

青藏高原古新世构造岩相古地理

梁银平¹, 张克信^{2,3}, 宋博文^{2,3}, 王国灿^{3,4}, 徐亚东^{2,3}, 陈锐明⁵, 陈奋宁⁵, 骆满生²
LIANG Yin-ping¹, ZHANG Ke-xin^{2,3}, SONG Bo-wen^{2,3}, WANG Guo-can^{3,4}, XU Ya-dong^{2,3}
CHEN Rui-ming⁵, CHEN Fen-ning⁵, LUO Man-sheng²

1.地质出版社,北京 100083;

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,湖北 武汉 430074;

3.中国地质大学(武汉)地球科学学院,湖北 武汉 430074;

4.中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室,湖北 武汉 430074;

5.中国地质调查局西安地质矿产研究所,陕西 西安 710054

1. Geological publishing House, Beijing 100083;

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

3. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, Hubei, China;

4. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;

5. Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China

摘要:在系统分析青藏高原及邻区古新世残留盆地类型、形成构造背景、岩石地层序列的基础上,对青藏高原古新世构造岩相古地理演化特征进行讨论:青藏高原西北部的西昆仑,北部的阿尔金、祁连、西秦岭,东北部的松潘—甘孜和南部的冈底斯陆缘弧带,以及北部的阿拉善古陆和南部的上扬子古陆和印度古陆为隆起剥蚀区。西宁—兰州、成都和班戈地区零星分布个别构造压陷湖盆。高原西部和南部为新特提斯海。南部的特提斯—喜马拉雅海区的古地理格局为萨嘎以西为残余洋盆,以东为前陆盆地。由此提出,白垩纪晚期—古新世印度板块与欧亚板块的碰撞起始于东部构造结,新特提斯洋的闭合是自东向西进行的。

关键词:岩相古地理;沉积演化;古新世;青藏高原

中图分类号:P534.61⁺2

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2013)01-0067-08

Liang Y P, Zhang K X, Song B W, Wang G C, Xu Y D, Chen R M, Chen F N, Luo M S. Paleocene tectonic lithofacies paleogeography of the Tibetan Plateau. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(01):67-74

Abstract: Based on an integrated study of the geological maps and previous achievements, the authors analyzed the attributes, tectonic settings and lithofacies—stratigraphic sequences of the remnant basins in the Tibetan plateau. In Paleocene, the Tibetan Plateau was characterized by the erosional areas in western Kunlun, Altun, Qilian, western Qinling, Songpan—Garze and Gangdise, the Alxa and Indian ancient lands and the depressed basins (lakes and pluvial plains) in Xining—Lanzhou, Chengdu and Baingoin. There existed Neo—Tethyan remnant sea in western and southern Tibetan Plateau. It is held that the paleogeography of the Neo—Tethyan remnant sea was a remnant oceanic basin to the west of the Saga area and a foreland basin to the east of Saga during the Paleocene. The authors argue that the closure of the Neo—Tethys progressed from east to west.

Key words: lithofacies paleogeography; evolution of sedimentation; Paleocene; Tibetan Plateau

收稿日期:2012-08-13;修订日期:2012-12-20

资助项目:中国地质调查局国家青藏专项《青藏高原新近纪隆升与地质事件群研究》(编号:1212011121261)、国家自然科学基金《国家创新研究群体科学基金》(批准号:40921062)

作者简介:梁银平(1982-),女,博士研究生,从事古生物学与地层学研究。E-mail: yinpingliang@163.com

通讯作者:张克信(1954-),男,教授,博士生导师,从事沉积学及古生物学研究。E-mail: kx-zhang@cug.edu.cn

白垩纪末至古新世是一个重要的地质历史时期,在此期间,印度板块迅速向北漂移,并与欧亚板块发生初始碰撞^[1-3]。在此大地构造背景下,青藏高原及邻区沉积环境和古地理面貌发生了巨大变化。本文在系统查阅青藏高原地质调查成果及前人专项科学研究的基础上,通过对古新世各构造-地层分区残留盆地类型、形成构造背景、岩石地层序列的分析,查明青藏高原古新世不同区块沉积盆地的沉积相序及空间展布特征,探讨青藏高原及邻区古新世构造岩相古地理及其演化特征,进而揭示古新世青藏高原及邻区构造演化与沉积响应的耦合关系。

张克信等^[9]将青藏高原及邻区划为南疆-西昆仑(I)、柴达木-祁连-西秦岭(II)、羌塘-川西(III)、扬子西缘(IV)、冈底斯-喜马拉雅-恒河(V)5个地层区。本文采用该划分方案。各地层区古新世岩石地层序列见图1。

青藏高原古新世构造岩相古地理面貌主要受印度板块持续向北俯冲及其与欧亚板块初始碰撞的影响,其地势格局整体呈东高西低、北高南低的特点^[7-8],整体古地理面貌如图2所示。西北部的西昆仑,北部的阿尔金、祁连、西秦岭,东北部的松潘-甘孜和南部的冈底斯陆缘弧、北部的阿拉善古陆、南部的上扬子古陆和印度古陆为隆起剥蚀区。西宁-兰州、班戈地区零星分布个别构造压陷湖盆-洪泛平原区。西部和南部为新特提斯海,从西北往南依次为叶城海湾、松西海湾和南部的特提斯-喜马拉雅海。特提斯-喜马拉雅海以北为冈底斯陆缘弧。以下分别对5个地层分区青藏高原古新世构造岩相古地理特征作详细阐述。

