

国家自然科学基金 (40972006)

国土资源部百名优秀青年科技人才计划

联合资助

中国地质调查局国土资源大调查 (1212010911035)

青海南部

二叠纪火山-沉积格架下的蜓类生物群

QINGHAI NANBU ERDIEJI-CHENJI GEJIAXIA DE TINGLEI SHENGWUQUN

牛志军 吴俊 著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

国家自然科学基金(40972006)

国土资源部百名优秀青年科技人才计划

联合资助

中国地质调查局国土资源大调查(1212010911035)

青海南部 二叠纪火山-沉积格架下的蜓类生物群

牛志军 吴俊 著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

青海南部二叠纪火山-沉积格架下的蜓类生物群/牛志军,吴俊著. —武汉:中国地质大学出版社,2016.7

ISBN 978-7-5625-3832-5

- I. ①青…
- II. ①牛…②吴…
- III. ①二叠纪-火山沉积-古生物-生物群-研究-青海省
- IV. ①Q911.724.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 131791 号

青海南部二叠纪火山-沉积格架下的蜓类生物群		牛志军 吴俊 著
责任编辑:陈 琪	选题策划:张晓红	责任校对:周 旭
出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)		邮政编码:430074
电 话:(027)67883511	传真:67883580	E-mail:cbb@cug.edu.cn
经 销:全国新华书店		http://www.cugp.cug.edu.cn
开本:787mm×1092mm 1/16	字数:355 千字 印张:13 图版:14	
版次:2016 年 7 月第 1 版	印次:2016 年 7 月第 1 次印刷	
印刷:湖北籍缘印务有限公司	印数:1—500 册	
ISBN 978-7-5625-3832-5		定价:88.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

牛志军简介

牛志军,男,1970年9月生,辽宁省辽中县人,博士,研究员(三级),硕士生导师。1988—1992年就读于中国地质大学(武汉)地层古生物学专业,自1992年毕业后一直在武汉地质调查中心(原宜昌地质矿产研究所)工作。现任武汉地质调查中心副总工程师,中国古生物学会常务理事,湖北省古生物学会副理事长,湖北省古生物化石保护专家委员会委员,湖北省地质学会地层古生物与构造地质专委会主任,《微体古生物学报》编委,《华南地质与矿产》副主编。获国土资源部百名优秀青年地质人才、国土资源部青藏高原地质理论创新与找矿重大突破先进个人。

主要从事地层古生物学、区域地质研究和科研管理工作。2010年以来,负责国家自然科学基金1项,负责或参与负责中国地质调查局地质矿产调查评价专项工作项目3项。以第一作者发表文章24篇,参与编写专著6部。

吴俊简介

吴俊,男,1983年12月生,湖北省武汉市人,硕士,助理研究员。2006年本科毕业于中国地质大学(武汉)地球科学学院地质学专业,2009年研究生毕业于中国地质大学(武汉)地球科学学院古生物学与地层学专业。同年进入武汉地质调查中心(原宜昌地质矿产研究所)工作。作为骨干参与国家自然科学基金面上项目2项,参与中国地质调查局项目3项,共同主持中国地质调查局项目1项。目前主要从事微体古生物学和地层学方面的研究。迄今共发表论文15篇,其中SCI论文3篇。

目 录

绪 言	(1)
第一节 研究区地理概况	(1)
第二节 研究现状	(2)
第三节 本次研究主要进展	(5)
第一章 二叠纪地层序列	(9)
第一节 岩石地层	(9)
一、乌拉尔统	(9)
二、瓜德鲁普统	(14)
三、乐平统	(15)
四、区域对比	(16)
第二节 蜓类生物地层	(21)
一、乌拉尔世	(22)
二、瓜德鲁普世	(25)
三、乐平世	(26)
四、化石带区域对比	(29)
第二章 火山-沉积格架下的蜓类生物组合	(36)
第一节 异地型生物组合	(36)
一、地层分布及属种组成	(37)
二、化石组合分析	(37)
三、沉积学特征	(40)
四、地质意义讨论	(42)
第二节 原地型生物组合	(43)

一、台地相生物组合	(43)
二、岛间洼地相 <i>Parafusulina</i> 组合	(47)
三、陆棚相 <i>Sumatrina annae</i> 组合	(48)
第三节 火山岛格架下的蜓类组合对比	(49)
一、生物属种对比	(49)
二、岩石组分对比	(51)
三、岩石类型与沉积环境	(52)
第三章 蜓类对火山事件响应关系的探讨	(53)
第一节 火山-沉积格架下的蜓类生态环境	(53)
一、研究方法	(53)
二、参数选择	(53)
三、蜓类分布与环境因素分析	(57)
第二节 蜓类与地球化学特征关系研究	(64)
一、研究方法	(64)
二、二叠纪火山岩地球化学特征	(67)
三、二叠纪灰岩地球化学特征	(68)
第三节 蜓类分布格局和演化对火山事件沉积的响应	(80)
第四章 火山-沉积格架下的古地理格局	(83)
第一节 罗甸期沉积类型	(83)
第二节 沉积相类型	(85)
第三节 火山岛沉积相模式	(90)
第四节 沉积古地理格局	(90)
第五章 昌都地块二叠纪构造属性及演化	(95)
第一节 古生物地理区系	(95)
一、乌拉尔世	(95)
二、瓜德鲁普世	(98)
三、乐平世	(99)
第二节 沉积建造背景	(101)
一、砂岩地球化学特征及构造背景	(102)
二、硅质岩地球化学特征及构造背景	(105)
第三节 火山岩	(107)

