

青藏高原东北缘囊谦古近纪盆地沉积特征 及盆地演化研究

姜勇彪¹, 郭福生¹, 侯增谦^{1,2}, 杨天南², 刘燕学², 杨庆坤¹, 杜后发¹

(1. 东华理工大学 地球科学学院, 江西 抚州 344000; 2. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037)

摘要: 野外露头岩石学与地层学研究表明, 青藏高原东北缘囊谦古近纪盆地贡觉组自下而上可分为5个岩性段, 它们构成两套由粗变细的沉积序列, 主要形成于冲积扇-河流-湖泊-三角洲沉积环境。不同的岩性段具有不同的岩石组合, 反映其形成于不同的沉积环境。第一岩性段分布局限, 为滨浅湖相沉积; 第二岩性段、第四岩性段和第五岩性段形成于近源、快速堆积环境; 第三岩性段为面积分布广泛的干旱-炎热气候条件下的河流-湖泊沉积环境产物。由于盆地沉积的不对称性及所处沉积环境的不同, 各岩性段在盆地内的出露也不相同, 总体反映盆地经历了早期挤压推覆前陆盆地、中期走滑拉分盆地、晚期走滑挤压推覆前陆盆地的演化历史。

关键词: 青藏高原; 第三纪; 囊谦盆地; 沉积特征; 盆地演化

中图分类号: P512.2; P534.6

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2011)03-0391-10

Sedimentary features and evolution of the Nangqen Paleogene basin in northeastern Qinghai-Tibet Plateau

JIANG Yong-biao¹, GUO Fu-sheng¹, HOU Zeng-qian^{1,2}, YANG Tian-nan², LIU Yan-xue²,
YANG Qing-kun¹ and Du Hou-fa¹

(1. School of Geosciences, East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, China; 2. Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract: With the uplifting and large-scale thrusting and striking of Qinghai-Tibet Plateau, a lot of Tertiary intracontinental red basins were formed on the basis of Palaeo-Tethys multi-island ocean framework around Yushu area in the northeast of the Plateau. In these basins a set of such fluvial-lacustrine sediments as red claystone, marlstone and gypsum were deposited, accompanied by magmatism in some basins, with Nangqen basin being most typical in this aspect. Based on field petrologic and stratigraphic study, the authors divided the Gonjo Formation of Nangqen Paleogene basin in northeastern Qinghai-Tibet Plateau into five sections of different sedimentary environments such as alluvial fans, fluvialite, lake and delta facies, which formed two sequences characterized by coarse grains in the lower part and fine grains in the upper part. Different sections have different rock assemblages, suggesting that they were formed in different sedimentary environments. The first section has a limited distribution and is only exposed on the west side of the middle part of the basin; it consists of siltstone, mudstone, argillaceous limestone, shale and slate, implying lake facie deposition. The second section exposed on the north part of the basin shows a proximal and rapid deposition environment composed of red conglomerate, glutenite and sandstone. The third section has a large distribution area and is exposed all over the basin; it is composed

收稿日期: 2010-11-30; 修订日期: 2011-03-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(U0933605); 中国地质调查局地质调查工作资助项目(1212010818096)

作者简介: 姜勇彪(1969-), 男, 副教授, 博士, 主要从事地质学教学和研究工作, E-mail: rbjgeo@163.com; 通讯作者: 郭福生(1962-), 男, 教授, 博士, 主要从事沉积学教学和研究工作, E-mail: fsguo@263.net.

of dark purple mudstone, silty mudstone and gypsum deposited in alluvial and fluvial fans under the condition of dry and hot weather. The fourth and fifth sections only exposed in the middle and south parts of the basin are composed of fluvial-lacustrine sediments composed of red conglomerate, glutenite and sandstone deposited in a proximal and rapid deposition environment. An analysis of sediment sources has revealed that the material sources evolved from stable interior of craton through debris recycling orogenic zone to mixed recycling orogenic zone. Owing to the asymmetry of the basin and dissimilar depositional environments, different lithologic sections are exposed in different places of the basin. These data suggest that the basin has experienced the evolution history of early stage extrusion thrust foreland basin, middle stage strike-slip pull-apart basin, and late stage extrusion strike-slip foreland basin.

Key words: Qinghai-Tibet Plateau; Paleogene; Nangqen basin; deposition feature; basin evolution

1 区域地质概况

沿着羌塘-横断山脉-金沙江-红河大型弧形走滑构造带,青藏高原东北缘主要分布着一系列大小不等的早第三纪盆地(潘桂棠等,1990;青海省地质矿产局,1991;张克信等,2007,2008),它们是在印度-欧亚板块碰撞过程中产生的(Wang and Burchfiel,1997;Yin and Harrison,2000;Horton *et al.*,2002)。这些盆地与一系列北西向走滑-对冲的褶皱冲断裂系构成的薄皮构造发育在由石炭系-三叠系碳酸盐及硅质碎屑岩之上(Horton *et al.*,2002;Spurlin *et al.*,2005)。在羌塘地体东北缘风火山-囊谦褶皱-逆冲断裂带的东段,发育的第三纪小型盆地,如东坝、囊谦、吉曲、上拉秀、下拉秀、牛国达盆地,呈北西向狭窄的长条状沿断裂带或缝合带展布(Spurlin *et al.*,2005;张克信等,2007,2008;姜勇彪等,2009),沉积了一套河湖相红色碎屑岩、泥灰岩及石膏层等,并局部伴有岩浆作用。

囊谦盆地位于青海西南部与西藏的接壤处,214青藏线由北向南穿过盆地。盆地呈北西向展布,长约55 km,宽约18 km,海拔一般为4 500~5 000 m。近年来国内外一些学者在该地区对盆地沉积(Yin and Harrison,2000;王世锋等,2002;周江羽等,2002)构造演化(Spurlin *et al.*,2005)及岩浆活动及其年代学(杨大雄等,1988;邓万明等,2001;Spurlin *et al.*,2005;朱丽等,2006)等方面做了大量的工作,但主要集中于盆地的中北部,对盆地的中南部研究不够。本文在对囊谦盆地开展精细的野外调查基础上,通过对盆地的充填序列、沉积演化及盆地的后期改造分析,对囊谦盆地的沉积特征、盆地原型等方面进行了研究。

