中国科学: 地球科学 2017 年 第 47 卷 第 5 期: 586 ~ 600
SCIENTIA SINICA Terrae earthcn.scichina.com
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS
论 文

祁连山及邻区古-新近纪地层分区与构造-沉积演化

杨利荣[1,2*], 李建星[1,2], 岳乐平[1,2], 王洪亮[2], 郭怀军[1], 朱小辉[2], 朱涛[2], 杜凯[1], 张睿[1], 张云翔[1], 弓虎军[1]

1. 大陆动力学国家重点实验室, 西北大学地质学系, 西安 710069;
2. 国土资源部岩浆作用成矿与找矿重点实验室, 中国地质调查局西安地质调查中心, 西安 710054
* E-mail: lryang@163.com

收稿日期: 2016-11-11; 接受日期: 2017-03-02; 网络版发表日期: 2017-03-29
中国地质调查局工作项目(编号: DD20160345-16)和国家自然科学基金项目(批准号: 40382039, 41372020, 41372036, 41472035)资助

摘要 位于青藏高原东北缘的祁连山由一系列平行的山系及其山间盆地相间组成, 其新生代山体隆升与盆地演化是关系到青藏高原隆升扩展乃至中国一二级阶梯地势形成的关键问题. 本文以祁连山腹地及外围新生代沉积盆地为研究对象, 综合考虑区域位置、盆地形成与演化等要素, 基于不同盆地区域地层对比, 进行动态地层区划, 进而恢复祁连山地区构造-沉积演化过程. 结果表明, 古近纪早期(古-始新世)祁连山地区为一隆起带, 南北两侧的柴达木盆地与酒泉盆地以及腹地兰州-西宁盆地独立演化; 渐新世青藏高原隆升并向东北方向扩张逆冲, 西秦岭北缘贵德-西宁-兰州-临夏压陷盆地形成, 祁连山东部地区压陷盆地全面接受沉积, 祁连山西部地区的南祁连古隆起与北祁连古隆起之间苏里盆地开始形成并接受沉积. 中新世祁连山地区陆内挤压造山与盆地裂解, 拉脊山、青海南山、积石山、六盘山等山体相继隆起, 将古近纪统一大型压陷盆地分割为贵德、共和、青海湖、西宁、兰州、临夏及天水等盆地, 分别归属新近纪贵德-西宁-兰州地层区中各地层分区, 疏勒南山隆起将苏里盆地裂解为多个小盆地, 同归新近纪苏里地层区. 与此同时, 南、北祁连开始向外逆冲扩展, 柴达木盆地与酒泉盆地范围较古近纪缩小, 且在盆地边缘形成次一级沉降中心, 分属新近纪柴达木地层区和肃北-酒泉地层区.

关键词 古近纪-新近纪, 地层分区, 构造-沉积演化, 祁连山, 青藏高原

1 引言

祁连山及邻区发育的众多新生代盆地记录了新生代以来青藏高原北缘构造运动、沉积演化、古生物及古气候环境变化等丰富的地质信息. 多年来研究者们对青藏高原与祁连山及邻区展开了研究, 取得了一系列重要成果(李吉均等, 1979; 潘桂棠等, 1990; 李延栋, 1995; Fang等, 2003, 2005, 2015; 宋春晖等, 2001; 宋春晖, 2006; 刘少峰等, 2007; Liu等, 2013; 张克信等, 2007, 2010, 2013; Dupont-Nivet等, 2007; Wang等, 2007; Zheng等, 2010; 骆满生等, 2010; Hough等, 2011; Lease等, 2012; 王国灿等, 2013; Yuan等, 2013; Wang等, 2011). 在祁连山及邻区的研究中研究者重点研究了各盆地演化历史及充填过程. 例如刘少峰等(2007), Liu等(2013)

中文引用格式: 杨利荣, 李建星, 岳乐平, 王洪亮, 郭怀军, 朱小辉, 朱涛, 杜凯, 张睿, 张云翔, 弓虎军. 2017. 祁连山及邻区古-新近纪地层分区与构造-沉积演化. 中国科学: 地球科学, 47: 586–600, doi: 10.1360/N072016-00146
英文引用格式: Yang L R, Li J X, Yue L P, Wang H L, Guo H J, Zhu X H, Zhu T, Du K, Zhang R, Zhang Y X, Gong H J. Paleogene-Neogene stratigraphic realm and tectonic-sedimentary evolution of the Qilian Mountains and their surrounding areas. Science China Earth Sciences, 60: 992–1009, doi: 10.1007/s11430-016-9030-2

© 2017 《中国科学》杂志社

建立了渐新世西秦岭北缘逆冲带隆升与循化-贵德-西宁前陆盆地形成的演化模式, Fang等(2003, 2005)认为贵德-西宁盆地在古近纪是一个统一的前陆盆地, 甚至还包括兰州、临夏等盆地. 另外, 潘桂棠等(2008)将青藏北缘新生代初期挤压型盆地特称为"压陷盆地. 邓涛等(2006), Dai等(2006)研究了西宁盆地地层划分与磁性地层年龄, 邱占祥等(1997), 王伴月等(2000), 岳乐平等(2000)研究了兰州盆地的岩石地层、生物地层与磁性地层, 方小敏等(1997), 邓涛等(2004), Deng等(2013)研究了临夏盆地的地层年代和哺乳动物化石. 这些盆地研究是不同学者多年来先后独立完成的, 未将祁连山及其周缘盆地演化作为一个整体来探索区域演化. 张克信等(2010)重建了青藏高原古近纪-新近纪山体隆升与盆地演化过程, 王国灿等(2013)对青藏高原及邻区新生代地层及新构造作了详细研究, 这些研究包含了祁连山地区, 但祁连山地区仅是青藏的一部分(北缘), 上述研究不便展开详尽深入论述. 本文在前人研究基础上, 结合野外调查, 对祁连山地区进行了动态地层区划, 将祁连山及周缘盆地作为一个整体探讨了其新生代构造-沉积演化过程, 提出了一些新的认识.

区域动态地层区划的基本原则是: (1) 盆地有相对完整的边界, 即为独立演化盆地; (2) 盆地演化的历史性: 地质演化历史时期盆地范围发生明显变化的(如一个大盆地分隔为若干独立小盆地), 将其作为不同时期盆地; (3) 求同存异: 相对于相邻高耸的山系, 大型盆地(如柴达木盆地)内部差异不作为独立地层区. 基于以上原则, 将祁连山内及周缘盆地划分为古近纪柴达木盆地、苏里盆地、肃北-酒泉盆地及贵德-西宁-兰州盆地,即柴北地层区, 苏里地层区, 肃北-酒泉地层区, 贵德-西宁-兰州地层区; 新近纪以来, 柴达木及肃北-酒泉盆地基本沿袭了古近纪格局, 仍然采用同名地层区. 但是贵德-西宁-兰州盆地发生了明显变化, 统一盆地分解为共和盆地、青海湖盆地、贵德盆地、西宁盆地、兰州盆地、临夏盆地及天水盆地等, 分别归属新近纪贵德-西宁-兰州层区中各地层分区. 地层区的变化系区域构造沉积演化差异所致. 据此, 认为祁连山及周缘地区在新近纪发生了明显的地貌演化.

受控于印度与欧亚大陆两大板块的俯冲碰撞, 青藏地区隆起并逐渐向北扩展, 地处青藏高原东北缘的祁连山是新生代高原向北隆升扩展的末端山系之一. 祁连山西部终止于阿尔金断裂, 东抵六盘山, 南、北分别为新生代盆地围限, 其上坐落了大小不一、形态各异的新生代沉积盆地. 已有的研究表明, 祁连山为一系列近于平行断裂控制下形成的长条状山系, 其间以演化历史不同的山间盆地分隔(Fang等, 2003; 张克信等, 2007, 2013). 这些山体隆升和盆地演化是动态的. 例如, 中新世拉脊山隆升将贵德盆地从西宁-兰州盆地中分隔出来并开始独立演化(刘少峰等, 2007; Yuan等, 2013); 中新世青海南山分隔了青海湖盆地与共和盆地(常宏等, 2009; Yuan等, 2013). 独立演化的盆地是恢复相邻山体隆升过程的优选对象, 也是进行区域地层区划的最小单位. 因此, 在不同地区地层对比基础上进行动态地层区划是重塑区域构造-沉积(地貌)演化过程的重要手段. 在此基础上研究了祁连山及邻区对新生代青藏高原隆升及东北向扩展的响应, 重新认识了祁连山西部地区柴达木盆地-苏里盆地-酒泉盆地在演化过程中的关系. 揭示了祁连山东部贵德-西宁-兰州地层区从古近纪统一的压陷盆地的形成到新近纪(中新世中晚期开始)盆地分解为各个独立盆地的构造-沉积演化过程, 获得了祁连山及邻区动态地层区划的新结果(图1、2, 表1).

2 祁连山及周缘地貌特征

祁连山区域构造受阿尔金构造带、东昆仑构造带和西秦岭构造带等多个构造带共同控制, 它们均为前新生代古老造山带, 新生代以来在古老构造带基础上发生强烈活动, 构成青藏高原北部边缘祁连山构造区. 祁连构造区位于柴达木构造带与河西走廊之间, 呈北西西-南东东走向分布, 北侧以祁连山北缘断裂为界, 南侧以柴达木北缘断裂为界, 整个构造区由一系列条块状逆冲构造块体叠覆而成. 上述构造单元的新生代构造活动造就了祁连山地区构造地貌形成: 在祁连山地区形成一系列彼此平行的呈北西西-南东东走向分布的长条状山系及其山间盆地.