一、乌拉尔世	(107)
二、瓜德鲁普世	(109)
三、乐平世	(109)
第四节 铅同位素地球化学	(109)
第五节 晚古生代昌都地块构造演化研究	(110)
一、泥盆纪和石炭纪	(110)
二、二叠纪	(112)
第六章 蜓类系统描述	(113)
代表性实测地层剖面	(152)
一、青海省杂多县阿日永二叠系诺日巴尕日保组实测地层剖面(A)	(152)
二、青海省杂多县左支二叠系诺日巴尕日保组实测地层剖面(ZC)	(156)
三、青海省唐古拉山镇扎日根二叠系扎日根组—诺日巴尕日保组实测地层剖面(ZR)···	(156)
四、青海省杂多县玛日啊达州二叠系扎日根组—诺日巴尕日保组实测地层剖面(MA)···	(158)
五、青海省杂多县尕日赛瑙贡玛二叠系尕笛考组实测地层剖面(GR)	(160)
六、青海省杂多县苟果尕二叠系尕笛考组实测剖面(GG)	(161)
七、青海省治多县省尕窝玛二叠系九十道班组实测地层剖面(SG)	(162)
八、青海省治多县尕日查锐二叠系九十道班组实测地层剖面(CR)	(165)
九、青海省治多县尕日扎仁北二叠系尕日扎仁组、索加组实测剖面(GZ)	(166)
十、青海省格尔木市唐古拉山乡贡日二叠系那益雄组实测剖面(Q-GO)	(167)
十一、青海省格尔木市唐古拉山乡里栽二叠系拉卜查日组实测剖面(Q-L)	(169)
Fusulinid Fauna of Permian Volcanic – Depositional Succession (Setting) in Southern Qinghai, Northwest China	(170)
主要参考文献	(178)
图版说明及图版	(192)

绪 言

第一节 研究区地理概况

本书研究区位于青藏高原腹地的唐古拉山东段北坡,属可可西里国家自然保护区和三江源自然保护区核心区域,平均海拔约 5000m,最高峰为唐古拉山脉主峰——各拉丹冬峰(海拔 6621m)。行政区划主要隶属青海省玉树藏族自治州杂多县、治多县和西藏自治区安多县。交通十分闭塞,通行极为不便,冬、春两季因河道冻结部分地区可通行汽车(图 0-1)。

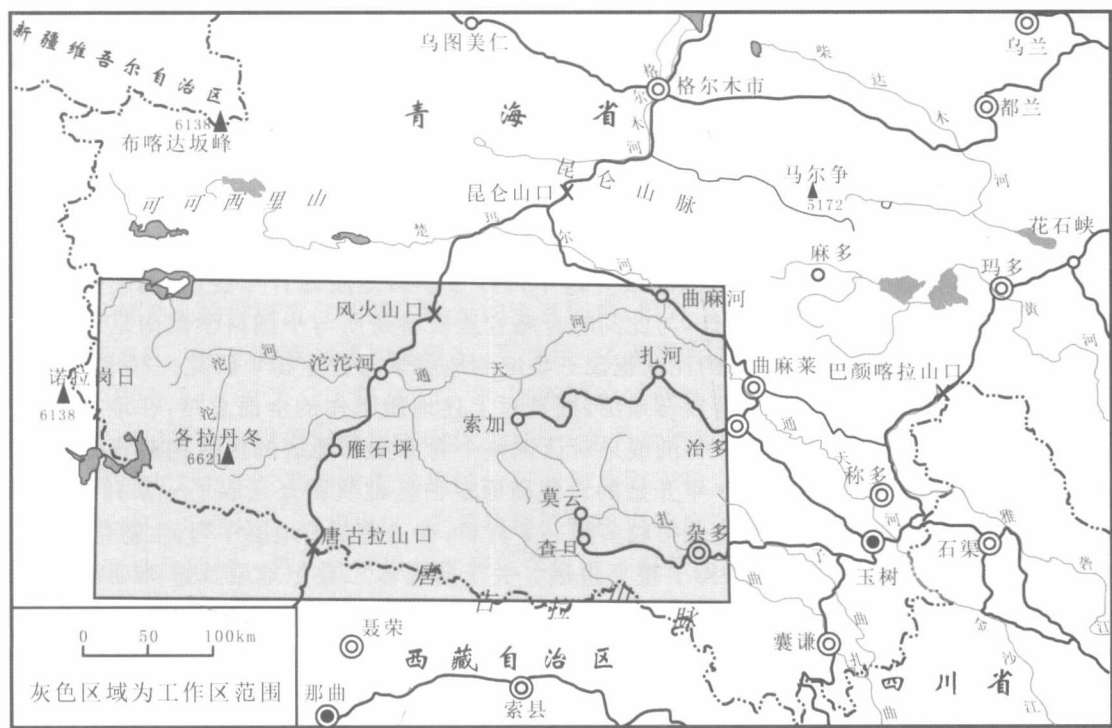


图 0-1 研究区交通位置图

区内山川相间分布,山脉走向呈近东西向,地貌具两层结构特点。上层地貌由中等起伏的山地组成,一般海拔为 5000m,其中沟谷发育,并在局部地段发育 U 型谷、冰斗、刃脊、角峰等古冰川侵蚀地貌,以及多边形冻土、石环、石冰川等冰缘地貌,基岩裸露,植被零星或不发育;下层地貌地势平坦,起伏小,河网密布,冻土沼泽发育,植被覆盖较广,且以高山高寒草甸为主,基