2 囊谦盆地沉积特征

已有研究表明,囊谦盆地贡觉组为一套老第三纪红色河湖相碎屑岩沉积,其间有石膏沉积并含盐,盆地内地层沉积连续,出露完整,且火山岩广泛发育(Horton *et al.*,2002;周江羽等,2002;Spurlin *et al.*,2005)。野外露头调查表明,古近系贡觉组红层自下而上可分为5个岩性段,它们组成两套由粗变细的沉积序列(图1)。由于盆地沉积的不对称性及所处沉积环境的不同,各岩性段在盆地内的出露也不相同,反映了陆相地层多变的特点。前人对囊谦盆地中南部东日尕剖面泥岩段的微体古生物研究表明,其富含 *Eucypris*、*Cypris*、*cyprinotus*、*Ilyocypris* 等早第三纪介形虫分子(卫民,1985);广泛侵入第一、二、三岩性段并被第四岩性段覆盖的火山岩已有年代学研究表明,其 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为38~37 Ma(杨大雄等,1988;Spurlin *et al.*,2005;朱丽等,2006),因此囊谦盆地红层形成于早第三纪。

2.1 第一岩性段(E_g^1)

第一岩性段(E_g^1)出露于盆地中部的西侧,南北向延伸约18 km,东西向出露宽0~2 km,为一套湖相沉积,不整合于石炭系-二叠系组成的基底之上。下部为浅灰白色粉砂岩、泥岩、泥质灰岩,向上渐变为灰白色、紫红色相间的页岩、板岩,并组成韵律层。在都日哇木材检查站剖面处地层厚度最大约为400 m(图1中柱3),向南、北厚度逐渐变小。

2.2 第二岩性段(E_g^2)

该岩性段广泛出露于盆地中北部,总体上以一套红色砾岩、砂砾岩、砂岩组成,上部夹4~6层中层泥质灰岩,最厚处约530 m以上,但由于沉积环境不同,其岩性、厚度变化较大。

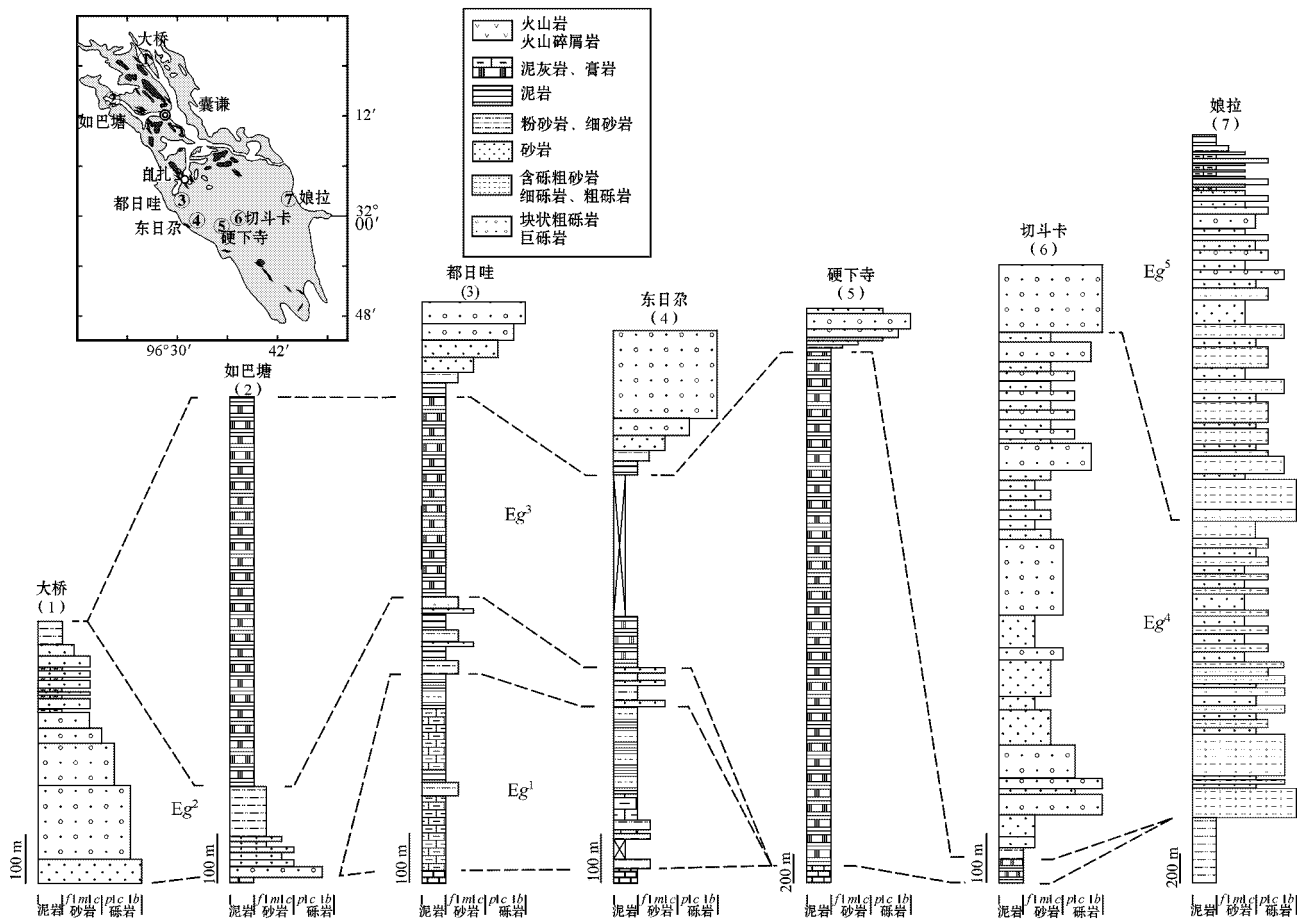


图 1 囊谦盆地地层柱状对比图

Fig. 1 Stratigraphic correlation of Nangqen basin

在盆地的西北部,该岩性段成带状出露于盆地西侧,不整合于石炭系之上,岩性为红色砾岩、砂砾岩、砂岩、细砂岩、粉砂岩等(图 1 中柱 2),厚度约 200 m。砾岩中的砾石成分以灰岩为主,叠瓦状砾石指示其物源来自盆地的西北部。

