

文章编号:1000-0550(1999)增-0691-08

云南保山地区丁家寨组沉积环境及下部含砾层成因的再认识^①

周志澄¹ 方宗杰¹ 王玉净¹ 肖荫文²

1(中国科学院南京地质古生物研究所 南京 210008) 2(云南省地质局区调队 云南玉溪 653100)

摘要 丁家寨组的沉积特征表明,自二叠纪初阿赛尔期至萨克马尔期在云南保山地区为一持续的海进过程,其下部含砾层可分成两种成因类型:滨海相成因的下部砾岩层和碎屑流成因的上部角砾状灰岩层。文章就丁家寨组在横向上的展布特点和纵向上岩相变化规律以及其中所含的海相化石等,对含砾层的各种冰川成因说提出了质疑,并用翔实的资料对区内冰川成因说的重要证据(条痕石、落石、三重序列、冰缘海生物群)提出否定意见。

关键词 丁家寨组合砾层 滨海相 碎屑流 冰海相

第一作者简介 周志澄 男 1943年9月生 研究员 沉积学 遗迹学专业

中图分类号 P588.2 **文献标识码** A

丁家寨组由云南省地质局区调队^②(1980)在1:20万保山幅中创立,标准剖面在施甸由旺大坡脚(即丁家寨),时代定为晚石炭世。杨宗仁^[1]认为丁家寨组属 *Triticites* 带,由下而上组成较完整的海进旋回,为正常的滨海—浅海相沉积。而后,段新华等^③提出丁家寨组属冈瓦纳相地层的观点,认为丁家寨组下部含砾层为冰海相成因,晚古生代时保山地区仍为冈瓦纳大陆的组成部分。后来不少学者^[4,5,10,16,19,20,43]相继发表文章,对丁家寨组的时代及下部含砾层的成因提出了各自的观点。笔者曾对丁家寨组的沉积环境及下部含砾层的成因进行过探讨^[6]。1997年,我们再度对保山附近的金鸡剖面及施甸由旺丁家寨剖面进行研究,根据对蜓、腕足类和孢粉的最新研究成果,确定丁家寨组的时代为早二叠世 Asselian 期至 Sakmarian 期^[3]。此外,在金鸡剖面丁家寨组下部发现了新的遗迹化石^[9],获得了新的有关含砾层结构、构造方面的地质资料,这些都有助于进一步了解丁家寨组的沉积环境及下部含砾层的成因。

本文试图在以往工作基础上,结合新获得的地质资料,广泛收集并综合分析国内外有关文章,从各

个方面对丁家寨组的沉积环境,尤其是下部含砾层的成因作进一步讨论,以期引起有关学者的注意。

1 丁家寨组沉积环境及下部含砾层的岩石学特征

丁家寨组和下伏铺门前组之间为一沉积间断面,缺失了整个晚石炭世的沉积。施甸由旺丁家寨剖面的丁家寨组基本上可分成三段。下段为含砾层,厚度达35m,分成下、上两层:下层以含有砾石的粉砂质泥岩、泥质粉砂岩为主,砾石成分主要为泥质粉砂岩、岩屑砂岩和石英岩,砾石呈卵形或椭圆形,具较好的磨圆度;上层为灰色角砾状泥质灰岩,块状产出,层理不清楚,砾石大小相差较大,缺乏分选,成分以灰岩为主,角砾状。碳酸盐微相研究表明,灰岩砾石的碳酸盐微相特征与下伏铺门前组基本一致,表明前者来源于后者,基本上属于原地成因。中段为粉砂岩和黑色页岩、泥岩,含遗迹化石 *Palaeophycus* sp., *Taenidium serpentinum*?。上段中下部为泥质粉砂岩夹生物碎屑灰岩,含丰富的生物化石,包括腕足类、珊瑚、海百合、苔藓虫、有孔虫、蜓类、管壳石、软体等,在顶部紫红色泥岩中,产有遗迹化石 *Den-*

① 国家自然科学基金项目(编号:49672147)研究成果之一

② 云南省地质局. 中华人民共和国区域地质调查报告, 1:20万保山幅, 1980. 73~74

③ 段新华, 孙诚, 蓝朝华等. 云南西部下冈瓦纳相地层及古生物. 云南区调队报告, 1983.