1 南疆-西昆仑地层区构造岩相古地理

南疆-西昆仑地层区古新世期间的主要构造隆起剥蚀区为北西-南东向展布的西昆仑剥蚀区和北东-南西向展布的阿尔金剥蚀区。主要沉积区位于叶城海湾、若羌盆地和松西海湾。其中,南疆的叶城海湾和若羌陆相压陷盆地位于西昆仑剥蚀区以北,松西海湾滨浅海位于西昆仑剥蚀区以南(图2)。

(1) 叶城海湾

叶城海湾北临天山山地,东北毗邻巴楚剥蚀丘陵山地,南连昆仑-铁克里克山地,西与塔吉克海相接。古新世叶城海湾具有南部为陡坡带、北部为缓坡带的压陷盆地构造特征,沉积中心位于西昆仑山

前叶城-和田坳陷一带。古新统与下伏海相白垩系为连续沉积,代表新特提斯海的一部分,主要为半封闭的海湾滨浅海沉积。古新世初开始沉积的阿尔塔什组底部普遍发育白色巨厚层状石膏层,为干旱炎热气候条件下发育的局限台地萨布哈相,主要分布于杜瓦以东^[9]及布雅皮西^[10],分布范围很大,是叶城海湾古新世的主体沉积类型,围绕周缘陆相沉积呈环带状分布。南部边界主要沿同由路克、苏2井^[11]、克里阳^[10]、杜瓦^[9]及洛浦一线与开阔盐台地分界,北部边界可达麻扎塔格山^[9]一带。古新世后期该地发生大范围海侵,早期的封闭-半封闭的萨布哈-局限台地相沉积环境被打破,在海湾中部沉积大范围的齐姆根组碳酸盐岩开阔台地,其周围被局限台地所环绕。叶城海湾东部的于田-民丰-且末-若羌一带在古新世期间没有遭受海侵,为以冲积扇相-河流相砂岩和砂砾岩为主的陆相沉积^[9,11],沉积中心主要位于塔中-若羌-塔东一带。

(2) 若羌盆地

若羌盆地中西部塔中地区整体以广大的湖泊三角洲沉积为主^[10-11],东部塔东地区为当时的凹陷中心,发育以泥岩为主的深湖亚相沉积^[10],盆地东部及东南部阿尔金山前地带以面积广大的冲洪积扇相和曲流河相沉积为主^[11-12]。

(3) 松西海湾

松西海湾古新世零星分布古近纪喀什群,主要集中在古达拉、龙木错北侧与蚂蟥山南侧,推测古新世松西海湾部分地区为低缓的隆起区,部分地区为滨海海湾-泻湖环境。

2 柴达木-祁连-西秦岭地层区构造岩相古地理

柴达木-祁连-西秦岭地层区在此时期主要为构造隆起剥蚀区,包括阿拉善古陆、阿尔金剥蚀区、东昆仑剥蚀区、祁连剥蚀区和西秦岭剥蚀。沉积区面积狭小,为区内东部受日月山-拉脊山断裂控制的西宁-兰州压陷盆地(图2)。

古新世早中期,西宁-兰州盆地处于隆升剥蚀状态。古新世末期58Ma左右,盆地开始下陷^[13],形成一外泻开放式盆地,以扇三角洲形式接受远端高地缓慢剥蚀下来的大量碎屑沉积。在盆地内沉积了以西柳沟组为代表的扇三角洲相的砖红色砾岩、砂岩组合,向盆地中部相变为砖红色块状砂岩夹泥岩

