

周江羽 王江海 著

青藏高原中东部

古近纪盆地演化与高原早期构造隆升

QINGZANGGAOYUAN ZHONGDONGBU GUJINJIPENDI YANHUA
YU GAOYUAN ZAOQI GOUZAO LONGSHENG



地质出版社

青藏高原中东部古近纪 盆地演化与高原早期 构造隆升

周江羽^{1,2} 王江海^{2,3} 著

1—中国地质大学(武汉)

2—中国科学院广州地球化学研究所

3—中山大学生命科学学院

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本专著是在国家重点基础研究发展规划项目(G1998040800)“大陆碰撞过程中壳幔物质能量交换”、国家自然科学基金项目(49972026)“青藏东缘新生代两类高钾岩浆活动的对比研究”和美国国家自然科学基金加利福尼亚大学国际合作项目“青藏东缘岩浆作用和第三纪盆地演化”的部分研究成果基础上提炼而成的,是对近年来青藏高原中东部古近纪盆地形成和演化、高原早期构造隆升方面研究成果的系统分析和总结。

约 50Ma 以来的印度-欧亚板块碰撞过程不仅制约了高原腹地及周边地区新生代盆地的形成和演化,而且还直接影响到高原早期构造隆升过程。高原中东部古近纪盆地的形成和演化与印度-欧亚板块碰撞过程中产生的高原早期构造隆升、陆壳变形、壳幔相互作用的区域构造演化背景密切相关。本书在消化和吸收大量前人研究成果基础上,根据对 6 个典型古近纪盆地的详细解剖,通过详尽的盆地构造、盆地沉积学、生物地层学、元素地球化学和同位素年代学的系统研究,揭示了青藏高原中东部地区古近纪盆地的构造变形样式、构造—沉积演化模式、盆地形成和封闭的年代学制约、高钾岩浆作用过程、壳幔相互作用的动力学机制,及其与高原早期构造隆升和超大型矿床形成之间的关系,建立了区域挤压背景下的褶皱冲断变形—走滑盆地模式。

本书可供基础地质、能源地质领域的广大科研工作者和大专院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

青藏高原中东部古近纪盆地演化与高原早期构造隆升/
周江羽等著. —北京:地质出版社, 2007.5

ISBN 978-7-116-05324-3

I. 青… II. 周… III. 青藏高原—构造盆地—地质构造—
研究 IV. P548.27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 075798 号

组稿编辑:王大军 白 铁
责任编辑:汪福妍 白 铁
责任校对:李 玫
出版发行:地质出版社
社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083
电 话:(010)82324519(办公室);(010)82324579(编辑室)
网 址:<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱:zbs@ gph.com.cn
传 真:(010)82310759
印 刷:北京印刷学院实习工厂
开 本:787mm×1092mm ¹/₁₆
印 张:6.5 图版:8 面
字 数:160 千字
印 数:1—800 册
版 次:2007 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷
定 价:30.00 元
书 号:ISBN 978-7-116-05324-3

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

青藏高原中东部,主要沿羌塘-横断山脉-金沙江-红河大型弧形走滑构造带,分布着一系列大小不等的古近纪狭长状盆地,大多数盆地沿 NNW 和 SN 向展布的区域性大断裂分布,少数盆地因受局部断裂控制而呈 NW 或 NNE 向展布。约 50Ma 以来的印度-欧亚板块碰撞,造成特提斯海消亡,青藏高原开始进入陆内盆地发展阶段。该碰撞过程不仅制约了高原腹地及周边地区新生代盆地的形成和演化,而且还直接影响到高原早期构造隆升过程。

通过对青藏高原中东部典型古近纪盆地(上拉秀、下拉秀、牛国达、囊谦、兰坪-剑川盆地)的详细填图、盆地构造-沉积学、生物地层学、地球化学和岩浆岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年等综合研究表明,青藏高原中东部古近纪盆地的形成和演化与印度-欧亚板块碰撞过程中产生的高原早期构造隆升、陆壳变形的区域构造演化背景密切相关。具体表现在盆地形成和封闭时间、盆地类型和变形机制、沉积充填样式和时间、沉积层序的厚度和结构、沉积物组成和源区构造背景、岩浆活动等方面存在明显的时空演化不均一性。

玉树-囊谦褶皱冲断带在古近纪通过薄皮构造变形样式,容纳了至少 61km 的 NE-SW 向地壳缩短,其变形过程经历了四个阶段:①古新世-晚始新世的 NE-SW 向逆冲挤压、褶皱冲断、地壳缩短约 49~51Ma 和 38~37Ma 的岩浆活动;②晚始新世右旋走滑断层-左旋走滑断层-右旋走滑断层阶段;③新近纪 NE-SW 向挤压阶段;④晚新近纪—现代左旋走滑和正断层阶段。越来越多的成果显示,印度-亚洲碰撞带东部主要断层的发育和终止具有穿时性,北部玉树-囊谦地区的陆壳形变比南部金沙江-红河地区更为强烈而复杂。