岩裸露程度较差,给野外工作造成一定的困难。

区内水系十分发育,河流众多,多为常年流水河,河水流量明显随季节和天气而变化。冬、春两季,河流封冻,河水流量减少,通行方便;夏、秋两季,冰雪融化,降水量剧增,河水暴涨,难以通行。水系主体属长江源水系区,东南部为澜沧江源水系区。

研究区为中纬度高海拔高寒地区,无霜期短,冰冻期长,气温低,年温差变化大,日温差一般为 15°C ,最大温差为 35°C 。年均温在 0°C 以下,7~8月气温较高,可达 18°C ,1月份气温最低,在 -35°C 左右。年降水量 $300\sim 450\text{mm}$,多集中在6~8月。研究区属典型的大陆高寒气候,四季不分明,只有旱季和雨季之分,9月至翌年5月为旱季,6月至10月为雨季。本区多刮西北风,风季为10月至翌年2月,最大风速 $18\sim 20\text{m/s}$,一般 $5\sim 7\text{m/s}$ 。该区气候恶劣且变化无常,几乎每天都有刮大风的时候,雨(暖)季风、雨、雪、冰雹频繁发生,并有雷电袭击,给野外工作带来不便。总的来说,5~9月大部分地区无冰雪覆盖,是开展野外工作的较好季节。

研究区内人口稀少,主要为藏族,居住分散,在索加乡、旦荣乡和莫云乡一带人口较集中,经济以游牧业为主。

第二节 研究现状

青海南部地区地质调查历史短暂,研究程度较低。1956—1959年原地质部石油普查队、青海省地质局石油普查大队唐古拉分队在研究区开展了 $1:100$ 万石油普查;1965—1969年青海省地质局区测队在区内开展了 $1:100$ 万温泉幅区域地质调查;1990—1993年青海省区调综合地质大队完成了一系列 $1:20$ 万区域地质、矿产地质调查,详细地研究了唐古拉山地区的地层序列、古生物组合等,奠定了晚古生代地层古生物研究的基础。20世纪80年代后期,在青海南部的青藏公路及相邻地区,陆续开展了国际多学科地质综合考察,包括中德合作项目、中法合作项目、中英合作项目等,与此同时青海省地质科研所与中国科学院南京地质古生物研究所在玉树地区进行了详细的泥盆纪至三叠纪的地层学与古生物学研究。20世纪90年代的《青海省区域地质志》《青海省岩石地层》则是对上述地质工作的全面总结,在地层、构造、岩浆岩、沉积盆地演化等诸方面取得的成果对认识整个青海南部地区的区域构造背景具有重要意义。中国地质调查局自1999年开始的青藏高原空白区地质调查完成了一系列的 $1:25$ 万区域地质调查,在基础地质方面获得较多第一手材料,在二叠纪的地层序列、生物化石、沉积相、火山活动、大地构造等方面取得了重要进展。关于研究区二叠纪地层及蠕类动物群的研究简述如下。

(一)二叠纪地层

青海南部二叠纪地层分布,可分为以沉积岩为主的唐古拉地区和火山-沉积岩为主的治多—杂多地区。

(1)以沉积岩为主的唐古拉地区:对二叠系的研究工作始于1956年,建立了下二叠统的开心岭群(青海省石油局623队,1957)和上二叠统乌丽群(西北煤炭勘查局乌丽煤矿青藏勘探队,1956),1958年尹赞勋在《中国区域地层表(草案)补编》中首次介绍引用,此后沿用至今。青海省区测队(1970)将唐古拉山地区的下二叠统自下而上划分为下碎屑岩组、石灰岩组、上碎屑岩组及火山岩组。青海省地层表编写组(1980)沿用开心岭群并引用后3个岩性组。随后的 $1:20$ 万区域地质调查中,开心岭群、乌丽群被广泛地应用于青海省南部地区。刘广才(1993)

分别正式命名为开心岭群扎日根组、诺日巴杂日保组、九十道班组及乌丽群扎苏组和拉卜查日组,建立了5个生物化石组合带,青海省地质矿产局(1997)沿用,并修订扎日根组,废弃扎苏组。青海省地质矿产局(1991)曾命名上二叠统察尔马扭组(相当于拉卜查日组),金玉环等(2000)编制《中国地层典》曾引用,但青海省地质矿产局(1997)认为“察尔马扭组地层层序颠倒,同时接触关系、岩性、厚度均不确切而停用”。

(2)以火山-沉积岩为主的治多-杂多地区:青海南部地区出露较广的二叠纪火山岩,最早青海省区测队(1970)称“下二叠统”。青海省第二区调队(1982)在杂多县杂多组考创名的杂多组考组和上覆的扎格涌组代表该地区的下二叠统。杂多组考组分为下部的碎屑岩段和上部的碳酸盐岩段,扎格涌组则划分为下部的碎屑岩夹火山岩段和碳酸盐岩段,青海省地质矿产局(1991)将二者均纳入开心岭群。青海省地质矿产局(1997)在进行地层清理时认为“扎格涌组应是杂多组考组的同物异名”而停用,并修订了杂多组考组。

(二) 蠕类动物群

青海地区的蠕类化石最早为盛金章(1958)在青海省察汗乌苏、兴海等地描述的茅口期的?*Ozawainella*, *Schubertella*, *Dunbarula*, *Nankinella*, *Schwagerina*, *Verbeekina*, *Sumatrina*, *Pseudodololima*, *Neoschwagerina*, *Afghanella* 共10属10种2变种及1个不能定种名的标本,随后丁启秀(1962)记述了唐古拉开心岭地区灰白色块状灰岩中的蠕类化石,计有*Quasifusulina*, *Pseudoschwagerina*, *Yangchienia*, *Parafusulina*, *Verbeekina*, *Pseudofusulina* 共6属2种7未定种。经过几代学者的努力,昌都地块上的蠕类动物群面貌基本清晰,化石带基本建立,与之相关的古生物地理区系研究也日益完善(盛金章等,1975;盛金章等,1981;王玉净等,1981;王玉净等,1984;王玉净等,1986;张遴信,1982;张遴信,1991;沙金庚等,1992;刘广才,1993;赵政璋等,2001)。