祁连山地区东部与西部地貌形态迥然, 西部地区海拔相对较高, 由海拔4000~5000m的隆起带与高山组成, 区域内地貌类型复杂多样, 有多座海拔5000m以上高山, 党河南山、野马南山、疏勒南山、托来南山及走廊南山主峰都达到5500m高度, 大雪山(海拔5483m)、祁连山主峰(海拔5547m)、疏勒南山主峰岗

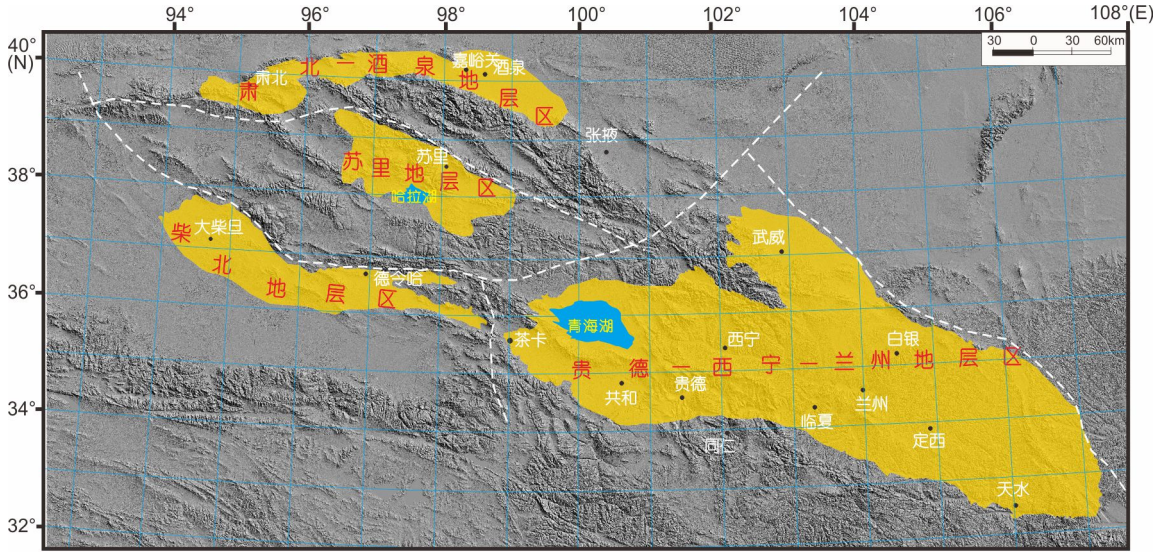


图 1　祁连山及邻区古近纪地层区

黄色部分为古近纪地层区范围, 白色虚线为地层区界限

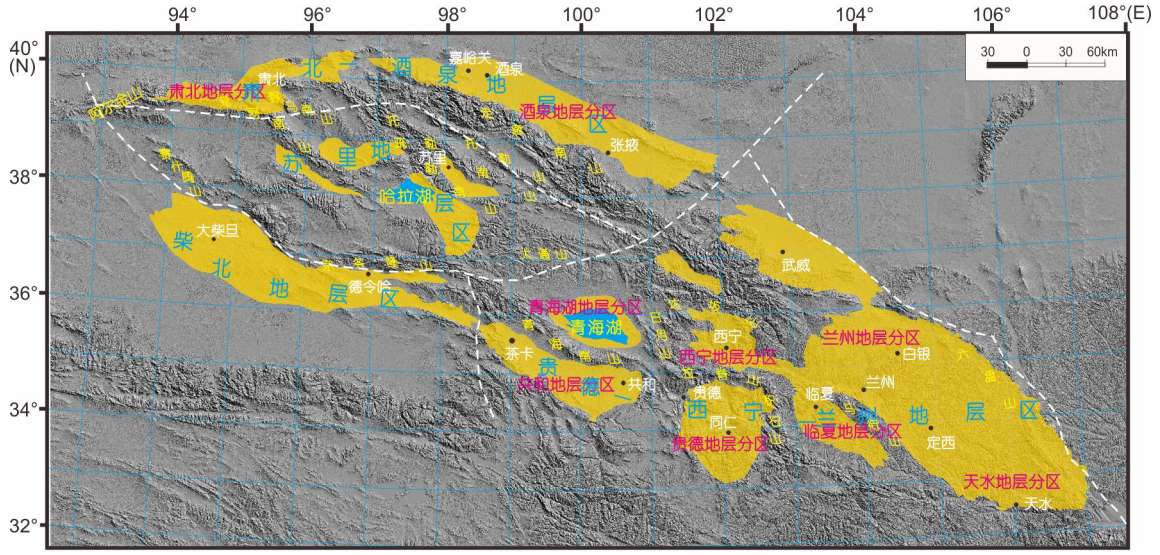
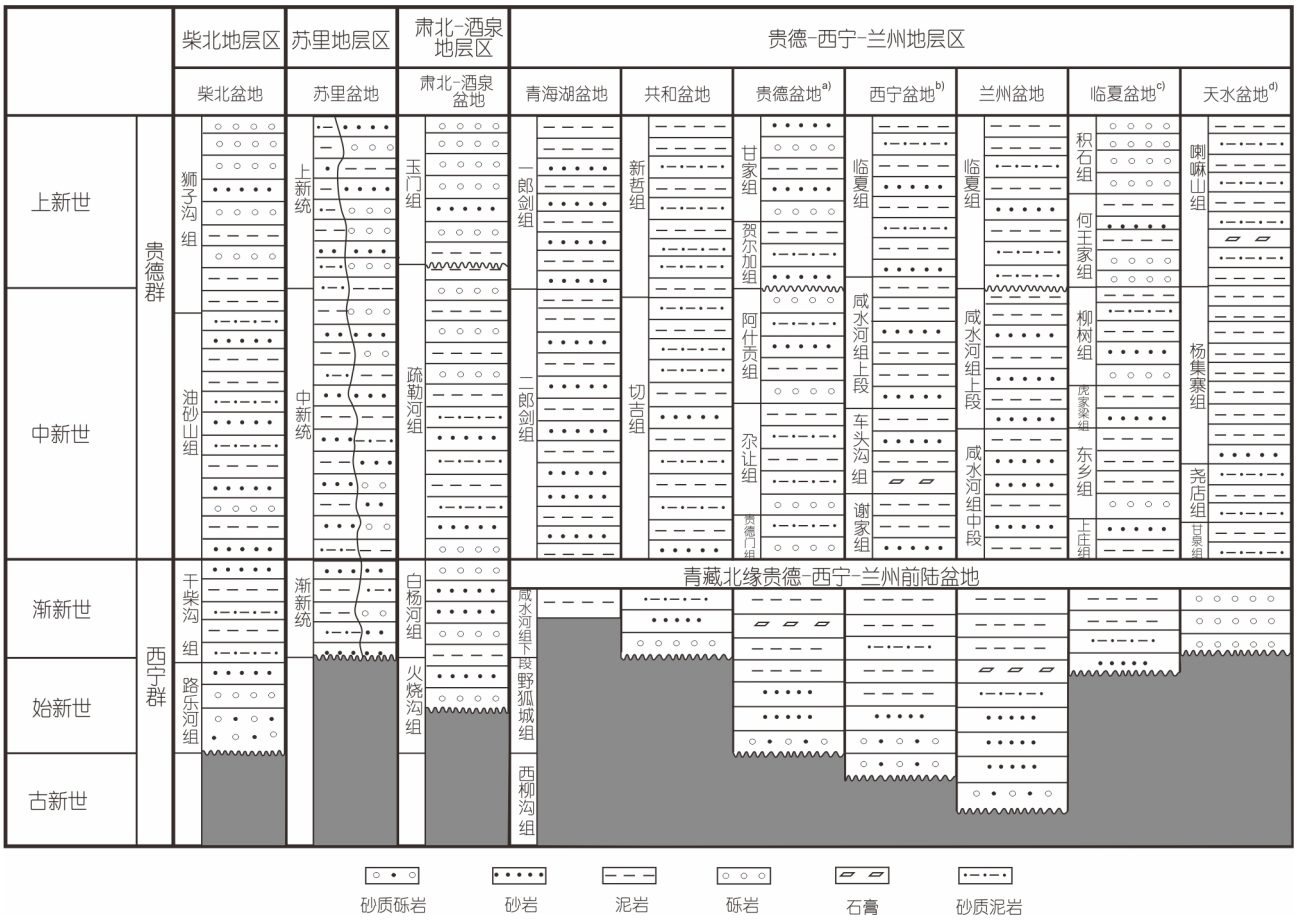


图 2　祁连山及邻区新近纪地层区

黄色部分为新近纪地层区范围

则吾结山(海拔5808m)终年白雪皑皑冰川纵横; 祁连山西南侧柴达木盆地自沉积始新统路乐河组以来发育至今, 新生代沉积厚度达到6000m以上. 西北侧酒泉盆地自沉积始新统火烧沟组以来发育至今, 新生代沉积厚度达到3500m. 西部隆起带中部自渐新世开始发育苏里盆地, 充填渐新统湖泊相沉积, 中新世受疏勒南山隆升影响苏里盆地分解为若干小盆地群, 充填湖泊-河流-冲积扇相沉积, 至今遗留哈拉湖镶嵌在疏勒南山之畔. 西部山区第四纪冰川发育, 堆积各种类型冰碛地貌, 鱼卡河、哈拉河、党河、疏勒河、黑河蜿蜒于高山峡谷之中;祁连山中东部地区海拔相对较低, 除个别山脉外海拔多在2000~3500m之间, 在青海南山与拉脊山以南发育共和盆地, 贵德-同仁-循化盆地, 以北发育青海湖盆地、西宁盆地, 再往北门源盆地、张

表 1　祁连山及邻区古近纪-新近纪地层划分表



a) 贵德盆地野狐城组为原革皮匝组, 咸水河下段为原下尕让组 (Fang等, 2005); b) 西宁盆地野狐城组包括原洪沟组/郝家川组, 咸水河组下段包括原马哈拉沟组 (Dai等, 2006); c) 临夏盆地咸水河组下段包括原椒子沟组/他拉组 (Deng等, 2013); d) 天水盆地咸水河组下段为原麦积山组 (喻学惠, 1994).

掖盆地、武威盆地; 祁连山东部西秦岭以北发育临夏盆地、兰州盆地、定西盆地、天水盆地. 兰州盆地(包括武威地区)自古新世以来开始沉积西柳沟组至今, 其他大多数盆地沉积始于始新世或渐新世. 东部地区第四纪黄土高原堆积了世界上最厚的黄土更是举世闻名. 第四纪黄河自南向北贯穿祁连山东部地区.

3　祁连山及邻区古近纪地层区

3.1　古近纪贵德-西宁-兰州地层区

贵德-西宁-兰州地层区南邻西秦岭北缘断裂带, 北界为河西走廊东段及北祁连北缘断裂, 东至六盘山, 西抵大通山与青海南山一线. 古近纪贵德-西宁-兰州地层区包括现今兰州、武威、西宁、临夏、天水、定西、循化-化隆、贵德、共和及青海湖等盆地所在区域.