玉树-囊谦地区的盆地构造和沉积学研究结果表明,古近纪盆地是由于印度-亚洲板块碰撞早期 NE-SW 向的挤压作用-褶皱冲断-走滑断陷形成的,具有逆冲挤压-走滑断陷盆地的构造-沉积演化特点,发育了 2000~2500m 厚的以冲积扇-扇三角洲-湖泊沉积体系为主的盆地充填序列,沉积特征类似于青藏内部其他古近纪盆地。虽然囊谦盆地底部出现白垩纪地层,但大多数沉积物聚集和同沉积挤压作用出现在古新世-中始新世。生物地层学、岩浆岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学以及沉积层与火山岩和侵入岩的接触关系制约了盆地形成的初步时代为古新世-始新世。南部金沙江-红河地区(滇西)的古近纪盆地是在中生代大型近岸内陆湖盆的基础上经差异隆升、裂解和走滑作用形成的,具有明显的继承性。兰坪-思茅地区古近纪盆地继承了晚白垩世大型近岸湖盆的沉积格局,经历了稳定的近岸内陆湖盆-断陷盆地-逆冲-走滑断陷盆地(前陆盆地?)的构造-沉积演化历程,相应的构成了蒸发咸化湖泊体系—湖泊—三角洲体系—冲积扇—扇三角洲—浅水湖泊体系的盆地充填序列。晚始新世末(约 38~37Ma)伴随大规模逆冲挤压和走滑构造运动的高原早期构造隆升是造成研究区北部大多数古近纪盆地封闭而南部盆地大面积裂解萎缩的主要原因。

盆地碎屑岩的元素地球化学特征显示,以杂砂岩、岩屑砂岩、长石砂岩为主,经北美页岩

标准化后的稀土配分型式出现 Eu 正异常,这很可能是因积分选期间斜长石的富集所致。球粒陨石标准化的稀土配分具有轻稀土富集,重稀土较稳定及明显的负 Eu 异常等特征。经原始地幔标准化后的微量元素配分型式呈现出较为明显的 Nb、Ta、Th、P 和 Ti 负异常及 Ba、U 和 Sr 的正异常等特征,与研究区岩浆岩的微量元素配分型式一致,显示其物源来自于与俯冲岩浆活动有关的源区。构造环境判别表明,三个盆地的砂岩和泥岩样品主要落入长英质物源区,且有不断增加的古老沉积物组分加入,而逐渐向被动大陆边缘过渡,代表了典型的上部大陆地壳组分,说明三个盆地均属大陆型盆地。源区构造背景以活动大陆边缘-大陆岛弧为主,可能存在被动大陆边缘环境。由于源区局部构造背景的差异,囊谦盆地和下拉秀盆地碎屑岩中有较多铁镁物质的加入,可能与这两个盆地具有强烈的岩浆活动导致幔源物质的加入有关。

岩浆岩地球化学和 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究结果表明,青藏高原中东部存在两期高钾岩浆活动:早期为 40~28Ma,沿整个金沙江-红河带和囊谦逆冲构造带分布;晚期为 16~0Ma,主要沿红河断裂带南段和印支块体南部分布。两期之间存在 16~24Ma 的岩浆活动间歇期,可能代表在印度-亚洲东碰撞带的演化过程中,从早期地壳过程控制的压缩变形到晚期地幔过程控制的伸展变形的重要地球动力学转换。岩浆活动与 NE-SW 挤压作用同时或略晚,但早于晚始新世走滑断层。始新世同碰撞岩浆活动先于 25Ma 的局部 E-W 向伸展结果证实青藏高原的伸展与同碰撞期岩浆活动没有联系。藏东地区早期高钾岩浆喷发作用往往发生在盆地充填晚期,与始新世中-晚期的挤压背景有关,而岩浆侵入活动紧随其后,发生在盆地封闭期,可能与始新世晚期的挤压-走滑背景密切相关。研究区超大型矿床均形成于古近纪转换挤压阶段,其物质成分特征指示成矿过程中曾发生强烈的壳-幔相互作用。

青藏高原中东部古近纪高钾岩浆活动主要伴随着一系列的挤压-走滑盆地和走滑构造带分布。元素地球化学研究表明,岩浆岩属于超钾、钾玄岩和高钾钙碱系列。早期高钾岩石具有低 TiO_2 (<1.0%)、 P_2O_5 (<0.6%)、 FeO^* (<9.0%),高 Na_2O (1.3%~5.1%)和 K_2O (3.4%~5.2%),球粒陨石标准化稀土配分型式具有轻稀土强烈富集、轻重稀土分馏明显、重稀土没有亏损但含量低、部分样品具有明显的负 Eu 异常;经原始地幔标准化的元素地球化学特征表现出 Nb、Ta、Ti 和 P 的明显负异常、大离子亲石元素(Rb、Ba、Th、U 和 K)明显富集的特征。Pb-Sr-Nd 同位素组成位于地幔排列的富集端及延长区,而远离 MORB 和夏威夷玄武岩区,数据点主要落在或靠近 EM2 端元区,表明早期岩浆活动主要起源于 EM2 型大陆岩石圈地幔。上述结果表明青藏高原中东部早期高钾岩浆活动与俯冲作用过程密切相关。

早始新世末发生的印度-欧亚板块碰撞,形成了总体挤压背景下的褶皱冲断变形、地壳缩短和生长地层,造成了青藏高原中东部及周边地区古近纪盆地广泛而强烈的构造变形、岩浆活动和巨厚粗碎屑岩层的堆积(约 38~37Ma),可能预示着青藏高原所经历的一次较大范围的早期构造隆升的开始。

项目实施过程中,先后得到了中国科学院广州地球化学研究所、中国科学院青海盐湖所、中国科学院西北高原生物研究所、中国科学院昆明植物研究所、云南地矿局第二地质大队、青海地矿局区域地质调查大队、美国加利福尼亚大学洛杉矶分校地球与空间科学系(ESS-UCLA)、美国路易斯安那州立大学地球物理系(LSU)等单位的大力支持与帮助。