前人对蠕类动物群研究已积累了大量的宝贵资料,但对上述蠕类等的研究仍在青藏公路沿线和昌都地区。由于青藏高原构造复杂,受气候、交通等条件的限制,研究程度仍很低,涉及到研究区的仅有1:100万、1:25万、1:20万区域地质调查资料,青海南部对于记述蠕类化石较多的区调报告大多以确定地层的时代为目标,蠕类动物群和生物地层学的精细研究还有所欠缺。同时前人关于二叠纪蠕类动物群的研究多局限于稳定的碳酸盐岩台地相区,在青海南部分布更为广泛的火山-沉积岩区,蠕类动物群的研究程度还较低,因而导致火山岩层位归属的混乱,而且北羌塘—昌都地区以往的研究多集中于西部的南羌塘西藏阿里及东部的昌都、三江昌宁—孟连地区,而包含研究区在内的中部地区由于高寒缺氧、人迹罕至等自然因素制约了基础地质的研究,显得较为薄弱,这不利于研究区内不同地层断块间的对比、在昌都地块内的区域对比及其生物古地理的探讨。更为值得注意的是,整个羌塘地区从西部的查布—茶桑地区,经研究区至西南的三江地区,甚至于北部的阿尼玛卿地区,都存在由下部的玄武岩基座和上部的碳酸盐岩盖层构成的海山或类似于海山的沉积序列,碳酸盐岩盖层中蠕类化石丰富,地质时代以晚石炭世至乌拉尔世罗甸期居多,而此时恰是冈瓦纳北缘裂解时期,也是冷、暖水生物群分异最为明显的时期。

(三) 蠕类化石研究现状

我国石炭系和二叠系发育良好,沉积类型齐全,有连续沉积的含蠕类碳酸盐岩剖面,是世界上含蠕最丰富、含蠕地层最发育、蠕类化石带最齐全的国家,自早石炭世大塘期至乐平世长

兴期均有发现。中国的蠕类最早为希瓦格于 1883 年描述的李希霍芬采自中国上石炭统及乌拉尔统的一些标本。我国学者研究蠕类的工作始于 1923 年,以李四光 1924 年发表的《葛氏蠕蜗(*Grabauina*)及其在蠕蜗族进化程序上的位置》为代表。

由于蠕类在地质上延续时间短、演化迅速、地理分布广,成为石炭系和二叠系据以分层的重要化石之一。以华南地区为例,盛金章(1963)研究广西、贵州和四川等地的二叠纪蠕类动物群所建立的生物地层序列一直被广为沿用。盛金章等(1988)总结了石炭纪至二叠纪可划分为 13 个蠕类化石带,张遵信(2000)、金玉环等(2000)在总结中国石炭纪及二叠纪年代地层时,列述的蠕类化石带总计达 28 个(含有孔虫),Kozur(2003)将二叠纪特提斯区划分为 22 个蠕类带。在中国,二叠系的每一个阶都有一个或两个特定的蠕类化石带,这些蠕类化石带也就有了专属性,成为确定相关的阶(或期)的年代地层单位的依据。以蠕类的属带来划分二叠系的阶的方案,在中国二叠纪生物地层的研究方面曾起到非常重要的作用(王成源,2008),如我国二叠系船山统至阳新统祥播阶共划分出 8 个带,与同期的牙形石带相同。乌拉尔山南部二叠系乌拉尔统 Asselian 阶至 Kungurian 阶下部建立蠕类化石 11 个带,略低于同期牙形石带(13 个)(Davydov et al,2003)。在冷坞阶之后至乐平统随着蠕类动物群的衰退,在地层划分的作用上则弱于同期的牙形石。

建立全球年代地层界线层型和点是近 20 年来国际地层委员会追逐的目标,旨在建立“国际地层表”,使得全球科学家在叙述地质历史时有一种共同的语言和全球性的标准。20 世纪 90 年代以前,由于蠕类研究历史悠久,分布相对较广,在建立石炭系至二叠系的阶的界线标志时,占有一席之地,然而由于蠕类属于底栖生物,其具有一定的地方性色彩,在分类鉴定上,中、美、俄始终没有统一,逐渐被区域分布广、演化迅速的牙形石所替代,但是蠕类在早石炭世至乌拉尔世尤其是浅海台地相地层的对比,作为辅助类群,也引起了全球科学家的重视。石炭系杜内阶—维宪阶界线的标准定义在“蠕类 *Eoparastaffella ovalis* 种群—*E. simplex* 谱系中的 *E. simplex* 的首现”获国际石炭系分会通过,以广西柳州碰冲剖面为杜内阶—维宪阶的全球层型(侯鸿飞等,2002,2004;侯鸿飞等,2008)。维宪阶—谢尔普霍夫阶界线,目前倾向于以牙形石 *Lochriea* 的一些种作为首选类群,但蠕类在定义该界线也具有潜在价值(王向东等,2005)。二叠系目前所建立的 3 统 9 阶中的界线标志均为牙形石,尽管如此,北方非海相二叠系仍是以蠕类 *Pseudoschwagerina* 带底作为底部分界标志(刘陆军等,2000)。