兰州盆地古近系相对完整, 包括了古新统、始新统及渐新统, 哺乳动物化石丰富, 研究程度高, 岩石地层划分简洁清晰, 具磁性地层年代标尺, 因此本文重点论述兰州盆地, 同时将西宁盆地、临夏盆地、天水盆地、贵德盆地及共和盆地古近纪地层与兰州盆地进行对比(表1). 组名使用原则为同一盆地相同地层单元使用相同的地层名称, 分割后的独立盆地使用各自的命名系统. 古近纪贵德-西宁-兰州地层区统一使用兰州盆地地层组名: 包括古新统西柳沟组、始新统野狐城组、渐新统咸水河组下段. 现今各残留盆地古近

系原地层组名与兰州盆地地层名称之关系在文中有对应表述.

自1936年杨钟健、卞美年在兰州地区建立了咸水河群以来不同学者和单位陆续建立了西柳沟组、野狐城组, 咸水河组及临夏组, 在第三系地层内发现了丰富的哺乳动物化石, 从生物学、地层学角度进行了大量研究(谢骏义, 1991; 邱占祥等, 1997; Qiu等, 2001, 2013; 王伴月等, 2000; 邱铸鼎, 2001; 张行, 1993). 进行了兰州-永登盆地磁性地层年代学研究,建立了剖面磁性地层年代标尺,赋予了西柳沟组、野狐城组及咸水河组磁性地层年龄(岳乐平等, 2000).

3.1.1 古新统西柳沟组

祁连山地区新生代盆地最老地层为兰州盆地(包括武威地区)古新统西柳沟组, 在兰州永登大红沟剖面主要岩性为大套红色泥岩、块状砂岩夹细砾岩, 为湖泊三角洲沉积, 剖面出露厚度大约180m, 磁性地层年龄58~51Ma(岳乐平等, 2000).

3.1.2 始新统野狐城组

岩性以砖红色泥岩夹砂岩为主, 底部为结核状泥灰岩或砂砾岩, 富含石膏和芒硝. 兰州永登剖面野狐城组出露厚度约170m, 磁性地层年龄51~31.5Ma(岳乐平等, 2000) , 时代为始新世中、晚期. 在贵德-西宁-兰州地层区仅有兰州、西宁、贵德三个盆地沉积了始新统野狐城组. 西宁盆地始新统野狐城组下部(郝家川组)主要岩性为棕红色泥岩、粉砂岩夹黑色泥岩, 浅棕红色含砾砂岩, 黄绿色泥质石膏岩, 厚约115m, 磁性地层年龄52.5~50Ma. 其上部(洪沟组)发育于大峡一带, 主要岩性为棕红色泥岩与灰绿色砂岩互层, 浅棕色沙质泥岩夹棕红色、灰绿色石膏岩, 厚约425m, 磁性地层年龄50~41.5Ma(Dai等, 2006). 贵德盆地始新统野狐城组(革皮匝组)(Fang等, 2005; 宋春晖等, 2001)分为三段: 下段由浅褐红-灰色砾岩、砂质砾岩、砂岩组成; 中段为紫红-褐红色含砾砂岩, 含钙质结核的泥岩、粉砂岩与砾质砂岩构成韵律互层; 上段是桔红色、紫红色厚层粉砂质泥岩夹土黄色粉砂岩和砂岩. 阿什贡剖面皮革匝组出露厚度300m.

3.1.3 渐新统咸水河组下段

邱占祥, 王伴月等(Qiu等, 2001, 2013; 王伴月等, 2000)根据岩石地层学特征与哺乳动物化石将咸水河组分为三段. 兰州永登剖面咸水河组下段主要为红色泥岩夹黄色厚层砂岩, 锈黄色、灰绿色砂岩, 含南坡坪动物群与峡沟动物群, 化石清单见邱占祥等(2001, 2013). 王伴月等(2000)认为咸水河组下段为渐新统. 咸水河组下段地层厚度381m, 磁性地层年龄为31.5~20Ma(岳乐平等, 2000). 西宁盆地渐新统咸水河组下段(原马哈拉沟组)为浅灰色、灰绿色石膏岩夹浅棕红色、灰绿色泥岩、含石膏晶粒泥岩, 局部见板状石膏岩脉. 谢家剖面该组出露于170~260m深度, 出露厚度约90m, 磁性地层年龄41.5~20.5Ma(Dai等, 2006). 临夏盆地渐新统咸水河组下段(原他拉组和椒子沟组): 原他拉组为紫红色砂砾岩, 紫红色含石膏粉砂岩和泥岩互层, 及块状紫红色泥岩, 厚度90m, 磁性地层年龄37.2~28.6Ma, 时代为早渐新世, 底部穿时于晚始新世(Deng等, 2013); 原椒子沟组下部为褐黄色砂岩和砂砾岩, 夹少量紫红色含石膏泥岩, 上部为褐红色泥岩, 具韵律层理, 含大量石膏, 产椒子沟动物群, 主要有: *Tsaganomys altaicus*, *Megalopterodon* sp., *Schizotherium ordosium*, *Dzungariotherium orgosense*, *Paraentelodon macrognathus*, 都是中国或亚洲渐新世的特征化石类型, 厚90m, 磁性地层年龄约为28.6~22.5Ma(Deng等, 2013). 天水盆地渐新统咸水河组下段(原麦积山组)以大套紫红色砾岩为特征, 系山麓冲积扇相沉积.礼县一带该组被22~23Ma火山熔岩覆盖(喻学惠, 1994), 所以该套粗粒沉积组合时代被认为属古近纪, 甘泉剖面麦积山组厚度664m. 贵德盆地渐新统咸水河组下段(下尕让组)(Fang等, 2005; 宋春晖等, 2001)根据岩性特点可划分出下、中、上三段: 下段以大套紫红色泥岩与褐黄色粉砂岩韵律互层夹透镜状浅灰绿-灰色厚层砂岩为特征, 中段以大套紫红色含石膏泥岩夹蓝灰色泥灰岩、灰绿色砂岩和石膏层为特征, 上段为大套紫红色泥岩夹薄层蓝灰色泥灰岩或灰绿砂岩为特征, 朵让乡剖面该组出露厚度779m. 1997年青海石油局在共和盆地切吉凹陷新哲1号构造上钻探了共参1井, 完钻井深5026.6m. 地层包括古近系西宁群, 新近系中新统、上新统, 以及早-中更新统共和组. 西宁群(共和盆地共参1井)埋深4055~5026.6m(未穿), 厚度1021.6m. 岩性为杂色、褐色、灰色泥质粉砂岩、粉砂岩、细砾岩(王昌桂等, 2004).

兰州-西宁盆地是祁连山地区形成最早的新生代盆地, 张克信等(2010)认为大约56~45Ma西宁-兰州压

陷盆地形成, 兰州盆地磁性地层年龄测量结果显示兰州盆地古新世西柳沟组沉积大约始于58Ma(岳乐平等, 2000), 西宁盆地约52.5Ma(Dai等, 2006)沉积始新世野狐城组(原郝家川组), 这是祁连山地区新生代最古老的盆地沉积充填, 主要是砂岩、泥岩, 含石膏夹层或晶粒, 偶有砾岩夹层, 基本没有大套砾岩, 以湖泊三角洲-浅湖-深湖亚相沉积为主(张克信等, 2010). 位于兰州盆地东南方向的天水盆地古新世-始新世没有沉积记录, 至渐新世开始接受山麓冲积扇沉积, 地层全部为大套砾岩(如渐新统麦积山组砾岩), 向南至临夏盆地最老地层渐新世咸水河组下段(原他拉组), 其底部为紫红色砾岩, 西南贵德盆地野狐城组(原革皮匝组)也含有大套砾岩层, 为山麓冲积扇与辫状河亚相沉积(张克信等, 2010). 显示了古近纪以兰州-西宁盆地为中心向外围沉积碎屑逐渐变粗的趋势.

3.2 古近纪肃北-酒泉地层区

古近纪肃北-酒泉地层区包括现酒泉、玉门及肃北盆地一带, 肃北盆地位于南祁连山西端与阿尔金山交汇处的党河南山和野马山之间以及野马山以北, 并沿阿尔金山分布, 受阿尔金断裂以及中祁连与南祁连断裂西段控制. 酒泉-玉门盆地位于祁连山北缘的河西走廊西端受北祁连断裂带控制. 古近纪肃北-酒泉地层区以酒泉盆地为例由下而上分为火烧沟组、白杨河组与疏勒河组(瞿毓沛等, 1984; 宋春晖, 2006).

3.2.1 始新统火烧沟组

下部为深棕红色-橘红色泥岩、砂岩、泥质砂岩和灰白色砂岩、含砾砂岩、砾岩, 底部见杂色砂质砾岩; 中部为棕红色厚层砂质泥岩和泥岩, 夹灰白色、黄绿色砂岩和砂质细砾岩; 上部为橘红色细砾岩, 含砾砂岩、砂岩和泥质砂岩, 厚250~1000m, 磁性地层年龄40.5~33Ma(宋春晖, 2006).

3.2.2 渐新统白杨河组

下部为橘红色、棕红色砂岩、砾质砂岩和棕红色泥岩互层, 含石膏或石膏结核; 中部为暗棕红色泥岩夹天青色砂岩和石膏层; 上部为棕红色泥岩、砂岩和砾质砂岩互层, 厚454~929m, 磁性地层年龄为30.9~23.8Ma(宋春晖, 2006).

3.3 古近纪柴北地层区

柴北地层区位于柴达木盆地北缘大柴旦-德令哈一带, 北部边界受南祁连断裂带控制. 柴达木盆地新生代地层发育广泛, 以大柴旦镇路乐河剖面、干柴沟剖面、冷湖镇油砂山剖面、狮子沟剖面为代表. 柴达木盆地新生代以来发育路乐河组、下干柴沟组、上干柴沟组、下油砂山组、上油砂山组、狮子河组、七个泉组以及上部第四纪沉积物(青海省地质矿产局, 1991; Wang等, 2007; Zhang等, 2013). 柴达木盆地古近系特征如下.

