在古生代基底之上发育起来的中生代洋盆,洋盆打开时间为晚三叠世—早侏罗世,洋盆关闭的时间为晚侏罗世—早白垩世。本文研究区位于北羌塘坳陷的东部地区(图1B),研究时代为晚三叠世晚期(巴贡期)。从大地构造位置与研究时限来看,研究区的沉积充填特征与北部金沙江缝合带的碰撞演化关系密切。

收稿日期: 2018-03-30; 改回日期: 2018-06-15
作者简介: 陈浩(1990-),男,沉积地质专业。E-mail: 930032730@qq.com
资助项目: 中国地质调查局羌塘盆地金星湖-隆鄂尼地区油气资源调查项目(DD20160159)

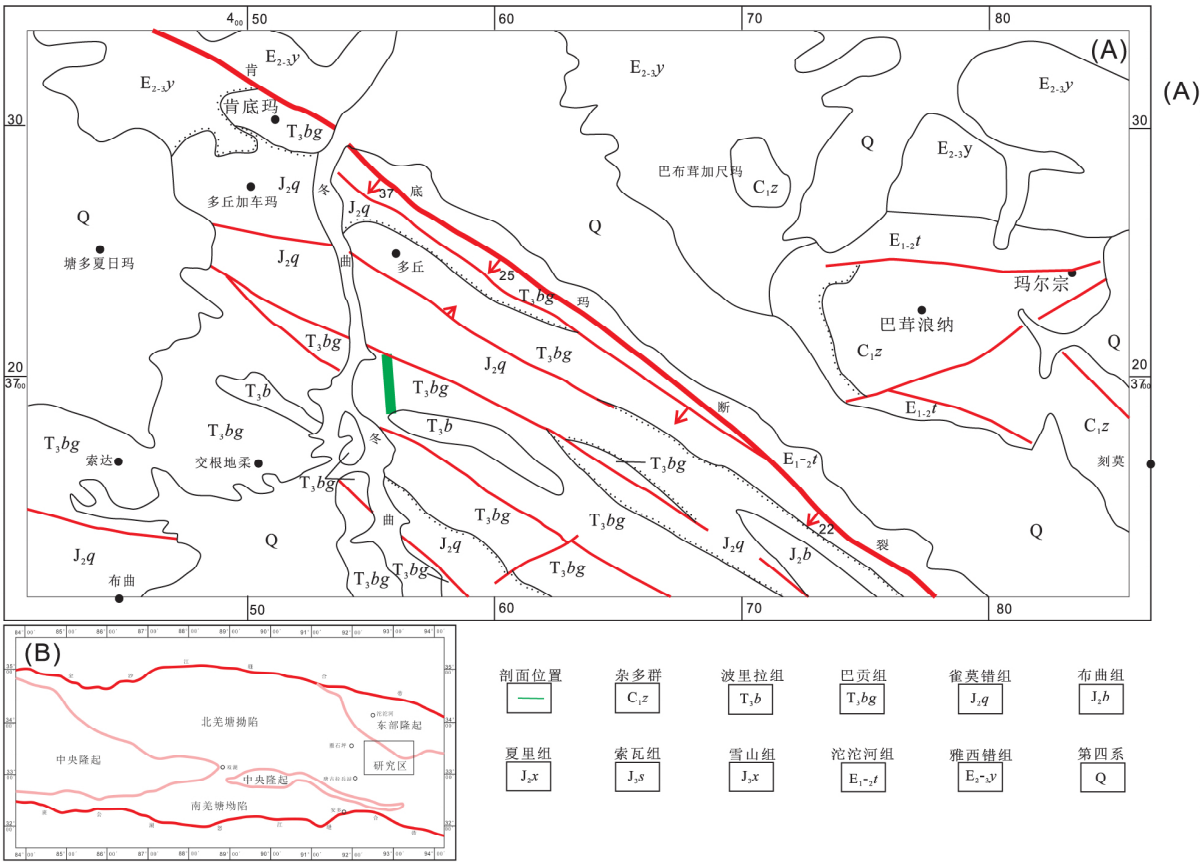

图 1 北羌塘坳陷冬曲地区地质简图与剖面位置

Fig. 1 Tectonic setting, simplified geological map and location of the Dongqu area, northern Qiangtang depression