尽管由于蠕类属于底栖动物,在建立全球性的界线层型和点的研究中逐渐退出首选类群,但恰恰是由于这个特性,即具有一定的地方性色彩的同时又具有区域分布广的特征,近年来,蠕类的研究转向生物相、生态学。20 世纪 80 年代及以前,以定性为特点,分析蠕类动物群的形态功能、古生态,当时我国有数篇文章涉及到这方面(盛金章等,1988;芮林,1981;王立亭,1982;杨振强等,1983;李兴奎,1988;白云等,1990),美国学者在这方面工作相对早一些(Ross,1967)。20 世纪 90 年代末以来,应用数学统计方法讨论蠕类及有孔虫化石的古生态学、沉积环境,尤其是属种分异度很大的石炭纪有孔虫及蠕类化石的研究(Gallagher,1998;Cozar et al,2003;Haig,2002),在国内较早的是郑洪(1986)对湖北大峡口乌拉尔世栖霞期的小有孔虫古生态学的数学统计方法的研究。近年来以南京大学杨湘宁教授为首的研究团队对这方面的研究较多,重点探讨蠕类动物群的生态环境及属种分异度的变化过程(杨湘宁等,1997,1999,2001;Yang et al,2003;吴智平等,1998;刘家润等,2000;殷小龙,2003;王超等,2004;史宇坤,2004)。

蜓类动物群底栖生活的特点可应用于古生物地理学的研究(Gobbett, 1967; Ross, 1967; 盛金章等, 1981; 黄汲清等, 1987; 聂泽同等, 1990; Leven, 1993, 1997; 李才等, 1995; 尹集祥, 1997; 周建平等, 2000; Jenney et al, 2000)。石炭纪、二叠纪全球生物群三分性仍较为明显, 南北两极均为冷温型, 中部赤道附近为暖水型生物群, Ross(1967)和 Gobbett(1967)最早探讨我国二叠纪罗甸期和孤峰期动物地理区, 盛金章等(1981)详细探讨了二叠纪蜓类动物地理区系, 将其分为两个区系, 北极大区 and 特提斯大区, 将特提斯大区又分为 3 个区, 即冈瓦纳—特提斯区、安加拉—特提斯区和华夏—特提斯区, 在中部的华夏—特提斯海域中分布着暖水的蜓类 *Misellina-Cancellina* 动物群, 而在冈瓦纳古陆北部和安加拉古陆东段南部边缘海中分布冷水的蜓类 *Monodioxodina* 动物群, 这种古生物地理区系的划分得到了腕足类、双壳类、珊瑚等化石研究学者的支持。

目前的发展趋势更多的是通过蜓类生物群的对比、古生物地理的分布研究, 确定含蜓块体的大地构造属性, 表现为与构造活动相关的异地埋藏(或堆积)的动物群的研究受到更多的重视。Kobayashi(1975)最早研究了日本东京西部三叠纪地层内砾岩中的乐平世 *Palaeofusulina-Reichelina* 组合, 随后 Igo 和 Igo(1977)描述了三叠系 Adoyama 组砾石中的乐平世蜓类组合, 芮林等(1987)较早地对贵州罗甸县上石炭统罗苏阶斜坡相蜓类、非蜓有孔虫、牙形石等进行了年代地层学与生物地层学研究。20 世纪 90 年代以来, 对异地型蜓类研究已不再局限于再沉积的砾石中的化石属种描述, 开始涉及到了蜓类古生物地理及构造演化的初步讨论(Leven, 1993, 1997; Kobayashi, 1999)。对异地型蜓类生物组合的研究已拓展至混杂岩、地体对比等方面, 尤其重要的是更系统地研究了异地型蜓类组合在古生物地理区系、沉积古地理和大地构造演化意义(Vachard et al, 2000, 2001, 2002; Belasky et al, 2002; Groves et al, 2003; Ueno, 2003; Carcione, 2004; Garzanti et al, 2005; Kobayashi, 2003, 2005)。Kobayashi(2003)通过对日本西南部 Maizuru 地体的二叠纪 Maizuru 群和三叠纪 Yakuno 群砾岩中的蜓类组合的详细研究, 表明含二叠纪蜓类的灰岩块体原始沉积于陆棚, 随后再沉积于深水斜坡相, 以蜓类的古地理分布揭示了该地体是靠近华南板块的主动大陆边缘的大地构造背景。

第三节 本次研究主要进展

青海省南部治多县、杂多县一带位于青藏高原腹地的唐古拉山东段长江源区, 大地构造上属东特提斯构造域, 构造意义上的特提斯通常是指欧亚大陆南部一条全球性纬向展布的构造域, 地质学家将其称为劳亚大陆与冈瓦纳大陆之间的、略呈东西走向的宽阔海洋, 它最终闭合消亡而形成现今大陆上的巨型特提斯造山带(刘增乾等, 1990)。这一造山带是地球上地壳结构和岩石圈结构最复杂、造山带类型最多的构造域, 它不但记录了南方冈瓦纳大陆裂解、亚洲大陆增生, 以及最终汇聚拼合、隆升的地质历史, 而且也记录了特提斯洋发生、发展和消亡过程中的一系列重大地质事件(潘桂棠等, 1997)。