研究工作始终得到了中国科学院广州地球化学研究所各级领导和同事的关心和支持。

II

野外和室内研究与讨论一直得到美国加利福尼亚大学洛杉矶分校地球与空间科学系(ESS-UCLA)An Yin 教授、Matthew S. Spurlin 先生,美国路易斯安那州立大学地球物理系(LSU) Brian K. Horton 教授的大力帮助,在整个项目研究工作中的良好合作和广泛交流,对作者学术观点的形成和外语水平的提高起到了重要作用,使作者受益匪浅。200 多天的青藏高原野外工作始终得到了中国科学院青海盐湖所李田育司机、盛传利司机、中国科学院青海生物所刘亚青司机、中国科学院昆明植物研究所朱云辉司机的鼎力帮助。本书出版过程中得到了地质出版社白铁、王大军同志的大力帮助。在此向上述单位和个人一并表示最衷心的感谢。

目 次

绪 论	(1)
1.1 研究目的和意义	(1)
1.2 国内外研究现状分析	(1)
1.3 研究思路和方法	(4)
1 青藏高原中东部古近纪盆地沉积学	(7)
1.1 区域地质背景	(7)
1.2 盆地构造格架和充填序列	(11)
1.3 盆地粗碎屑岩沉积学	(16)
1.4 沉积体系和沉积环境恢复	(20)
2 古近纪盆地细碎屑岩元素地球化学	(22)
2.1 主量元素特征	(22)
2.2 稀土元素特征	(28)
2.3 微量元素特征	(28)
2.4 盆地构造-沉积背景的元素地球化学示踪	(29)
3 青藏高原中东部古近纪岩浆活动与盆地演化	(37)
3.1 岩浆活动的基本特征	(37)
3.2 岩浆活动的年代学	(38)
3.3 岩浆活动的元素地球化学特征	(44)
3.4 岩浆活动的同位素地球化学特征	(49)
3.5 岩浆活动源区与盆地演化	(50)
4 盆地演化与高原早期构造隆升	(55)
4.1 隆升研究的方法与问题	(55)
4.2 盆地形成时代的生物地层学和年代学制约	(56)
4.3 盆地构造变形与生长地层	(58)
4.4 盆地演化与高原早期构造隆升	(64)

5 结论和讨论..... (72)

主要参考文献 (76)

英文摘要 (83)

附录 1 盆地古流测量数据表 (87)

附录 2 四个盆地砾岩碎屑成分统计表 (90)

图版说明及图版 (94)

绪 论

1.1 研究目的和意义

青藏高原一直因其独特的地貌景观、强烈的构造-岩浆活动和变质作用、复杂的壳幔结构、丰富的自然资源以及对周边地区气候与环境的深刻影响,而为各国科学界所瞩目。同时,由于板块构造理论的登陆,这里又被认为是研究陆-陆碰撞的典型地区,是打开地球动力学大门的钥匙。因此,该地区成为当代地球科学研究的一个热点地区。

20 世纪 80 年代以来,对青藏高原的地质、地球物理、古地貌、古气候等研究备受各国地质学家的关注,并一直是地球科学研究的热点。在高原的形成演化、岩石圈结构和动力学、晚新生代隆升与环境变化方面已有系统的研究成果,尤其是在第四纪高原隆升过程和机制(包括隆升时间、幅度、速率、形式等)及其对亚洲乃至全球气候环境的影响方面成果颇丰。

约 50~45Ma 的印度与欧亚大陆碰撞所产生的陆内变形和高原隆升过程,影响到整个中亚和东南亚地区。不仅产生了一系列不同规模的挤压逆冲和走滑构造带,而且控制了高原腹地和周边众多狭长状新生代沉积盆地的形成和演化,且这些盆地主要沿 NNW 和近 SN 向展布的羌塘-横断山脉-金沙江-红河大型弧形走滑构造带分布(图 1)。野外研究结果显示,这些盆地中普遍发育非海相厚层-巨厚层状粗碎屑砾岩和薄层-中厚层状石膏层,在一些盆地内还有较广泛的岩浆侵入和火山喷发,并夹有火山碎屑岩、泥灰岩和碳酸盐岩(包括灰岩和白云岩)沉积层。除粗碎屑砾岩和火山碎屑砾岩外,它们往往出现在盆地演化的后期或盆地充填层序的上部或顶部,与陆源碎屑岩(泥岩、砂岩和砂砾岩)呈互层状分布。

沉积盆地相应的记录了高原隆升过程中的地层变形、构造-岩浆活动、沉积物源区以及与古气候变化有关的许多重要信息。通过对高原内部典型古近纪盆地的解剖和时空对比研究,选择盆内非海相沉积层开展精细沉积学、生物地层学、元素地球化学和同位素年代学的系统研究,不仅可解决这些盆地及其沉积层的形成机制,而且还可从盆内细碎屑岩、碳酸盐岩、石膏层和泥灰岩层中提取与高原早期构造隆升有关的古环境和古气候变化的重要信息,以弥补高原早期构造隆升研究方面的不足,进一步完善对青藏高原隆升机制及其构造变形、古地理和古气候变化等研究成果的系统认识,为建立高原早期构造隆升机制提供科学佐证。

1.2 国内外研究现状分析

1.2.1 青藏东缘古近纪盆地研究现状

沿横断山—金沙江—红河一带(藏东)发育众多的第三纪盆地。20 世纪 80 年代以来,对滇黔桂地区的大中型盆地陆续开展了地球物理、油气普查和钻探工作,对一些中-小型含