3.3.1 始新统路乐河组

岩性为棕褐色、紫灰色、红色砾岩、含砾砂岩, 以及灰棕褐色、棕红色砂岩、泥岩、砂质泥,岩夹少量薄层膏泥岩和膏盐层. 路乐河剖面厚约1050m, 磁性地层年龄53.47~43.8Ma(Zhang等, 2013).

3.3.2 始新统-渐新统干柴沟组

根据岩性分为上下两段. 下段(或称下干柴沟组)在盆地中各区有所差异: 盆地西部以棕红色泥岩、泥质粉砂岩夹砂岩为主; 东部地区则为黄绿色、灰白色砾岩、砾状砂岩及紫红色砂质泥岩. 上段(或称上干柴沟组): 盆地西部以灰色、深灰色、棕红色泥岩夹钙质泥岩、泥灰岩及粉砂岩条带为主; 盆地东部为巨厚层黄绿色砂岩与棕红、棕灰色砂质泥岩, 均夹薄层膏泥岩和膏盐层. 西岔沟剖面上干柴沟组厚约1500m, 磁性地层年龄31.5~22Ma; 路乐河剖面下干柴沟组厚1150m, 磁性地层年龄43.8~33Ma(Zhang等, 2013).

3.4 苏里地层区

苏里盆地于渐新世开始发育, 为受中祁连南缘断裂控制的走滑拉分盆地, 断裂北侧分布冲积扇、辫状河及水下扇, 紧邻断裂南侧是呈狭长状分布的深湖-浅湖沉积, 沉积厚度可达2100m, 远离断裂逐渐相变为滨湖相. 冲积扇主要为厚层砾岩, 砂质砾岩夹薄层泥质砂岩. 水下扇主要为砂质砾岩、砾质砂岩及泥质粗砂岩. 辫状河相为砾岩、砂质砾岩、砂岩与粉砂岩及泥岩. 湖泊相主要为浅湖亚相的含泥砂岩、粉砂岩及砂质泥岩与深湖亚相的砂质泥岩与泥岩. 中新世疏勒南山隆起将苏里盆地分解为若干小盆地群, 疏勒南山北

侧苏里盆地沉积浅湖-滨湖亚相沉积, 南侧发育至今存在的哈拉湖, 周缘地区沉积湖泊相、河流相及冲积扇相沉积(张克信等, 2010).

4 祁连山及邻区新近纪地层区

祁连山及邻区新近纪地层区包括贵德-西宁-兰州地层区、肃北-酒泉地层区、柴北地层区及苏里地层区.

4.1 新近纪贵德-西宁-兰州地层区

新近纪贵德-西宁-兰州地层区包括兰州盆地、西宁盆地、临夏盆地、天水盆地、贵德盆地、共和盆地及青海湖盆地等. 本节主要论述兰州盆地、西宁盆地、临夏盆地、天水盆地及贵德盆地、共和盆地及青海湖盆地特征见表1.

4.1.1 兰州盆地

兰州盆地新近纪地层包括咸水河组中段、上段与临夏组. Qiu等(2001, 2013)等根据岩性与哺乳动物化石将咸水河组分为三段, 其中咸水河组中段与上段划归中新统.

(1) 中新统咸水河组中段. 岩性为红色泥岩夹白色砂岩, 底部为纯净的白色砂岩, 呈厚层状, 以石英颗粒为主, 磨圆较好, 成熟度高, 具交错层理; 中、上部以红色泥岩为主, 夹多层白色、灰绿色砂岩, 局部夹泥灰岩层. 兰州永登下街-大红沟剖面该组地层厚204m. 磁性地层年龄20~16.5Ma(岳乐平等, 2000), 在下部两层白色砂岩中含对亭沟动物群, 邱铸鼎(2001)认为这个动物群与泉头沟动物群比较接近, 但较之原始一些. 对亭沟动物群的时代比通古尔期(与欧洲的MN6~MN8相对应)更早, 应该属于山旺期, 与欧洲的MN4~MN5相当, 时代应当为早中新世. 咸水河组上段岩性为浅黄色砂砾岩与浅棕色砂质泥岩. 永登下街-大红沟剖面咸水河组上段出露厚度约153m, 磁性地层年龄<16.5Ma(岳乐平等, 2000), 下部含泉头沟动物群, 邱铸鼎等(2001)认为泉头沟动物群的大哺乳动物在进化水平上比通古尔的要原始些, 其时代可能比通古尔期稍早, 应与欧洲的MN7相对比, 时代为中中新世. 张行(1993)在咸水河组上段上部发现6种大哺乳类化石: *Hyaena variabilis*, *Stegodon* sp., *Chilotherium habereri*, *Hipparion* sp., *Chleuastochoerus stehlini*, Cervidae indet, 认为该动物群的时代为晚中新世保德期.

(2) 上新统. 兰州地区上新统临夏组多为风成堆积的红色粘土及河流相红色砂砾岩, 零星分布于残留盆地.

4.1.2 西宁盆地

西宁盆地中新世地层以西宁市湟中县田家寨乡谢家村剖面较为典型(李传夔等, 1980). 中新世地层包括下中新统谢家组, 中中新统车头沟组及上中新统咸水河组上段(邓涛等, 2006).

(1) 下中新统谢家组. 上部为灰绿色泥岩与红棕色泥岩互层, 含石膏晶粒, 具次生石膏岩脉; 下部为棕红色、浅棕色、棕黄色块状泥岩, 表面多现黑色铁锰质薄膜, 内部偶尔可见青灰色泥岩团块、石膏小晶粒, 发育有柱状次生石膏岩脉. 谢家组产丰富的哺乳动物化石,包括: 兔形目: *Sinolagomys pachygnathus*; 啮齿目: *Cricetodon youngi*, *Parasminthus xiningensis*, *P. huangshuiensis*, *Litodonomys lajeensis*, *Yindirtemys suni*, *Y. xiningensis*, *Tachyoryctoides kokonorensis*; 奇蹄目: *Turpanotherium elegans*; 偶蹄目: *Sinopalaeoceros xiejiaensis*(邱铸鼎等, 1981). 该组出露于剖面57~170m深度, 厚约113m, 磁性地层年龄为20.5~15.8Ma(武力超等, 2006). 车头沟组上部为浅灰绿色、棕灰色粉砂岩, 棕红色、浅棕色块状泥岩, 夹有青灰色泥岩条带; 中部见似结核状椭圆型泥岩团块; 下部青灰色、棕灰色粉砂岩与棕色、棕红色块状泥岩互层, 在棕色泥岩中可见石膏晶粒, 底部棕灰色细砂岩, 厚约57m, 磁性地层年龄为15.8~12.2Ma(武力超等, 2006). 西宁盆地谢家剖面中新统咸水河组上段出露不完整, 主要为灰棕色、棕黄色砂砾岩.

(2) 上新统. 西宁地区与兰州地区相似上新统临夏组多为红色粘土及红色砂岩、砾岩, 零星分布于残留盆地边缘.

4.1.3 临夏盆地

临夏盆地地层划分尚存在多种意见(谢骏义, 1991; 施雅风等, 1998; Li, 1995; 方小敏等, 1997; Fang等, 2003; Deng等, 2013; 张克信等, 2007). 本文采用了比较新的有古地磁与哺乳动物化石资料(Deng等, 2013). 根据临夏盆地中新统发现丰富的哺乳动物化石, 磁性地层年龄测定数据, 将中新统地层划分为上庄组、东乡组、虎家梁组、柳树组. 上新统包括何王家组、积石组.

椒子沟组与他拉组划归渐新统.

(1) 中新统上庄组. 下部为褐黄色中粒砂岩, 上部为褐红色粉砂质泥岩, 含寺沟动物群化石: *Amphechinus* sp., *Sinolagomys ulunguensis*, *Heterosminthus* sp., *Litodonomys* sp., *Sayimys* sp., *Tachyoryctoides* sp., Gomphotheriidae indet.(Deng等, 2013). 上庄组厚度45m, 磁性地层年龄约为22.5~17.5Ma, 时代为早中新世(Deng等, 2013). 东乡组岩性为紫红色泥岩夹大量厚度为0.5~1m的青灰、灰白色泥灰岩条带, 地层中发现丰富哺乳动物化石: *Alloptox minor*, *Megacricetodon sinensis*, *Heterosminthus orientalis*, *Pseudaelurus guangheensis*, *Anchitherium* sp., *Hispanotherium matritense*等,厚度80m, 磁性地层年龄约17.5~13.4Ma, 其时代为中中新世(Deng等, 2013). 虎家梁组下部为灰色、黄色含砾砂岩, 胶结疏松, 系主要的化石层位; 上部灰色、局部呈锈黄色砾岩. 虎家梁组含曾家动物群和老沟动物群, 曾家动物群主要化石有*Eutamias* sp., *Platybelodon grangeri*, *Kubanochoerus gigas*, *Dorcatherium* sp.; 老沟动物群发现的主要化石有*Pliopithecus* sp., *Amphicyon tairumensis*, *Anchitherium gobiense*, 都为典型的中中新世化石类型. 虎家梁组厚度40m, 磁性地层年龄约为13.4~11.1Ma, 时代为中中新世(Deng等, 2013). 柳树组岩性为褐黄色粉砂岩夹少量的泥岩条带及红色沙质粘土, 含哺乳动物化石种类十分丰富, 主要有郭泥沟动物群的*Dinocrocuta gigantea*, *Prodeinotherium sinense*, *Hipparion dongxiangense*; 大深沟动物群的*Promephitis parvus*, *Hyaenictitherium wongii*, *Hipparion chiai*, *H. weihoense*, *Acerorhinus hezhengensis*, *Chilotherium wimani*, *Hezhengia bohlini*; 杨家山动物群的*Hystrix gansuensis*, *Simocyon primigenius*, *Adcrocuta eximia*, *Hipparion dermatorhinum*, *Shansirhinus ringstroemi*, *Microstonyx major*; 以及青卜山动物群的*Indarctos zdanskyi*, *Ancylotherium* sp., *Dicerorhinus ringstroemi*等. 柳树组厚度150m, 磁性地层年龄约为11.1~6.5Ma, 柳树组地层的时代应为晚中新世(Deng等, 2013).