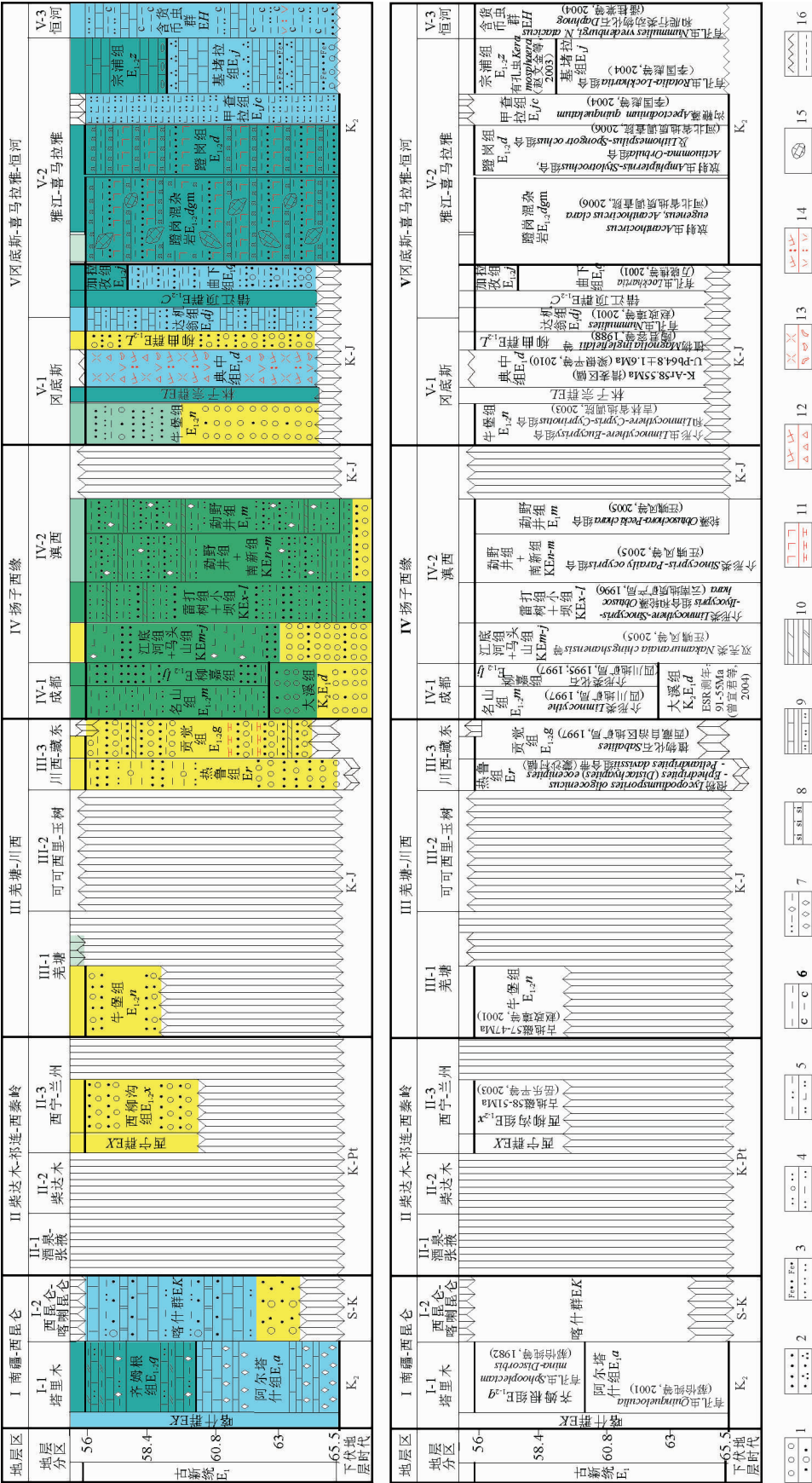


图 1 青藏高原及邻区古新世地层序列及时代对比

Fig. 1 Sequence and correlation of lithostratigraphic units of Paleocene remnant basins in the Tibetan Plateau and its adjacent areas

1—砾岩、含砾砂岩;2—砂岩、石英砂岩;3—含砾砂岩、粉砂岩;4—含砾粉砂岩、钙质粉砂岩、炭质页岩;
6—含石膏粉砂质泥岩、石膏层;7—硅质岩;8—含砾砂岩、硅质;9—灰岩、粉砂质灰岩;10—泥灰岩、白云岩;11—玄武岩、粗
面岩;12—英安岩、含火山角砾岩;13—流纹岩、火山集块岩;14—晶屑、凝灰岩;15—灰岩岩块;16—角度不整合、平行不整合

为主的三角洲至浅湖相沉积。盆地东西向典型剖面的对比研究显示,古新世西宁—兰州盆地南缘为陡坡带,沉积了代表快速堆积的冲积扇;盆地沉积中心位于盆地中部的西宁市—平安—互助—民和一带,发育了浅湖—深湖沉积。在盆地西部的永登野狐城、兰州市安宁等地以发育湖泊三角洲相沉积为主^①;盆地的其它地区广泛发育冲积平原^①。

3 羌塘—川西地层区构造岩相古地理

羌塘—川西地层区大面积为剥蚀区,主要有北部的阿尔金和东昆仑,南部的日土—羌多、改则、多玛—巴青和比如—洛隆剥蚀区,东部的松潘—甘孜、察隅剥蚀区。沉积区包括南部的尼玛盆地、伦坡拉—安多盆地和东部的贡觉盆地、乡城盆地、左贡盆地、理塘盆地和拉波盆地。区内整体地势为东高、西低,西部与松西海湾相接。

(1) 尼玛盆地

羌塘—川西地层区南部的尼玛盆地发育牛堡组,含湖泊相和水下扇相 2 种沉积相类型^②。盆地外围以发育冲积扇和辫状河为特征,盆地内部沉积相展布与盆地南部的控盆断裂密切相关。深湖亚相分布在盆地南部靠近控盆断裂的陡坡一侧,呈条带状东西向展布,与控盆断裂的走向一致,在盆地北部的缓坡带则以浅湖亚相为主。

