



论文

长江源头地区侏罗纪地层、双壳类化石及其沉积环境

姚华舟^{①②*}, 张仁杰^①, 段其发^①, 盛贤才^③, 牛志军^①, 王建雄^①, 吴健辉^④

① 武汉地质矿产研究所, 武汉 430223;

② 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008;

③ 江汉石油管理局勘探开发研究院, 潜江 443124;

④ 湖北国土资源职业学院, 荆州 434000

* E-mail: ycxc2009@126.com

收稿日期: 2011-01-19; 接受日期: 2011-04-02

国家自然科学基金项目(批准号: 40772022, 40972006)、现代古生物学和地层学国家重点实验室(中国科学院南京地质古生物研究所)(编号: 10311)资助

摘要 青海南部长江源头地区的侏罗系十分发育, 最大沉积厚度达 6311 m, 包括雀莫错组、布曲组、夏里组、索瓦组和雪山组五个岩石地层单元. 根据所含丰富的双壳类、菊石、腕足类等化石, 将它们主体部分划归中侏罗统巴通阶至卡洛夫阶, 尚未发现可资鉴定化石的雀莫错组下部及雪山组上部层位可能分别包括部分巴柔阶及牛津阶.

关键词长江源头
侏罗纪地层
双壳类
沉积环境

青海南部长江源头及其周围地区侏罗系十分发育、层序清楚、构造简单、化石丰富, 其中以海相双壳类化石最为繁盛. 是我国乃至全球研究侏罗纪双壳类化石的重要地区之一. 过去 20 余年间, 国内许多学者曾在该地区及其邻近区域进行过古生物学及地层学等方面研究, 取得了一系列重要进展. 然而由于该地区平均海拔在 5000 m 以上、空气稀薄、自然环境十分恶劣, 人迹罕至, 交通极为不便. 因此进入格拉丹冬等雪山腹地进行考察受到一定限制, 从而导致该地区在地层划分对比及沉积环境、生物群等研究方面依然遗留着不少需要解决的问题. 如雀莫错组双壳类动物群是否为巴柔阶^[1]? 雪山组和索瓦组的地质时代问题——前者是否包括白垩纪沉积? 后者是否属于晚侏罗世? 又如前人在邻近地区所建立

的若干双壳类组合是否同样适用于本区^[2]? 再如该地区中侏罗统形成巨厚沉积的控制因素是什么等. 近几年来笔者等在这一地区开展 1:25 万赤布张错幅区域地质调查(范围为 90°~91°30'E, 33°~34°N). 除了重新测制以往研究比较详细的青海格尔木市唐古拉山乡雀莫错剖面(编号 A)外, 新测制了唐古拉山乡的巴格日玛雀莫错剖面(编号 B)、波陇章巴夏里组剖面(编号 D)、波陇日布曲组剖面(编号 E)、达日玛索瓦组-雪山组剖面(编号 F)、通纳玛布曲组剖面(编号 C)、以及西藏安多县折巴索玛布曲组-雪山组剖面(编号 I)、安多县错居日布曲组剖面(编号 G)和班戈县巴格日玛雀莫错剖面(编号 H), 共 9 条剖面(图 1). 此外, 还在研究区 15500 km² 范围内进行的地质路线考察中, 对各组岩性、岩相、沉积特征进行了详细观

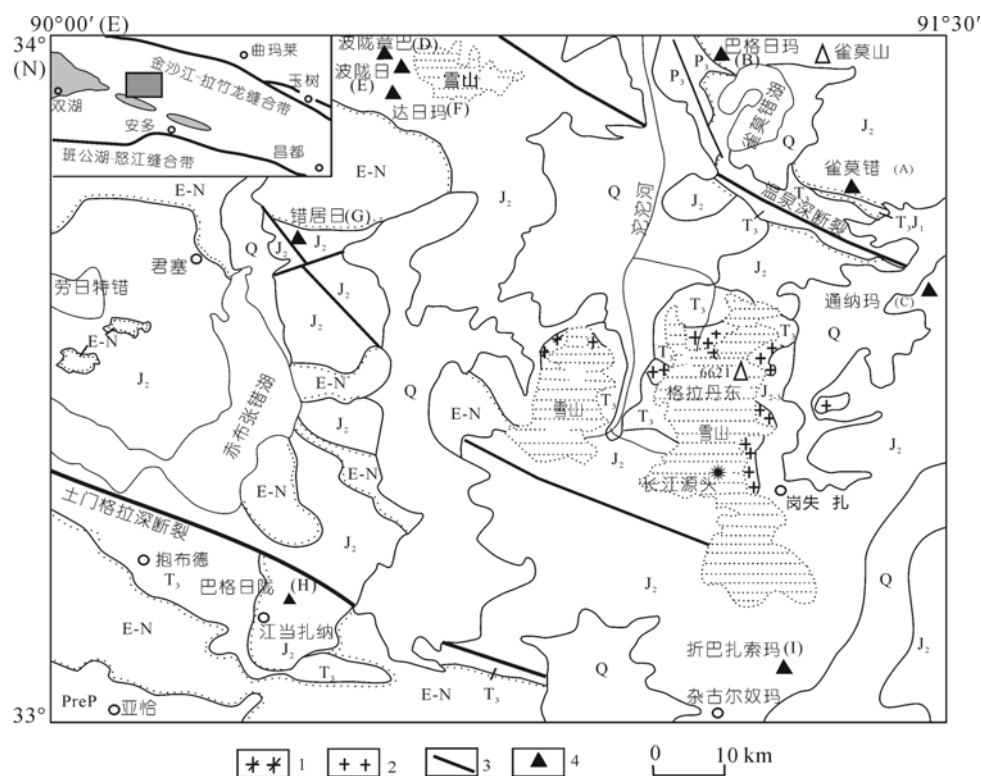


图1 长江源头地区地质略图及侏罗系剖面位置图

1, 燕山期花岗岩; 2, 喜马拉雅期花岗岩; 3, 断裂带; 4, 剖面位置

察研究、系统采集研究了各门类化石. 通过研究取得了一些新的认识, 为上述问题的解决提供了证据, 并为进一步完善该地区中侏罗统的划分、对比、深化该地区地质发展史和沉积环境变迁的认识等提供了新的材料和证据.

1 岩石地层

大地构造上, 长江源头地区位于金沙江-拉竹笼缝合带和班公湖-怒江缝合带之间的羌塘盆地南部, 近东西向的中央隆起带东端横亘该区南部. 研究区内侏罗世的地层发育、沉积特征、岩性岩相变化及双壳类化石繁盛程度等都受到上述大地构造格局的控制.

地层区划上, 研究区属北羌塘地层分区. 其大部属于该分区的雁石坪小区, 仅赤布张错湖以西地区和西南-隅分属普日岗日-布若岗日小区和土门-那底岗日小区. 总的来说, 北羌塘地层分区的侏罗统由 3 套碎屑岩和 2 套灰岩组成, 即通常所称的“三砂夹两

灰”. 自下而上分别称雀莫错组、布曲组、夏里组、索瓦组和雪山组^[3], 研究区内侏罗系最大厚度大于 6311m. 各组的岩性组合清楚、沉积相标志明显.