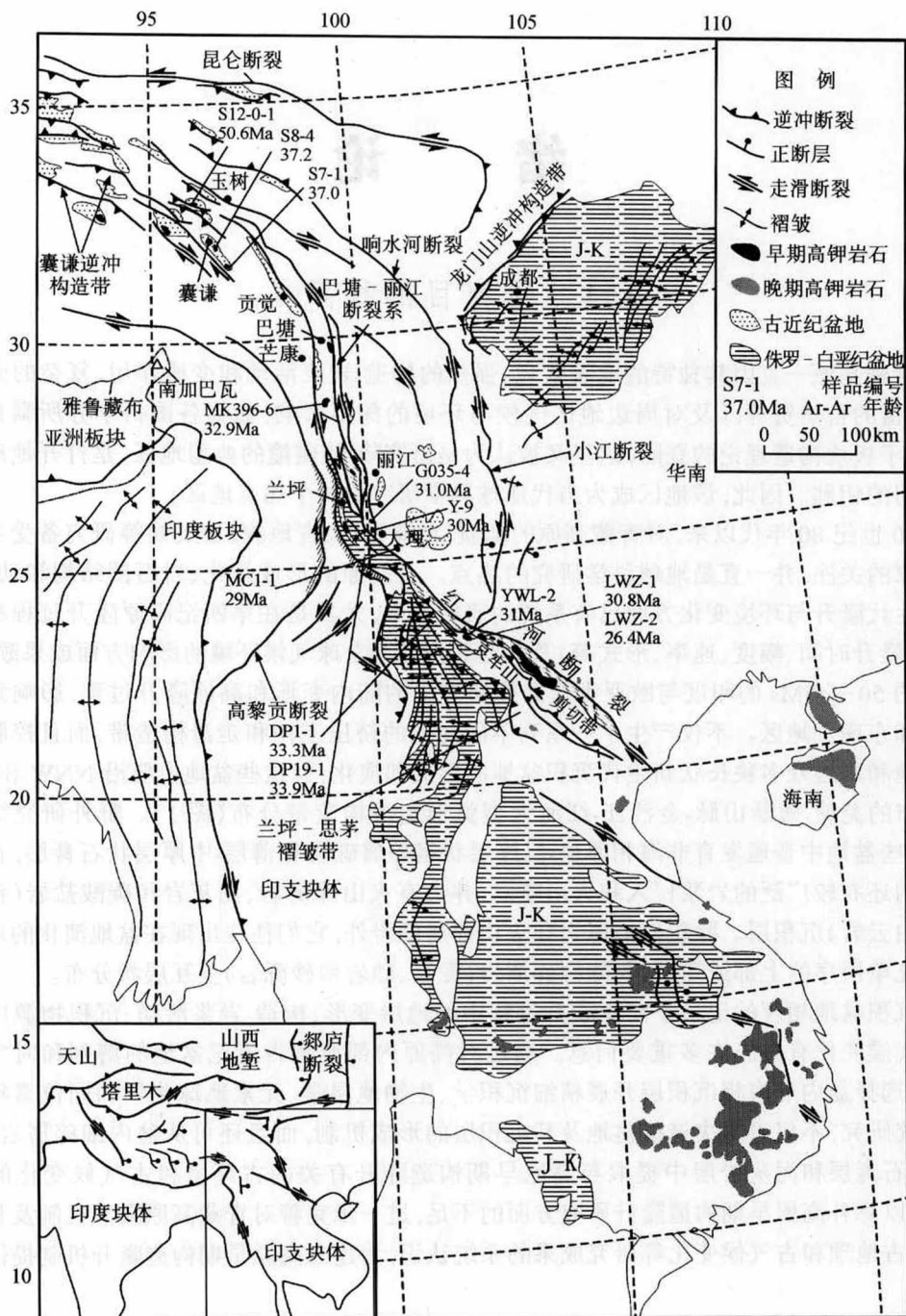


图1 研究区大地构造位置图

(据 Wang et al., 2001 修编)

煤和含盐盆地也进行了勘探和研究,并有相应的研究成果报道(赵泽恒,1987;肖荣阁等,1993;桂宝林等,1994;梁兴,1998;包建平等,2002)。进入90年代,对中-新生代盆地与区域构造、沉积演化和岩浆活动等基础地质问题开展了广泛的综合研究,研究成果集中体现在盆

地成因类型、成盆机制、盆地地层、构造和沉积演化、新生代岩浆活动等方面(潘桂棠等, 1990; 朱炳泉等, 1992; 何科昭等, 1996; 刘宝君等, 1993; 陈吉琛等, 1994; 刘善印等, 1998; 王成善等, 1999; 张玉泉等, 2000; 赵政璋等, 2001; 王江海等, 2001, 2002; 张会化等, 2004; 李忠雄等, 2004)。同时, 国际合作研究也在不断扩大(Yano et al., 1994; Wang et al., 1997, 1998, 2000; Wang et al., 2001; Roger et al., 2000, 2003; Ding et al., 2003; Yin et al., 1996, 1999)。

近年来, 在盆地动植物化石和古气候研究方面也取得了一些重要成果, 并有少数学者注意到了盆地中沉积物和扇砾岩及其与高原隆升关系的重要性(刘东生等, 1998; 王成善等, 1998; 王国芝等, 1999; 岳乐平等, 2000; 刘志飞等, 2001; 金小赤等, 2001; 赵志军等, 2001; 于庆文等, 2001)。

虽然前人在构造地质学、岩石学、地层学、岩相古地理学和古气候学等方面对盆地开展了广泛研究, 但其研究结果仍局限于盆地本身, 没有将盆地形成演化与陆壳变形和高原隆升的区域构造背景联系起来进行综合研究。青藏高原中东部古近纪盆地的形成和演化与高原早期构造隆升关系仍不清楚, 从而导致对青藏高原早期构造演化和隆升与盆地关系缺乏整体的认识。