(2) 伦坡拉—安多盆地

伦坡拉—安多盆地位于班公湖—怒江结合带的中端,班公湖—怒江断裂南侧,为受班公湖—怒江断裂控制的压陷盆地。盆地中间低南北两侧高,北部沉降幅度大、沉积厚度大,盆底向南呈斜坡状,为不对称的箕状,南部为缓坡带,主要发育辫状河沉积。盆地北部的沉积中心沉积了厚度巨大的浅湖—深湖沉积^{③④},班公湖—怒江断裂呈东西向的条带状分布;在盆地北缘班公湖—怒江断裂南侧陡坡带广泛发育水下扇沉积^{③④},呈链状分布。伦坡拉—安多盆地在地质历史中经历了初陷期(牛堡组早期)、深陷期(牛堡组中期)、收缩期(牛堡组晚期)的演化历程。古新世为盆地初陷期和深陷期,早期表现出沉积速率较快的特点,沉积了以红色砂砾岩沉积为主的冲洪积扇相沉积;中期盆地快速裂陷沉降,主要为浅湖—深湖沉积夹水下扇沉积,沉积物主要以暗色砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩夹泥质碳酸盐为主,局部地区有油页岩分布。

(3) 贡觉、乡城、左贡、理塘和拉波盆地

古新世,高原东缘的贡觉、乡城、左贡、理塘、拉波等盆地沿班公湖—怒江、龙木错—双湖、甘孜—理塘、澜沧江、红河等断裂及其平行的次级断裂带发育,为逆冲挤压环境下沿上述断裂带及其分支帚状次级断裂带之间出现的走滑拉分盆地,呈北北西向狭长带状分布,由自北向南的古河流所串通。贡觉盆地和左贡盆地发育贡觉组^[15],乡城、理塘和拉波盆地古新世发育热鲁组^[16]。受边缘断裂影响,以上盆地基底均为倾斜的不对称型,盆地内沉积充填均不对称。靠近断裂一侧为陡坡带,发育扇三角洲或水下扇的粗碎屑沉积,厚度巨大;远离断层一侧为缓坡带,沉积厚度小,主要发育河流、三角洲相沉积,沉积中心位于盆地东部靠近断裂的一侧,发育深湖亚相和下水下扇沉积。

4 扬子西缘地层区构造岩相古地理

古新世扬子西缘地层区内上扬子古陆为大面积的构造隆起区。沉积区主要有成都、盐源、元谋和昆明盆地。

(1) 成都盆地

古新世,印度板块与欧亚板块发生初始碰撞,在这一挤压构造背景下,沿龙门山断裂发育的构造挠曲压陷成都盆地^[17-18]。盆地内的古新统与下伏上白垩统整合,在古新统内无明显沉积缺失(图 2),说明印度板块与欧亚板块在约 65Ma 初始碰撞后的古新世期间汇聚不太剧烈。盆地基底形态为西陡东缓,形成的沉积相带分布西部比东部窄,地层厚度西厚东薄。古新世成都盆地发育名山组^[19],在雅安—名山一带强烈沉降^[20],形成沉积中心。自西而东由冲积扇—冲积平原—湖泊沉积构成。冲积扇发育于盆地西缘的陡坡带,总体呈 NE—SW 向,空间上与龙门山推覆带的方向一致。沿天全、大溪、宝盛、大川一线呈带状展布,自大溪向南、向北,砾岩中砂岩夹层逐渐增多。大溪附近厚度最大,向南东方向逐渐减薄,形成西厚东薄的楔状沉积。成都盆地西部为前渊深凹陷,东部较浅,以平缓的沉积斜坡与前陆隆起过渡。沉降中心位于盆地西缘紧靠龙门山冲断带一侧的雅安—名山地区。该地沉降幅度大,大溪砾岩空间展布横向上从盆地西缘向南东盆地中心,由冲积扇砾岩急剧相变为细碎屑岩到泥质岩,表现出由冲积扇→浅湖→深湖相变化的趋势,滨湖亚相缺失,发育以厚层