北羌塘坳陷是在前寒武系变质结晶基底之上经历了古生代稳定的被动大陆边缘沉积之后，在三叠纪受金沙江缝合带的碰撞而进入前陆盆地阶段[3-7]，本文的研究时期正好为前陆盆地充填阶段。

冬曲地区位于雁石坪以东的布曲－刻莫一带(图 1A)，该带以肯底玛断裂为界可分为东北部的刻莫地区和西南部的冬曲地区。刻莫地区出露古生界(石炭系杂多群)和新生界地层，二者以角度不整合接触，缺失中生界地层；冬曲地区出露中生界(上三叠统波里拉组及巴贡组、中侏罗统雀莫错组和布曲组)与新生界地层，未见古生界地层出露，其中中侏罗统雀莫错组角度不整合于上三叠统巴贡组之上，新生界角度不整合于下伏各组地层之上，上三叠统波里拉组与巴贡组、中侏罗统雀莫错组与布曲组为整合接触。肯底玛断裂为区域性逆冲断层，并作为构造单元划分的边界断裂[7-8]。

2 冬曲地区上三叠统巴贡组沉积特征

冬曲地区发育较好的剖面为冬曲东岸剖面，剖面的上三叠统巴贡组底部整合于上三叠统波里拉组灰岩之上，顶部由于断层作用而未见顶，剖面从下到上可划分为 18 层(图 2)，具体沉积特征如下：

剖面第 1、3、5、7、11、16 层主要为深灰色、灰黑色泥页岩夹中薄层粉砂岩。发育水平层理和沙纹层理，泥岩中可见垂直层面的虫管(虫管被砂岩充填)(图 4a)，显示低能的还原沉积环境。

剖面第 2、4、6、8、12、13、15 层主要为灰色、浅灰色中细粒岩屑砂岩、长石岩屑砂岩与粉砂岩互层，夹透镜状含砾粗砂岩。砂岩多呈楔形体产出，砂岩与粉砂岩在垂向上具有向上变粗的充填序列(图 3A)。砂岩、粉砂岩成分复杂，颗粒中长石含量在 10% ~30% 之间，石英含量 30% ~50%，岩屑含量 40% ~60%，岩屑有黏土岩、流纹岩、绢云母千枚岩、变质粉砂岩、板岩、蚀变玻屑凝灰岩等。颗粒分选、磨圆差，颗粒间既有方解石胶结，也有泥质杂基充填。在砂岩与泥页岩接触面可见冲刷的沟模、槽模构造(图 4b、c)及负荷作用的重荷模。砂岩层下部见冲刷的泥砾片沉积(图 4d)，砂岩中见粒序层理、

平行层理、交错层理，显示出重力流和牵引流作用特征。

剖面 9、10、17、18 层主要为浅紫色、紫红色、褐黄色砾岩、含砾粗砂岩及岩屑粗砂岩，可见植物碎片。砾岩和砂岩沉积体多呈透镜状产出，其垂向上具向上变细的充填序列(图 3B)。砾石成分复杂，有脉石英、火山岩、砂岩、灰岩等砾石；砾石具有大小不等、杂乱排列、磨圆度差等特点，砾石间由砂质、泥质充填或空洞构成。砾岩具有泥石流、筛积物、辫状水道等阵发性快速堆积特征。砂岩岩石成