在盆地的中部东日尕剖面(图 1 中柱 4),该段岩性为中厚层中细砂岩、粉砂岩组成韵律层,砂岩中可见小型斜层理,为浅湖相沉积,地层厚约 30 m,该处其下部与第一岩性段为小型断层接触关系。其他地区可见两者为整合接触。

总体上该岩性段东北部厚,向南变薄,碎屑物颗粒东北部粗而南部细,沉积构造反映其北部为河流相沉积,向南过渡为湖相沉积。盆地南部未见该岩性段出露。

2.3 第三岩性段(Eg³)

第三岩性段在囊谦盆地分布最广,除中北部外,在盆地的南部也广泛出露至青藏边界。该岩性段主

要为一套暗紫红色泥岩、粉砂质泥岩夹石膏层,普遍含盐,如扎乡盐厂原是藏区重要的产盐地。地层南北厚而中部薄,最厚处达 3 400 m。在盆地的中北部,该岩性段整合于第二岩性段之上,南部则直接不整合于由石炭、二叠、三叠及侏罗系组成的盆地基底之上。根据野外露头调查表明,第三岩性段为湖相泥岩、膏盐沉积,反映其为干燥气候下的产物,且当时古地势较低。

在盆地的西北部,如在如巴塘(图 1 中柱 2),下部为暗紫红色泥岩夹中、中薄层石膏层,上部石膏层变厚,达 2~3 m,石膏成透镜体状;在囊谦县城南国道边巨厚层暗紫红色泥岩夹中厚层石膏层。盆地的中部都日哇木材检查站处(图 1 中柱 3),该岩性段厚约 400 m,下部含石膏层,上部为巨厚层状,石膏成透镜体状;向南该岩性厚减薄,至东日尕以南 3 km 的山脊处薄至几十米厚。盆地南部如扎盐厂处,该岩性段直接不整合于上三叠统波里拉组之上,向上

至硬下寺,出露的均为泥岩夹石膏层(图 1 中柱 5),厚达 3 400 m,向上石膏层增厚。该岩性段向南出露至盆地的南边界。

2.4 第四岩性段(Eg^4)

该岩性段出露于盆地的中南部,下部与第三岩性段呈平行不整合接触或直接不整合于盆地基底之上,主要由紫红色砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩组成。盆地的边缘由巨厚层状砾岩组成,向盆地中部过渡为岩含砾砂岩、砂岩组成的韵律层,厚约 1 100 m。

在盆地的西侧,该岩性段下部为紫红色泥岩,与第三岩性段暗紫红色泥岩及石膏层呈平行不整合接触,两者界线明显(图 1 中柱 5)。碎屑岩粒度向上变大,过渡为细砂岩、砂岩、含砾砂岩直至巨厚层砾岩,反映沉积时湖水变浅,由湖相过渡为冲积扇相沉积,在冲积扇相河道沉积的叠瓦状砾石指示其物源来自盆地的西南侧。向东至切斗卡处,该段中上部为由含砾砂岩与中砂岩、细砂岩组成的韵律层(图 1 中柱 6)。在盆地的中部东侧,该岩性段直接不整合于上三叠统组成的盆地基底之上,下部为巨厚层状砾岩夹粗砂岩组成,向上碎屑物粒度变少,为砂岩、含砾砂岩等,叠瓦状砾石指示其物源来自盆地的东侧。该岩性段的砾石以灰岩为主,粒径 8~20 cm,大者 30 cm 以上。

2.5 第五岩性段(Eg^5)

第五岩性段分布于盆地中部的东南侧,整合于第四岩性段之上。为一套砾岩、含砾砂岩、砂岩,顶部为砾岩、砂岩、泥质灰岩及泥岩等,厚 2 500 m 以上,未见顶。盆地中部的切斗卡后山,该岩性段下部为巨厚层状砾岩,向上砾石粗度变少,为含砾砂岩和砂岩,砾石以灰岩为主;在盆地的东南部,砾岩之上为大套的紫红色中厚层砂岩。

3 囊谦盆地碎屑物物源分析

碎屑岩类成分反映了物源区地质情况,由于搬运过程中稳定组分的破坏,碎屑岩性并不总是与源区岩性完全一致,尤其在潮湿环境,化学风化作用更为强烈。因此,详细、准确的砂岩碎屑成分定量分析可对物源区分析和沉积盆地性质分析提供重要依据,其可信度优于地球化学分析资料。

采自囊谦盆地贡觉组各岩性段碎屑岩的碎屑矿物成分统计数据见杜后发等(2011)。研究表明,囊

谦古近纪盆地贡觉组砂岩的物源区具有相似特征:在 QFL 、 Q_mFL_t 图解中,各岩性段样品基本集中于再旋回造山带物源区中的碰撞造山带物源区与前陆隆起物源区的叠合部位,在 $Q_pL_vL_s$ 图解中,样品则集中于碰撞造山带来源区;在 Q_mPK 图解中,样品主要集中于陆块物源区的隆升基底物源区(图 2)。