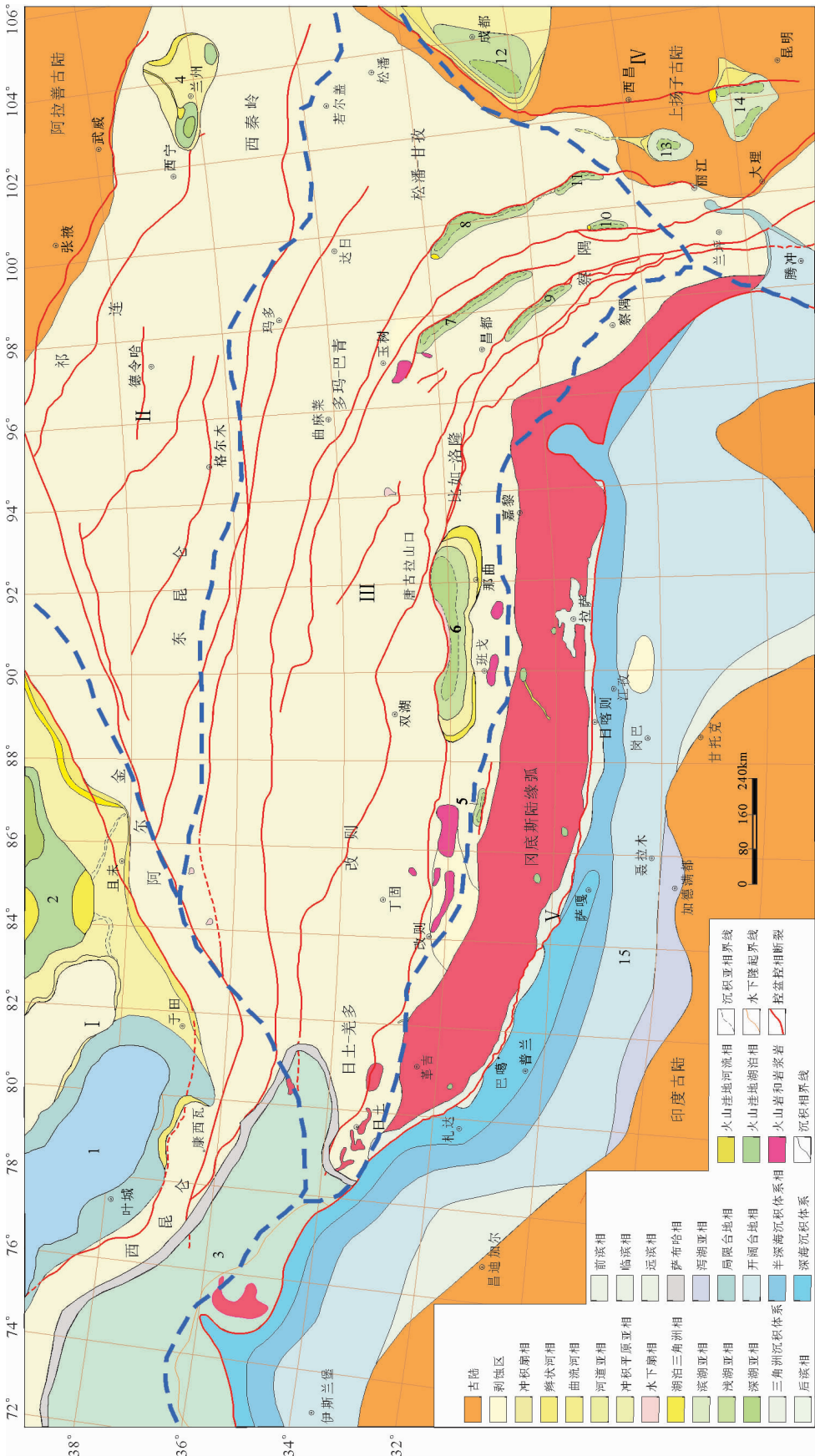


图 2 青藏高原及邻区古新世构造-岩相-古地理图

Fig. 2 Paleocene tectonic-lithofacies-paleogeography of the Tibetan Plateau and its adjacent areas

I—南疆-西昆仑地槽区; II—柴达木-祁连-西秦岭地槽区; III—羌塘-川西地槽区; IV—扬子西缘地槽区; V—冈底斯-喜马拉雅-恒河地槽区。1—叶城海槽; 2—若羌盆地; 3—羌塘-川西地槽区; 4—西宁-兰州盆地; 5—尼玛盆地; 6—伦坡拉-安多盆地; 7—贡觉盆地; 8—理塘盆地; 9—左贡盆地; 10—乡城盆地; 11—拉波盆地; 12—成都盆地; 13—盐源盆地; 14—元谋盆地; 15—特提斯-喜马拉雅海