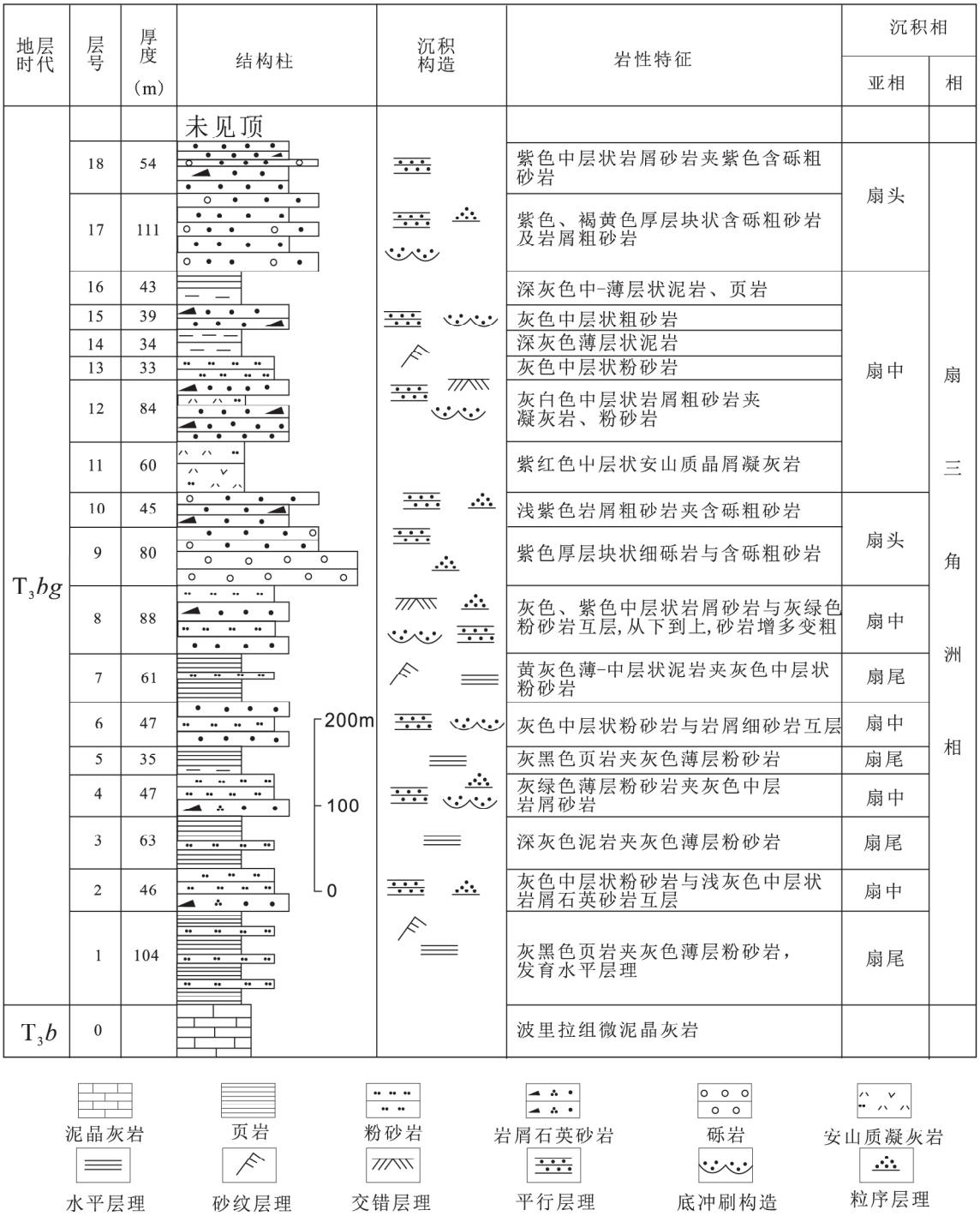

图 2　冬曲东岸剖面上三叠统巴贡组沉积序列

Fig. 2　Vertical depositional sequence through the Upper Triassic Bagong Formation in the Dongqu area

分中碎屑约占65% ~85%,水云母黏土杂基占15% ~25%,方解石胶结物5% ~8%;碎屑成分中长石约占15% ~20%。岩屑约占50% ~70%(主要为火山岩岩屑),石英约5% ~20%。岩石的结构成熟度和成分成熟度低,具孔隙式和基底式胶结。见底冲刷构造、粒序层理和粗糙的平行层理。岩石具有明显的氧化特征,说明沉积物为阵发性的近源快速堆积物,曾处于暴露的环境。

上述沉积特征中(图2),自下而上可见两个向上变粗的沉积充填序列。第一个变粗序列由1~10层构成:自下而上由暗色泥页岩夹粉砂岩(1层)→灰色、紫色砂岩、粉砂岩与暗色泥页岩不等厚互层(2~8层)→紫红色、褐黄色砾岩、含砾粗砂岩(9~10层);第二个变粗序列由12~18层构成:自下而上由灰色、砂岩、粉砂岩与暗色泥页岩不等厚互层(12~16层)→紫红色、褐黄色砾岩、含砾粗砂岩(17~18层)。