收稿日期:1998-10-21 收修改稿日期:1999-03-17

drotichnium sp., *Palaeophycus* sp., *Taenidium serpentinum* 和 *Dendrotichnium* sp. 可归属于 *Cruziana* ichnofacies。根据岩相和遗迹化石分布特征,丁家寨组由下至上可划分出局限台地边缘相、局限台地泻湖相、开阔海砂坝、浅滩相、浅海盆地相和开阔海台地相^[8]。保山金鸡剖面丁家寨组下段的底部为黄褐色细砂岩,向上为含砾层,仅厚 1 m 左右,与施甸丁家寨剖面相比较,含砾层的双层结构更为明显:下部砾岩层为泥质胶结,较为疏松,砾石成分由比较坚硬的、耐磨的石英砂岩、硅质岩、火成岩组成,磨圆度中等到较好,大小相差不大,厚度为 24 cm;上部角砾状层岩中的砾石主要由灰岩组成,厚度为 28 cm。中、上段主要由泥岩、泥质粉砂岩组成,缺少灰岩沉积,底部产有遗迹化石古藻迹(未定种)(*Palaeophycus* sp. B)和金鸡蒂索迹(*Tisooa jinjiensis*)。具有垂直栖管构造的 *Tisooa jinjiensis* 和 *Arenicolites* 的形态相似,可归属于 *Skolithos* 遗迹相,表明丁家寨组下部的沉积环境为具有松软底质的滨海高能环境^[30]。尽管保山金鸡剖面和施甸由旺剖面两地的丁家寨组在岩相上有不同程度的差异,但沉积相和遗迹相序列表明,自二叠纪初阿赛尔期至萨克马尔期在保山地区为一持续的由滨海相向浅海相过渡的海进过程。

作为冈瓦纳相地层重要佐证之一的丁家寨组下部含砾层的成因,为许多地质工作者所关注,不少学者将含砾层与冈瓦纳冰川活动相联系,但在具体沉积相类型的解释上却大相径庭,甚至是相互矛盾的。例如,曹仁关^[19]认为丁家寨组下部的含砾层属滨海相,但其中含冰川漂砾;范建才等^[10]将下部含砾层归入陆相范畴(冰前冰湖相、冰川堆积相);金小赤^[43]认为丁家寨组沉积于海相环境,杂砾岩是经块体流改造而再沉积的冰碛物;梁定益等^[20]则认为从石炭纪至早二叠世海水从未撤离过保山地区,甚至丁家寨组下伏的假整合面也是在海面下造成的。分歧之大,由此可见一斑。根据最近对丁家寨组中三个门类(蜓、腕足类、孢粉)化石的研究,可以充分确认其时代为早二叠世,所谓再沉积化石,实为错误的化石鉴定所致^[3]。因此,保山地区缺失了整个上石炭统。很难想象,在此期间保山地区一直处于水下,又未留下任何沉积记录或反映水下沉积间断的硬底构造,将如此长时间的沉积间断解释为海平面之下的缺失,似乎过于牵强。再者,据笔者实地观察,这一假整合面并非如梁定益等^[20]所述那么平整,而是明显呈波状起伏;1:20 万保山幅亦指出接触面不平

整,且常有粘土、铁质物充填。种种证据表明。当时保山地区曾经处于地壳隆升状态。鉴于丁家寨组及其下伏铺门前组或更老地层在产区均保存良好,如果此时保山地区仍属冈瓦纳大陆或其边缘的组成部分,并发育有冰川活动,就应当能保存冰川活动的遗迹,如基岩擦面之类。然而,除丁家寨组之下保存有清晰的假整合接触关系外,迄今并未发现任何可证明冰川活动存在的遗迹,而此类遗迹却广见于真正的冈瓦纳地区。

关于丁家寨组下部含砾层的成因问题,笔者认为,含砾层的下部砾岩层或含砾砂岩层和上部角砾状灰岩层之间,在岩石组成成分、胶结物和胶结程度、结构构造特点等方面,有着本质上的差异,它们分属不同地质作用下的产物,必须区别开来,下部砾岩层属正常的滨海相成因,而上部角砾状灰岩层则为碎屑流成因^[8]。尹集祥^[5]也注意到这两种砾岩的差异,称之为含砾泥质灰岩和含砾砂岩,并指出它们在剖面上互不相混。这两层砾岩在横向上变化颇大,在不同地区的发育程度也各不相同。以金鸡剖面和由旺剖面为例,前者下部砾岩层较发育,上部角砾状灰岩层较不发育;后者则恰恰相反,下部砾岩层较不发育,而角砾状灰岩层较发育。由施甸由旺向南至永德勐汞空送寨^[22]及耿马河外小新寨剖面,砾岩层相变为含砾砂岩,砾石含量只有 3%~5%。据笔者推测,下部滨海相砾岩层的发育与古地理位置有关,靠近河流入海口,砾石来源比较丰富,砾岩层比较发育。角砾状灰岩层横向上变化较大,往往短距离内就发生明显变化,其发育程度主要取决于古地貌特点,由碎屑流所产生的角砾状灰岩主要在水道内发育。纵向上详细研究含砾层的结构构造特点和横向上了解它的空间展布特点,对于客观地解释含砾层的成因不无裨益。