1.1 雀莫错组(J₂q)

是本区接受最早的中侏罗世沉积. 该组得名于研究区雀莫错. 底界以暗红色厚层状复成份砾岩的出现为标志, 与下伏的上三叠统甲丕拉组、巴贡组或鄂尔托陇巴组呈角度不整合接触(图 2(a)); 并不是以往研究者认为的平行不整合^[4]. 区域上, 它超覆于晚三叠世或更老的地层之上. 顶部以碎屑岩的消失、灰岩的大量出现与布曲组为界. 本组以暗紫红色、紫红色、灰色、深灰色岩屑石英砂岩、石英砂岩、粉砂岩为主, 底部为复成份角砾岩, 下部夹少量亮晶鲕粒砂屑灰岩及粉晶砂屑灰岩; 上部夹碳酸盐岩质细砾岩. 各拉丹东雪山地区本组底部的河流相底部砾岩、含砾砂岩、与上三叠统鄂尔托陇巴组下部火山岩段呈明显角度不整合接触; 往北, 该组底部的洪积相灰色或紫色厚层-块状钙质胶结中细粒复成份角砾岩与鄂尔托

陇巴组上部碎屑段呈不整合接触;而格拉丹冬雪山以南江当扎那、巴格日陇巴等地雀莫错组底部的河流相灰色石英质砾岩与土门格拉组二段呈不整合接触.底部砾岩厚度从临近中央隆起带的南部地区向北明显递减、砾石的成份则随下伏地层的岩性而异:如南部抱布德附近为厚 400 m 的石英质砾岩,中部水晶矿附近为厚 100 m 的中基性火山岩.而北部的雀莫错-巴格日玛一带为分别厚 22.7 和 73.2 m 的硅质岩、石英岩、流纹岩.本组中部及底部大型板状斜层理十分发育.

雀莫错组下部的紫红色石英砂岩、粉砂质泥岩中普遍夹有厚度不等的厚层状粉晶灰岩/泥晶灰岩.巴格日陇巴一带本组下部的灰岩夹层之上有厚达 455 m 的含石膏层位(包括条带状石膏层、含灰质石膏岩、角砾状石膏层),灰岩之下也有一层厚 4.9 m 的条带状石膏层.研究区以北 90 km 的乌兰乌拉湖附近及本区东南 35 km 的休冬日附近,雀莫错组下部也有层位相当的石膏层¹⁾.

雀莫错组中、上部的岩性、岩相和生物群在研究区内的变化巨大:南部的巴格日陇巴一带雀莫错组巨厚石膏层之上为厚达 1060 m 的湖泊相紫红色粉砂岩、泥岩,其 $Sr/Ba=0.08\sim0.59$, $B/Ga=2.06\sim5.78$, 表明它们属淡水沉积.其中含大量蚌类化石.而北部巴格日玛一带雀莫错组中、上部为浅海陆棚相生物碎屑灰岩、雀莫错一带则为三角洲相沉积.研究区以东约 40 km 的雁石坪一带、及东南约 120 km 的安多县布曲乡依昌玛附近雀莫错组中部也含蚌类化石^[2,5].

雀莫错组厚度变化大,研究区西南部西藏班戈县巴格日陇巴该组厚度大于 2793 m;东北部雀莫错湖附近、本组命名剖面的厚度最小,仅 736 m;巴格日玛厚 1163 m.而研究区以东约 40 km 的雁石坪附近厚度为 1616 m^[2]、江汉石油勘探开发研究院测得该剖面雀莫错组厚度达 2156.9 m¹⁾.以往一些研究者所称的雀莫错组(下文称其为雀莫错组(狭义))和玛托组分别与本文的雀莫错组下部和上部相当^[2,6,7].

1.2 布曲组(J₂b)

以往一些研究者所称的托托河组为本组的同物异名^[2,6,7].而白生海所称的托托河组含义与玛托组相同,相当于本文雀莫错组上部层位^[8].本组底界以灰

岩的大量出现为标志,并以灰岩的消失、暗红色泥岩的出现作为顶界.是本区最大海浸期产物.以碳酸盐台地(或缓坡)沉积体系为主,包括局限海台地相、开阔海台地相、台地边缘相、台前斜坡相和陆棚相等沉积.根据岩性组合特征本组可分为三段:下段为深灰色厚-中层状亮晶鲕粒灰岩、亮晶砂屑、生屑灰岩夹石英砂岩、粉砂岩及泥岩,顶部可见暴露构造.产双壳类、腕足类、有孔虫等化石;中段以灰色、暗红色薄层状钙质泥岩、粉砂岩为主夹灰色中层-薄层状泥晶生屑灰岩、泥灰岩、岩屑石英砂岩等,含少量双壳类化石,砂岩中见沙纹层理、对称波痕等构造,仅含少量双壳类化石;上段为布曲组的主体,为灰色中层状泥晶生屑灰岩、泥晶灰岩、似瘤状泥灰岩夹钙质泥岩(图 2(b)),富含双壳类、腕足类、菊石、珊瑚、有孔虫、腹足类及苔藓虫等化石(图 2(c)).南部杂古尔奴玛一带,布曲组中部夹有多层白色针状石膏层.

布曲组的岩性组合和厚度在研究区内有一定变化.温泉断裂以北的雀莫错附近,布曲组仅厚 438 m;其顶部出现石英粉砂质残余砂屑白云岩;该断裂以南地区的布曲组厚度较大,如波陵日厚 1005.8 m,而且上段的灰色深灰色泥晶灰岩、似瘤状泥灰岩所占比率大;错居日一带本组上部厚度 311 m,产丰富的菊石、双壳类、腕足类和珊瑚化石;折巴扎索玛厚 1007 m,下段上部的碎屑岩较厚,达 218 m,其间有板状交错层理.紧邻温泉断裂南侧的通纳玛布曲组厚达 2142 m.而且亮晶、泥晶生屑灰岩所占的比率大.邻区的雁石坪附近厚 1379 m^[2];温泉附近厚 533.6 m¹⁾.

1.3 夏里组(J₂x)

得名于研究区雀莫错以南约 4 km 的夏里山.底界以暗红色、灰绿色粉砂质泥岩夹砂岩大量出现为标志,与下伏布曲组区别明显.顶界以砂岩的消失和上覆索瓦组灰岩的稳定出现作为划分标志.两者为逐渐过度关系.主要为无障碍海及三角洲相沉积.岩性为暗红、灰绿色薄层状粉砂质泥岩夹薄-中层状岩屑石英细砂岩、石英粉砂岩(图 2(d)),底部及顶部夹深灰色中-厚层状生物屑泥晶灰岩、泥晶灰岩.后者产较丰富的双壳类化石(图 2(e)).砂岩及粉砂岩中发育丰富的沙纹层理及浪成波痕,常含丰富的植物化石碎片.南部折巴扎索玛一带本组下部夹数层代表河流

1) 江汉石油管理局勘探开发研究院.羌塘盆地地层划分与对比研究报告.1998



图2 研究区侏罗系岩性特征及双壳类化石保存状态

(a) 雀莫错组砾岩与下伏上三叠统鄂尔托陇巴组火山岩角度不整合接触, 格拉丹冬东; (b) 布曲组上段的中层状泥晶灰岩、似瘤状灰岩夹钙质泥岩, 青海格尔木市唐古拉山乡折巴扎索玛面第 5 层; (c) 布曲组灰岩层面的双壳类化石, 西藏安多县当玛岗南; (d) 夏里组下部基本层序, 青海格尔木市唐古拉山乡雀莫错剖面第 52 层; (e) 夏里组泥晶灰岩层面的双壳类化石, 格拉丹冬北; (f) 索瓦组泥灰岩层面的双壳类化石, 格拉丹冬北; (g) 索瓦组近顶部的薄层针状石膏层, 青海格尔木市唐古拉山乡玛巧错; (h) 雪山组上部砂岩的大型板状交错层理, 青海格尔木市唐古拉山乡达日玛剖面第 34 层

相的透镜状砾岩层, 并产少量 *Coniopsis* cf. *burejensis* (Zalessky) 等植物化石. 雀莫错一带本组上部见多层风暴岩, 波陇章巴地区该组下部夹数层石膏. 本组厚度横向变化较大, 南部的折巴扎索玛一带厚度最小, 仅 273 m, 雀莫错附近的厚度为 394 m, 波陇章巴一带厚度达 732 m. 邻近的雁石坪厚度为 607 m^[2]. 本组所含双壳类的属种分异度明显低于布曲组和上覆的索瓦组.