对照两个变粗序列可看出:(1)第一个序列的下部(1层)出现厚达100m的低能环境下形成的暗色泥页岩夹粉砂岩,而第二个序列的下部未见暗色泥页岩;(2)第一个序列中部(2~10层)的暗色泥页岩与砂岩、粉砂岩之比(约1∶1)较第二个序列下部(12~16层)的暗色泥页岩与砂岩、粉砂岩之比大(约1∶3);(3)第一个序列上部(9~10层)砂砾岩层(厚125m)较第二个序列上部(17~18层)砂砾岩层(厚165m)薄。上述特征说明第二序列的海平面有一定下降,第二序列的进积物源较第一序列充足。

综上特征:(1)剖面从下到上,岩石颗粒总体具有两个明显变粗的进积型充填序列;(2)底冲刷构造、粒序层理、交错层理、水平层理发育,显示既有重力流作用也有牵引流作用机制;(3)既有陆上氧化环境的粗碎屑岩沉积(砂岩、砾岩),也有水下还原环境低能的细碎屑岩沉积(泥页岩);(4)在两个充填序列的上部,缺少正常三角洲平原上的天然堤、岸后湖泊、沼泽等沉积体;(5)两个充填序列的上部砾岩、含砾粗砂岩层具有泥石流、筛积物、辫状水道堆积特征。

3 上三叠统巴贡组沉积相及相模式

区域上,巴贡组主要为岩屑砂岩、岩屑长石砂岩与黑色泥岩、粉砂质泥岩,局部夹煤线,见水平层理、交错层理、平行层理、波痕,含大量植物碎片,主体为三角洲相沉积[9-11]。该区巴贡组主要为粗碎屑岩(砂岩、砾岩)与细碎屑岩(粉砂岩、泥页岩)交互组成,未见煤线,植物碎片也很少,根据其沉积体产出形态及叠置序列、岩石组合及结构、沉积构造及流体性质等沉积特征,确定该沉积体为一套扇三角洲相沉积,进而可划分出扇头、扇中、扇尾亚相。

扇三角洲为冲积扇进入水体中并与水体(湖泊、海洋)之间相互作用的沉积体系。由于受地质构造、气候、河流与海洋或湖泊的相互作用、陆棚宽度及相关沉积体系等多方面的影响,几乎每个扇三角洲的沉积组成和结构都不相同,扇三角洲的模式也很多。Wescott和Ethridge(1990)根据扇三角洲前缘的地质地理背景特点总结出3种扇三角洲沉积模式[11],即陆棚模式、斜坡模式和吉尔伯特型模式。本区扇三角洲的地质背景和沉积特征类似于陆棚模式(图5)。

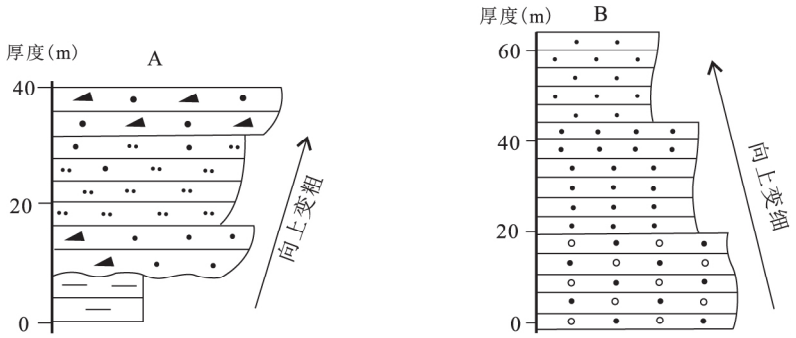

图3 砂岩与粉砂岩的填充序列(A)和砾岩与砂岩的充填序列(B)

Fig. 3 Depositional-filling sequences of sandstones and siltstones (A) and conglomerates and sandstones (B) in the Upper Triassic Bagong Formation in the Dongqu area