研究区处于金沙江结合带与澜沧江结合带间的昌都地块中西部(任纪舜等, 1999)。二叠纪是青藏高原东特提斯构造域地质演化的重要阶段: 一是该时期为冷、暖水型生物分异明显, 尤其是演化迅速和对环境较为敏感的蜓类动物群; 二是该时期为火山活动的鼎盛期, 在罗甸期、孤峰晚期、冷坞期和吴家坪期均有发现, 其中罗甸期规模最大, 火山岩分布最为广泛, 主要为基性岩浆的喷溢, 厚度大, 一般为 500~2400m 不等, 相变快(张以蓓, 1991; 尹集祥等, 1998;

赵政璋等,2001a;王成善等,2001)。在火山活动间歇期沉积厚层碳酸盐岩,产丰富的蠕类化石,自乌拉尔世 *Schwagerina cushmani* 动物群至乐平世 *Palaeofusulina sinensis* 动物群均有见及。这种火山岩-碳酸盐岩构成的(海山或洋岛型)双层式序列近年来受到越来越多的重视,成为研究热点。

对于蠕类和火山岩,由于分属于两个完全不同的学科,而且多出现于不同的构造环境,以往大都分别独立研究。蠕类的研究一般限于稳定的浅海相,主要以建立生物地层序列为目的;火山岩则侧重于岩石学、岩相学、地球化学及其大地构造属性的研究。

蠕类动物群产于火山岩系内,二者在时间和空间上紧密相连,产于这种火山-沉积格架下的蠕类动物群,与单一稳定的沉积背景下动物群有什么区别?火山物质的大量喷发,必将引起海底地形的明显分异,这种变化因素对蠕类动物群的组合面貌、空间分布有怎样的制约?这种相互关系揭示了什么样的沉积盆地格局和大地构造属性?

青海南部地区为探索蠕类动物群对火山事件响应关系的最佳结合点和切入点,不同的生态类型、埋藏类型的蠕类动物群集中于一个较小的范围,横向展布具可追溯性,提供了一个研究动物群属种组成、空间分布、演化对火山事件响应关系的良好场所。

在前期中国地质调查局青藏高原空白区 1:25 万地质填图工作(项目编号:20001300009121,200313000006)的基础上,笔者申请获得国家自然科学基金(项目编号:40972006)、国土资源部百名优秀青年人才计划(2008 年度)和中国地质调查局国土资源大调查联合资助(项目编号:1212010911035),总体目标任务是建立完善青海南部二叠纪岩石和生物地层序列,研究二叠纪火山活动对蠕类动物群空间展布和演化的制约性,探索生物群对火山事件的响应关系,重塑该区二叠纪沉积古地理格局及古特提斯海洋的性质、大地构造演化历史。通过在青藏高原三江源区几年来的调查研究,以生物群—火山作用—沉积作用为研究主线,以岩石地层学和生物地层学为基础,结合古生物学、生态学、沉积学、火山岩岩石学、地球化学及大地构造学等综合分析方法,取得的主要认识如下。

(1)基于实测剖面中的化石采集,系统研究了 33 属 150 余种(包括新种 4 个)的蠕类化石,建立青海南部二叠纪 9 个蠕类化石带。以此为基础,厘定和完善了火山-沉积格架下的岩石地层序列。地层序列的建立表明青海南部乌拉尔世早期火山活动较弱,为浅灰色中厚层状碳酸盐岩夹少量火山岩(扎日根组)。罗甸期强烈的火山喷发,形成了特殊的火山-沉积地貌,对沉积古地理格局形成明显的制约,形成同期异相的诺日巴尕日保组和尕笛卡组。自祥播期之后,主要为一套广泛分布的厚层状生物屑灰岩(九十道班组),代表火山活动暂时停止后的台地相沉积。尽管在瓜德鲁普世晚期仍有裂谷型火山岩出现(尕日扎仁组和索加组),但其规模则明显减弱。乐平世则为统一的下部近岸含煤碎屑岩(那益雄组)和上部台地相碳酸盐岩(拉卜查日组)。

(2)研究了火山-沉积格架下的 2 种埋藏类型——异地型和原地型生物组合,后者再分出 3 种生态类型(台地相型、洼地相型和陆棚相型),对阿日永等剖面异地型埋藏蠕类生物组合的沉积背景、地质时代、古地理区系意义、形成机制进行了讨论。通过对比原地型各类型生物组合的属种组成、岩石组分、岩石类型、沉积环境,通过多种数学统计方法,结合其沉积学特征,指出:蠕类最适宜的生态环境为火山岛之上中等能量、清水、畅通性好的台地相;高砂屑、高亮晶的强动力环境或畅通性差、低能环境中均对蠕类不利,即使有蠕类的存在也表现为属种单调。

(3)提出了蜓类生物组合的分布格局与火山-沉积的响应关系。研究表明罗甸期火山岛的不同部位出现3种不同的生物组合,这种差异是由于蜓类生物群受不同的沉积环境分异引起。在火山岛之上或边缘产台地相型 *Misellina-Schwagerina* 组合,火山岛侧翼的斜坡相崩塌堆积的砾岩、砾屑灰岩产异地 *Pseudofusulina-Schwagerina* 组合,火山岛间产洼地型 *Parafusulina* 组合。研究表明,蜓类动物群属种组成及个体数量丰富度最高的为碳酸盐岩台地建造早期,向上至台地边缘浅滩、生物礁相及局限台地相时则不发育,在火山活动弱、生态环境稳定、台地发育好的背景下蜓类演化序列最为完整。