1.4 索瓦组(J_{2s})

创名于研究区内雀莫错以东的索瓦. 总体为混积陆棚相沉积, 以灰岩大量出现、砂岩消失与夏里组分界. 岩性以灰色泥岩、钙质泥岩、泥晶灰岩、生物屑泥晶灰岩为主, 夹灰绿色粉砂岩、粉砂质泥岩及细粒岩屑石英砂岩. 砂岩常见沙纹层理及平行层理. 灰岩产丰富的海相双壳类和腕足类化石(图 2(f)), 局部地区产菊石化石. 研究区东南约 65 km 的 114 道班索瓦组产丰富的菊石化石^[9].

研究区内索瓦组岩性及厚度变化: 中央隆起带南侧的折巴扎索玛一带陆源碎屑物质供应充足, 本组下部为灰色厚层状泥晶灰岩夹薄层状泥灰岩、钙质泥岩; 上部的碎屑岩明显增多, 为浅灰绿色薄层状粉砂质泥岩、细粒岩屑石英砂岩夹泥晶生物屑灰岩或不等厚互层. 厚度 703 m; 研究区北部以灰岩为主, 并与泥岩呈不等厚互层, 仅在底部或近顶部夹少量中层状岩屑砂岩. 在雀莫错一带, 本组厚 438 m; 底部以深灰色中层状泥晶生物屑灰岩形成的介壳滩, 上部夹较多风暴岩及数层粉晶白云岩. 达日玛一带厚度 837 m, 近顶部夹少量薄层白色针状石膏层(图 2(g)). 在研究区西部君塞附近的大型石膏矿层位也产自索瓦组. 邻区雁石坪地区索瓦组厚 670.0 m^[1].

1.5 雪山组(J_{2xs})

以往一些研究者所称的扎窝茸组与本组是同物异名^[2,6,7]. 雪山组得名于研究区以东 60 km 的温泉附近, 以三角洲相为主夹近滨相沉积, 陆棚相沉积少见, 顶部为河流相沉积. 以砂岩稳定出现、灰岩逐渐减少为本组底界, 与下伏索瓦组岩性渐变但界线清楚. 下部为灰绿、暗红色薄层状粉砂质泥岩夹灰中-厚层状石英细砂岩, 偶夹灰色厚-中层状砂屑生物屑泥晶灰岩, 局部地区见少量膏溶角砾岩及石膏层; 含海相双壳类、遗迹化石及棘皮类和腕足类化石碎片; 上部为浅灰色厚层状岩屑杂砂岩夹透镜状碳酸盐岩质细砾

岩, 砂岩中多见植物化石碎片, 发育大型板状交错层理(图 2(h)). 产少量半咸水双壳类及存疑的淡水蚌类化石碎片. 由于后期剥蚀作用, 研究区内本组出露不完整, 且厚度变化较大. 南部折巴扎索玛厚度大于 1666 m, 雪山组与上覆古近纪托托河组呈不整合接触. 北部的达日玛、雀莫错本组厚度分别为大于 1195 m 和大于 1019 m. 研究区以东的雁石坪附近本组上部产淡水蚌类化石, 厚度大于 1248 m^[2].

综上所述, 研究区内及其邻近的雁石坪地区、安多县布曲乡依昌玛等地的中侏罗统岩性基本相同, 均由三套碎屑岩(自下而上分别称雀莫错组、夏里组、和雪山组)夹两套碳酸岩(自下而上分别称布曲组、索瓦组)组成, 相互可以对比. 因此, 西藏北部、青海南部(唐古拉山)地区目前广泛采用的中侏罗统的 5 个岩石地层名称在这些地区完全适用. 大量区域地质调查和地层研究工作证实了该划分方案的可行性. 这一点与以往绝大多数研究者的意见相同^[2,3,8,10-13].

2 双壳类动物群及其地质时代

长江源头地区及其邻近地区的侏罗纪双壳类化石以往的研究比较多^[1,6,7,14-22]. 有的研究者还分别划分羌塘盆地侏罗纪双壳类化石若干组合^[2]. 在此基础上将唐古拉山地区的侏罗系划分为: 中侏罗统巴柔阶雀莫错组(狭义)、上巴柔阶玛托组、巴通阶托托河组(相当于本文的布曲组)、卡洛夫阶夏里组、上侏罗统牛津阶-基末利阶索瓦组、基末利阶-提唐阶扎窝茸组. 该划分方案被广为采纳^[3,10,12,13,20-22]. 通过对研究区 9 条实测剖面的逐层采集及在 15500 km² 范围内区域地质路线考察的系统采集、研究, 作者等共获双壳类化石 5 亚纲 35 科 79 属(亚属)188 种(亚种), (其中 44 未定种)(表 1). 对这些化石的研究结果表明, 前人所建立的双壳类化石组合在本区并不适用. 主要表现为许多组合的主要分子并不限于原先指出的特定组合内, 而且不同组合的代表性分子出现于同一层位. 根据双壳类动物群及其共同产出的菊石化石所提供的地质时代, 本文认为研究区侏罗纪地层主要为中侏罗统巴通阶-卡洛夫阶. 但不排除目前尚未发现可资鉴定化石的雀莫错组下部和雪山组上部分别包括部分巴柔阶和牛津阶的可能性. 各组双壳类化石的特征、地质时代讨论如下. 同时对以往建立的唐古拉山地区侏罗纪双壳类化石组合及其地质时代作

表 1 长江源头地区侏罗系双壳类统计表

	古栉齿亚纲			翼形亚纲			古异齿亚纲			异齿亚纲			畸铰亚纲			小计		
	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种	科	属	种
雀莫错组	0	0	0	4	7	10	2	7	12	2	2	2	1	1	1	9	17	25
布曲组	1	1	1	15	28	70	0	0	0	9	14	27	2	7	20	27	50	118
夏里组	0	0	0	8	12	18	1	1	1	5	8	14	1	1	1	15	22	34
索瓦组	2	3	7	11	20	44	1	1	1	5	8	21	4	5	8	23	39	81
雪山组	0	0	0	7	10	13	1	1	1	7	10	21	3	3	4	18	24	39
小计	2	3	8	16	38	93	3	10	15	10	19	47	4	9	25	35	79	188

简要评述.

2.1 雀莫错组双壳类

化石采自剖面 A、剖面 B、和剖面 H. 包括着两类明显不同的双壳化石群: 下部的海相双壳动物群和上部的淡水蚌类动物群. 前一类包括 *Propeamussium* (*Propeamussium*) *pumilum*, *Camptonectes* (*Camptonectes*) *auritus*, *Homomya* sp., *Placunopsis* sp., *Modiolus* cf. *qinghaiensis* (采自剖面 B 第 27 层、29 层); *Kobayashites* cf. *hayamii*, *K.* sp., *Lycettia* sp., *Modiolus* sp., *Homomya* sp.(采于剖面 H 第 20 层); *Camptonectes* (*Camptonectes*) *ex* gr. *subulatus*, *Anisocardia* (*Anisocardia*) *togtonheensis*, *Quenstedtia*? sp. (采自剖面 A 第 6 层、8 层)等, 共 8 属 11 种 (表 1). 其中, *Propeamussium* (*Propeamussium*) *pumilum*, 为世界早侏罗世晚期至中侏罗世分布很广的种, 在西藏南部见于中侏罗世早期聂聂雄拉群中组^[14]. *Camptonectes* (*Camptonectes*) *subulatus* 一种见于欧洲早侏罗世, 它的同类种见于毗邻的雁石坪附近玛托组. *Camptonectes* (*Camptonectes*) *auritus* 一种曾被国内一些研究者将它作为中国海相侏罗纪双壳类巴柔期的组合分子^[3,10,17,23]. 实际上, 该种最早出现于德国南部的 Hettangian 阶, 大量繁盛于西欧的 Aalenian-Bajocian, 在巴通阶少见, 但在卡洛阶和牛津阶重新出现并一直延续至 Volgian^[24]; 但 Hallam 认为, 该种在欧洲的延续时代为卡洛夫期-提唐期^[25]. 日本巴柔期有该种的比较种^[26, 27]; 而印度 Cutch 见于卡洛夫阶和牛津阶^[28]; 而印度西部 Kachchh 地区分布于巴柔阶-牛津阶^[29]. 由此可见, 该种在国外是中、上侏罗统常见种. 研究区的雀莫错组, 仅在巴格日玛剖面有该种极少量标本. 而在布曲组(剖面 A, G, E)、索瓦组(剖面 F, A)都十分丰富. 特别是在错居日剖面布曲组第 2 层(化石层编号 Cj~2f₁), *Camptonectes*