范建才等^[10]注意到丁家寨组含砾层中两层砾岩的区别,把下部砾岩层称之为含砾纹泥岩,解释其沉积环境为海陆过渡区冰前冰湖相和冰前泻湖相。笔者认为,下部砾岩层砾石所具有的较好的分选性、磨圆度,均由较坚硬的、耐磨蚀的岩石所组成等岩石学特征,证明遭受过水流长期的冲刷磨蚀的作用,并经过分选作用造成,很难用冰川成因来解释。范文中把上部角砾状灰岩称之为钙质冰碛砾岩,并归之为陆相冰碛砾岩(范文表 2 中的下段中部似应为下段上部),这一结论值得商榷。朱夔玉曾送化石到南京古生物所鉴定,根据他所提供的送样单,保山地区的

丁家寨组可划分为4段,其中I段指杂砾岩以下的岩层,包括A、B两个化石层位;II段即杂砾岩(C化石层);III段(D化石层)指杂砾岩以上的细碎屑岩为主的沉积,下部相变较明显,上部以黑色粉砂质泥岩为主(相当于笔者1990年划分的局限台地泻湖相,开阔海沙坝、浅滩相和浅海盆地相);IV段(E化石层)以生物碎屑灰岩、泥灰岩占据优势,顶部为紫红色铁铝质泥岩,他在以上各段均采到较多海相化石。根据朱的统计,A层产腕足类26种,珊瑚14种,苔藓虫6种;B层产腕足类7种,珊瑚1种、苔藓虫2种;C层产腕足类11种,珊瑚17种,苔藓虫15种;D层产腕足类9种,珊瑚2种,苔藓虫25种;E层产腕足类15种,苔藓虫14种。由上看来,整个丁家寨组的海相成因是毋庸置疑的。

梁定益等^[20]认为保山地区早二叠世存在伸展运动,丁家寨组中的砾石即为伸展运动和沉积作用的共同产物,本文赞同这一观点。当时保山显然处于拉张环境,似可将晚石炭世视为张裂前的上隆阶段^[27],丁家寨组的含砾层正是在这一构造背景下形成的。其中下部的滨海砾岩层或含砾砂岩层形成于海侵初期,砾石特征明显反映了侵蚀间断的存在。此后随着张裂活动的加剧,下伏铺门前组台地碳酸盐岩及更早沉积进一步受到破坏,这就从古地貌和物源两方面为碎屑流的形成创造了条件,由此产生了上部的角砾状灰岩层。而石英颗粒表面结构的研究,亦有助于沉积物成因类型的确定。尹集祥^[5]曾对保山地区多条剖面丁家寨组下部含砾层中的石英颗粒表面结构进行电子显微镜扫描研究,发现典型的水下高能环境特有的表面结构不发育,而密集的V形化学溶蚀结构则缺失,与冰川作用有关的结构(如大贝壳状断口、不规则刻缺及擦痕等)基本缺失。笔者认为,含砾砂岩中石英颗粒表面结构的特征与滨海砾岩的成因有关,而角砾状灰岩中石英颗粒表面结构的形态特征,支持了后者属碎屑流成因的观点。

周志澄、方宗杰^[8]根据岩石结构特征、颗粒类型及化石面貌,认为丁家寨组的灰岩砾屑主要来自下伏铺门前组。梁定益等^[20]采用阴极发光测试得出了相同结论。从区域展布情况看,丁家寨组中角砾状灰岩层的分布明显受下伏铺门前组的控制,凡缺失下石炭统的地方,如永德、镇康一带,此层大多不甚发育。这就从另一个侧面证实了上述结论,从而排除了角砾状灰岩层为来自远方的冰筏搬运相的可能。根据目前的资料,裂谷活动在保山、施甸一带最为发

育,向西则有减弱的趋势。至潞西一带,整个石炭纪及早二叠世初期一直处于隆升状态,直至丙麻期(曼里组)才开始接受沉积。与潞西比较,保山在滇缅马(Sinoburmalaya或Sibumasu)地块上似处于更靠近陆块边缘的位置。金小赤^[43]承认砾石来源于下伏地层,他的解释是:首先由冰川挖掘、磨蚀下石炭统和更老地层,在其末端形成冰碛;后来随着海面上升,这些冰碛物作为块体流被搬运至更深的地方。这一假说忽略了含砾层下部是由滨海相砾岩或含砾砂岩所组成,更不能解释灰岩砾屑中出现的,在搬运之前未完全固结呈半塑性状态的组分的成因。更重要的是,金小赤并未提供保山地区曾经经历过冰川作用的任何证据。正如梁定益等^[20]所分析的,当时保山地区不存在强大的造山或造陆环境,找不到任何山岳冰川的证据,而大陆冰盖在保山地区发育的可能恐怕更是微乎其微了。