Dickinson(1983)提出的图解对物源区界线做了进一步量化,做出了主要沉积盆地与主要板块边界类型和相关的碎屑物源之间的关系示意图,反映了一些碎屑参数与沉积盆地和构造背景之间的关系。根据图解投点结果(杜后发等 2011),砂岩投点落入(混合)再旋回造山带物源区,结合区域地质特征,从各岩性段样品的投点位置来看,反映物源由稳定的克拉通内部物源(相当大陆块物源区)向岩屑再旋回造山带区(碰撞造山带),再向混合型再旋回造山带区的演变过程。早期北西向展布的囊谦褶皱带冲断自西南向北东逆冲,在断层的下盘发生挠曲凹陷,形成前陆盆地,揭示了沉积早期盆地北、西北部的构造活动性强烈,为 Eg^2 沉积时期提供成熟度很低的碎屑物质。由 Eg^1 至 Eg^2 沉积阶段,长石含量降低而岩屑含量递增,说明构造强度逐渐增强,冲积扇-河流相层序处于发育阶段,因此,沉积了一套巨厚层状的砾岩、砂砾岩。中期青藏北部、东部发育大规模的走滑拉分运动,使早期的前陆盆地演变为拉分盆地。在 Eg^3 层序发育时,囊谦盆地受东缘扎曲断裂、西侧江达断裂控制,随边界断裂主应力由挤压转为右旋走滑拉张,盆地面积逐渐增大,长石含量增高而岩屑含量逐渐降低,构造运动逐渐减弱,但盆地西北、北部继续隆升遭受剥蚀,东部和南部则下降接受沉积,并伴有岩浆活动,湖泊层序发育阶段达到顶峰。晚期印度板块与欧亚板块碰撞进一步加剧,应力由走滑拉分转变为走滑挤压,拉分盆地发育结束,形成晚期的褶皱冲断带及前陆盆地。随后进入混合型过渡型再旋回造山带阶段, Eg^4 、 Eg^5 层序构造运动逐渐减弱,长石含量先增加后降低而岩屑含量先降低后增加。

4 囊谦盆地岩相古地理分析

囊谦盆地总体为一套陆相紫红色、红色碎屑岩建造,含膏盐,自下而上具有明显的旋回性韵律特征。根据野外露头地层、沉积构造、岩石组合及岩石地球化学分析,囊谦盆地古近系可划分为 5 个岩性

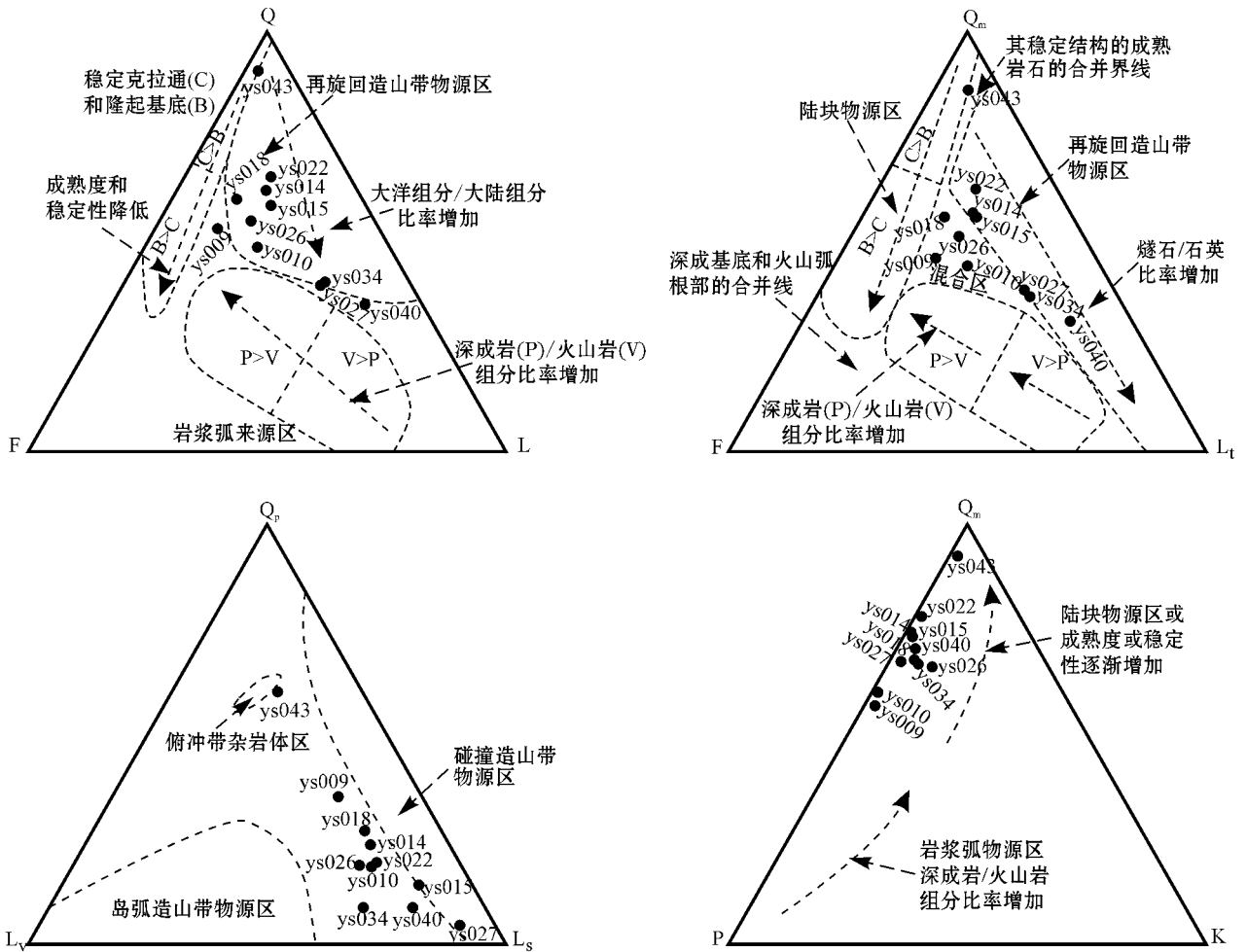


图 2 囊谦盆地贡觉组砂岩碎屑组分与物源类型图解(据 Dickinson, 1979 简化)

Fig. 2 Diagram of sandstone clastic composition and material source types of Gonjo Formation in Nangqen basin (simplified after Dickinson, 1979)

段,不同的岩性段其沉积特征、岩石组合及物源都有各自的特征。基于野外露头地层、沉积构造、碎屑岩粒度分析表明,囊谦盆地形成于冲积扇-河流-湖泊-三角洲沉积环境:第一岩性段分布局限,为滨浅湖相沉积;第二、四和五岩性段显示为近源、快速堆积环境;第三岩性段为面积分布广泛的干旱-炎热气候条件下的河流-湖泊沉积环境。