(*Camptonectes*) *auritus* 数量特别丰富. 与之共同产出的中、晚巴通期菊石化石除大量 *Siemiradzkia* cf. *matisonensis* (Lissajous)外, 还有 *Neuquenicerias* cf. *yokoyamai* Kobayashi and Fukada, *Procerites* sp.等种. 研究区索瓦组为卡洛夫期(见下文). 由此可见, *Camptonectes* (*Camptonectes*) *auritus* 一种在研究区内以中、晚巴通期-卡洛夫期最繁盛. 该种在唐古拉山主峰地区的时代分布情况与研究区相同^[7]. *Kobayashites* 一属最早发现于日本静川地区巴柔期 Hashirura 组^[26]. 除雁石坪地区外, 在国内外其他地区没有报道. *Kobayashites hayamii* 是根据雁石坪附近雀莫错组下部的标本建立的地方性新种, 并视作巴柔阶雀莫错组下部双壳类组合的优势种^[18]. 一般而言, 新属、新种的地质时代主要参照共同产出化石而定. 并需更多资料逐步确定其时代延续范围. 因此它们在确定地层时代方面意义不大. 首次采获并描述该种的雁石坪剖面, 与 *Kobayashites hayamii* 共同产出的主要化石为双壳类 *Protocardia hepingxiangensis*, *Astarte elegans*, *Anisocardia gibbosa* 等种^[2]. 它们在研究区大量出现于中、上巴通阶布曲组. 而且, 就双壳类而言, 属种延续时间比较长. 双壳类种的延续时间约为 15 Ma^[25]. 而中侏罗统的各阶的延续时间分别为 4.0, 3.9, 3.0 和 3.5 Ma; 下、中、上侏罗统延续的时年代分别为 24, 14.4 和 15.7 Ma^[30]. 可见侏罗纪双壳类的单个种通常只能确定到统, 而不可分辨出阶. 因此, 将 *Kobayashites hayami* 和 *Camptonectes* (*Camptonectes*) *auritus* 视作巴柔期的代表种类、并以此为主要依据, 将雀莫错组确定为巴柔阶缺乏说服力. 后一类动物群包括 *Psilunio chaoi*, *P. lateriplanus*, *P. thailandicus*, *P. sinensis*, *Lamprotula* (*Eolamprotula*) sp., *Undulatula perlonga*, *U. ptychorhyncha*, *Cuniopsis* cf. *johannisbohmi*, *Solenia tanggulaensis*, *Unio* cf.

obrustschewi, *Margaritifera isfarensis* (采自剖面 H, 第 37, 42, 51, 53, 55 层) 等 7 属 12 种. 这些蚌类化石数量众多, 单壳或双壳铰合状态保存兼有, 杂乱无章地堆积. 其中以 *Undulatula* 和 *Psilunio* 最为丰富. 该蚌类动物群常见于云南、四川、湖北等地中侏罗统巴通阶^[31].

根据雀莫错剖面及雁石坪剖面的化石, 前人建立了雀莫错组(狭义)的 3 个巴柔期海相双壳类化石组合和 1 个非海相双壳类化石组合. 自下而上依次为: *Anisocardia gibbosa*-*Protocardia truncate* 组合、*Kobayashites hayamii*-*Protocardia hepingxiangensis* 组合、晚巴柔期 *Cuniopsis sichuanensis*-*Psilounio-Lamprotula* 组合、*Corbula sinensis*-*Neomiodon yanshipingensis*-*Protocardia hepingxiangensis* 组合; 玛托组底部的晚巴柔期 *Camptonectes auritus* 组合及玛托组主体早巴通期 *Eomiodon angulatus*-*Isognomon* (*Mytiloperna*) *bathonicus* 组合^[2]. 它们后来成为一些研究者将羌塘盆地雀莫错组划归巴柔期地层的主要依据^[8,10,12,21]. 然而, 即便按照上述双壳类化石组合代表的时代, 本文及目前多数研究者所称的雀莫错组实际上包括了巴柔期和巴通期. 并不是全部都属巴柔阶. 前人所称早巴通期双壳类 *Eomiodon angulatus*-*Isognomon* (*Mytiloperna*) *bathonicus* 组合外, 雁石坪地区玛托组底部灰岩(厚 9m)所产早巴通期腕足类 *Burmishynchia gutta*-*Holcothyris subovalis* 组合进一步证实了这一点²⁾. 研究区双壳类化石分布及共同产出的菊石化石最新研究结果表明, 前人所称唐古拉山地区巴柔期、晚巴柔期双壳类化石组合的优势种及重要份子, 如 *Anisocardia gibbosa*, *Protocardia hepingxiangensis*, *Camptonectes auritus*, *Neomiodon yanshipingensis*; *Pleuromya subelongata*, *Astarte elegans*, *Ceratomya bajociana*, *Homomya gibbosa*, *Lucina* cf. *despecta*, *Gervillella orientalis* 等种^[1,2,17], 它们大量出现于研究区中、上巴通阶布曲组; *Pleuromya subelongata* 则见于长虹河剖面夏里组^[10]. 其实, *Protocardia hepingxiangensis* 和另一个组合的优势种 *Corbula sinensis* 最早均发现并广泛分布于云南兰坪-思茅地区(云龙县长新、景谷县和平乡)和平乡组. 该组原本就是巴通期而非巴柔期. 非海相蚌类 *Cuniopsis sichuanensis*-*Psilounio-Lamprotula* 组合也

是巴通期^[31]. 据此, 上述雀莫错组及玛托组底部的 4 个双壳类化石组合, 不是巴柔期而是巴通期.

综上所述, 本文将雀莫错组的时代归入中侏罗世巴通期, 很可能为早巴通期. 错居日一带上覆的布曲组所产较丰富的中、晚通期菊石化石为此提供了有力的佐证. 鉴于剖面 B 雀莫错组含 *Camptonectes auritus*, *Propeamussium* (*Propeamussium*) *pumilum* 等化石之下尚有 575 m (占该组厚度的 49.5%)、剖面 H 该组下部厚 1090 m (占该组厚度的 39%)、剖面 A 该组下部 124 m (占该组厚度的 17%) 的层位迄今没有找到化石. 因此, 目前还不能确定它们的时代. 不排除它们包含部分巴柔期沉积的可能性.