梁定益等^[20]注意到杂砾岩成因判别的困难性和复杂性,承认难以用冰川—冰筏说解释,赞同采用现代冰川学者提倡的综合判别原则。鉴于滇西当时可能位于中纬度地区,他们主张丁家寨组含砾层的成因与季节冰的沉积作用有关。温带地区的冰海相沉积理应表现出强烈的季节反差^[23]。然而,据笔者对保山金鸡、施甸由旺和耿马小新寨(刺竹林)等剖面的野外观察,含砾层上、下的砂岩及泥质粉砂岩及含砾层本身,岩性比较均一,没有显示出由于季节变化所造成的不同沉积物的交替变化。另一方面,纯粹季节冰的沉积作用也很难造成前所述及的含砾层的岩石学特征。此外,尹集祥^[5]指出,在永德、镇康及南伞等地丁家寨组中部黑色页岩中夹有厚度达3~5m,最厚可达20m的石膏层,如此厚的石膏层的产出,与当时该地区炎热干旱的气候条件有关,而从另一个侧面否定了季节冰赖以发生的气候条件。

2 与杂砾岩成因相关问题的讨论

条痕石、落石、三重序列、冰缘海生物群(Periglacial marine biota)等通常被冰川成因说当作重要的证据,但其中有些问题亟待澄清。

2.1 条痕石(striated clasts)

范健才、方润森^[11]提出丁家寨组下段是以大陆环境为主的冰碛砾岩,并发表了若干照片作为证据。在沉积学研究中,杂砾岩的成因判别颇为复杂而困难。然而,冰川搬运毕竟有着不同于流水搬运的特点,冰碛物的形成是一种有着严格时空限制的地质

现象,这就为客观地解决判别的难题带来了可能。一般说来,以水作为主要搬运介质者,其改造岩石碎屑形态的主要特点是“优先磨圆作用”,而“优先磨平作用”则为冰川搬运比较独特的标志^[6,7,13]。

条痕石往往被当作存在冰川作用的重要证据,然而,除冰川外,构造作用(断层)、泥石流、滑坡、山崩、山地洪水,甚至于风力搬运等都可形成擦痕,不宜笼统地将含有条痕石的混杂堆积一概归入冰川堆积的范畴。根据我国冰川学者的研究^[6,7,12,13,18],冰川擦痕的判别应注意以下两点:1. 冰川移动过程中,冰川砾石的长轴(a轴)一般倾向于与冰川流向一致,因此,冰川擦痕的主导方向一般平行于砾石的长轴。泥石流或洪流形成的擦痕则大部分垂直于砾石的长轴,即与C轴方向一致;2. 川擦痕的形成以底部磨擦作用为主,其鉴别应以与磨擦面共同出现为准,其方向应与磨擦面的边界相一致。在优先磨平作用下,典型的冰碛石往往发育一个最大扁平面(ab面)。泥石流或洪流形成的擦痕出现比较零星、孤立,缺乏相应的磨平面,缺乏规律性;且表面撞击坑较常见,有时与擦痕共生。关于擦痕的深浅、宽窄和形态等,目前尚无比较成熟的对比结论。综观范健才、方润森^[10]发表的砾石照片,无一具备上述典型的冰碛石特征,理由如下:1. 它们的轮廓颇为浑圆(参见该文图版1,图5,6a;图版3,图4),显然是“优先磨圆作用”的产物;2. 缺乏明确无误的磨平面,缺乏存在“优先磨平作用”的确凿证据;3. 擦痕方向不与砾石的长轴方向一致,且分布大多比较零星、散乱。仅图版4图1b砾石表面的擦痕显示比较明确的方向性,但其方向既不与砾石长轴方向一致,也不与砾石主要边缘的方向一致,因此,仍不宜作为典型的冰碛石看待。这块砾石的形状确实与熨斗相似,但冰碛熨斗石辨别的关键是具备与砾石长轴方向一致的擦痕和磨平面。

2.2 落石(dropstone)

据范健才、方润森^[10]对“浮冰落石”的叙述,其特征为沉积层理被砾石压弯或切断,上部层理则围绕砾石弯曲覆盖。金小珠^[43]在六库剖面也观察到同样现象,并配有清晰的照片,从该砾石与周围沉积物的关系看,不象是单纯下坠作用的产物。值得注意的是,类似现象在海南岛二叠系南龙杂砾岩中也有报道,虞子冶^[21]称之为“坠石”,并以此作为南龙杂砾岩属冰海相成因的重要证据。虞也提出其它一些与范健才等^[10]类似的证据,如条痕、压坑、变形砾石