(4)探讨了青海南部二叠纪乌拉尔世—瓜德鲁普世古海洋生产力的变化及含蜓灰岩中蜓类丰度与化学特征之间的关系。通过对灰岩样品主量、稀土、微量元素的分析,发现绝大多数样品为氧化条件下所沉积形成,可以通过Ba来反演古生产力的变化。结果显示乌拉尔世由于火山活动强烈,古生产力总体较低,波动不大。乌拉尔世晚期,古生产力总体较高,波动较大。瓜德鲁普世,沉积环境稳定,古生产力稳定且最低。通过对氧化条件下样品的判别分析,表明蜓类动物群的丰度主要与沉积物中的 TiO_2 、Pb相关。

(5)划分罗甸期4种沉积类型(以滑塌沉积为特征的阿日永型、以泥岩为主的左支型、以火山岩为主的杂日赛瑙贡玛型和以沉凝灰岩为主的玛日啊达州型),识别出与火山岛关系密切的8种沉积相类型,建立了火山岛的沉积相模式,揭示出昌都地块近东西向(火山)岛海相间的古地理格局。由于强烈的中基性火山喷发,在昌都地块内部快速而间歇地构建呈链状展布的火山岛。在火山活动的相对宁静期,火山岛缘发育小型碳酸盐岩礁、浅滩、台地,深水斜坡、洼地相沉积围绕着岛链分布。

(6)明确昌都地块生物群的古地理区系归属。通过昌都地块石炭纪、二叠纪蜓类及其他门类动物群与相邻地区对比研究,揭示出昌都地块整个晚古生代动物群均表现为暖水的特提斯型,未见冷水型生物以及二者的过渡类型;未见热带与温凉带生物交替或混生的现象。与澜沧江结合带以南的生物群差异显著,未显示出与冈瓦纳相有关的信息。明确指出昌都地块古生物地理区系属特提斯大区华夏特提斯区华南亚区。

(7)确定昌都地块构造属性。从生物古地理区系、沉积岩和火山岩的地球化学、同位素地球化学综合研究表明,晚古生代昌都地块具亲扬子性的特点,明确提出昌都地块为特提斯区陆壳结构的裂陷盆地,属于华夏陆块群或扬子板块的一个组成部分,在晚古生代经历了裂解→扩张→闭合的构造演化阶段,裂解机制与古地幔柱活动有关。

本书由牛志军与吴俊编写完成,牛志军主要完成岩石地层、蜓类生物地层、生态环境及生物古地理、构造背景研究;吴俊主要完成地层剖面、地球化学背景与蜓类化石描述部分。第五章编写中引用段其发、白云山、赵小明、马丽艳等研究成果。由于本书主要资料完成于2010年,对于近年来的文献引用较少,在此深表歉意。工作过程中,自始至终得到了武汉地质调查中心各部门和中国地质调查局科技外事部、中国地质科学院地质研究所的关心与支持。特别感谢1:25万赤布张错幅、直根杂卡幅区调项目组全体成员,本书也是在区调资料基础上编写完成的。武汉地质调查中心徐安武研究员、黄惠兰副研究员,中国地质大学(武汉)黄思骥教授鉴定沉积岩、火山岩薄片。中国地质大学何卫红教授、江海水博士分别鉴定了放射虫、腕足类、牙形石等化石。蜓类化石薄片主要由南京地质古生物研究所磨制,南京地质古生物研究所张遵信研究员、王玥研究员,南京大学史宇坤博士对蜓类化石的审核与文献给予了极大的帮助。广东佛山地质局邓中林高级工程师提供了扎日根组蜓类化石。国土资源部中南矿

产资源监督检测中心、中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室承担地球化学样品的测试工作。中国地质调查局武汉地质调查中心涂兵、安双庆、陈海峰、郑杨参与完成野外工作。野外工作中得到了付发林、格格、索南江措、香达、欧桑、王青宁、王卫民等,以及玉树藏族自治州的藏族、汉族朋友的大力支持。中国地质调查局西宁野外工作站、玉树工作分站,青海省国土资源厅,玉树藏族自治州国土资源局,治多县和杂多县政府和唐古拉镇政府等部门给予了帮助。在此一并表示衷心的感谢!

第一章 二叠纪地层序列

青海南部地层区划属于华南地层大区羌北—昌都—思茅地层区唐古拉—昌都地层分区乌丽—杂多小区和赤布张错—雁石坪小区(青海省地质矿产局,1997),出露泥盆纪—第四纪地层,以中生代、新生代地层出露较为广泛。

青海南部地区地质构造复杂,断裂较发育,二叠纪岩石地层单位顶、底多不全,很难对其地层序列有一个完整的了解。同时由于火山作用的影响,沉积类型复杂,更加大了地层划分与对比的难度。该区较为详尽的岩石地层学研究始于20世纪80年代以来的1:20万地质填图,经青海省地质矿产局(1996)对地层序列的清理,目前上二叠统为2个组级地层单位,中、下二叠统在沉积岩区划分为3个组、火山—沉积岩区仅有1个组级地层单位。乐平世乌丽群的划分与对比争论较少,但对于乌拉尔世至瓜德鲁普世地层的对比则存在较大差异,认识的不同点主要集中于火山岩的层序归属、地质时代及与含鲕灰岩之间的接触关系等。本书以实测剖面为基础,通过对火山岩层位及生物群两个对比标志的系统研究,对地层进行区域对比,重新厘定了火山—沉积背景下的岩石和鲕类地层序列。

第一节 岩石地层

二叠纪早期为青藏高原“泛裂谷化”的鼎盛时期,火山活动强烈,火山岩分布广,火山喷发造就了特有的海底火山—沉积环境,沉积类型复杂,相变快。青海南部沱沱河地区火山物质相对较少,沉积稳定类型的开心岭群(自下而上为扎日根组、诺日巴尕日保组和九十道班组),而治多—杂多地区以火山岩为主的地层序列,地层厚度大,沉积类型复杂(自下而上为扎日根组、诺日巴尕日保组/尕笛考组、九十道班组、尕日扎仁组和索加组)。乐平世地层序列相对较为统一,称为乌丽群(自下而上为那益雄组和拉卜查日组)。本书以火山岩地层序列研究为主,并与沉积岩型序列对比。