2.2 布曲组双壳类

布曲组是研究区中侏罗世双壳类最为繁盛、属种分异度最高的层位. 化石采自研究区剖面 A, C, E, G, I 及 10 个地质点, 共 27 科 50 属 118 种. 该动物群的特点是翼形亚纲(*Pteriomorphia*)特别发育, 属种数占总数的一半以上, 达 15 科 28 属 70 种(图 3, 4). 其中包括常见于巴通期的种 *Camptonectes* (*C.*) *lameinatus*, *Isognomon* (*Mytiloperna*) *patchamensis*, *I. (M.) bathonicus*, *Acromytilus bathonicus*, *Protocardia strickland* 也有少量国外巴柔期或巴柔期最常见的种 *Ceratomya bajocina*, *Quenstedtia oblita*, *Pleuromya subelongata*, *Gervillella orientalis*, 数量较多的 *Anisocardia gibbosa*, 以及大量中侏罗世常见种 *Camptonectes* (*Camptonectes*) *auritus*, *Liostrea birmanica*, *Ceratomya undulate*, *C. concentrica*, *Grammatodon* (*Grammatodon*) *clathratum*, *Radulopecten tipperi*, *Protocardia hepingxiangensis* 青藏高原地区中侏罗世的本土种 *Pinna tibetica*, *P. nyainrongensis*, *Liostrea jiangjinensis*, *L. zadoensis*, *Lopha maliensis*, *L. baqensis*, *Entolium nienixionglaensis*, *Praeexogyra* cf. *acaminata*, *Radulopecten shuanghuensis*, *Gervillella qinghaiensis*, *Pteria problematica*, *Modiolus* (*Modiolus*) *trigonus*, *Mactrom yaqinghaiensis*, *Neomiodon yanshipingensis*, *Anisocardia* (*Anisocardia*) *togtonheensis*, *A. (Antiquicyprina)* *trapezoidalis*, *Pholadomya socialis qinghaiensis* 等. 此外, 还有少量以往认为主要分布于晚侏罗世牛津期-基末利期的种 *Myopholas multicostata*. 本次研究在剖面 G 及该剖面

2) 史晓颖. 青藏侏罗纪腕足类研究. 博士学位论文. 北京: 武汉地质学院北京研究生院, 1987

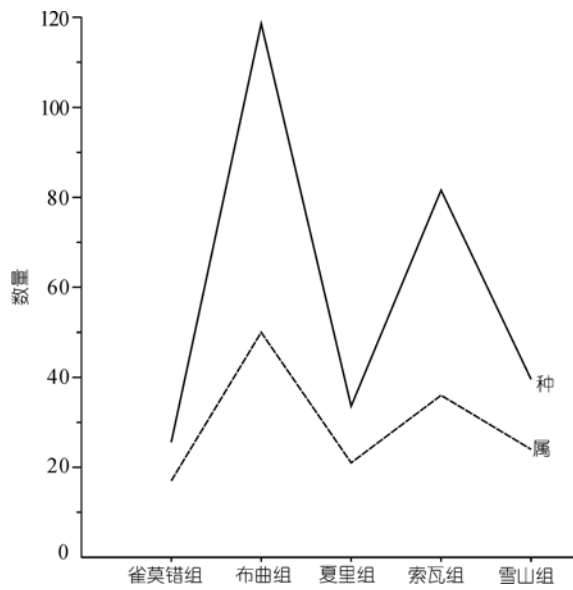


图3 研究区侏罗系双壳类属种丰度曲线

东侧约 500 m 处的布曲组上段灰岩中采收丰富的中、晚巴通期菊石化石 *Choffatia* cf. *vicenti*, *Neuqueniceras* cf. *yokoyamai*, *Siemiradzka* cf. *matisonensis*, *Procerites* sp.等^[9]. 它们与上列的部分双壳类共同产出. 据此, 将布曲组划归中、上巴通阶. 因此, 前人所建的托托河组双壳类 *Radulopecten vegans*-*Anisocardia beaumonti* 组合属于中、晚巴通期^[2].

2.3 夏里组双壳类

绝大多数采自剖面 D, 少量来自剖面 A. 属种分异度明显低于布曲组, 共计 15 科 22 属 34 种(图 3, 表 1). 该组双壳类以 *Radulopecten*, *Pteroperna*, *Corbula*, *Corbicellopsis*, *Astarte*, *Anisocardia* 等属较为繁盛. 其中 *Radulopecten vagans* 是欧洲巴柔-巴通期常见种. *Protocardia stricklandi* 在欧洲分布于巴通期, 也是我国青海格尔木市唐古拉乡、西藏安多等地中侏罗世常见分子^[15,32], *Astarte elegans* 原产于英国巴柔期, 欧洲分布于托阿尔期-卡洛夫期, 在青海唐古拉地区及西藏聂荣、安多等地产于中侏罗统^[1,15], *Pteroperna costatula* 见于英国、法国中侏罗统巴通期, 我国青海雁石坪、西藏安多、聂荣等地出现于中侏罗统^[15,19]. 此外, 还有大量见于中国中侏罗世的地方性种, 如 *Gervillella quinghaiensis*, *Costigervillia minima*, *Liostrea jiangjinensis*, *Vaugonia* cf. *yanshipingensis*, *Protocardia quinghaiensis*, *Unicardiopsis amdoensis*, *Corbula yanshipingensis* 等. 据此, 夏里组双壳类时代为属中侏罗世晚巴通期-早卡洛夫期. 研究区周围夏里组丰富的晚巴通期-早卡洛夫期菊石 *Wagnericeras*, *Homoeoplanulites*, *Neuqueniceras*, *Oxycerites orbis* (Giebel), *Macrocephalites* cf. *macrocephalus* (Schlotheim)等^[9,10]提供了有力的佐证.