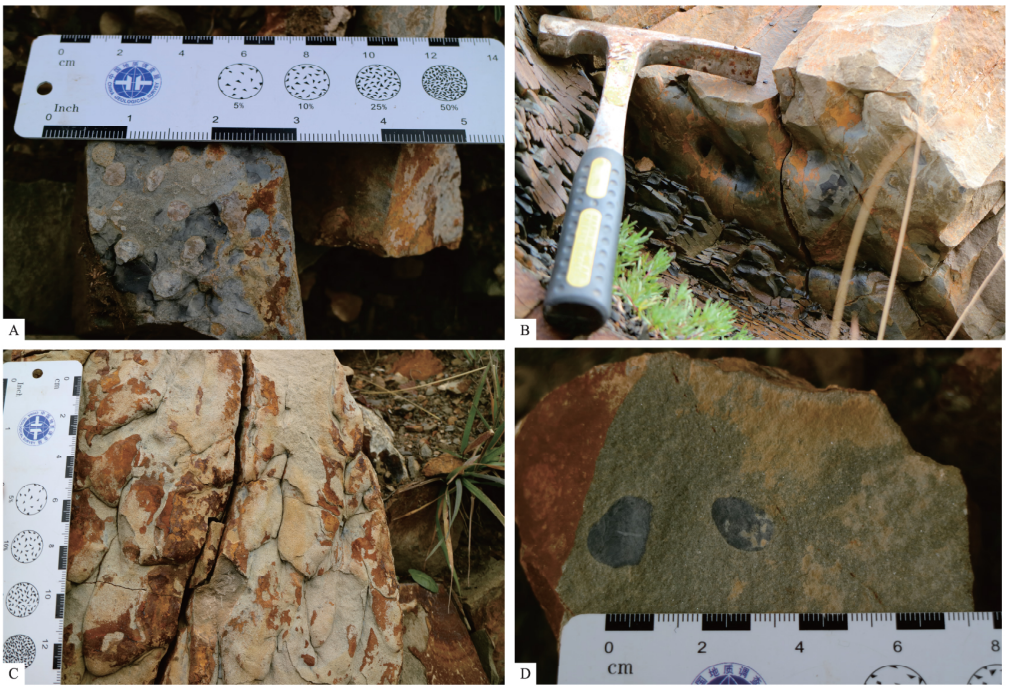

图 4　冬曲东岸剖面上三叠统巴贡组的典型沉积构造

A. 垂直层面的虫管及被砂岩充填; B. 冲刷充填构造; C. 槽模; D. 砂岩中的冲刷泥砾片

Fig. 4　Representative sedimentary structures in the Upper Triassic Bagong Formation in the Dongqu area

3.1　扇头亚相

剖面的 9 ~ 10 层和 17 ~ 18 层,位于平均海平面之上的近海地带,为扇三角洲的水上部分,与冲积扇相似,发育泥石流沉积、筛积物、辫状水道等堆积,缺少正常三角洲亚相的天然堤、岸后湖泊、沼泽等细碎屑物质沉积。沉积体在平面上呈扇形,剖面上呈透镜状,岩体成层性差。岩石呈紫红色、浅紫色、褐红色等氧化环境颜色。物质成分复杂,随物源区成分而变化。岩性变化大,从砾岩到粉砂岩均有产出,以砾岩、粗砂岩为主。岩石的成分成熟度和结构成熟度低,颗粒多呈棱角状、次棱角状,颗粒间多为粉砂质、泥质充填。沉积构造可见底冲刷构造、粗糙的平行层理、交错层理,可见植物茎干等。

3.2　扇中亚相

剖面的 1、3、5、7、12 ~ 16 层,位于平均海平面至正常浪基面之间,是大陆水流、波浪、潮汐相互作用的浅水区域,也是扇三角洲最活跃的部分,发育重力流与牵引流沉积。沉积体在平面上呈扇形,剖面上呈楔形状、板状,垂向多层叠置的正韵律。岩性以砂岩、粉砂岩为主,夹水下分支河道砾岩及水道间的粉砂质泥岩等。岩石的成分成熟度(以岩屑砂岩、长石岩屑砂岩为主)和结构成熟度低(以次棱角状至次圆状),但比扇头稍好。颗粒间既有粉砂质、泥质充填,也有钙质胶结,形成颗粒支撑与杂基支撑并存。沉积构造发育冲刷充填构造(沟模、槽模)和粒序层理、平行层理、交错层理、砂纹层理等。