等。笔者曾对此进行过评述^[2],指出虞子冶描述的此类构造应归入康育义(1986,图5)在南京栖霞组中描述的“负载切层构造”。澳大利亚学者 Metcalfe 曾经坚定地支持海南岛南龙杂砾岩的冰海相成因说,但1995年在越南河内举行的 IGCP 国际讨论会上却当众宣布放弃原先持有的这一观点^[40]。

一些中外学者相信刺穿层理是落石的典型特征,这是一种误解。一般说来,由于水体的浮力作用,落石下坠时撞击力不会太强,单纯的下坠作用也许会程度有限地压弯层理,但恐难刺穿层理。只有借助其它力量,诸如牵引流之类(以及砾石本身重量),或成岩压实作用,砾石才有可能刺穿层理,请参见康育义^[15]的描述。有兴趣者不妨在海滨或实验室玻璃水箱中针对不同底质进行验证。

Overshine^[35]曾对阿拉斯加冰川湾的现代冰山筏运现象进行观察研究,他注意冰山漂离冰川后数小时,即开始破碎并在水中翻转,直至冰山达到一个稳定的位置。一般冰山在一个位置仅能维持几天,这主要取决于冰山水下部分消融情况,当融化到一定程度改变了冰山的重心位置,则冰山将再次发生翻转或/和破碎现象。他在冰山筏运的沉积物中发现大量冰碛团粒(till pellets),并在加拿大前寒武纪 Gowganda 组冰海相沉积中找到与之对应的团粒,确认冰碛团粒是冰川作用特有的产物。Overshine 认为仅根据砾石刺穿或压弯层理来鉴定冰山筏运物是靠不住的,地史时期冰山筏运现象的确认应具备以下两项特征:1. 砾石和砂砾局部富集现象的存在——暗示冰山的翻转。笔者之一(方宗杰)曾对澳大利亚东南部早二叠世的冰海相地层进行考察,对其中砂砾呈不规则的局部富集现象留下了深刻的印象。2. 冰碛团粒的出现——暗示附近存在冰川。由此可见,以泥质岩中零散出现的砾石(所谓落石)作为冰山筏运的证据显然是不充分的。何况,冰山筏运还应当含有丰富的砂和粉砂,不可能只有砾石存在。

2.3 三重序列(three-fold sequence)

金小赤^[43]和 Wopfner^[41]主张采用由杂砾岩和粗碎屑岩,含砾泥岩和纹层岩(laminites)及含黄铁矿、富有机质的黑色泥岩组成的三重序列与冈瓦纳地区对比,认为它们分别对应于冰进期、冰退期和冰消期。反映了由冰期气候逐渐向冰缘气候及冰期后气候转化的过程,总趋势是气候变暖,海平面上升,海侵逐渐扩大。就冰海相沉积而言,伴随着这一进程,逐渐由近基(proximal)或近冰川(proglacial)环境

向远基(distal)或远冰川(extraglacial)环境转变。由于丁家寨组恰好是一个连续的海进序列,两者同属向上变细的退积型正旋回沉积序列,这就使它们之间具有某些相似之处。虽然碎屑流往往出现在各种与冰川相关的沉积中,然而,与真正的冰海相序列比较,丁家寨组的沉积相分布无论是从纵向还是从横向上看,其相类型和变化均显得过于简单和均一^[25,26,28,35]。更重要的是,对丁家寨组地层序列和区域分布状况的分析,却难以归纳出所谓的三重序列。例如,永德、镇康一带的丁家寨组一般仅发育含砾砂岩之类的滨海相沉积,未见保山、施甸一带颇为发育的角砾状灰岩层,如前所述,这显然与缺失下石炭统相关。本区杂砾岩的物源与下伏地层联系如此紧密,这对金小赤和 Wopfner 的解释显然十分不利。相对而言,暗色泥岩在本区分布比较稳定,但也有例外,如耿马河外小新寨(刺竹林)剖面。暗色泥岩的还原特征在冰消期沉积中甚为普遍, Wopfner^[41]对此尤为强调,可是本区真正比较典型的含黄铁矿、有机质比较丰富的黑色泥岩却仅见于清水沟和六库剖面,分布十分有限。Frakes^[31]根据多年来对现代和不同地史时期冰期的研究,总结出在冰消期序列中常出现暗色有机质页岩、硅质页岩、燧石、纹层状碳酸盐岩(白云岩)、层状重晶石等较为特征的沉积,它们在本区却大多未见。丁家寨组的纹层岩仅见于六库剖面^[43],在这里,作者虽推测其可能反映了季节变化,却避免使用季节纹层(varves)一词,这无疑明智的。季节纹层的鉴别并非易事^[25,32,34,38,42]。Philips 等^[34]采用捕砂器(traps)对阿拉斯加冰川湾(Glacier Bay)冰海相前三角洲纹层状沉积物的形成机理进行研究,认为该文描述的沉积作用产物也可见于其它无冰川作用影响的三角洲环境。总之,本区真正具备三重序列特征的仅有六库剖面,大多数剖面仅具备其中一项或二项特征,有的剖面甚至三项特征均不发育,如耿马小新寨剖面。这就使我们不得不怀疑金小赤和 Wopfner 结论的可信性。另一方面,在从砾岩开始的正常海进序列中也可发育有类似的三重序列,三重序列并非冰退冰消序列所专有。