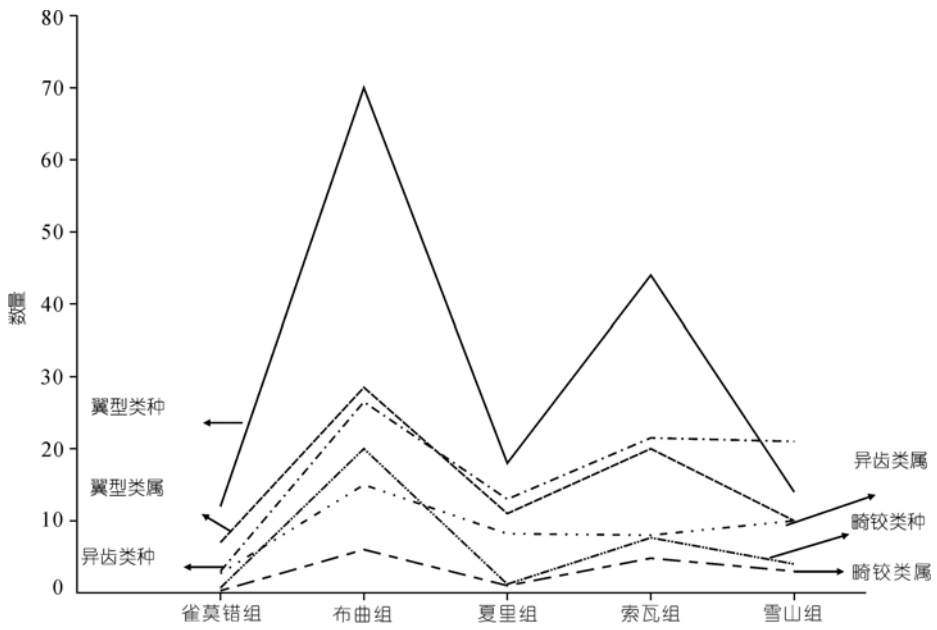


图4 研究区侏罗系翼形类、异齿类及畸铰类属种丰度变化曲线

2.4 索瓦组双壳类

从剖面 A, F, I 及 8 个地质点采集. 化石数量丰富、属种分异度高. 共有 23 科 39 属 81 种(包括 18 未定种). 其繁盛程度仅次于布曲组(图 3, 表 1). 主要特点是海扇类发育, 以 *Camptonectes* 和 *Radulopecten* 最为繁盛(图 5). 其次, 古栉齿类相对发育, 共 3 属 7 种. 是研究区发现该类化石的最多的层位. 此外 *Miyagipecten*, *Placunopsis*, *Gervillella*, *Plagiostoma*, *Pseudolimea*, *Lopha*, *Liostrea*, *Protocardia*, *Astarte*, *Anisocardia*, *Amiodon*, *Pseudotrapezium*, *Homomya*, *Myopholas* 等属常见、数量众多. 该组双壳类中既有 *Camptonectes auritus*, *C. laminata*, *Radulopecten vagans*, *R. tipperi*, *Propeamussium (Propeamussium) pumilium*, *Gervillella siliqua*, *Protocardia stricklandi*, *Placunopsis duriuscula*, *Astarte elegans*, *Amiodon khoratensis* 等巴柔期-巴通期常见种; 也有卡洛夫期或中侏罗世的 *Grammatodon (G.) clathrotum*, *Liostrea birmanica* 等种. 此外, 有 17 种青藏地区中侏罗世的本土种. 索瓦组已鉴定到种名的 64 种中, 有 35 种(约占 55%)也见于本区中、晚巴通期布曲组. 其中, *Pinna lanceolatus*, *Radulopecten tipperi*, *R. vagans*, *Camptonectes auritus*, *Gervillella qinghaiensis*, *Pseudolimea duplicata*, *Liostrea jiangjinensis*, *Modiolus imbricatus*, *Protocardia stricklandi*, *Mactromya qinghaiensis*, *Anisocardia (Anisocardia) cf. channoni*, *A. (Antiquipryna) trapezoidalis*, *Amiodon fengdengensis*, *Pseudotrapezium cordiforme*, *Homomya gibbosa*, *Pleuromya aldumi* 等 16 种(占已定种名的 25%)与中、晚巴通期菊石共生. 然而它们大多出现于中侏罗世, 并非巴通期特有种类. 据此, 将索瓦组归入中侏罗世卡洛夫期. 上述结论得到了菊石化石的进一步证实. 赤布张湖西北 22 km “中侏罗统雁石坪群上部”产外形和侧面装饰与 *C. petitielerci* Jeannot 比较相近的晚卡洛维期菊石 *Collotia* sp.^[9,33]. 2000~2002 年进行的 1:25 万赤布张错幅区域地质调查结果表明, 上述菊石化石产地附近分布的地层为索瓦组.

前人建立的雁石坪地区索瓦组 3 个双壳类化石组合, 自下而上称 *Corbicellopsis laevis-Modiolus bipartitus*, *Radulopecten fibrosus-Gervillella aviculoides*, *Myopholas multicostata-Entolium corneolum*. 并据此将该组划归上侏罗统牛津阶-基末利阶^[2]. 研究区的双壳动物群面貌与雁石坪地区的存在一定差异. 雁石坪地区的索瓦组下部及中上部的双壳类化石中,

只有 *Corbicellopsis laevis*, *Radulopecten fibrosus* 2 种分别在研究区的夏里组和索瓦组发现, 其余的大部分种, 如下部的 *Lopha gregarea*, *Isognomon mytiloides*, *Modiolus bipartitus*, *Myophalus douvillei*, *Pteroperna cf. polydon* 和中上部的 *Gervillella aviculoides*, *Thracia depressa*, *Astarte nummus*, *Chlamys (Radulopecten) mides* 等在研究区都没有发现. 但是, 被认为是欧洲基末利期的索瓦组顶部组合的优势种 *Myopholas multicostata* 和另一优势种 *Entolium corneolum* 都大量出现于在研究区布曲组和夏里组. 后一种还与中、晚巴通期菊石共同产出. 据此, 本文认为上述雁石坪地区索瓦组顶部的 *Myopholas multicostata-Entolium corneolum* 组合并不是晚侏罗世牛津期-基末利期, 而是中侏罗世.

研究区以西的双湖托拉木地区索瓦组产丰富的双壳类化石, 建有 *Myopholas multicostata-Protocardia stricklandi-Chlamys (Radulopecten) vagans* 组合带. 组合以中侏罗世常见种类为主. 鉴于 *Myopholas multicostata* 是晚侏罗世的主要带化石之一, 故将其时限确定为卡洛夫期-基末利期^[22]. 然而, 如上文所述, *Myopholas multicostata* 大量出现于研究区布曲组和夏里组, 表明该种在该地区中侏罗世巴通期-早卡洛夫期就已经相当繁盛. 因此, 至少在羌塘盆地它不能作为晚侏罗世的带化石. 此外, 托拉木地区索瓦组双壳类化石组合带的另一命名带化石(优势种) *Protocardia stricklandi* 和组合主要分子 *Radulopecten tipperi* 均被视为羌塘盆地北部马料山地区巴通阶布曲组双壳组合的带化石(优势种)^[20]. 而另一命名带化石 *Chlamys (Radulopecten) vagans* 则被认为是雁石坪地区巴通期布曲组双壳组合的优势化石(优势种)^[2]. 此外该组合其他成员如 *Astarte cf. elegans*, *Entolium demissum*, *Lopha cf. costata*, *Modiolus cf. imbricatus*, *Pholadomya carina*, *Arcomytilus cf. bathonicus*, *Pseudotrapezium cordiforme* 等都是国内外巴柔期-巴通期常见分子. 据此, 本文认为托拉木地区索瓦组的双壳类化石组合时代应为中侏罗世卡洛夫期, 并不包括晚侏罗世牛津期-基末利期.

研究区以南约 65 km 的西藏安多县青藏公路 114 道班附近索瓦组产 5 层菊石化石层, 上部层位的菊石为(早)卡洛夫期, 下部的大多为晚巴通期^[9]. 它们与研究区内错居日布曲组的中、晚巴通期菊石化石并不完全相同. 此外, 安多县青藏公路 114~115 道班中侏

罗统雁石坪群上部产菊石 *Kellawausites* sp., *Dolicephalites* sp.^[33]. 其后, Westermann 和 Wang^[34]将它们分别改定为 *Reinenckeia* sp. 和 *Macrocephalites* sp., 补充描述了新发现的 *Choffatia* cf. *funata* (Oppel) 一种, 并指出该处含化石地层可能为中卡洛夫期. 可见该地区的索瓦组包括了中卡洛夫阶. 地层分区上, 青藏公路 114 道班附近属于南羌塘地层分区, 侏罗系岩性特征与研究区存在一定差异. 但从上述菊石化石时代分析, 其层位可能与赤布张错湖西北地区含菊石的索瓦组相当.