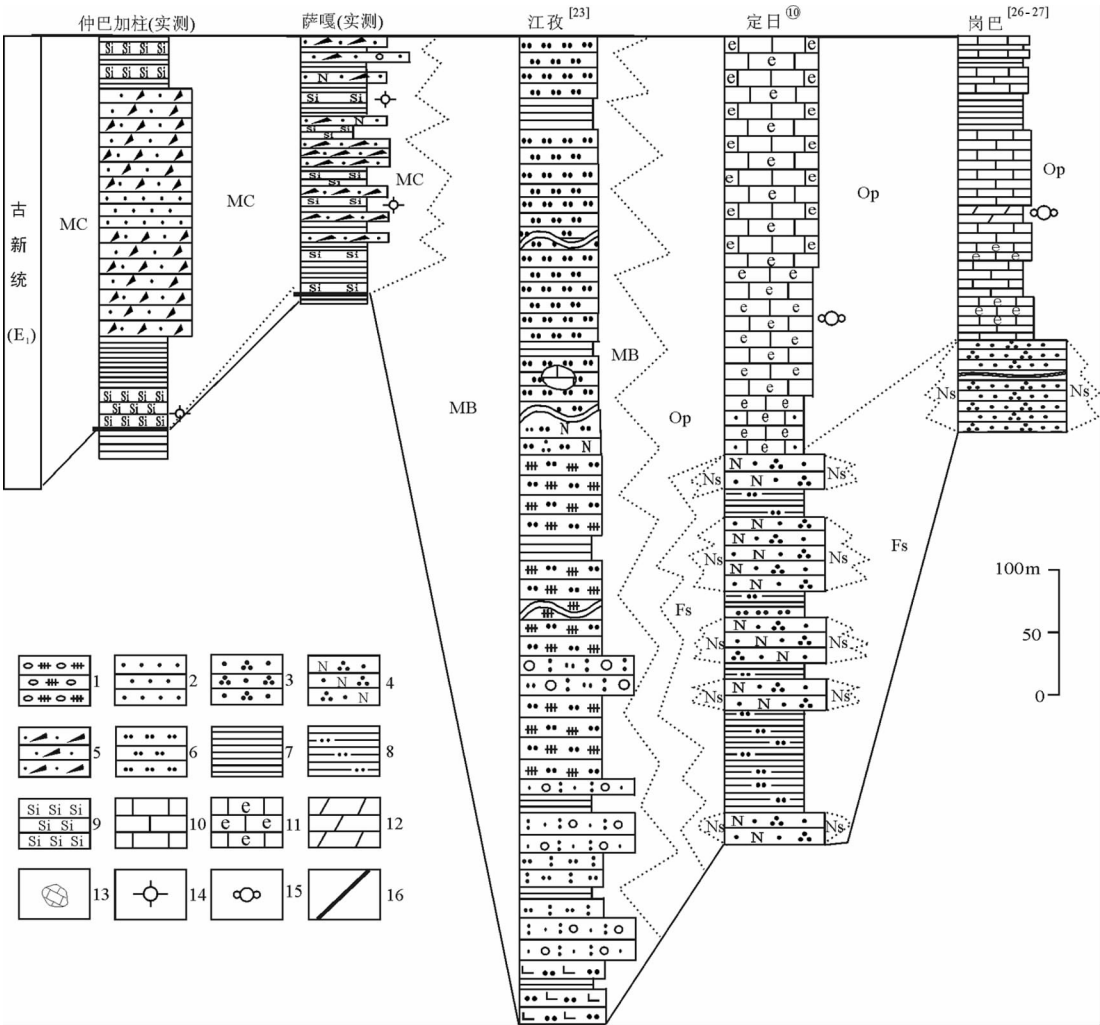


图 3 特提斯-喜马拉雅海古新世东西向典型剖面对比

Fig. 3 Correlation between the typical sections of the Tethyan-Himalayan Sea from east to west
1—复成分砾岩;2—砂岩;3—石英砂岩;4—长石石英砂岩;5—岩屑砂岩;6—粉砂岩;7—页岩;8—粉砂质页岩;9—硅质岩;10—灰岩;11—生物碎屑灰岩;12—泥灰岩;13—灰岩岩块;14—放射虫;15—有孔虫;
16—断层接触;MC—深海;MB—半深海;Op—开阔台地;Fs—远滨;Ns—临滨

泥岩和粉砂质泥岩为主的深湖沉积,在横向上表现为盆地西部深湖相与冲积扇砾岩指状交叉,向东为单一深湖相沉积,沉积厚度向东逐渐变薄。盆地西缘浅湖相带分布窄,厚度薄,急剧过渡为深湖相带,盆地东缘浅湖相带宽,从盆地沉积中心向东由深湖过渡为浅湖,并且向东厚度逐渐变薄。浅湖亚相外围为滨湖亚相。在盆地边缘发育大量的曲流河相沉积,且具西窄东宽的相带分布特点。

(2)盐源盆地

盐源盆地古新世沉积丽江组,出露于盐源盆地西部博大乡、百灵乡、黄草乡及大河乡境内^[21]。印支

末期盐源盆地周缘发生大面积区域褶皱抬升,造成盆地沉降中心在加深的同时变得狭窄,盆地基底变陡。盐源盆地分布范围局限,受断裂活动影响不明显,主要受古地形和基底性质的影响。深湖、浅湖和滨湖呈同心圆形式分布。沉积中心与沉降中心一致,位于盆地中央,沉积了以细砂岩和粉砂岩为主的深湖亚相。以盆地沉降中心为中心,深湖亚相在盐源盆地分布较广,沉积物表现出盆地中央厚度最大,向四周变薄,沉积物粒度变粗,逐渐过渡为以砂岩为主的浅湖亚相。浅湖亚相紧邻深湖分布,表现出向四周厚度变薄的特点。由于盆地基底陡峭,在沉积浅湖—深

湖相的同时,盆地四周以冲积扇和水下扇的形式不断地为盆地提供粗碎屑物质,纵向上表现为厚层砾岩、砂砾岩与细砂岩、粉砂岩不等厚互层的沉积序列。浅湖亚相向外过渡为极为狭窄的滨湖亚相。

(3) 元谋盆地

元谋盆地古新世发育江底河组^[20],为受到东西向挤压构造影响的压陷盆地。盆缘小江断裂与东西向挤压构造控制了盆地沉积相的空间展布。在盆地西部大姚县昙华寺、龙街一带和盆地东部靠近小江断裂的武定县勐果形成 2 个沉降中心。在盆地沉降中心发育深湖亚相的泥岩和粉砂岩。盆地东侧武定县勐果一带,深湖亚相沿断裂呈条带状分布,靠近断裂的一侧厚度最大,向西变薄,过渡为浅湖亚相。浅湖亚相分布较广,向西厚度变薄。在盆地西部昙花寺—龙街沉降中心,深湖亚相呈北西—南东向分布,坳陷中央带厚度最大,向四周变薄,并逐渐过渡为浅湖亚相,浅湖亚相表现出向四周厚度变小的特点,向西过渡为滨湖亚相。滨湖亚相在盆地内分布局限,在盆地西缘沿浅湖相带发育,向盆地外围厚度逐渐变小。