鉴于研究区基础地质研究程度很低,地层序列仍有争议,同时岩石地层单位的建立是区域地质研究的根本,也是本书的研究基础。以实测剖面为基础,本书通过对火山岩层位及生物群两个对比标志的系统研究,对地层进行区域对比,重新厘定了火山—沉积背景下的岩石地层序列。青海南部地区二叠纪岩石地层序列研究简史见表1-1。

最新的国际地层表将二叠系划分为3统9阶,本书年代地层阶的划分采用金玉环等(1999,2000)的划分方案。对于统的名称,采用国际正式命名的乌拉尔统(Cisuralian)、瓜德鲁普统(Guadalupian)和乐平统(Lopingian)。

一、乌拉尔统

该地层沉积类型多,相变快,其中以沉积岩为主夹火山岩的序列称为扎日根组和诺日巴尕

日保组,而以火山岩为主夹少量沉积岩的地层称为尕笛考组。

表 1-1 青海南部二叠系划分对比简表

作者	尹赞勋 (1958)	1:100万 温泉幅 青海区 测队 (1970)	青海省 地层 编写组 (1980)	1:20万 杂多县幅 青海省 第二区 测队 (1982)	1:20万赤 布张错幅、 温泉兵站 幅青海省 区综队 (1987)	1:20万 索加幅 雁石坪幅 青海省 区综队 (1993)	1:20万 沱沱河幅 章岗日松幅 青海省 区综队 (1989)	青海省区 域地质志 (1991) 中轩二叠系 金玉珏等 (2000)	刘广才 (1993)	青海省 岩石地层 (1997)	本书 (2015)							
岩石地层序列	上二叠统 乌丽群	上二叠统	上二叠统 乌丽群	碳酸盐岩组 碎屑组			上二叠统 乌丽群	碳酸盐岩组 含煤屑岩组	上二叠统 乌丽群	察尔马组 那雄组	上二叠统 乌丽群	拉卜查日组 扎苏组	上二叠统 乌丽群	拉卜查日组 那雄组	拉卜查日组 那雄组	灰岩段 砂砾岩段 那雄组	长兴阶 吴家坪阶	乐平统(上统)
	下二叠统 开心岭群	火山岩组 上碳酸盐岩组 碎屑组 下碳酸盐岩组	火山岩组 上碳酸盐岩组 碎屑组 下碳酸盐岩组	扎格浦组 碎屑岩夹火山岩段 碳酸盐岩组 碎屑岩段 尕笛考组	火山岩砂岩组 下二叠统 开心岭群	火山岩灰岩组 下二叠统 开心岭群	上碳酸盐岩组 碎屑岩组 下碳酸盐岩组	下二叠统 开心岭群	扎格浦组 下二叠统 开心岭群	九十道班组 诺日巴组 扎日根组	下二叠统 开心岭群	九十道班组 诺日巴组 扎日根组	九十道班组 诺日巴组 扎日根组	索加组 灰岩段 砂砾岩段 扎日根组 九十道班组 诺日巴组 扎日根组	冷坞阶 孤峰阶 祥播阶 尕笛考组 未见底	统(中统)	乌拉尔统(下统)	
																		隆林阶 紫松阶

1. 扎日根组 (P_{1z}) (厚>698.49m)

刘广才(1993)创名于青海省格尔木市唐古拉山乡扎日根,青海省地质矿产局(1997)重新厘定,将下伏上石炭统碳酸盐岩沉积亦纳入其中。研究区内扎日根组以灰岩的大量出现与消失作为底、顶界的划分标志,呈北北西向分布于玛日啊达州一带。

下部浅灰色厚层一块状泥亮晶含砾屑砂屑生物屑灰岩、粉细晶化泥晶生物屑灰岩,未见底,产蠕类 *Misellina* 带和非蠕有孔虫、珊瑚等。属开阔台地相、边缘浅滩相。

中部暗红色中一薄层状含钙质水云母质微晶白云岩。灰色、灰绿色薄层状粉砂质泥岩夹中层状含菱铁矿细粒岩屑砂岩,向上夹少量含钙质含角砾不等粒岩屑砂岩,颗粒支撑,板状斜层理、沙纹层理发育。属局限台地相。

上部浅灰色厚层状生物屑粉晶化泥晶灰岩、浅灰色厚层状苔藓虫骨架灰岩夹弱硅化亮晶含生物屑砾屑灰岩,暗红色薄层状含放射虫、水云母、赤铁矿硅质岩。燧石结核、条带发育。产少量蠕类 *Kahlerina* sp., *Schubertella* sp., 以及非蠕有孔虫、珊瑚、腕足类、放射虫等。属开阔台地相、边滩相、礁相及浅水斜坡相。

2. 诺日巴日保组 (P_{1n}) (厚>2460.85m)

刘广才(1993)创名于青海省格尔木市唐古拉山乡诺日巴日保。研究区内诺日巴日保组以碎屑岩的大量出现与消失作为底、顶界的划分标志,与正层型剖面相比,碎屑岩的成分相对减少,且以泥岩为主,灰岩及火山岩相对增多,总体上呈东西向展布。在岩性组合上可分出3种沉积类型,分别以南部阿日永、左支和中部玛日啊达州为特点。