(2) 上新统何王家组. 下部为砂砾岩, 钙质胶结或未胶结; 上部为褐黄色粉砂质泥岩, 含大量钙结核.在十里墩和积石山县银川乡巩家湾, 何王家组产化石: *Alilepus* sp., *Chasmaporthetes kani*, *Hipparion licenti*, *H. pater*, *Gazella blacki*, 何王家组厚度50m, 磁性地层年龄约为6.5~3.3Ma, 属于早上新世早期(Deng等, 2013). 积石组为灰黑色砾岩, 砾石成分复杂, 主要为石英岩、板岩和火成岩, 积石组厚度60m, 磁性地层年龄在3.3~2.6Ma之间, 为晚上新世地层(Deng等, 2013).

4.1.4 天水盆地

天水盆地中新统称为甘泉组、尧店组、杨集寨组(宋春晖, 2006), 地层中富含新生代哺乳动物化石(翟人杰, 1961; 张军等, 2011).

(1) 中新统甘泉组. 主要为橘红、褐红色泥岩夹灰绿-灰白色泥灰岩、钙质泥岩和砂岩;含大量铲齿象化石(*Platybelodon*), *Acerorhinus*, *Hipparion*, *Chilotherium*, *Chleuastochoerus stehlini*, *Cervavitus novorossiae*等中新世哺乳动物化石; 甘泉剖面该组厚度1029m, 磁性地层年龄大于11.67Ma. 尧店组主要由灰绿、灰白色泥灰岩或钙质泥岩与红色泥岩或粉砂岩互层组成, 部分地区下部为红色泥岩和粉砂岩夹砾质砂岩或砂岩透镜体, 该段以红绿相间为特征, 尧店剖面该段下部的砾质砂岩或砂岩透镜体中含哺乳动物化石和化石碎片, 其中有*Hipparion weihoense*,*Cervavitus novorossiae*和*Ictitherium* sp., 这些动物组合有鲜明的晚中新世早期的特点; 甘泉剖面该组厚度250m, 磁性地层年龄11.67~7.43Ma. 杨集寨组主要由黄褐色钙质泥质粉砂岩、泥灰岩与褐红色泥岩互层组成, 偶夹灰绿色泥灰岩层和钙质结核层; 厚度102m, 磁性地层年龄7.43~4.07Ma(宋春晖, 2006).

根据地层中所含哺乳动物化石将甘泉组、尧店组、杨集寨组归属中新统上部, 与邻区兰州盆地咸水河组上段及临夏盆地虎家梁组和柳树组对应, 沉积物以湖泊相为主.

Guo等(2002)研究了天水盆地秦安郭嘉镇唐刘家前湾QA-1剖面(厚度253.1m)与QA-2剖面(地层厚度220.6m), 岩性为红色粘土与黄褐色钙质层互层, 古地磁年龄为22~6.2Ma, 为中新世红粘土, 认为该红层是风成堆积, 类似黄土-古土壤序列.

(2) 上新统喇嘛山组. 在喇嘛山一带发育良好, 该套地层由大套灰绿色钙质泥岩与泥灰岩互层组成, 部分地区底部含大量石膏层. 喇嘛山剖面该组厚度大于90m, 磁性地层年龄3.58~2.58Ma(宋春晖, 2006).

4.1.5 贵德盆地

(1) 中新统贵德门组. 主要为大套土灰色泥砂质

角砾岩、泥质砾岩与泥质砂岩构成韵律旋回. 磁性地层年龄约19~21.5Ma. 尕让组下部主要为土灰色细砾质砂岩、砾岩与砂质泥岩互层, 夹兰灰色砂质泥灰岩和灰绿色砂质泥岩, 上部为褐红色砂质泥岩、粉砂岩夹砂岩和细砾岩. 磁性地层年龄约13~19Ma. 阿什贡组岩性以蓝灰色泥灰岩为特征. 磁性地层年龄约7.8~13Ma(Fang等, 2005).

(2)上新统贺尔加组. 主要由褐红、灰、灰绿和土黄色泥岩、粉砂岩互层夹砂岩或细砾质砂岩组成, 厚度大约200m.甘家组为灰黑色砾岩夹褐红色、浅灰色、土黄色粉砂岩与砂岩, 厚度大于330m. 磁性地层年龄约7.8~2.8Ma(Fang等, 2005).

4.2 新近纪肃北-酒泉地层区(以酒泉盆地为例)

4.2.1 中新统疏勒河组

下部为灰白色厚层砂岩、泥岩夹泥灰岩, 底部为灰白色砾质砂岩; 中部为棕红色砂质泥岩、砂岩和黄色、灰色砾岩互层; 上部为灰黄色砾岩、砂岩夹棕红色砂岩和黄色砂质泥岩. 构成砂质砾岩-砂岩-粉砂岩-泥岩组成的河流相沉积旋回. 厚1300~1700m. 磁性地层年龄为23~4.9Ma(赵志军等, 2001a).

4.2.2 上新统玉门组

主体由大套的砂泥质砾岩层、砾岩夹砂泥质条带组成的冲洪积扇. 层厚大于750m. 磁性地层年龄为3.66~0.93Ma(赵志军等, 2001b).

4.3 新近纪柴北地层区

4.3.1 中新统油砂山组

根据岩性分为上下两段. 下段(或称下油砂山组): 盆地西部以棕红色砂质泥岩与灰色泥质粉砂岩为主; 盆地东部以黄绿色砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩和粉砂质泥岩为主, 夹杂色泥岩、泥灰岩、薄层膏泥岩和膏盐层. 上段(或称上油砂山组): 在盆地西部以灰棕、浅棕黄色砂岩、泥岩与灰色、棕灰色含砾砂岩互层为主; 东部以黄色、黄褐色、棕灰色泥岩、砂质泥岩和泥质粉砂岩为主, 西岔沟一带发育良好, 厚2600m. 上、下油砂山组磁性地层年龄分别为22~14.9Ma、14.9~8.2Ma(Zhang等, 2013).

4.3.2 上新统狮子沟组

盆地西部以灰绿色、灰色泥岩、砂质泥岩为主, 夹粉砂岩、砂岩、砾岩、石膏及泥灰岩. 盆地东部以灰色、黄灰色和土黄色粗砂岩、含砾砂岩和砾岩为主, 厚约400m. 磁性地层年龄8.2~2.9Ma(Zhang等, 2013).

4.4 新近纪苏里地层区

受中新世区域隆升影响, 苏里盆地分解为若干小盆地群, 上新世至今哈拉湖及周缘地区接受湖泊相、河流相及冲积扇相沉积. 上新世至今苏里盆地哈拉湖依然保持沉积.

5 古近纪-新近纪祁连山及邻区构造-沉积演化

张克信等(2013)将青藏高原隆升及沉积响应分为三个大阶段: 第一阶段(65~34Ma)包括印度与欧亚板块初始碰撞期(1亚阶段), 碰撞高峰期(2亚阶段), 全面完成碰撞期(3亚阶段); 第二阶段(34~13Ma)为陆内汇聚挤压隆升阶段; 第三阶段(13Ma以来)为陆内均衡调整隆升阶段.

祁连山及邻区构造-沉积演化受青藏高原古近纪-新近纪隆升控制, 也分为三个阶段.

第一阶段1期为古近纪印度与欧亚板块初始碰撞期. 目前资料显示祁连山地区新生代盆地最老地层为兰州-武威一带古新统西柳沟组沉积, 主要岩性为大套红色泥岩、块状砂岩夹细砾岩, 为湖泊三角洲沉积, 在其他盆地没有发现确凿的古近纪沉积证据, 初步认为古近纪印度与欧亚板块初始碰撞期祁连山地区响应不明显, 没有形成大范围盆地沉积.

第一阶段第2期(始新世)为祁连山地区初始响应期. 祁连山地区及周缘多个盆地形成, 贵德-西宁-兰州盆地沉积野狐城组(图3), 柴达木盆地沉积路乐河组与下干柴沟组(图4), 肃北-酒泉盆地沉积火烧沟组(图4).

第一阶段第3期(渐新世)为青藏高原隆升并向东北方向扩张逆冲期. 高原增生作用到达西秦岭北缘并开始大范围影响祁连山地区, 西秦岭北缘贵德-西宁-兰州-临夏-循化压陷盆地形成, 并全面接受沉积(刘少峰等, 2007; Liu等, 2013; Fang等, 2003, 2005). 在贵德-西宁-兰州盆地沉积咸水河组下段(图3), 共和-青海湖盆地沉积了西宁群. 柴北盆地沉积了上干柴沟组(图4), 肃北-酒泉盆地沉积白杨河组(图4).

孟庆泉等(2013)分析了贵德盆地-西宁盆地古新统-始新统特征矿物与古水流方向. 结果显示, 古新世-

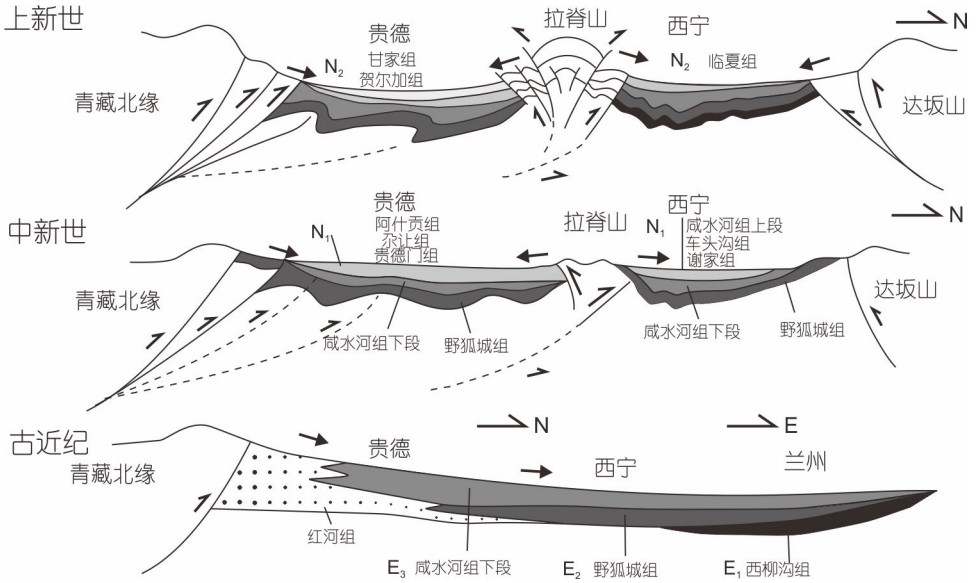


图 3　古近纪-新近纪贵德-西宁盆地演化

据张克信等(2010、2013), 刘少峰等(2007)、Liu等(2013)、Fang等(2003, 2005, 2015)、Qiu等(2013)、骆满生等(2010)和邓涛等(2006)修改