4.1 第一岩性段岩相古地理特征

盆地底部第一岩性段分布局限,仅出露于盆地中部的西侧都日哇一带,下部不整合于盆地基底地层 C-P 灰岩之上,为一套灰白色泥岩、泥灰岩及黑色页岩,发育水平层理,富含 *Eucypris*、*Cypris*、*cyprinotus*、*Ilyocypris* 等介形虫分子,时代属古近纪,为浅湖相至深湖相沉积(图 3a),反映其为—继承

性拗陷盆地。碎屑物颗粒细,以泥岩、泥灰岩等内碎屑沉积为主,表明当时地势平坦,沉积区与物源区相去甚远,碎屑物经长距离搬运。

4.2 第二岩性段岩相古地理特征

第二岩性段显示巨厚层状砾岩夹砂岩及透镜体的特征,在垂向上多与含砾砂岩、中粗砂岩互层,横向上砾岩层相变为互层的层状砂岩和泥岩,向盆内进积成湖相地层。在岩性上砾岩的砾石成分有所差异,东边缘以灰岩砾为主,有少量的硅质砾,北部以灰岩砾、硅质砾为主,有少量的红色砂岩砾、燧石等。这与沉积盆地物源有关,反映该段在盆地西南、北部发育冲积扇相和辫状三角洲沉积。

第二岩性段的野外露头上可见大量的原生构造,它们是很好的沉积相指示标志。碎屑岩发育有

斜层理及叠瓦状砾石 表明其沉积环境为冲积扇-河流为主的沉积环境。本次野外对叠瓦状构造的叠瓦角进行了测量,发现多在 $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$,很少能够达到

30° 指示物源区来自盆地的北侧,当时盆地东侧也是碎屑物的重要来源(周江羽等,2007)。扎曲大桥公路边见泥质粉砂岩、粉砂岩,岩层面上发育波痕,

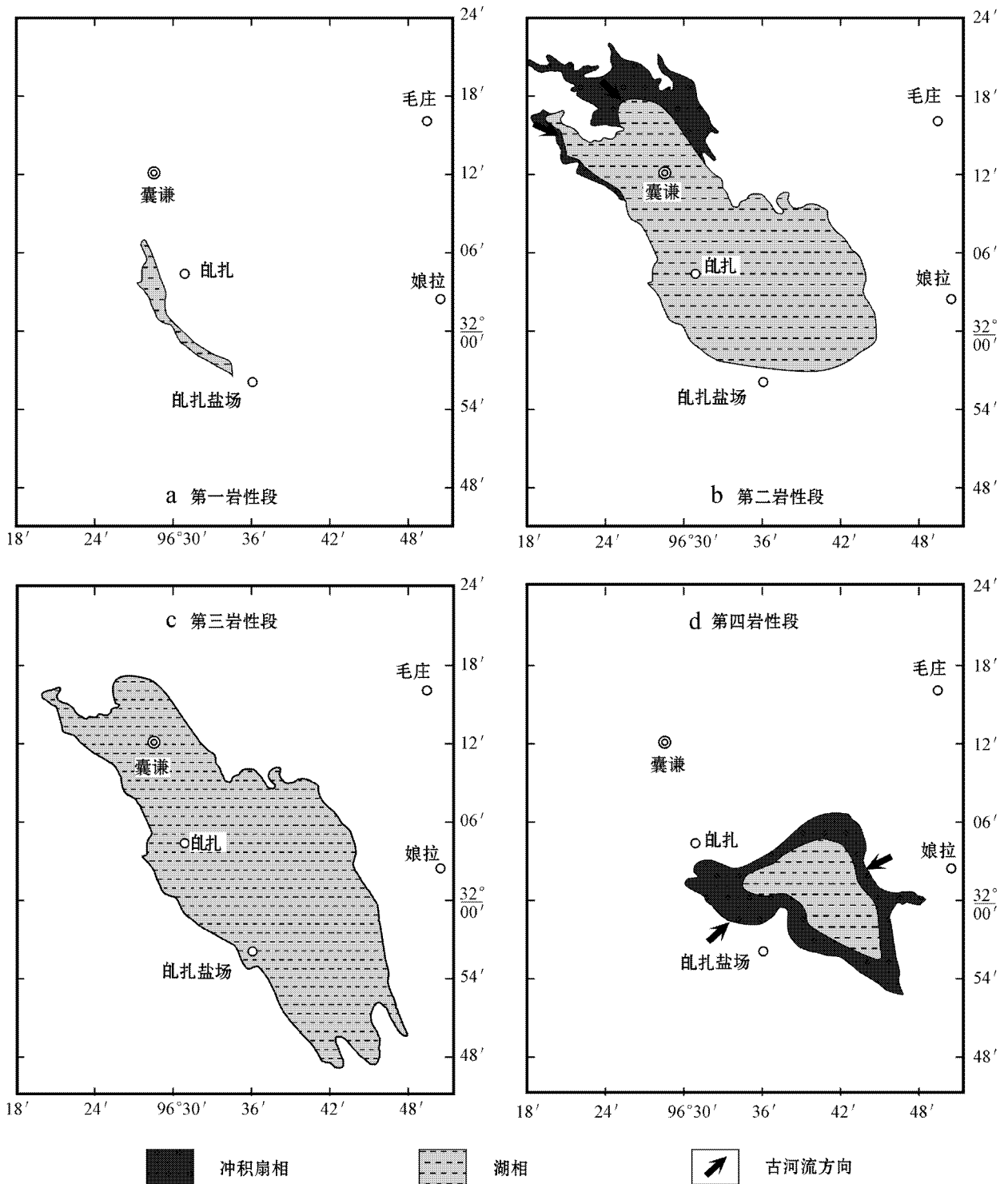


图3 囊谦盆地贡觉组各岩性段岩相古地理图

Fig. 3 Lithofacies palaeogeographic map of Gonjo Formation in Nangqen basin

波长为5~10 cm,波高为1~3 cm,有对称波痕及不对称波痕,反映该位置砂体属湖泊成因。此外,粉砂质泥岩中常发育大量垂直于层面的虫孔,少量的为倾斜钻孔,表明水动力较强。虫孔的大量发育在三角洲相、湖泊相环境中较多见。