3.3　扇尾亚相

剖面的 1、3、5、7 层,位于正常浪基面之下,向下与陆棚相泥或深水盆地过渡,没有明显的岩性界线,为扇三角洲的末端沉积。岩性为深灰色、灰黑色粉砂质泥岩、页岩、粉砂岩,发育水平层理、砂纹层理,见垂直层面的虫管,显示出低能的还原环境。

上述模式及沉积亚相特征中,随着海平面升降及沉积物源的进积退积、构造活动及阵发性洪流等多次作用等,造成了沉积充填体在垂向上具有两个变粗变浅的序列,并且在每个序列中存在多个亚相的交互组成。

4　结论及意义

北羌塘坳陷冬曲地区上三叠统巴贡组为一套扇三角洲沉积,沉积相可进一步划分出扇头、扇中和扇尾亚相;发育底冲刷构造、粒序层理、平行层理、交错层理等,流体性质既有重力流又有牵引流特征。通过该套扇三角洲沉积体的认识,对研究该

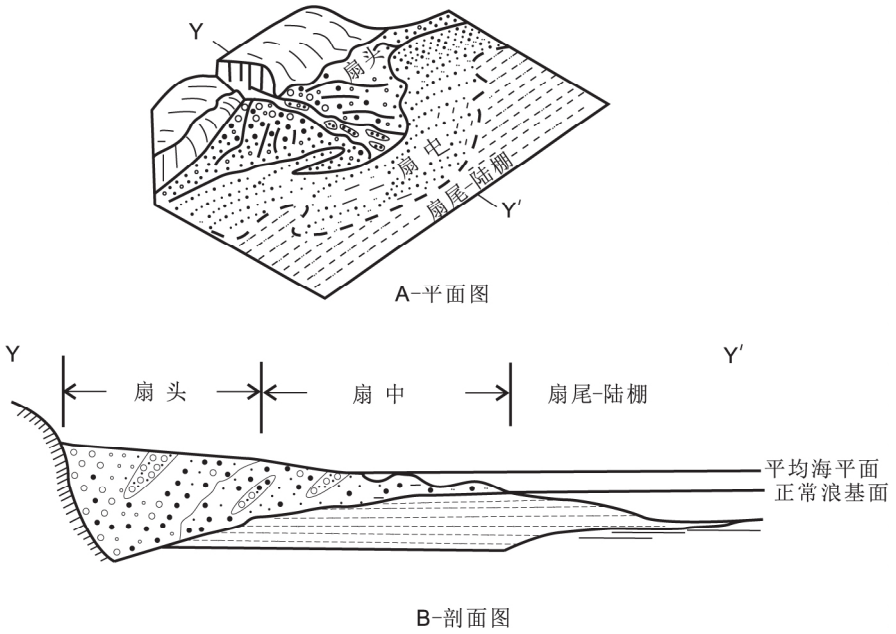

图5 扇三角洲模式图

Fig. 5 Sedimentary model for the fan delta deposits from the Upper Triassic Bagong Formation in the Dongqu area, northern Qiangtang depression

区古构造背景、沉积环境及油气地质条件等具有重要意义。

(1) 前人认为羌塘盆地在三叠纪时期为前陆盆地演化阶段，巴贡期为前陆盆地迅速萎缩阶段，盆地内广泛发育三角洲相含煤碎屑岩沉积。该区巴贡组扇三角洲沉积体的识别，进一步证实该区在巴贡期进入前陆盆地晚期的磨拉石充填阶段。

(2) 扇三角洲通常位于构造活动强烈的山前大断裂地区，山前大断层对扇三角洲发展演化有很强烈的控制作用。本剖面位于肯底玛断裂前缘，说明肯底玛断裂在晚三叠世巴贡期处于构造活动强烈期，进而推测该区在晚三叠世巴贡期构造活动强烈。这对研究该区构造演化具有重要意义。

(3) 扇三角洲通常出现在山区坡降大、水流急、能量大的地区，其古水流条件为阵发性洪水作用，既有牵引流又有重力流双重水流机制。本区扇三角洲的出现说明研究区古环境为地形坡降大、阵发性洪水强烈的地区。