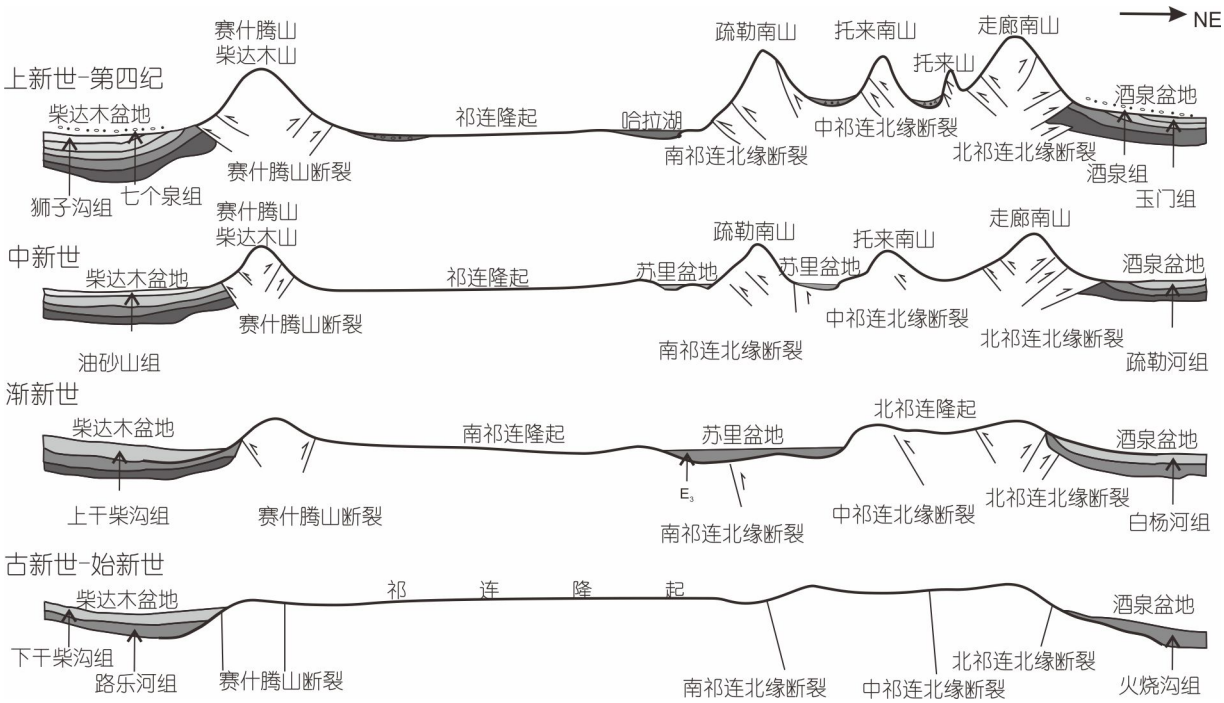


图 4　古近纪-新近纪柴达木-酒泉山盆演化

据张克信等(2007, 2010, 2013)、宋春晖(2006)、Wang等(2007)、赵志军等(2001a)和Zhang等(2013)修改

始新世贵德盆地从南部到盆地北部再到西宁盆地, 重矿物组合高度一致, 但矿物成熟度逐渐增加, 反映了从南至北的古水流方向, 认为分割贵德盆地和西宁盆地之间的拉脊山此时并未隆升. 刘少峰等(2007)在拉脊山发现西段山顶保留了西宁群部分露头, 主要为一套桔红色砾岩, 厚度百余米, 砾石呈定向排列, 底部砾石大小混杂, 无定向, 大部分砾石呈棱角状, 砾石颗粒具有9~10cm、5cm、1~2cm的砾级分层, 具有砾质辫状

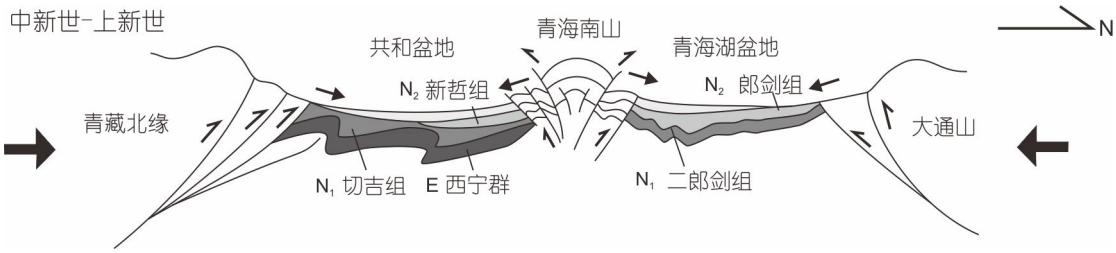


图 5　中新世-上新世共和与青海湖盆地演化

据王昌桂等(2004)、常宏等(2009)、Fu等(2013)和曾蒙秀等(2014)修改

河特征, 认为至少在古近纪拉脊山地区尚未隆升成山.

第二阶段为中新世(或中晚期). 王二七等(2000)研究了拉脊山断裂带及拉脊山隆升过程, 发现沿着拉脊山断裂带的南、北主边界断层古生界岩石分别推覆到循化盆地和西宁盆地的新生代河流相红层之上, 认为沿拉脊山北缘断裂的冲断作用发生的时间可能是新生代中期, 而拉脊山南缘断裂的冲断作用则发生在第四纪初. 宋春晖(2006)研究了贵德盆地北部尕让组(19~13Ma)古水流方向, 显示了南西方向水流特征, 砾石砾径最大为5cm, 可能指示了拉脊山在中新世开始隆升, 但高度不大. Yuan等(2013)通过循化盆地沉积物古地磁年代测试和沉积厚度, 计算出在19Ma前后沉积速率发生变化, 结合碎屑锆石U-Pb年龄谱峰值变化, 认为该时段沉积物源发生显著变化, 由西秦岭物源转为拉脊山物源, 据此判断拉脊山在20~19Ma抬升.

Zhang等(2011)进行了青海南山南侧茶卡盆地磁性地层年代学研究及粗碎屑古流向分析, 认为沉积始于11Ma, 粗颗粒增加及沉积速率增加始于9Ma, 青海南山地貌发展始于中新世晚期6.1Ma. 常宏等(2009)根据青海南山周缘盆地沉积学证据以及磁性地层年代认为青海南山大约在中新世隆起成山分隔共和盆地与青海湖盆地. Lease等(2012)测定了积石山地区沉积碎屑锆石年龄, 认为14.5~11.5Ma积石山侵蚀加剧反映了14Ma积石山隆升. 积石山隆升分隔了贵德-化隆盆地与临夏盆地(图6). 中新世上述山体的出现或隆升反映了祁连山地区进入陆内挤压造山与青藏北缘压陷盆地裂解阶段,古压陷盆地被分割为贵德盆地、西宁盆地、临夏盆地、天水盆地等独立盆地. 区域南部贵德盆地沉积了粗砾为主的贵德门组沉积, 其后沉积的尕让组和阿什贡组颗粒逐渐变细, 反映了盆地逐渐扩展, 由冲洪积扇向扇三角洲及浅湖、深湖过渡的沉积序列. 北部西宁盆地沉积红棕色、灰绿色泥岩为主的含石膏晶粒的谢家组、车头沟组; 兰州盆地沉积了红色泥岩夹白色砂岩的咸水河组中段及浅黄色砂砾岩与浅棕色砂质泥岩互层的咸水河组上段, 地层中石膏等岩盐沉积已经越来越少. 东部临夏盆地发育红褐色、黄色、棕黄色砂岩、泥岩为主的上庄组、东乡组、虎家梁组和柳树组河湖相沉积. 天水一带除发育河湖相沉积外, 开始堆积风成红粘土沉积(秦安新近纪黄土-古土壤系列). 柴北盆地发育上、下油砂山组, 为滨浅湖及三角洲沉积. 共和盆地发育褐色、灰色泥岩、泥质粉砂岩、细砂岩互层, 此时湖盆凹陷加深范围扩张, 沉积厚度达1558 m. 肃北-酒泉盆地沉积了以厚层白色含砾砂岩、 泥岩、 泥灰岩向上过渡为灰黄

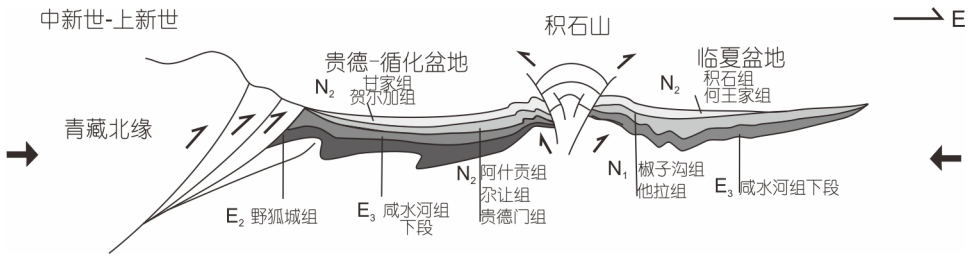


图 6　中新世-上新世贵德-循化盆地与临夏盆地演化

据Fang等(2005)、张克信等(2013)、骆满生等(2010)、Lease等(2012)、Deng等(2013)和甘肃省地质矿产局(1989)修改

色砾岩、砂岩的疏勒河组, 厚度达到1300~1700m, 以辫状河三角洲-浅湖-半深湖相沉积为主. 柴北盆地油砂山组沉积厚度达到550~3100m. 这一阶段, 祁连山地区受青藏高原隆升东北方向扩张伸展的影响, 地貌发生重大变化, 现代山脉开始隆升成山, 前陆盆地裂解, 独立大型盆地全面发展, 盆地扩张达到鼎盛时期, 许多湖泊的沉积厚度都达到千米之上. 同时也孕育着区域湖盆从封闭到逐渐开放, 山体隆升河流袭夺的开始, 处于半开放湖盆内的盐分逐渐减少, 沉积物中岩盐不再呈层状而多以晶粒出现. 这一阶段是祁连山及邻区现代山盆地貌成型与湖盆发育鼎盛时期. Wang等(2011)分别研究了六盘山东侧寺口子盆地与西侧陇中盆地, 寺口子盆地10.5Ma沉积速率增加, 解释为在10Ma六盘山的抬升与剥蚀; 研究了隆中盆地边界断层, 沉积物物源, 古流向及沉积相分布等, 认为盆地10~6Ma开始由顺时针向逆时针发生倒转, 在10Ma盆地受到北东-西南向挤压: 六盘山地区西南部边界受东北向挤压及区域东北部边界受鄂尔多斯地块抵阻, 六盘山于10Ma隆升. Zheng等(2006)完成的六盘山磷灰石裂变径迹热年代学数据显示, 六盘山隆升发生在8Ma. 据此认为中新世中晚期, 青藏高原的东北向作用抵达六盘山一带.