基于野外露头地层、沉积构造分析,发现第二岩性段中冲积扇主要发育在盆地北部边缘,如扎曲大桥一带,包括泥石流沉积和辫状河道沉积,而湖相则发育于中部地区(图3b)。泥石流沉积分选差,次棱角状,多为混杂堆积,层理不明显。辫状河道沉积分选较好,砾石的扁平面平行层理方向排列,填隙物为次棱角状的不等粒砂泥质或钙质胶结,发育叠瓦状构造。

第二岩性段以粗碎屑沉积为特征,碎屑物主要来自盆地的北侧和东北侧,表明当时盆地在经历第一岩性段沉积后,受区域构造影响,东北部断层向西逆冲挤压导致强烈隆升,囊谦盆地受挤压拗陷,形成前陆盆地,接受第二岩性段沉积。

4.3 第三岩性段岩相古地理特征

囊谦盆地第三岩性段由紫红色细砂岩、粉砂质泥岩、石膏构成层序,在垂向上岩性变化不显著。在如巴塘、硬下寺和东日尕一带,广泛发育紫红色泥岩与石膏互层或与灰岩夹石膏结核互层。在都日哇、扎曲大桥和东日尕一带,砂泥岩中发育水平纹层构造。这些层序特征反映该岩性段以湖相沉积为主,具干旱气候下湖滨-盐湖相特征(图3c)。

第三岩性段以细碎屑和石膏沉积为特征,反映研究区是在经过第二岩性段长时间的侵蚀作用后,地势较为平坦,受当时古气候影响沉积的一套石膏的湖相红色碎屑岩沉积。第三岩性段沉积后期,盆地内发育大量的超浅成火山岩。这些表明当时受盆地东侧边界断层走滑影响,形成拉分盆地,沉积这套石膏的湖相红色碎屑岩沉积,岩浆活动强烈。

4.4 第四、第五岩性段岩相古地理特征

第四、第五岩性段沉积特征是厚层砾岩夹砂岩,第五段顶部为砂砾岩夹中厚层泥灰岩。在硬下寺和切斗卡一带,砾石成分较复杂,分选、磨圆差,砾、砂和泥杂乱堆积,杂基或颗粒支撑。在垂向上,砾岩与砂岩互层至厚层状砾岩,具有弱的反粒序或正粒序层理,块状构造,反映其为近源、快速堆积的冲积扇相泥石流沉积体。

盆地上部第四、第五岩性段为一套红色粗碎屑岩系,为河流相、湖相砂岩、砂砾岩、砾岩,顶部夹泥

灰岩,碎屑粒度由细→粗→细变化。该套岩系出露于盆地的中南部(图3d),叠瓦状砾石产状指示其物源来自盆地的东、西、南侧,表明其古地势为北低南高。以往的研究将其与出露于北部的盆地下部粗碎屑岩系视为同一套地层(王世锋等,2002),此次野外露头研究表明它们之间夹一套紫红色的泥岩、石膏沉积,浅成岩广泛侵入于紫红色的泥膏岩及下部粗碎屑岩,而上部这套粗碎屑岩中并未发现有浅成岩侵入其中,因此该套地层应为盆地上部沉积岩系。

5 囊谦盆地演化特征

囊谦盆地沉积序列中不同岩性段记录了盆地演化不同阶段的历史,结合控盆断裂活动和火山岩发育特征,表明该盆地演化经历3个阶段,即早期挤压推覆前陆盆地、中期走滑拉分盆地、晚期走滑挤压前陆盆地阶段,并经历了后期的挤压推覆演化过程。

5.1 早期挤压推覆前陆盆地发育阶段

始于65 Ma左右的印度-亚洲大陆对接碰撞(莫宣学等,2007),在高原中北部和东部形成一系列以逆冲-推覆构造为特征的收缩构造,已经收缩的拗陷盆地演变成前陆盆地(李亚林等,2006)。由于北西向展布囊谦褶皱冲断带自西南向北东逆冲,在断层的下盘发生挠曲凹陷形成前陆盆地,在由灰白色湖相泥岩及泥灰岩组成的拗陷盆地沉积序列之上(Eg^1),沉积了一套以河流相为主的红色粗碎屑岩系(Eg^2)。该期粗碎屑中叠瓦状砾石指示其物源来自盆地的东北及西北侧,与晚白垩至早第三纪早期青藏高原东北部的古地势北高南底相吻合(张克信等,2008)。该地区第三纪盆地内发育的生长地层(Spurlin *et al.*, 2005;姜勇彪等,2009)表明这些断裂在盆地沉积过程中有过活动,它们控制着盆地的演化。在囊谦和上拉秀盆地内,这套粗碎屑岩的上部发育火山岩,其年龄值为51~49 Ma,表明早期前陆盆地的下限年龄早于51~49 Ma(Roger *et al.*, 2000; Spurlin *et al.*, 2005)。

5.2 中期走滑拉分盆地发育阶段

随着印度板块与欧亚板块完成碰撞对接,大致从40/45 Ma开始,青藏高原进入后碰撞期和高原快速隆起阶段(莫宣学等,2007)。印度板块继续向北俯冲,在青藏高原的北部和东部发育大规模的走滑拉分作用,使早期的一些前陆盆地演变为拉分盆地,

沉积了一套以红色湖相泥岩、膏岩沉积(Eg^3),并伴有大规模的火山活动。研究区内早期的逆冲断裂带受此影响,发生右旋走滑作用,但受北部玉树结合带的限制,走滑的断盘局部发生“S”或反“S”型变形,走滑断裂也随之发生变形(图1)。受走滑拉分影响,构造应力发生改变,原来前陆盆地挤压应力变为拉张应力,盆地变宽加深形成拉分盆地,接受湖相沉积并伴有大规模的高钾质火山活动。盆地中的火山岩年龄界定了拉分盆地的形成时间,其形成早于38~37 Ma(Spurlin *et al.*, 2005)。

此时囊谦盆地受东缘扎曲断裂(王世锋等, 2002)西侧江达断裂控制(Spurlin *et al.*, 2005),随边界断裂主应力由挤压转为右旋走滑拉张,盆地面积逐渐增大,盆地与母岩区高差降低,搬运距离增长,沉积物粒度变小,盆地沉积湖相细碎屑岩、泥岩和膏盐等。同时形成于碰撞后板内构造环境的高钾