2.5 雪山组双壳类

该组中下部的海相双壳类化石采自剖面 A, F 和 I, 共 18 科 24 属 39 种(包括 13 未定种). 其中有国外巴柔期、巴通期及卡洛夫期常见的种如 *Bakevella waltoni*, *Gervillella orientalis*, *Quenstedtia* cf. *oblita*, *Astarte* cf. *elegans*, *Pleuromya uniformis*, *Protocardia stricklandi*, *Pseudolimea duplicata*, *Modilus* (*Modiolus*) *imbricatus* 等; 也有卡洛夫期-牛津期的种 *Placunopsis duriuscula* 和以往见于欧洲巴柔期-提唐期的种 *Corbicellopsis laevis*. 另有青藏高原地区中侏罗世常见的本土种: *Meleagrionella nienixionglaensis*, *Quenstedtia* cf. *dingriensis*, *Lopha maliensis*, *Miyagipecten laevis*, *Gervillella qinghaiensis*, *Protocardia qinghaiensis*, *Macromya qinghaiensis*, *Astarte togtonheensis*, *Anisocardia* (*Anisocardia*) *togtonheensis*, *Anisocardia* (*Anitiquicyprina*) *trapezoidalis quadrata*, *Tancredia triangularis* 等 11 种(亚种), 它们的数量较多. 其中前 2 种最早发现于藏南定日、聂拉木等地的中侏罗统^[14, 32], 其余 9 种中, 除 *Lopha maliensis* 首见于西藏东部洛隆上巴柔期-下卡洛夫期柳湾组下部外^[35], 其余各种是首先发现于青海南部托托河上游地区、雁石坪及西藏安多土门等地中侏罗统^[15]. 上述 11 种本土种在研究区其余各组的分布情况为: 7 种也见于研究区雀莫错组、布曲组和夏里组; 1 种也见于索瓦组. 只有 *Meleagrionella nienixionglaensis*, *Quenstedtia* cf. *dingriensis*, *Tancredia triangularis* 等 3 种仅产于雪山组. 其次, 在已确定种名的 15 种非本土种中, 除 2 种只分布于雪山组外, 其余 13 种也出现于本区的布曲组和夏里组. 而且 *Pseudotrapezium cordiforme* 是藏东洛隆县马里地区上巴柔阶-下卡洛夫阶柳湾组下部双壳类化石组合的优势种^[35], 而它在欧洲分布于上托阿尔阶-中牛津阶^[25]. 综上所述,

雪山组已确定种名的 26 种中, 有 19 种(占 73%)出现于在研究区中侏罗统巴柔期-巴通期的雀莫错组、布曲组和夏里组, 其中 *Mactromya qinghaiensis*, *Anisocardia* (*Anitiquicyprina*) *trapezoidalis quadrata*, *Pseudolimea duplicata*, *Protocardia stricklandi*, *Pseudotrapezium cordiforme*, *Pholadomya carinata* 等 6 属 6 种(占 23%)与中晚巴通期菊石共同产出; 另有 1 种(约占 4%)出现于卡洛夫期索瓦组. 可见, 该组双壳类 77% 是国内外中侏罗世的常见的种. 只有 *Corbicellopsis laevis* 见于欧洲巴柔期-提唐期. 据此, 将含上述海相双壳类的雪山组下部归入中侏罗统, 可能为上卡洛夫阶. 但是, 本次研究在含上述海相双壳类化石的层位之上, 即雪山组的主体部分(在剖面 A, F 和 H 分别占该组厚度的 64%, 46% 和 89%), 没有找到化石或只有少量保存较差、难以确切定名的化石碎片. 目前虽然将其划归中侏罗统, 但不排除这部分地层包括部分上侏罗统牛津阶的可能.

3 双壳类与沉积环境

长江源头地区中侏罗统以陆缘海浅海相碎屑沉积为主. 各组的沉积环境变化较大、而且稳定性差. 双壳类动物群清楚地反应了这些变化. 本文着重讨论双壳类分布、发育与沉积相的关系.

双壳类对生存环境的适应能力较强, 但研究区侏罗纪双壳类化石的分布、发育程度(分异度)等仍然明显受到沉积环境、沉积相的控制. 总体来说, 以前滨相、近滨相和三角洲沉积体系为主的雀莫错组、以无障壁海及三角洲沉积体系为主的夏里组和以三角洲沉积体系和近滨相为主的雪山组所含双壳类的属种分异度明显低于碳酸盐台地(缓坡)沉积体系(包括局限台地相、开阔台地相、台地边缘滩相、台前缓坡相和陆棚相等)为主的布曲组双壳类分异度. 而兼有陆棚相、前三三角洲相、三角洲前缘相索瓦组双壳类分异度介于两者之间(图 3).

双壳类 5 亚纲中, 翼形亚纲在研究区最发育, 属、种数量分别占总数的 47.5%, 49.2%. 其属种分异度在各组的差异比其余各亚纲明显(图 4, 表 1). 其中, 表生足丝附着、通常接近正常盐度的海扇超科 (*Pectinacea*) 的变化最为突出. 该超科的属种分异度以布曲组和索瓦组最高、而雀莫错组和雪山组最低(图 5). 异齿亚纲的发育程度次之: 属种数分别占总数的

23.75%, 24.86%; 其中以帘蛤目(Veneroida) Astartidae 的 *Astarte*, Cardiidae 的 *Protocardia* 和 Arcticiidae 的 *Anisocardia* 最繁盛, 广泛分布于除雀莫错组外的其他各组, 而且数量众多, 表明它们对不同的沉积环境有着较强的适应能力; 畸铰亚纲包括 4 科 10 属 26 种. 其中, 笋海螂超科(Pholadomyacea)的属种分异度在各组的差异较明显(图 6). 现生种通常生存于深水的 *Pholadomya* 一属, 在研究区共有 3 个种. 它们几乎只产出于布曲组. 在剖面 G 大量出现, 并与丰富的菊石、腕足类等化石共同产出. 但雪山组也有少量 *P. cf. carinata*. 古栉齿亚纲、古异齿亚纲特别不发育, 前者几乎只出现于索瓦组, 后者仅以非海相蚌类为代表.

研究区内一些种类的分布还显示出对沉积相的选择性. 如 *Mesosacella*, *Pinna*, *Entolium*, *Lucina*, *Isognomon* (*Mytiloperna*), *Lopha*, *Pholadomya*, *Ceratomya*, *Inoperna* 等属几乎只出现于碳酸盐台地(缓坡)沉积体系. *Camptonectes*, *Radulopecten*, *Miyagipecten*, *Placunopsis*, *Liostrea*, *Plagiostoma*, *Pseudolimea*, *Arcomytilus*, *Modiolus*, *Protocardia*, *Astarte*,

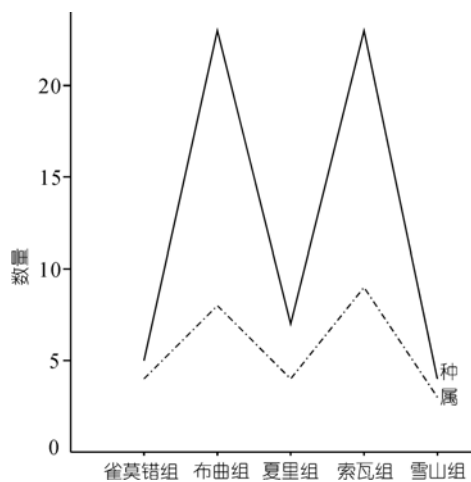


图 5 研究区侏罗系海扇超科属种丰度变化曲线

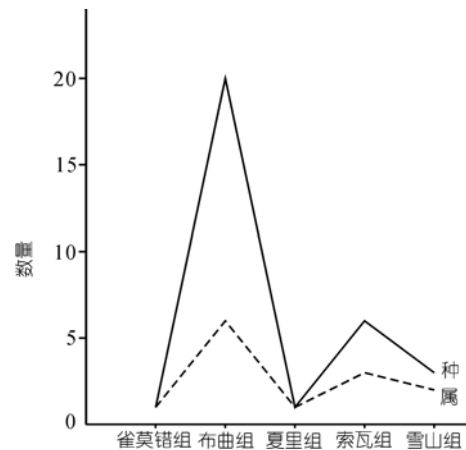


图 6 研究区侏罗系海扇超科属种丰度变化曲线

Anisocardia, *Quenstedtia*, *Mactromya*, *Myophalus*, *Pleuromya* 等在碳酸盐台地(缓坡)沉积体系和泻湖沉积体系都很繁盛. 而 *Bakevella*, *Gervillella*, *Costiger-villia*, *Kobayashites* 等属主要分布于泻湖沉积体系.

4 结论

(1) 长江源头地区侏罗系包括雀莫错组、布曲组、夏里组、索瓦组和雪山组, 根据所含双壳类、菊石化石, 将它们分别划为中侏罗世早巴通期、中晚巴通期、晚巴通期-早卡洛夫期、卡洛夫期和晚卡洛夫期. 尚未发现可资鉴定化石的雀莫错组下部及雪山组上部, 可能分别包括部分巴柔期和牛津期沉积.