第三阶段为上新世祁连山地区持续抬升、 盆地萎缩阶段. 南部贵德盆地沉积了由泥岩、粉砂岩韵律互层夹砂岩或细砾质砂岩组成的上新统贺尔加组, 与由灰黑色砾岩夹含砾泥质砂岩组成的甘家组. 北部西宁盆地上新统临夏组为棕红色泥岩与锈黄色砂砾岩互层, 东部临夏盆地何王家组为砂砾岩, 或含大量钙结核褐黄色风成红粘土. 天水盆地上新统喇嘛山组由大套灰绿色钙质泥岩与泥灰岩互层组成, 积石组岩性为灰黑色砾岩. 在天水秦安堆积了上新世风成红粘土. 西北部肃北-酒泉盆地发育玉门组. 这一阶段以冲积扇、河流-三角洲等粗碎屑沉积为特征, 区域内大套砾石层出现如玉门砾岩、积石山砾岩等. 西宁、临夏、兰州、天水等地都有风成红粘土堆积, 反映出湖退沉积组合, 盆地发育进入晚期, 随着高原隆升大部分区域上升为陆地, 或沉积风积物或遭受剥蚀. 这一阶段祁连山及邻区为湖盆萎缩-消亡-剥蚀与风积红粘土发育阶段.

经过新生代演化三个阶段, 祁连山地区由祁连古隆起演化为现今呈现出的山盆组合, 第四纪青藏高原加速隆升, 祁连山地区受其影响进一步抬升, 西部山区高大山系形成, 现代河流发育成型.

6 讨论与结论

郑家坚(1999)将祁连山及邻区地层划归祁连-贺兰区. 其中包括了柴达木地区, 河西走廊-兰州-西宁地区以及六盘山-贺兰山地区. 该方案的地层区划分与本文采用的祁连山及邻区地层区在范围和内容上有较大区别, 最主要的是前者没有划分出临夏地层区、贵德地层区以及共和地层区, 其地层序列和目前新资料使用的地层序列有很大不同. 李云通(1984)将祁连-贺兰地层区划分出河西地层分区, 柴达木地层分区, 阿拉善地层分区与西宁-临夏地层分区, 其与本文也存在较大不同, 最主要的是没有包括兰州地层分区, 贵德地层分区以及共和-青海湖地层分区, 例如未出现目前兰州盆地划分出的几个地层单元, 而兰州地层分区, 贵德地层分区, 共和-青海湖地层分区是本文的重要内容.

李云通(1984)与郑家坚(1999)研究中部分地层时代归属与近年来的年代地层学研究结果不符, 时代与概念已经有所不同.本文依据近年来的新资料进行了新的地层分区. 此外本文重点研究区域是祁连山及邻区, 在地层分区范围上也与上述文献不同. 文献中关于柴达木地区路乐河组、干柴沟组、油砂山组、狮子沟组以及西宁盆地郝家川组、马哈拉沟组、谢家组、车头沟组等等, 以及河西地层区火烧沟组, 白杨河组、疏勒河组的地层描述在本文做了大量引用与借鉴.

对祁连山地区进行了动态地层区划. 由于沉积地层区本质上是盆地地层区, 因此在进行地层区划时必须考虑盆地演化. 祁连山东部地区在古近纪是一个包括现今贵德、西宁、兰州、临夏、天水盆地所在区域的统一的压陷盆地. 该压陷盆地作为一个地层区即贵德-西宁-兰州地层区而没有进一步进行次一级地层分区, 并且区内使用了统一的地层名称: 古新统西柳沟组、始新统野狐城组及渐新统咸水河组下段. 新近纪贵德-西宁-兰州压陷盆地解体为贵德、西宁、兰州、临夏、天水等多个独立盆地, 因此本文将古近纪和新近纪各作为一个时间单元进行地层区划分. 新近纪原压陷盆地分解出来的独立盆地各为一个地层分区对待, 使用了各自的地层名称系统. 这种划分不同于以往将整个新生代作为一个时间单元对祁连山进行地层区划分, 其原因是祁连山仅仅是整个青藏高原

及邻区内一个相对较小的地质单元, 有条件划分的更加精细一些.

酒泉盆地为受阿尔金走滑断裂和北祁连山前断裂带逆冲挤压作用下形成的压陷盆地, 古新世-始新世早期该区域为隆升剥蚀区, 没有接受沉积.自始新世中期(40.5Ma), 酒泉-肃北盆地进一步拗陷开始接受火烧沟组沉积. 柴达木盆地为阿尔金断裂带与南祁连断裂及东昆仑构造带控制的拗陷盆地, 古新世-始新世早期该区域与酒泉地区一样同为隆升剥蚀区, 无沉积, 自始新世早期(53.47Ma)开始拗陷接受路乐河组沉积. 酒泉盆地与柴达木盆地之间为祁连隆起带, 从目前资料分析这两个盆地不是一个沉积充填系统. 柴达木盆地与酒泉盆地之间的隆起带中部自渐新世开始凹陷, 将祁连隆起带分割为南祁连隆起带和北祁连隆起带, 其间凹陷形成苏里盆地. 中新世由于疏勒南山开始隆升, 苏里盆地解体为多个盆地, 分别位于疏勒南山两侧, 上新世在疏勒南山南侧发育哈拉湖盆地. 苏里盆地自渐新世形成开始就被南北祁连隆起带隔绝于柴达木盆地与酒泉盆地之间, 与上述两个盆地都不是一个沉积系统, 因此前人将苏里盆地使用酒泉盆地的地层名称或许得值商榷(图4).

共和盆地共参1井钻孔深度5026m, 地层包括西宁群、中新统、上新统、更新统与全新统.青海湖钻探结果表明青海湖沉积了新近纪与第四纪沉积物, 二郎剑钻孔深度1108m, 该钻孔未将湖相沉积钻穿, 岩心底部为中新世沉积物. 但是,青海湖周缘地区如日月山一带出露有古近纪沉积物, 显示青海湖盆地在古近纪就已经形成. 由于青海南山在新近纪才隆升, 因此古近纪共和盆地与青海湖盆地可能是统一盆地.

致谢 本文得到中国科学院古脊椎动物与古人类研究所邓涛研究员指导帮助; 朱涛副研究员及研究生吴鸿天、邹宁、罗俊、张雷等在野外调查、资料收集与作图方面给予了帮助; 文中引用了青海省地质调查院、甘肃省地质调查院、中国地质科学院, 中国地质调查局、中国地质大学(武汉, 北京)、兰州大学、西北大学等单位的大量资料, 在此表示感谢.

参考文献

常宏, 金章东, 安芷生. 2009. 青海南山隆起的沉积证据及其对青海湖-共和盆地构造分异演化的指示意义. 地质论评, 55: 49–57

邓涛, 王晓鸣, 倪喜军, 刘丽萍, 梁忠. 2004. 临夏盆地的新生代地层及其哺乳动物化石证据. 古脊椎动物学报, 42: 45–66

邓涛, 王伟铭, 岳乐平. 2006. 中国陆相中新统谢家阶. 地层学杂志, 30: 315–322

方小敏, 李吉均, 朱俊杰, 陈怀录, 曹继秀. 1997. 甘肃临夏盆地新生代地层及对年代测定与划分. 科学通报, 42: 1457–1471

甘肃省地质矿产局. 1989. 中华人民共和国地质矿产部地质专报: 区域地质. 19. 甘肃省区域地质志. 北京: 地质出版社. 290–321

李传夔, 邱铸鼎. 1980. 青海西宁盆地早中新世哺乳动物化石. 古脊椎动物学报, 18: 198–214

李吉均, 文世宣, 张青松, 王富葆, 郑本兴, 李炳元. 1979. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨. 中国科学, (6): 608–616

李延栋. 1995. 青藏高原隆升的过程和机制. 地球学报, 16: 1–9

李云通.1984. 中国地层13: 中国的第三系(上). 北京: 地质出版社. 47–73

刘少峰, 张国伟, Heller P L. 2007. 循化-贵德地区新生代盆地发育及其对高原增生的指示. 中国科学 D辑: 地球科学, 37: 235–248

骆满生, 张克信, 林启祥, 张健钰, 陈奋宁, 徐亚东, 陈锐明. 2010. 青藏高原东北缘循化-化隆地区新生代沉积与古地理演化. 地质科技情报, 29: 23–31

孟庆泉, 吴小斌, 刘善品, 闫宝华, 吴松, 张洒, 宋春晖. 2013. 西宁和贵德盆地新生代沉积物重矿物变化对构造活动的响应. 沉积学报, 31: 139–148

潘桂棠, 王培生, 徐耀荣. 1990. 青藏高原新生代构造演化. 北京: 地质出版社. 1–165

潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 邓晋福, 冯益民, 张克信, 张智勇, 王方国, 邢光福, 郝国杰, 冯艳芳. 2008. 大地构造相的定义、划分、特征及其鉴别标志. 地质通报, 27: 1613–637

青海省地质矿产局. 1991. 青海省区域地质志. 北京: 地质出版社. 208–248

邱占祥, 王伴月, 邱铸鼎, 颉光普, 谢俊义, 王晓鸣. 1997. 甘肃兰州盆地咸水河组研究的新进展. 见: 童永生, 张银运, 吴文裕, 李锦玲, 史立群, 编. 演化的实证——纪念杨钟健教授百年诞辰论文集. 北京: 海洋出版社. 177–192