5 冈底斯—喜马拉雅—恒河地层区构造岩相古地理

(1) 冈底斯陆缘弧

古新世冈底斯陆缘弧内发育了大量钙碱性—高钾钙碱性火山岩系(林子宗群典中组)。陆缘弧在火山活动间隙期的火山凹地内堆积了陆相河湖环境沉积(林子宗群内的大套沉积岩夹层),主要是火山锥群和火山锥之间的火山洼地形成的湖相沉积,或者在破火山口中间盆状凹地形成的湖相沉积,主要分布在德庆门堆^⑤、班戈县布曲杂弄^⑥、昂仁县桑桑区且巴^⑦、措勤县江让乡^⑧、葛尔县^⑨等地。这些湖泊分布面积小,常与冲积扇和火山洼地河流共生,以冲积扇和火山洼地河流的形式接受来自四周的碎屑物。

在西藏林周、堆龙德庆县门堆乡一带火山岩系含代表滨海潮汐带沉积的生物碎屑灰岩夹层^⑤。在这些地区,特提斯—喜马拉雅海以海湾形式嵌入冈底斯陆缘弧。

冈底斯陆缘弧内的同碰撞型林子宗火山岩(底部年龄为 64.8Ma)^[22]及其南侧的古近纪海陆过渡—滨浅相海柳曲群和错江顶群与下伏白垩统呈角度不整合接触,反映古新世初印度板块与欧亚板块发生初始碰撞。

(2) 特提斯—喜马拉雅海

古新世冈底斯—喜马拉雅—恒河地层区南部为范围广阔的特提斯—喜马拉雅海。从当前资料分析,特提斯—喜马拉雅海具有明显的沉积相带分异^[6-8]。从北向南,海水由浅海到深海再到浅海。北带的浅海分布带很窄,也十分局限,沿冈底斯陆缘弧呈狭长带状分布。南带的浅海分布带宽,分布区域较大,见于岗巴—定日一带,以滨浅海生物碎屑灰岩为主,富含底栖有孔虫和钙藻。在南北两带之间沿雅鲁藏布江地带(中间带)为半深海—深海区域。从东向西,半深海—深海沉积沿江孜—萨嘎—仲巴—普兰一线分布。中带为半深海—深海沉积,东部的江孜一带为半深海斜坡扇沉积建造甲查拉组^[23],萨嘎及其以西为深海含放射虫硅质岩^[24]、混杂建造^[25]。笔者等 2010 年野外工作中,在雅鲁藏布江缝合带西段的仲巴加柱一带发现古新世晚期深水相放射虫动物群,产该放射虫动物群的沉积岩系为雅鲁藏布江缝合带南部沉积混杂带内的构造岩片(图 3),代表了特提斯洋壳的一部分,为特提斯洋俯冲—碰撞造山过程中的增生残余,指示古新世晚期,雅鲁藏布江缝合带西段仲巴一带存在洋壳或洋壳碎片,新特提斯洋处于洋壳俯冲演化到末期的残余洋盆阶段。而此时在萨嘎以东的岗巴、定日一带为以大面积滨浅海碳酸盐台地为代表的前陆盆地^[26-27](图 3)。由此可见,古新世特提斯—喜马拉雅海水体东浅西深,沉积环境西部较东部活动大,反映特提斯洋壳向北俯冲与陆—陆碰撞造成的地壳抬升首先开始于东侧。

古新世,恒河地层分区内浅海碳酸盐开阔台地在印度大陆北部分布广泛。从东部的印缅边界到中部尼泊尔以北,再到西部的喜马拉雅都有发育,向西到克什米尔和巴基斯坦 Potwar 高原一带,该相持续时间长,分布范围大。局限台地分布局限,仅在尼泊尔北部地区分布。

6 结 论

通过对各地层分区盆地类型、构造背景、沉积特征与高原古新世岩相古地理特征的综合分析,笔者提出青藏高原古新世处于俯冲—初始碰撞隆升阶段。该阶段,印度与欧亚板块发生初始碰撞,恒河前陆盆地和高原内部压陷盆地初步形成。此时,特提斯—喜马拉雅海区的古地理格局可概括为以萨嘎地区为界,以西为残余洋盆,以东为前陆盆地。这一特

征表明,古新世在雅鲁藏布江缝合带西段的仲巴一带,新特提斯洋处于洋壳俯冲演化到末期的残余洋盆阶段,而在缝合带中东段的岗巴、定日一带印度板块与欧亚板块已发生陆陆碰撞而处于前陆盆地阶段。由此,笔者提出白垩纪晚期—古新世印度板块与欧亚板块的碰撞首先开始于东部构造结,新特提斯洋经历了由东向西的闭合过程。

致谢:中国地质调查局、成都地质矿产研究所、西安地质矿产研究所,有关高校、各省市和自治区地质调查研究院提供区域地质填图资料,论文撰写中得到成都地质矿产研究所潘桂棠、王立全研究员,西安地质矿产研究所李荣社和计文化研究员,中国地质大学(武汉)向树元教授,王岸和季军良副教授等的建议和帮助,在此一并表示谢意。