质火山岩(浅成岩)广泛侵入于中部湖相细碎屑岩、泥岩中。

5.3 晚期走滑挤压推覆前陆盆地发育阶段

玉树地区的走滑拉分持续的时间较短(Spurlin *et al.*, 2005; 周江羽等, 2007)。随着印度板块与欧亚板块碰撞进一步加剧,原先走滑拉分的应力转变为走滑挤压应力,拉分盆地发育结束,形成晚期的褶皱冲断带及前陆盆地,沉积了盆地上部的粗碎屑岩系(Eg^4 、 Eg^5)。囊谦盆地南部粗碎屑岩系覆盖于细碎屑岩系及火山岩之上,表明其下限年龄晚于38~37 Ma。

5.4 后期改造

随着高原的快速隆起和向北俯冲的速率加快,晚期前陆盆地最终消亡,五道梁组沉积之后,研究区进入成盆后演化阶段,以发育大型逆冲推覆构造为特征,致使断裂上盘老地层推覆于早第三纪红层之上(图4)。

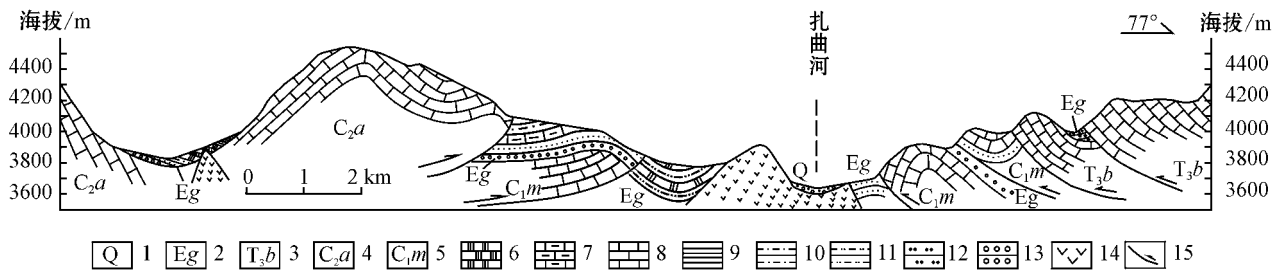


图4 囊谦盆地北部地质剖面图

Fig. 4 Geological section of northern Nangqen basin

1—第四系;2—下第三统贡觉组;3—上三叠统波里拉组;4—中石炭统阿曲组;5—下石炭统马查拉组;6—石膏;7—泥灰岩;8—灰岩;

9—泥页岩;10—粉砂质泥岩;11—粉砂岩;12—砂岩;13—砾岩;14—火山岩(浅成岩);15—断层

1—Quaternary; 2—Lower Tertiary Gonjo Formation; 3—Upper Triassic Bolila Formation; 4—Middle Carbonic Aqou Formation; 5—Lower Carbonic Machala Formation; 6—gypsum; 7—marlite; 8—limestone; 9—argillulite; 10—silty mudstone; 11—siltstone; 12—sandstone; 13—conglomerate; 14—volcanic rock (hypabyssal rock); 15—fault

6 结论与讨论

基于野外调查与以上分析表明,取得以下几点认识:

(1) 青藏高原东北缘囊谦盆地沉积了一套古近系红色河湖相碎屑沉积,研究表明这套地层自下而上可分为5个岩性段,组成两套由粗变细的沉积序列,并伴有大量岩浆岩活动。各岩性段在盆地内所处位置不同,记录了盆地不同演化阶段的历史。

(2) 基于野外露头地层、沉积构造、碎屑岩粒度分析,认为囊谦盆地形成于冲积扇-河流-湖泊-三角洲沉积环境;第一岩性段分布局限,为滨浅湖相沉积;第二、四和五段显示为近源、快速堆积环境;第三段为面积分布广泛的干旱-炎热气候条件下的河流-湖泊沉积环境。

(3) 根据古近纪地层的岩石组合、沉积构造、碎屑物源分析及后期改造表明,囊谦盆地经历了早期挤压推覆前陆盆地、中期走滑拉分盆地、晚期走滑挤压推覆前陆盆地的演化历史。