1.2.2 青藏高原隆升研究现状

高原隆升是一个非常复杂的地质过程, 它涉及隆升的时间、机制、幅度和速率等一系列重要问题。虽然已有许多论述(Tapponnier et al., 1976, 2001; England et al., 1990; Harrison et al., 1992; Coleman et al., 1995; Searle, 1995; 潘桂棠等, 1990; 潘裕生等, 1998; 李吉均等, 1979; 钟大赉等, 1996; 施雅风等, 1998; 孙鸿烈等, 1998), 但至今还没有一个公认的解析。对高原隆升的时间、幅度和机制问题, 目前主要存在着两种观点: 第一种以国外学者 Coleman、Hodges、Searle 和 Harrison 为代表, 从构造、沉积、古气候、同位素年代学的角度认为青藏高原的形成是印度-欧亚板块自 50Ma 碰撞以来持续挤压和隆升的结果, 存在由西向东的穿时碰撞过程, 并在 20~8Ma 期间达到现今高度(Tapponnier et al., 1976, 1986; Quade et al., 1989; William et al., 1991; Harrison et al., 1992; Simon et al., 1993; Coleman, 1995; Searle, 1995; Rowley., 1996); 第二种以国内大多数学者为代表, 普遍认为高原隆升的动力学机制十分复杂, 是多因素、分阶段、多层次的不均衡隆升的结果, 且存在多次隆升和夷平过程, 快速隆升是 3~4Ma 以来的事件, 并从地球物理、高原古生物区系特征、综合年代地层学、矿物裂变径迹、同位素年代学、板内岩浆活动、高原黄土-古土壤序列记录、高原冰川-冻土和动植物生态特征等不同侧面对青藏高原隆升问题开展了广泛而深入的研究, 取得了突出的学术成就(许志琴等, 1996; 肖序常等, 1998; 吴珍汉等, 2001; 李吉均等, 1979, 1996, 1998; 钟大赉等, 1996; 邓万明等, 1998; 陈吉琛等, 1994; 方小敏等, 1996; 刘东生等, 1985, 1998; 施雅风等, 1998; Liu T. S., et al., 1993, 1995; Zhang et al., 2001; Guo et al., 2002)。

显然, 在高原隆升的问题上, 对第四纪以来的隆升过程和幅度已基本清楚, 越来越多的证据支持国内大多数学者的观点, 但对欧亚板块碰撞早期(古近纪)青藏高原的隆升过程、构造-古地理-古气候格局仍不十分清楚, 在隆升的时间(尤其对早期或初始构造隆升的时间)和形式(是整体隆升、局部隆升还是由内到外的逐渐扩展隆升? 是快速隆升还是缓慢隆升?)等方面仍存在较大分歧。从盆地角度探讨高原隆升的研究重点主要是 20Ma 以来的隆升过程, 或局限于用单一盆地的沉积演化来探讨高原隆升, 过多地强调盆地本身的沉积作用控

制,缺乏从精细沉积学、生物地层学、地球化学和同位素年代学的角度进行综合分析。因此,很难获得对青藏高原新生代构造演化(尤其是古近纪)、早期构造隆升过程、古气候变化与盆地形成演化关系的整体认识。这势必影响到人们对青藏高原隆升过程和机制、高原早期陆内变形机制、构造-古地理格局及古气候演化特点的全面、系统的认识。

1.3 研究思路和方法

青藏高原中东部古近纪盆地发育广泛,露头和穿越条件良好,为开展区域性对比研究提供了基础。但由于研究区处于十分复杂的大地构造背景,具有强烈的构造活动、岩浆活动和变质作用,并表现出明显的时空演化不均一性特点。为了开展青藏高原中东部古近纪盆地形成演化与高原早期隆升关系的研究,必须结合构造地质学、岩石学、盆地分析、沉积学和地球化学等多学科进行综合研究。在研究思路方面,沿区域性构造带选择了几个典型古近纪盆地进行整体性解剖和对比研究,将盆地的形成演化与区域构造和岩浆活动联系在一起,最终与高原隆升过程相结合加以综合分析。在研究方法方面,采用野外填图和剖面观测相结合,在前人研究的基础上,采用传统的构造地质学、岩石学、盆地分析和沉积学等研究思路和方法,结合先进的地球化学研究手段,从盆地中尽可能提取与高原隆升和古气候变化有关的各种信息,最终恢复盆地的形成和演化历史及其对高原早期隆升过程的响应机制。

研究中选择了沿构造带分布的囊谦盆地、上拉秀盆地、下拉秀盆地、剑川盆地、景谷盆地进行典型解剖。选择这些盆地进行解剖的原因是这些盆地已有一定的研究基础、野外露头条件良好,并且在囊谦、上拉秀、下拉秀、剑川盆地中均有岩浆活动,故有可能将盆地形成演化、构造作用和岩浆作用联系起来加以综合分析。同时,对出露于研究区构造带内的其他古近纪盆地(如芒康、大理、马关)、矿区和岩浆活动带内的岩浆岩岩体进行了系统采样工作。

主要研究内容和方法包括如下几个方面。

1. 野外工作

(1) 盆地构造格架和变形机制研究

以野外填图和剖面观测资料为基础,恢复盆地构造格架、变形特征和时序。

(2) 盆地沉积学研究

1) 建立盆地充填序列:对典型盆地开展系统的沉积学研究和盆地分析,充分利用露头和已有的少数钻井资料,建立盆地充填序列。

2) 盆地物源和古水流分析:利用砾石的大小和成分、沉积相特征以及地球化学方法判断物源;利用砾石面倾向、层理、波痕和槽模等沉积构造判断古水流;利用盆地充填序列(物质成分和年代学数据)判断源区构造抬升的时间和速率。