(2) 研究区中侏罗统各组均含有层数多、厚度不等、横向延伸不长的石膏层. 众多层位石膏层的形成, 可能和中侏罗世该区障壁发育进而形成大小不等的泻湖、以及气候干燥等因素有关. 而一旦淡水大量注入, 个别泻湖便发育成为适宜蚌类生存的淡水湖泊.

(3) 研究区在巴通期是持续海浸过程, 而且海侵最广、海水正常(最深)时期. 而包括西藏南部在内的冈瓦那北缘地区, 巴通期普遍是海退^[23,36-38]. 表明本区巴通期的海水进退规程与全球不完全同步.

致谢 武汉地质矿产研究所白云山、卜建军、甘金木、段万均、曾波夫等参加了野外考察, 中国地质大学(北京)阴家润教授鉴定菊石化石, 审稿人提出修改建议, 一并致谢.

参考文献

- 1 阴家润. 唐古拉山北坡雁石坪群巴柔期双壳类动物群. 地质论评, 1988, 34: 439-447

- 2 杨遵仪, 阴家润. 青海南部侏罗纪地层问题讨论. 现代地质, 1988, 2: 278–292
- 3 青海省地质矿产局. 青海省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997. 275–287
- 4 陈文西, 王剑. 晚三叠世-中侏罗世羌塘盆地的形成与演化. 中国地质, 2009, 36: 682–691
- 5 阴家润, 史晓颖, 周志广, 等. 青海唐古拉地区非海相双壳动物群及其古环境分析. 地球科学——中国地质大学学报, 1993, 18: 369–379
- 6 Yin J, Fursich F T. Middle and Upper Jurassic bivalves from the Tanggula Mountains, W-China. Beringeria, 1991, 4: 127–192
- 7 Sha J, Fursich F T, Smith P L. Palaeotaxodonta, Pteriomorpha, and Isofilibranchia (Bivalvia) from the Jurassic of main ridge of the Tanggula Mountains Qinghai-Xizang Plateau, China. Beringeria, 1998, 21: 3–55
- 8 白生海. 青海南部海相侏罗纪新认识. 地质论评, 1989, 35: 529–536
- 9 阴家润. 西藏北部安多地区中侏罗统(巴通阶-卡洛夫阶)菊石. 古生物学报, 2005, 44: 1–16
- 10 李永铁, 罗建宁, 卢辉南, 等. 青藏高原地层. 北京: 科学出版社, 2001. 111–114, 262–293, 439–440
- 11 姚华舟, 段其发, 牛志军, 等. 赤布张错幅地质调查新成果及主要进展. 地质通报, 2004, 23: 530–537
- 12 张尚锋, 张昌民, 胡明毅, 等. 西藏羌塘盆地侏罗系基准面变化及沉积充填响应. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2008, 34 (增刊 II): 131–138
- 13 夏国清, 伊海生, 黄华谷, 等. 北羌塘盆地中侏罗世布曲组缓坡相及沉积演化. 岩性油气藏, 2009, 21: 29–34
- 14 文世宣, 蓝琇, 陈金华, 等. 珠穆朗玛地区的瓣鳃类化石. 见: 珠穆朗玛地区科学考察报告(古生物)(3). 北京: 科学出版社, 1976. 1–125
- 15 文世宣. 侏罗纪瓣鳃类. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所、青海地质科学研究所, 编著. 西北地区古生物图册: 青海分册(1). 北京: 地质出版社, 1979. 278–314
- 16 文世宣. 帕米尔和喀拉昆仑地区一些侏罗纪双壳类. 见: 文世宣, 主编. 喀拉昆仑山-昆仑山地区古生物. 北京: 科学出版社, 1998. 309–325
- 17 阴家润. 关于岔线海扇 *Camptonectes* 的亚属和一些种的讨论. 青藏高原地质文集 18. 北京: 地质出版社, 1987. 70–80
- 18 阴家润. 唐古拉山北坡侏罗纪双壳类化石新材料. 现代地质, 1987, 1: 327–337
- 19 阴家润. 论双壳类的 *Pteroperna* 及其模式种 *Pteroperna costatula* (Deslongchamps). 古生物学报, 1987, 26: 716–720
- 20 赵兵, 伊海生, 林金辉, 等. 羌塘盆地北部马料山侏罗纪布曲组地层古生物及沉积环境. 地质通报, 2002, 21: 415–420
- 21 陈兰, 伊海生, 胡瑞忠, 等. 羌塘盆地侏罗纪双壳类化石组合及古环境. 成都理工大学学报(自然科学版), 2005, 32: 466–473
- 22 赵兵, 陈海霞. 西藏双湖托拉木地区侏罗系索瓦组地层古生物. 成都理工大学学报(自然科学版) 2009, 2: 177–181
- 23 王乃文. 中国侏罗纪特提斯地层学问题. 青藏高原地质文集 3. 北京: 地质出版社, 1983. 62–86
- 24 Johnson A L A. The palaeobiology of the bivalve families Pectinidae and Propeamussiidae in the Jurassic of Europe. Zitteliana, 1984, 11: 1–235
- 25 Hallam A. Stratigraphic distribution and ecology of European Jurassic bivalves. Lethaia, 1976, 9: 245–260
- 26 Hayami I. Some pelecypods from the Upper Aratoraki Formation including a new genus *Kobayashites*. Trans Proc Palaeont Soc Japan (N.S.), 1959, 35: 138–141
- 27 Hayami I. A systematic survey of the Mesozoic Bivalvia from Japan. Bull Univ Mus Tokyo, 1975, 10: 1–299
- 28 Kanjilal S. Jurassic *Camptonectes* (Bivalvia) from the Habo Hill, District Kutch (Gujarat), W. India. J Moll Stud, 1979, 45: 115–124
- 29 Singh C S P, Jaitly A K. Studies on the Jurassic pectinid clams from Kaladongar Hill, Pachhham Island, Kachchh. J Palaeont Soc India, 1983, 28: 43–49
- 30 Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G, et al. A new geologic time scale with special reference to Precambrian and Neogene. Episodes, 2004, 27: 83–100
- 31 马其鸿, 陈金华, 蓝琇, 等. 云南中生代瓣鳃类化石. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所, 编. 云南中生代化石(上册). 北京: 科学出版社, 1976. 161–386
- 32 文世宣. 西藏侏罗纪双壳类. 见: 中国科学院青藏高原综合科学考察队, 编. 西藏古生物: 第四分册. 北京: 科学出版社, 1982. 225–254
- 33 王义刚, 郑勾官, 陈国隆. 头足类. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所、青海地质科学研究所, 编著. 西北地区古生物图册: 青海分册(1). 北京: 地质出版社, 1979. 3–59
- 34 Westermann G E G, Wang Y. Middle Jurassic ammonites of Tibet and the age of the Lower Spiti Shales. Palaeontology, 1988, 31: 295–339
- 35 童金南. 西藏东部洛隆马里侏罗纪双壳动物群分析. 青藏高原地质文集 18. 北京: 地质出版社, 1987. 93–111
- 36 McGee Jr G R, Bayer U. The local signature of sea-level change. In: Bayer U, Seilacher A, eds. Sedimentary and Evolutionary Cycles. Berlin: Springer-Verlag, 1985. 98–112
- 37 Hallam A. Phanerozoic Sea-level Changes. New York: Columbia University Press, 1992. 1–266
- 38 Hallam A. A review of the broad pattern of Jurassic sea level changes and their possible causes in the light of current knowledge. Palaeogeogr Palaeoclimat Palaeoecol, 2001, 167: 23–37