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province. 1991. Regional Geology of Qinghai Province [M]. Beijing : Geological Publishing House , 1 ~ 66 (in Chinese with English abstract).
- Deng Wanming , Sun Hongjuan and Zhang Yuquan. 2001. Petrogenesis of Cenozoic potassic volcanic rocks in Nangqen basin [J]. Scientia Geologica Sinica , 36 (3) : 304 ~ 318 (in Chinese with English abstract).
- Dickinson W R and Suczek CA. 1979. Plate tectonic sandstone composition [J]. AAPG , 63 : 2 164 ~ 2 182.
- Dickinson W R. 1983. Provenance of North American Cenozoic sandstones in relation to tectonic setting [J]. Bull. Geol. Soc. Am. , 94 : 222 ~ 235.
- Du Houfa , Zhu Zhijun , Jiang Yongbiao , et al. 2011. Petrological characteristics and provenance analysis of sandstones of Gonjo Formation in Nangqen basin [J]. Acta Petrologica et Mineralogica , 30 (3) : 409 ~ 416 (in Chinese with English abstract).
- Horton B K , Yin A , Spurlin M S , et al. 2002. Paleocene-Eocene syn-contractual sedimentation in narrow , lacustrine- dominated basins of east-central Tibet [J]. Geological Society of America Bulletin , 114 : 771 ~ 786.
- Jiang Yongbiao , Hou Zengqian , Yan Zhaobin , et al. 2009. Prototype and evolution of the Tertiary basins in Yushu area , Qinghai [J]. Geotectonica et Metallogenia , 33 (4) : 521 ~ 529 (in Chinese with English abstract).
- Li Yalin , Wang Chengshan , Yi Haisheng , et al. 2006. Cenozoic thrust system and uplifting of the Tanggula Mountain , Northern Tibet [J]. Acta Geologica Sinica , 80 (8) : 1 118 ~ 1 130 (in Chinese with English abstract).
- Mo Xuanxue , Zhao Zhidan , Zhou Su , et al. 2007. On the timing of India-Asia continental collision [J]. Geological Bulletin of China , 26 (10) : 1 240 ~ 1 244 (in Chinese with English abstract).
- Pan Guitang , Wang Peisheng , Xu Yaorong , et al. 1990. Cenozoic Tectonic Evolution of Tibet-Qingzang Plateau [M]. Beijing : Geological Publishing House , 1 ~ 165 (in Chinese with English abstract).
- Roger F , Tapponnier P , Arnaud N , et al. 2000. An Eocene magmatic belt across central Tibet : Mantle subduction triggered by the Indian collision ? [J]. Terra Nova , 12 : 102 ~ 108.
- Spurlin M S , Yin A , Horton B K , et al. 2005. Structural evolution of the Yushu-Nangqian region and its relationship to syn-collisional igneous activity , east-central Tibet [J]. GSA Bulletin , 117 : 1 293 ~ 1 317.
- Wang E Q and Burchfiel B C. 1997. Interpretation of Cenozoic tectonics in the right-lateral accommodation zone between the Ailao Shan shear zone and the eastern Himalayan syntaxis [J]. International Geological Review , 39 : 191 ~ 219.
- Wang Shifeng , Yi Haisheng and Wang Chengshan. 2002. Sediments and Structural Features of Nangqian Tertiary Basin in Eastern of Tibet-Qingzang Plateau [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinesis , 38 (1) : 109 ~ 114 (in Chinese with English abstract).
- Wei Min. 1985. Eocene ostracods from Nangqen in Qinghai [A]. Contribution to the Geology of Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau [17] [C]. Beijing : Geological Publishing House , 313 ~ 325 (in Chinese).
- Yang Daxiong and Wang Peisheng. 1988. The determinations of plateau age by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating on Cenozoic calc-alkalic trachytes of Nangqian basin , Northern Transverse Mountains [A]. Contribution to the Geology of Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau [19] [J]. Beijing : Geological Publishing House , 39 ~ 44 (in Chinese with English abstract).
- Yin A and Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen [J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences , 28 : 211 ~ 280.
- Zhang Kexin , Wang Guocan , Cao Kai , et al. 2008. The main Cenozoic uplift events of in Tibet-Qingzang Plateau : deposition responses and thermal chronology records [J]. Sciences in China (Series D) , 38 (12) : 1 575 ~ 1 588 (in Chinese).
- Zhang Kexin , Wang Guocan , Chen Fenning , et al. 2007. Coupling between the Uplift of Qinghai-Tibet Plateau and Distribution of Basins of Paleogene-Neogene [J]. Earth Science , 32 (5) : 583 ~ 597 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Jiangyu and Wang Jianghai. 2007. The Evolution of Paleogene Basins in East-central Tibet in Relation to the Early Tectonic Uplift of the Tibetan Plateau [M]. Beijing : Geological Publishing House , 1 ~ 96 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Jiangyu , Wang Jianghai , Yin An , et al. 2002. Depositional patterns and tectonic setting of Early Tertiary basins in the NE margin of the Tibetan Plateau : A case study of the Nangqian and Xialaxiu Basins [J]. Acta Sedimentologica Sinica , 20 (1) : 85 ~ 91 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Li , Zhang Huihua , Wang Jianghai , et al. 2006. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronology of high-K magmatic rocks in Nangqian basins at the northern segment of the Jinsha-Red river shear zone [J]. Geotectonica et Metallogenia , 30 (2) : 241 ~ 247 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 邓万明 孙宏娟 张玉泉. 2001. 囊谦盆地新生代钾质火山岩成因岩石学研究 [J]. 地质科学 , 36 (3) : 304 ~ 318.
- 杜后发 朱志军 姜勇彪 等. 2011. 囊谦盆地贡觉组砂岩岩石学特征与物源分析 [J]. 岩石矿物学杂志 , 30 (3) : 409 ~ 416.

- 姜勇彪,侯增谦,严兆彬,等. 2008. 青海玉树地区第三纪盆地原型及其演化[J]. 大地构造与成矿学, 33(4): 521~529.
- 李亚林,王成善,伊海生,等. 2006. 西藏北部新生代大型逆冲推覆构造与唐古拉山的隆起[J]. 地质学报, 80(8): 1118~1130.
- 莫宣学,赵志丹,周肃,等. 2007. 印度-亚洲大陆碰撞的时限[J]. 地质通报, 26(10): 1240~1244.
- 潘桂棠,王培生,徐耀荣,等. 1990. 青藏高原新生代构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1~165.
- 青海省地质矿产局. 1991. 青海省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1~662.
- 王世锋,伊海生,王成善. 2002. 青藏高原东部囊谦第三纪盆地沉积构造特征[J]. 北京大学学报(自然科学版), 38(1): 109~114.
- 卫民. 1985. 青海囊谦早第三纪介形类[Λ]. 青藏高原地质文集(第17集)[C], 313~325.
- 杨大雄,王培生. 1988. 横断山北段囊谦盆地新生代钙碱性次粗面岩的 ^{40}Ar - ^{39}Ar 法坪年龄测定结果[Λ]. 青藏高原地质文集(19)[C], 北京: 地质出版社, 39~44.
- 张克信,王国灿,曹凯,等. 2008. 青藏高原新生代主要隆升事件: 沉积响应与热年代学记录[J]. 中国科学 D 辑, 38(12): 1575~1588.
- 张克信,王国灿,陈奋宁,等. 2007. 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, 32(5): 583~597.
- 周江羽,王江海. 2007. 青藏高原中东部古近纪盆地演化与高原早期构造隆升[M]. 北京: 地质出版社, 1~96.
- 周江羽,王江海,尹安,等. 2002. 藏东北缘早第三纪盆地充填的沉积型式及构造背景——以囊谦和下拉秀盆地为例[J]. 沉积学报, 20(1): 85~91.
- 朱丽,张会化,王江海,等. 2006. 金沙江-红河构造带北段囊谦盆地新生代高钾岩石 ^{40}Ar - ^{39}Ar 年代学研究[J]. 大地构造与成矿学, 30(2): 241~247.