3) 盆地粗碎屑岩研究:详细测定粗碎屑岩的厚度、空间展布规律的确定、砾石成分的野外初步鉴别和古水流测定。

4) 沉积环境分析:在详细的野外沉积学观测和室内分析研究的基础上,对各个盆地的沉积环境进行系统分析,恢复盆地的沉积演化史。

5) 样品的采集:在盆地内系统采集沉积岩、岩浆岩和粗碎屑岩中各种不同成分砾石的样品,以便开展室内研究。

2. 室内研究工作

(1)显微岩相学研究

通过对盆地内岩浆岩的显微岩相学研究,确定其岩石类型、岩石系列及其矿物组成。

(2)碎屑岩的微相分析

通过细致的薄片鉴定,进一步提取有关物源、沉积环境和古水动力状况信息,并与野外获得的宏观资料做对比、验证和补充。

(3)元素地球化学研究

选择代表性的岩浆岩和粗碎屑岩中的岩浆岩砾石样品,用湿化学分析法测定主量元素成分;用 ICP-MS 高精度测定稀土和微量元素。根据元素地球化学研究结果,选择合适的定年样品,确定盆地的物源及构造背景。

(4)岩浆岩的⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年研究

选择合适样品中的高钾矿物进行常规阶段加热⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年研究,获得盆地内岩浆活动的时限,并作区域对比。

(5)综合研究

综合所获得的岩浆岩年龄、物源区信息、区域构造背景、盆地沉积学及动植物化石组合结果,恢复青藏高原中东部古近纪盆地的构造-沉积演化史,并初步探讨盆地演化与岩浆活动和高原早期构造隆升的关系。

表 1 完成的主要工作量一览表

序号	工作内容	数量	完成者
1	野外地质考察(青海、云南)	205 天	周江羽,王江海,Brian,Matt,An Yin
2	囊谦盆地 1:10 万填图	1 幅	Matt,An Yin,周江羽,Brian
3	下拉秀盆地 1:10 万填图	1 幅	Matt,周江羽,Brian
4	囊谦盆地实测剖面 14 条	7000m	周江羽,Brian
5	下拉秀盆地实测剖面 8 条	9800m	周江羽,Brian
6	东坝盆地实测剖面 5 条	3000m	周江羽,Brian
7	兰坪-剑川盆地路线剖面	1500m	周江羽,王江海
8	楚雄-景谷盆地路线剖面	3000m	周江羽,An Yin,Brian,王江海
9	采集各类样品	223 件	周江羽,Brian,Matt,王江海
10	岩石薄片样	65 块	周江羽,王江海,Brian
11	碎屑岩主量元素分析	27 件	周江羽,王江海
12	碎屑岩微量元素 ICP-MS 分析	27 件	周江羽,王江海
13	岩浆岩 ⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar 测定	23 件	王江海,周江羽
14	岩浆岩主量和微量元素测定	42 件	王江海,周江羽
15	岩浆岩 Pb-Sr-Nd 同位素测定	36 件	王江海
16	野外彩色地质照片	380 张	周江羽
17	野外黑白地质照片	180 张	周江羽
18	古地磁样品	125 件	Brian,周江羽
19	囊谦、下拉秀盆地碎屑岩颗粒成分统计	160 点[1m ² (约 100 个颗粒)/点]	Brian,周江羽
20	囊谦、下拉秀、兰坪、景谷盆地古流测量	1600 个	Brian,周江羽

本研究工作得到了国家重点基础研究发展规划项目(G1998040800-3)、国家自然科学基金项目(49972026 和 39972026)、国家攀登计划预选项目(95-预-25-01-02)、中科院重点项目(KZ952-J1-408)、中科院重点知识创新项目(KZCXZ-SW-117)的资助;同时,青藏高原野外考察工作和部分样品的测试工作得到了由 An Yin 教授主持的美国国家自然科学基金加利福尼亚大学洛杉矶分校地球与空间科学系(ESS-UCLA)国际合作项目的联合资助。

在研究工作实施过程中,作者先后于 1998 年 11 月对云南兰坪、剑川、楚雄盆地进行了为期 15 天的野外考察,采集岩石样品 51 件;1999 年 9 月对云南石鼓、马登、兰坪、八寨、马关等地的变质岩、岩浆岩和第三纪盆地进行了为期 20 天的野外考察,采集样品 80 件,测制剖面一条;1999 年 4 月~6 月与美国加利福尼亚大学地球与空间科学系 An Yin 教授、Brian Horton 教授、Matthew Spurlin 先生联合进行了为期 90 天的青藏高原地质考察,对囊谦盆地、上拉秀盆地、下拉秀盆地、东坝和湟源盆地开展了较为详细的地质填图、剖面测制和样品采集工作,实测剖面 21 条,共计 8300 多米,填制了囊谦盆地、上拉秀盆地、下拉秀盆地的 1:10 万地质图,采集各类样品共计 143 件;2000 年 4 月~6 月与美国加利福尼亚大学地球与空间科学系 An Yin 教授、Brian Horton 教授、Matthew Spurlin 先生联合进行为期 80 天的第二次青藏高原地质考察,补充开展了对囊谦盆地、上拉秀盆地、下拉秀盆地的地质填图、剖面测制和样品采集工作,对红河断裂带、哀牢山变质带、剑川盆地和景谷盆地进行了野外考察,实测剖面 6 条,共计 8500m,采集各类样品共计 65 件;同时,对西宁盆地开展了系统的剖面测制和样品采集工作,实测剖面 3 条,共计 3000 多米,采集各类样品共计 15 件。