邱铸鼎, 李传夔, 王士阶. 1981. 青海西宁盆地中新世哺乳动物. 古脊椎动物学报, 19: 156–173

邱铸鼎. 2001. 甘肃兰州盆地中中新世泉头沟动物群的仓鼠类. 古脊椎动物学报, 39: 204–221

瞿毓沛, 蔡体梁. 1984. 甘肃的第三系. 甘肃地质学报, (2): 21–40

施雅风, 李吉均, 李炳元. 1998. 青藏高原晚新生代隆升与环境变化. 广州: 广东科技出版社. 17–81

宋春晖, 方小敏, 高军平, 孙东, 范马洁. 2001. 青藏高原东北部贵德盆地新生代沉积演化与构造隆升. 沉积学报, 19: 493–500

宋春晖. 2006. 青藏高原东北缘新生代沉积演化与高原构造隆升过程. 博士学位论文. 兰州: 兰州大学. 1–326

王伴月, 邱占祥. 2000. 甘肃兰州盆地咸水河组下段红色泥岩中的

小哺乳动物化石. 古脊椎动物学报, 38: 255–273
王昌桂, 吕友生. 2004. 共和盆地——个值得研究的新盆地. 新疆石油地质, 25: 471–473
王二七, 张旗, Burchfiel C B. 2000. 青海拉脊山: 一个多阶段抬升的构造窗. 地质科学, 35: 493–500
王国灿, 张克信, 向树元, 王岸, 曹凯. 2013. 青藏高原及邻区新生代地质图及说明书(1:1 500 000). 武汉: 中国地质大学出版社. 1–155
武力超, 岳乐平, 王建其, Heller F, 邓涛. 2006. 新近系谢家阶层型剖面古地磁年代学研究. 地层学杂志, 30: 50–53
谢骏义. 1991. 甘肃晚第三纪地层及哺乳动物化石. 地层学杂志, 15: 36–41
喻学惠. 1994. 甘肃礼县-宕昌地区新生代钾质碱性超基性火山岩的特征及成因. 特提斯地质, 18: 114–129
岳乐平, Heller F, 邱占祥, 张莉, 颉光普, 邱铸鼎, 张云翔. 2000. 兰州盆地第三系磁性地层年代与古环境记录. 科学通报, 45: 1998–2003
曾蒙秀, 宋友桂, 安芷生, 常宏, 李越. 2014. 青海湖二郎剑钻孔的粘土矿物学研究. 中国科学: 地球科学, 44: 1298–1311
翟人杰. 1961. 甘肃秦安晚第三系哺乳动物化石. 古脊椎动物与古人类, 3: 262–268
张军, 颉光普, 李吉均, 宋春晖, 赵志军, 王修喜, 惠争闯. 2011. 甘肃秦安崖湾剖面新近纪哺乳动物化石及其生态环境特征. 第四纪研究, 31: 614–621
张行. 1993. 兰州盆地晚中新世保德期哺乳动物化石新发现. 甘肃地质学报, 2: 1–5
张克信, 王国灿, 陈奋宁, 徐亚东, 骆满生, 向树元, 寇晓虎, 赵来时. 2007. 青藏高原古近纪–新近纪隆升与沉积盆地分布耦合. 地球科学: 中国地质大学学报, 32: 583–597
张克信, 王国灿, 季军良, 骆满生, 寇晓虎, 王岳明, 徐亚东, 陈奋宁, 陈锐明, 宋博文, 张健钰, 梁银平. 2010. 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. 中国科学: 地球科学, 40: 1632–1654
张克信, 王国灿, 骆满生,季军良, 徐亚东, 宋博文. 2013. 青藏高原及邻区新生代构造-岩相古地理图及说明书(1:3000000). 北京: 地质出版社. 1–299
赵志军, 方小敏, 李吉均. 2001a. 祁连山北缘酒东盆地晚新生代磁性地层. 中国科学 D辑: 地球科学, 31: 195–201
赵志军, 方小敏, 李吉均, 潘保田, 史正涛, 颜茂都. 2001b. 酒泉砾石层的古地磁年代与青藏高原隆升. 科学通报, 46: 1208–1212
郑家坚, 中国地层典: 第三系. 1999. 北京: 地质出版社. 11–121
Dai S, Fang X M, Dupont-Nivet G, Song C H, Gao J P, CorLangereis K W, Zhang W L. 2006. Magnetostratigraphy of Cenozoic sediments from the Xining Basin: Tectonic implications for the northeastern Tibetan Plateau. J Geophys Res Atmos, 111: 335–360
Deng T, Qiu Z X, Wang B Y, Wang X M, Hou S K. 2013. Late Cenozoic Biostratigraphy of the Linxia Basin, Northweistern China. In: Fossil Mammals of Asia: Neogene Biostratigraphy and Chronology. New York: Columbia University Press. 243–273
Dupont-Nivet G, Krijgsman W, Langereis C G, Abels H A, Dai S, Fang X. 2007. Tibetan plateau aridification linked to global cooling at the Eocene-Oligocene transition. Nature, 445: 635–638
Fang X, Garzione C, Voo R V D, Li J, Fan M. 2003. Flexural subsidence by 29 Ma on the NE edge of Tibet from the magnetostratigraphy of Linxia Basin, China. Earth Planet Sci Lett, 210: 545–560
Fang X M, Yan M D, Voo R V D. 2005. Late Cenozoic deformation and uplift of the NE Tibetan Plateau: Evidence from high-resolution magnetostratigraphy of the Guide Basin, Qinghai Province, China. Geol Soc Am Bull, 11: 1208–1225
Fang X, Zan J, Appel E, Lu Y, Song C, Dai S, Tuo S. 2015. An Eocene-Miocene continuous rock magnetic record from the sediments in the Xining Basin, NW China: Indication for Cenozoic persistent drying driven by global cooling and Tibetan Plateau uplift. Geophys J Int, 201: 78–89
Fu C, An Z, Qiang X, Bloemendal J, Song Y, Chang H. 2013. Magnetostratigraphic determination of the age of ancient Lake Qinghai, and record of the East Asian monsoon since 4.63 Ma. Geology, 41: 875–878
Guo Z T, Ruddiman W F, Hao Q Z, Wu H B, Qiao Y S, Zhu R X, Peng S Z, Wei J J, Yuan B Y, Liu T S. 2002. Onset of Asian desertification by 22 Myr ago inferred from loess deposits in China. Nature, 416: 159–163
Hough B G, Garzione C N, Wang Z, Lease R O, Burbank D W, Yuan D. 2011. Stable isotope evidence for topographic growth and basin segmentation: Implications for the evolution of the NE Tibetan Plateau. Geol Soc Am Bull, 123: 168–185
Lease R O, Burbank D W, Hough B, Wang Z, Yuan D. 2012. Pulsed Miocene range growth in northeastern Tibet: Insights from Xunhua Basin magnetostratigraphy and provenance. Geol Soc Am Bull, 124: 657–677
Li J J. 1995. Uplift of the Qinghai-Tibet Plateau and Global Change. Lanzhou: Lanzhou University Press. 1–207
Liu S, Zhang G, Pan F, Zhang H, Wang P, Wang K, Wang Y. 2013. Timing of Xunhua and Guide basin development and growth of the northeastern Tibetan Plateau, China. Basin Res, 25: 74–96
Qiu Z X, Wang B Y, Qiu Z D, Heller F, Yue L P, Xie G P. 2001. Land mammal geochronology and magnetostratigraphy of mid-tertiary deposits in the Lanzhou Basin, Gansu Province, China. Eclogae Geol Helv, 94: 373–385
Qiu Z X, Qiu Z D, Deng T, Li C K, Zhang Z Q, Wang B Y, Wang X M. 2013. Neogene land mammal stages/ages of China: Toward the goal to establish an Asian land mammal stage/age scheme. In: Wang X M, Flynn L J, Fortelius M, eds. Fossil Mammals of Asia: Neogene

Biostratigraphy and Chronology. New York: Columbia University Press. 29–90

Wang W, Zhang P Z, Kirby E, Wang L H, Zhang G L, Zheng D W, Chai C Z. 2011. A revised chronology for Tertiary sedimentation in the Sikouzi basin: Implications for the tectonic evolution of the northeastern corner of the Tibetan Plateau. Tectonophysics, 505: 100–114

Wang X, Qiu Z, Li Q, Wang B, Qiu Z, Downs W R, Xie G, Xie J, Deng T, Takeuchi G T, Tseng Z J, Chang M, Liu J, Wang Y, Biasatti D, Sun Z, Fang X, Meng Q. 2007. Vertebrate paleontology, biostratigraphy, geochronology, and paleoenvironment of Qaidam Basin in northern Tibetan Plateau. Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol, 254: 363–385

Yuan D Y, Ge W P, Chen Z W, Li C Y, Wang Z C, Zhang H P, Zhang P Z, Zheng D W, Zheng W J, Craddock W H, Dayem K E, Duvall A R, Hough B G, Lease R O, Champagnac J D, Burbank D W, Clark M K, Farley K A, Garzione C N, Kirby E, Molnar P, Roe G H. 2013. The growth of northeastern Tibet and its relevance to large-scale continental geodynamics: A review of recent studies. Tectonics, 32: 1358–1370

Zhang H P, Craddock W H, Lease R O, Wang W T, Yuan D Y, Zhang P Z, Molnar P, Zheng D W, Zheng W J. 2011. Magnetostratigraphy of the Neogene Chaka Basin and its implications for mountain building processes in the north-eastern Tibetan Plateau. Basin Res, 24: 31–50

Zhang W, Fang X, Song C, Appel E, Yan M, Wang Y. 2013. Late Neogene magnetostratigraphy in the western Qaidam Basin (NE Tibetan Plateau) and its constraints on active tectonic uplift and progressive evolution of growth strata. Tectonophysics, 599: 107–116

Zheng D, Zhang P Z, Wan J, Yuan D, Li C, Yin G, Zhang G, Wang Z, Min W, Chen J. 2006. Rapid exhumation at ~8 Ma on the Liupan Shan thrust fault from apatite fission-track thermochronology: Implications for growth of the northeastern Tibetan Plateau margin. Earth Planet Sci Lett, 248: 198–208

Zheng D, Clark M K, Zhang P, Zheng W, Farley K A. 2010. Erosion, fault initiation and topographic growth of the North Qilian Shan (northern Tibetan Plateau). Geosphere, 6: 937–941