冈瓦纳石炭—二叠纪冰海相沉积以南非的 Dwyka 群研究最为详尽。根据 Visser^[38]的研究, Karoo 和 Kalahari 盆地的 Dwyka 群可分出 4 个大的冰进—冰退旋回,每个旋回延续约 9~11 Ma,底部为明显的侵蚀面或间断面。微红色的燧石层仅见于最后一个旋回,这与 Frakes^[29]的分析吻合。与金小赤、

Wopfner 的观点不同, Visser 认为在冰进期海平面下降,此时在冰海相环境为侵蚀或无沉积期,故旋回之间的侵蚀面代表全球性的层序界面,两个界面之间的冰海相沉积则与间冰期或冰消期相对应。Dwyka 群的 4 次海侵分别发生于 Westphalian 晚期、Stephanian 晚期、Sakmarian 早期(即著名的 Eurydesma 海侵)和 Artinskian 末期。丁家寨组为一简单的海进旋回,与 Dwyka 群显然缺乏可比性。

2.4 冰缘海生物群(periglacial marine biota)

生活于冰缘海环境的生物是真正的冷水生物群。金小赤^[43]提出,苔藓虫、藻类、腕足类和海百合等组成了石炭—二叠纪非常典型的冰缘海生物群,并以此作为证据,证明保山地区当时也属于冰缘海。我们认为,这一结论缺乏必然的科学依据。首先,冰缘海生物群中可能由上述生物门类组成,但不能因此而言,这些生物门类的组合就一定指示冰缘海环境。其次,确定冰缘海生物群必须以较低级分类单元为基础进行讨论,泛泛地在高级分类单元的基础上讨论,显然是不可取的。以双壳类和腕足类为例,它们在各气候带均有广泛分布,各气候带各具特征的类群,从而成为讨论古生物地理、古气候、古环境等问题的重要证据。苔藓虫、海百合、珊瑚等也是如此。各门类都有一些广温型分子,如双壳类的 *Schizodus*, *Phestia*, *Etheriperten*; 腕足类的 *Kiangsiella*, *Rhynchopora*, *Lingulla*; 苔藓虫的 *Fenestella*, *Polypora* 等,均有相当广泛的分布,它们的出现并不具备特定的气候意义。总之,冰缘海动物群应当有特定的内容,类似金小赤涵义的所谓冰缘海动物群在温带或热带地区均可找到。

最为著名、最为典型的冰缘海动物群就是 *Eurydesma-Deltopecten* 动物群,其主要分子还有 *Megadesmus*, *Myonia*, 腹足类 *Keeneia*, *Peruispira*, 腕足类 *Trigonotreta*, *Cyrtella*, *Arctitreta*, *Tomioptis* 及苔藓虫等,具有分异度低的特点。西藏阿里日土的 *Eurydesma* 是我国唯一可靠的记录。*Deltopecten* 在藏南旁多群曾有报道,笔者之一(方宗杰)1986 年曾经和 Dickins 博士一起在大英博物馆鉴定过由 Smith 博士在旁多群采集的 *Deltopecten* 标本。丁家寨组也曾报道有 *Eurydesma* 动物群(段新华等^⑥),后经原鉴定者(林敏基)和笔者之一(方宗杰)重新复核,确认丁家寨组所谓的 *Eurydesma* 标本应改定为 *Schizodus* 属^[1]。Dickins 博士 1995 年底曾经检阅了这一动物群的照片和部分标本,确认它很难与任何