与本项研究工作有关的主要工作量见表 1。

1 青藏高原中东部古近纪盆地沉积学

1.1 区域地质背景

1.1.1 藏东新生代盆地形成的区域地质背景

青藏高原的形成演化、高原周边新生代盆地的发育以及藏东新生代岩浆活动与 50Ma 以来的印度-欧亚板块的碰撞过程及碰撞后的陆内变形密切相关(潘桂棠等, 1990; 孙鸿烈等, 1998; Harrison et al., 1992; Yin et al., 1996, 2000; Zhou et al., 2000; Horton et al., 2000, 2002; Wang et al., 2001; Liu et al., 2001, 2003)。

在藏东地区, 沿囊谦逆冲构造带和金沙江-红河走滑构造带发育有一系列大小不等的新生代盆地, 并伴有广泛的挤压冲断和走滑及大规模的岩浆活动(见绪论图 1)。在印度-欧亚板块碰撞诱导的印支块体向东南方向大规模挤出的构造背景下, 块体在走滑挤出的过程中可能发生大规模的陆内俯冲(Wang et al., 2001); 在陆内俯冲过程中产生强烈的壳幔相互作用, 并以大规模的带状岩浆活动和成矿作用表现出来。我们最近获得的高精度年代学数据表明, 北部囊谦逆冲构造带内的大规模逆冲和岩浆活动发生在 53~49Ma, 盆地形成于始新世中晚期, 到渐新世遭受大面积隆升剥蚀, 盆地接受沉积充填的时限较短, 并经历了广泛而强烈的褶皱冲断和岩浆作用。南部金沙江-红河构造带的带状高钾岩浆活动发生在 42~28Ma, 而盆地则形成于古新世并明显具有继承性发育特点, 盆地充填序列较完整, 地层保存较完整。在金沙江-红河构造带南段的晚第三纪—第四纪小型裂谷盆地中存在更晚期(<16Ma)的高钾岩浆活动(见绪论图 1)。该岩浆活动与越南境内乃至整个东亚地区的岩浆活动具有同时性, 它们可能存在成因上的联系。

青藏高原中东部南、北两段构造演化背景的差异性反映出在印度-欧亚板块碰撞后, 陆内变形时限、方式和强度的空间不均一性, 并由此控制青藏高原中东部新生代盆地的形成和演化。

1.1.2 藏东新生代盆地基本特征

青藏高原中东部及邻区分布着约 50 多个大小不等的新生代沉积盆地。大盆地集中分布于高原周边地区, 如塔里木、柴达木及四川盆地等。绝大部分中小型盆地分布于高原内部及其周缘地区, 主要沿喜马拉雅—羌塘(横断山脉)—金沙江-红河这一弧形(反 S 形)走滑构造带展布(图 1-1)。这些盆地的大小一般为 50~100km², 最大为 300~400km², 盆地长宽比一般为 2.5~5.0, 最大可达 1:20(贡觉盆地), 沿 NNW 向展布, 与区域性大断裂的走向基本一致, 少数盆地受局部性断裂的控制呈 NW 或 SN 向展布。盆地的一侧或双侧受区域性大断裂控制, 沉积中心靠近断裂一侧分布, 最大沉积厚度可达 4000~5000m。

从地貌上看, 大多数盆地属于山间盆地型和山间谷地型。前人基于不同盆地发育的构造背景、盆地边界性质及构造-沉积演化特征的研究, 对该地区的古近纪—新近纪盆地进行了分类:

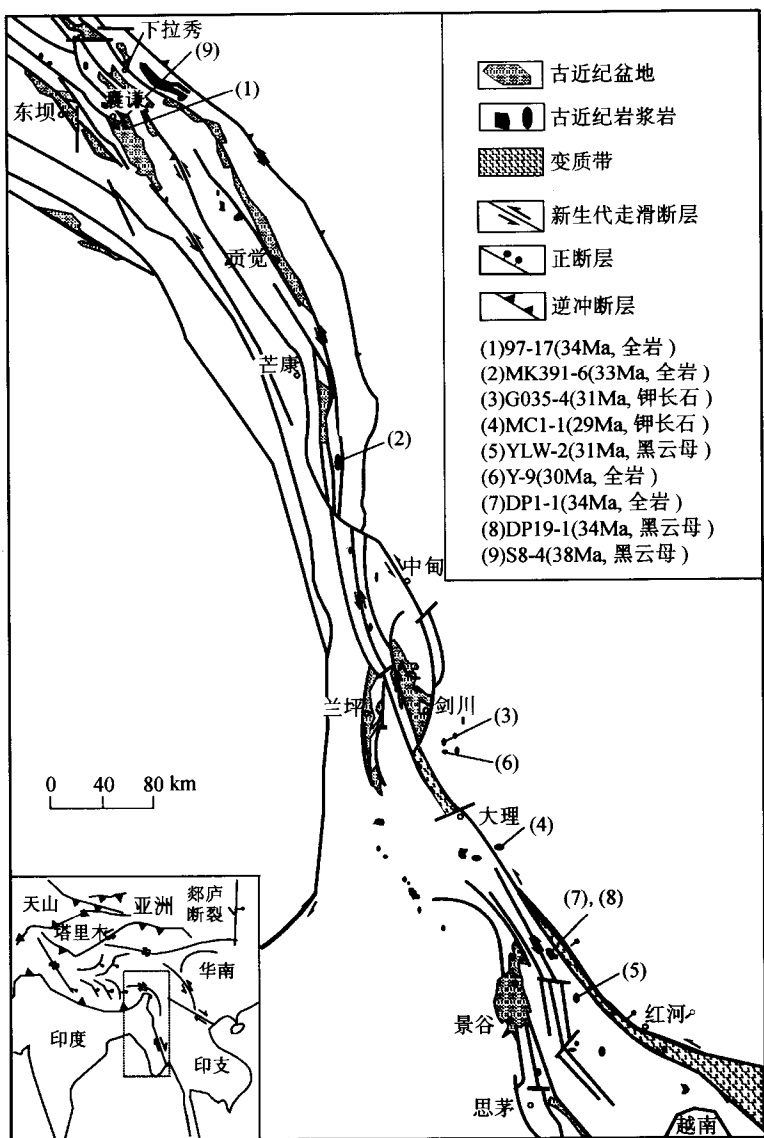


图 1-1 青藏东缘古近纪盆地及岩浆岩分布略图

- 拉分盆地(赵泽恒,1987);
- 走滑-拉分盆地、走滑-剪张盆地、走滑-断塞盆地、前陆盆地、旋转拉张盆地(陈吉琛, Burchfiel 等, 1994; Erchie Wang, 1998; 刘和甫等, 2000);
- 残留海盆地、压陷盆地、裂陷盆地、走滑-拉分盆地(潘桂棠等, 1990);
- 走滑-挤压、走滑-前陆盆地(刘善印等, 1998; 刘和甫等, 1999, 2000);
- 构造-沉积残留盆地(梁兴, 1998)。

上述不同性质盆地类型的划分,一方面可能是由于各学者研究的对象和侧重点不同,另一方面也体现了研究区在古近纪—新近纪时具有复杂的区域构造背景和成盆机制,因而可

能表现为多种盆地类型的垂向和侧向叠置,如坳陷和断陷、断陷和走滑、走滑-拉分和走滑-挤压等,体现了多阶段、多机制成盆的特点,与区域构造背景演化关系密切。初步的野外调查结果表明,研究区古近纪—新近纪盆地的主要类型有:坳陷盆地、裂陷盆地、走滑-拉分盆地、走滑-挤压盆地、侵蚀-残留盆地。

从盆地发育的时间看,南部滇中地区的一些盆地(如兰坪、剑川、思茅及楚雄古近纪—新近纪盆地)是在中生代大型内陆湖盆(坳陷)的基础上经差异升降和裂解形成的^①(Wang et al., 1998; 何科昭等, 1996; 云南省地矿局, 1990, 1995),具有继承性特点,早期沉积一套以泥岩、粉砂岩和膏盐岩为主的蒸发盐湖体系细碎屑岩,并直接整合于上白垩统之上;中期以裂陷盆地和走滑-拉分盆地为主,发育冲积扇(下砾岩层)—(扇)三角洲—中深湖泊体系沉积,并伴有岩浆侵入和火山喷发作用;晚期以走滑-挤压盆地为主,盆地发生正反转,地层挤压变形,发育褶皱和逆冲断裂,发育冲积扇(上砾岩层)—河流(三角洲)—滨浅湖泊体系沉积。盆地遭受后期构造和岩浆活动的改造相对较弱、沉积序列较完整,断裂活动主要发生在盆缘两侧,但盆内地层也已发生褶皱,粗碎屑岩厚度较小,且分布局限。

德钦以北(横断山地区)的盆地是在中生代基底遭受长期隆升、剥蚀基础上,经后期逆冲-挤压和走滑-拉分作用而成的,盆地粗碎屑岩与下伏石炭系和三叠系基底呈角度不整合接触,盆缘大多受逆冲断裂所控制,盆内地层已遭受广泛的褶皱、冲断和岩浆活动的强烈后期改造,粗碎屑岩厚度大且分布广泛(图版 I, 图版 II)。

从盆地发育的空间看,南部的兰坪、思茅和楚雄地区沉积较早(E_1-N_2),地层发育齐全,连续性较好,基底地层为上白垩统,往北的德钦、维西、贡觉、囊谦、下拉秀等盆地沉积较晚(E_2-E_3),基底地层为上古生界和中生界三叠系,玉树-甘孜以北地区主要发育晚古近纪—新近纪盆地为主。

已有研究成果表明,现今大多数盆地受单侧或双侧盆缘断裂控制,并多表现为挤压逆冲断裂性质,盆地内部古近纪—新近纪地层发育不全,并遭受不同程度的挤压褶皱变形、冲断和岩浆侵入作用,高原内部各盆地的构造-沉积演化既有共同性又有特殊性,具体表现为以下几个方面。

1)各盆地接受沉积充填的时代不一致。南部的兰坪-思茅盆地是最早接受古新统膏盐湖泊相沉积的盆地,因而在现今残留的古近纪—新近纪盆地中普遍存在古新统沉积。

2)各盆地沉积厚度巨大,一般都在 3000~5000m 左右。

3)继承性盆地和后生盆地共存。继承性盆地主要分布在兰坪、思茅和楚雄地区,表现为盆地的形状及沉积组合与中生代盆地相近,盆地基底与上白垩统整合接触。许多古近纪—新近纪盆地不整合于古生代(C, P)、中生代(T, K_1)甚至岩体之上的特征表明它们是后生盆地,常表现为小型坳陷或半地堑向斜盆地。

4)各盆地发育的沉积体系组合基本一致:冲积扇—辫状河流—三角洲—湖泊体系,但盆地的沉积演化差别较大。

5)盆地内岩浆活动的强度北部大于南部,岩浆岩沿盆缘或盆内断裂带分布,并具先喷发后侵入的特点。

6)从盆地沉积组合特征所反映的古气候状况是:金沙江-红河及其周边地区的古近纪—

^① 陈吉琛,陈良中,林文信. 滇中地块新生代陆内变形特征及对青藏高原构造发展的含义. 云南地质科学研究所与美国麻省理工学院合作项目的中方报告. 1994. 64~80, 96~104。