参考文献

- [1]Salnil A. The structure, sedimentation and evolution of Indian continental margins [C]// Nairn A E M, Churkin M Jr, Stehlil F R G, eds., The ocean basins and margins. New York: Plenum Press., 1982.
- [2]Prasad G V R, Khajuria C K. Implications for the infra- and inter-trappean biota from the Deccan, India, for the role of volcanism in Cretaceous-Tertiary boundary extinction[J]. Journal of the Geological Society of London, 1995, 152(2):189-196.
- [3]Rage J C, Cappetta H, Hartenberger J L, et al. Collision ages[J]. Nature, 1995, 375: 286.
- [4]Wan X Q, Jansa L F, Sarti M. Cretaceous and Paleogene boundary strata in southern Tibet and their implication for the India-Eurasia collision[J]. Lethaia, 2002, 35 (2):131-146.
- [5]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): 1240-1244.
- [6]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.
- [7]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, 2007, 32(5): 583-597.
- [8]张克信, 王国灿, 曹凯, 等. 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), 2008, 34(3): 228-240.
- [9]唐天福, 杨恒仁. 新疆塔里木盆地西部晚白垩纪至早第三纪海相地层及含油性[J]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [10]贾承造, 张师本, 吴绍祖. 塔里木盆地及周边地层研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-466.
- [11]邵龙义, 何志平, 顾家裕, 等. 塔里木盆地古近纪岩相古地理[J]. 古地质量, 2006, 8(3): 353-364.
- [12]陈正乐, 宫红良, 李丽, 等. 阿尔金山脉新生代隆升-剥露过程[J]. 地质前缘, 2006, 13(4): 91-102.
- [13]岳乐平, 邱占祥, 颜光普, 等. 兰州盆地永登剖面记录的第三纪沉积环境[J]. 沉积学报, 2003, 21(4): 683-687, 694.
- [14]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: 1-707.
- [15]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.
- [16]郝子文. 西南区区域地质——全国地层多重划分对比研究(50) [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999: 1-220.
- [17]李元林. 大溪砾岩及其时代归属[J]. 成都理工学院学报, 1995, 22: 11-14.
- [18]曾宜君, 杨学俊, 李云泉, 等. 川西前陆盆地南部中新世代砾岩的构造意义[J]. 四川地质学报, 2004, 24(4): 198-201.
- [19]四川省地质矿产局. 四川省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 1-417.
- [20]陈竹新, 贾东, 魏国齐, 等. 川西前陆盆地中—新生代沉积迁移与构造转换[J]. 中国地质, 2008, 35(3): 472-481.
- [21]云南省地质矿产局. 云南省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 1-366.
- [22]梁银平, 朱杰, 次邛, 等. 青藏高原冈底斯带部朱诺地区林子宗群火山岩锆石 U-Pb 年龄和地球化学特征[J]. 地球科学, 2010, 35 (2): 211-213.
- [23]李国彪, 万晓樵, 刘文灿, 等. 雅鲁藏布江缝合带南侧古近纪海相地层的及其构造意义[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34 (3): 228-240.
- [24]丁林. 西藏雅鲁藏布江缝合带古新世深水沉积和放射虫动物群的发现及对前陆盆地演化的制约[J]. 中国科学(D 辑), 2003, 33 (1): 47-58.
- [25]李亚林, 王成善, 胡修棉, 等. 西藏南部始新世早期放射虫动物群及其对特提斯闭合时间的约束[J]. 科学通报, 2007, 52(12): 1430-1435.
- [26]李国彪, 万晓樵, 刘文灿, 等. 西藏南部古近纪微体古生物及盆地演化特征[M]. 北京: 地质出版社, 2005: 1-157.
- [27]赵文金, 万晓樵. 西藏特提斯演化晚期生物古海洋事件[M]. 北京: 地质出版社, 2002: 1-116.
- ①甘肃省地质调查院. 甘肃 1:25 万兰州市幅(J48C004002)区域地质调查报告. 2003.
- ②江西省地质调查院. 1:25 万邦多区幅(H45C001002)区域地质调查报告. 2002.
- ③吉林省地质调查院. 西藏 1:25 万昂达尔错幅(I45C004004)区域地质调查报告. 2006.
- ④中国地质大学(北京)地质调查研究院. 西藏 1:25 万安多县幅(I46C004002)区域地质调查报告. 2005.
- ⑤中国地质科学院地质力学研究所. 西藏 1:25 万当雄县幅(H46C002001)区域地质调查报告. 2003.
- ⑥吉林大学地质调查院. 西藏 1:25 万申扎县幅(H45C002004)区域地质调查报告. 2003.
- ⑦江西省地质调查院. 西藏 1:25 万措麦区幅(H45C002002)区域地质调查报告. 2003.
- ⑧四川省地质调查院. 西藏 1:25 万措勤区江让幅(H45C002001)区域地质调查报告. 2003.
- ⑨陕西省地质调查院. 新疆 1:25 万阿克萨依湖幅(I44C001002)区域地质调查报告. 2006.
- ⑩成都地质矿产研究所. 西藏 1:25 万聂拉木县幅(H45C004002)区域地质调查报告. 2002.