已知的冈瓦纳双壳类动物群进行比较。

以聂泽同为代表的学者^[16,17]十分强调以 *Stereochia* 为代表的腕足类组合的亲冈瓦纳性质,并以此作为鉴定季节冰成因杂砾岩的重要证据。最近,石光荣等^[37]详细研究了丁家寨组上部的腕足类化石,并根据聂泽同等^[16]所附的腕足类化石图版对之进行了修订。聂泽同等将此组合的时代定为 Sakmarian 晚期至 Artinskian,石光荣等的意见与之相仿,即大致与西澳大利亚的 *Strophalosia irwinensis* 带^[24]相当。此时期西澳大利亚的动物群以较多特提斯分子的涌入为特征,气候明显变暖,处于暖温带环境。Archbold and Shi^[24]将西澳二叠纪的腕足类区分为三种类型:冷水型(冈瓦纳型),(西澳区的)土著型,特提斯型或亚洲型。据此,在丁家寨组腕足类化石中仅 *Cyrtella* (=聂泽同等的 *Syringothyris*, 下同)和 *Trigonotreta* (= *Neospirifer*) 属冈瓦纳型,其主体部分如 *Callytharrella* (= *Stereochia*), *Globiella* (= *Stepanoviella*), *Stenosisma*, *Hustedia*, *Cleiothyridina*, *Elivina* (= *Spiriferella*) 等均属特提斯型。由此看来,聂泽同等将这一暖温带腕足类组合当作判定海相冈瓦纳岩系的重要依据,显然是不合适的。不同鉴定者对同一化石提出不同的鉴定意见,应属正常现象。即使采用聂泽同等^[16]的原鉴定意见,仍不能就此得出 *Stereochia* 为代表的腕足类组合属冈瓦纳相或亲冈瓦纳相的结论。*Stereochia* 系 Grant (1976) 依据泰国南部 Rat Buri 灰岩的标本建立的属,他认为 Rat Buri 腕足动物群生活于特提斯东端温暖的浅水环境,与北方区、帝汶岛等地的腕足生物群存在着一定的联系。姜建军等^[14]指出 *Stereochia* 常与珊瑚、蜓伴生,生活于温暖海水中。根据 Shi and Archbold^[36]的总结, *Stereochia* 主要分布于滇缅马生物区,其次为喜马拉雅区(拉萨地块、喜马拉雅、阿富汗、伊朗)及中蒙区(内蒙古、锡霍特—阿林、日本中西部、松辽)。总之,将 *Stereochia* 视为判定海相冈瓦纳系的重要依据,显然是一种误解。

参 考 文 献

- 1 方宗杰,周志澄,林敏基. 关于滇西地质的若干新认识[J]. 科学通报,1990,35(5):363~365
- 2 方宗杰,殷德伟. 海南岛东方早二叠世双壳类动物、及其古生物地理学研究—兼评南龙杂砾岩的冰川成因说[J]. 古生物学报,1995,34(3):301~315
- 3 方宗杰,王玉净,周志澄,肖荫文. 滇西保山地区丁家寨组的时代问题[J]. 古生物学报,1999(待刊)
- 4 王义昭. 滇西腾冲、保山地区石炭系含砾地层特征及其意义. 青藏高原地质文集,第十一集[C]. 北京:地质出版社,1983. 71~77
- 5 尹集祥. 青藏高原及邻区冈瓦纳相地层地质学[M]. 北京:地质出版社,1997. 70~73;112~117
- 6 李吉均. 论冰川擦痕[J]. 冰川冻土,1982,4(1):29~34
- 7 李吉均,周尚哲. 冰碛石的形态和表面特征[J]. 冰川冻土,1984,6(3):27~28
- 8 周志澄,方宗杰. 云南施甸丁家寨组沉积环境及下部含砾层的成因探讨[J]. 地层学杂志,1990,14(1):36~43
- 9 周志澄,方宗杰,郭震宇等. 云南保山金鸡剖面丁家寨组及其古水温问题的讨论[J]. 地层学杂志,1999,23(3):182~188
- 10 范建才,方润森. 保山—施甸地区中一晚石炭世丁家寨组的冰川成岩特征及有关问题讨论[J]. 云南地质,1992,11(3):268~282
- 11 杨宗仁. 云南保山地区石炭系的划分. 青藏高原地质文集,第十一集[C]. 北京:地质出版社,1983,61~70
- 12 郑本兴,马正海. 冰川沉积与非冰川沉积中砾石和碎屑矿物表面的形态特征[J]. 中国第四纪研究,1985,6(1):69~72
- 13 施雅风,崔之久,李吉均等. 中国东部第四纪冰川与环境问题[M]. 北京:科学出版社,1989
- 14 姜建军,袁海军. 腕足类 *Costiferina* 和 *Stereochia* 属的特征、成员及其地质、地理分布[J]. 现代地质,1992,6(2):174~182
- 15 康育义. 南京地区栖霞阶早期环境[J]. 地层学杂志,1986,10(4):277~282
- 16 聂泽同,宋志敏,姜建军等. 滇西亲冈瓦纳生物群特征及地层时代的重新厘定[J]. 现代地质,1993,7(4):384~391
- 17 聂泽同,梁定益,宋志敏等. 早二叠世亲冈瓦纳相在思茅地块西缘的发现及其意义[J]. 现代地质,1997,11(3):261~267
- 18 崔之久,谢又予. 论分歧的现状和展望—关于中国东部第四纪冰川问题[J]. 冰川冻土,1984,6(3):77~85
- 19 曹仁关. 云南西部晚石炭世冰川—海洋相地层的发现[J]. 地质论评,1986,32(3):236~242
- 20 梁定益,聂泽同,宋志敏. 早二叠世冈瓦纳北缘构造古地理环境与杂砾岩成因剖析[J]. 特提斯地质,1994,18:61~73
- 21 虞子冶. 海南岛早二叠世冰海相沉积的确定及其板块构造意义[J]. 南京大学学报(自然科学),1989,25(1):108~119
- 22 蓝朝华,孙诚,范建才等. 滇西镇康路西地区的石炭二叠系. 青藏高原地质文集,第十一集[C]. 北京:地质出版社,1983. 79~92
- 23 Anderson J B, Ashley G M. Glacial marine sedimentation; Paleoclimatic significance: A. discussion [J]. Geol. Soc. Amer. Spec. Pap., 1991,261:223~226
- 24 Archbold N W, Shi G R. Permian brachiopod faunas of Western Australia: Gondwana-Asian relationships and Permian climate [J]. Jour. Southeast Asian Earthsci., 1995,11(3):207~215
- 25 Brodzikowski K, Van Loon A J. A systematic classification of glacial and periglacial environments, facies and deposits [J]. Earth Sci. Rev., 1987,24:297~381
- 26 Brodzikowski K, Van loon A J. . Glacigenic sediments [J]. Developments in sedimentology, 1991,49:1~674
- 27 Dickinson W R. Plate tectonics and sedimentation [J]. SEPM