(4) 在扇三角洲中，扇尾主要由粒度较细的暗色泥岩、页岩组成，富含流水带来的原地堆积的有机物质，加之水体较安静，埋藏速度快，极利于有机质的赋存，是很好的生油层；扇中和扇头是储油的较好位置，并且由水道粗砂岩、砾岩等组成，储集岩的孔、渗性较好，是很好的储集层。从以上两点分析可以看出，扇三角洲可以构成一个很完整的生、储组合，如果上面有良好的盖层，就可以生成一个油气藏。如果扇三角洲的扇头和扇中具有很好的储集层，而其扇尾并没有很好的生油层，但是下伏层生成的油气在运移经过时易被该储集体吸收，所以扇三角洲极易聚集油气藏。

参考文献:

[1] 边千韬，沙金庚. 青海可可西里地它蛇绿岩的时代及形成环境[J]. 地质论评，1997，43(4)：347－355.

[2] 王剑，付修根，陈文西，等. 北羌塘沃若山地区火山岩年代学及区域地球化学对比——对晚三叠世火山－沉积事件的启示[J]. 中国科学：地球科学，2008(1)：33－43.

[3] 赵政璋，李永铁，叶和飞，等. 青藏高原大地构造特征及盆地演化[M]. 北京：科学出版社，2001.

[4] 陈文西，王剑. 藏北羌塘盆地晚三叠世地层特征与对比[J]. 中国地质，2009，36(4)：809－818.

[5] 王剑，谭富文，李亚林，等. 青藏高原重点沉积盆地油气资源潜力分析[M]. 北京：地质出版社，2004.

[6] 王剑，丁俊，王成善，等. 青藏高原油气资源战略选区调查与评价[M]. 北京：地质出版社，2009.

[7] 王剑，付修根. 论羌塘盆地沉积演化[J]. 中国地质，2018，45(2)：237－259.

[8] 成都理工大学. 区域地质调查报告－温泉兵站幅[R]. 成都：

成都理工大学，2005.
[9] 宜昌地质矿产研究所. 区域地质调查报告－直根尕卡幅[R]. 武汉: 宜昌地质矿产研究所，2005.
[10] 曾永耀，高磊，赵培植，等. 羌塘盆地雁石坪剖面巴贡组沉积相及其聚煤构造条件分析[J]. 煤，2016，25(6):42－44.
[11] 牛志军，徐光洪，马丽艳. 长江源各拉丹冬地区上三叠统巴贡组沉积特征及菊石生物群[J]. 地层学杂志，2003，27(2):129－133.
[12] Ethridge F G，Wescott W A. Tectonic setting，recognition and hydrocarbon reservoir potential of fan-delta deposits [J]. Men. Can. Soc. Petrol. Geol.，1984，10:217－235.

Sedimentary characteristics of the fan delta deposits from the Upper Triassic Bagong Formation in the Dongqu area，northern Qiangtang depression

CHEN Hao[1,2]，SUN Wei[1,2]，ZHAN Wang-zhong[1,2]，HE Lei[1,2]
(1. *Chengdu Center*，*China Geological Survey*，*Chengdu* 610081，*Sichuan*，*China*; 2. *Key Laboratory of Sedimentary Basins and Oil and Gas Resources*，*Ministry of Natural Resources*，*Chengdu* 610081，*Sichuan*，*China*)

Abstract: The Upper Triassic Bagong Formation in the Dongqu area，northern Qiangtang depression is made up of a succession of clastic deposits with two coarsening-upward depositional-filling sequences. According to the stacking patterns，rock associations and fabrics，sedimentary structures，and flow regimes，these clastic deposits belong to the fan delta deposits which may be subdivided into the proximal fan，mid-fan and distal fan subfacies. Sedimentary structures are common，including the basal scour structures，graded beddings，parallel beddings and cross-beddings generated by the gravity flows and tractional flows. The study of the fan delta deposits may assist in the understanding of palaeotectonic settings，sedimentary environments，and oil and gas accumulation in the study area.

Key words: Bagong Formation; fan delta; basal scour structure; Qiangtang Basin