- spec. publ. ,1974,22:1~27
- 28 Eyles C H, Eyles N, Miall A D. Models of glaciomarine sedimentation and their application to the interpretation of ancient glacial sequences[J]. *Ibid.* ,1985, 51:15~84
- 29 Frakes L A. A preliminary model for subaqueous-glacial and post-glacial sedimentation in intra-continental basins[J]. *Ibid.* ,1985, 51:347~356
- 30 Frey R W, Pemberton S G. Trace Fossil models[A]. -In: Walker R G ed. *Facies models (2nd ed.)* [C]. -Geoscience Canada, Reprint Series,1984,1:189~207
- 31 Grant R E. Permian brachiopods from southern Thailand [J]. *Jour. Paleont.* ,1976,50(3),sup. :1~269
- 32 Kemp A E S. Paleoclimatology and Paleoceanography from laminated sediments [J]. *Geol. Soc. London Spec. Publ.* ,1996 (ed.),116:1~258
- 33 Ovenshine A T. Observation of iceberg rafting in Glacier Bay, Alaska and the identification of ancient ice-rafted deposits[J]. *Geol. Soc. Amer. Bull.* ,1970,81: 891~894
- 34 Phillips A C, Smith N D, Powell R D. Laminated sediments in prodeltaic deposits, Glacier Bay, Alaska [J]. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.* ,1991,261: 51~60
- 35 Powell R D, Elveroi A. Modern glaciomarine environments; Glacial and marine controls on modern lithofacies and biofacies[J]. *Marine Geology*,1989,85:101~418
- 36 Shi G R, Archbold N W. A quantitative analysis on the distribution of Baigendzhinian-Early Kungurian (Early Permian) brachiopod faunas in the western Pacific region [J]. *Jour. Southeast Asian Earth Sci.* ,1995,11(3):189~205
- 37 Shi G R, Fang Zong-jie, Archbold N W. An Early Permian brachiopod fauna of Gondwanan affinity from the Baoshan block, western Yunnan, China [J]. *Alcheringa* ,1996,20:81~101
- 38 Stevens R. Glaciomarine varves in late-Pleistocene clays near Goteborg, southwestern Sweden [J]. *Boreals*,1985,14:127~132
- 39 Visser J N J. Deglaciation sequences in the Permo-Carboniferous Karoo and Kalahari basins of southern Africa; a tool in the analysis of cyclic glaciomarine basin fills [J]. *Sedimentology*,1997,44, 507~521
- 40 Wang Xiao-feng, Metcalfe I, Zhang Ren-jie, Zhan Ming-guo. Origin and evolution of Hainan [J]. *Jour. Geol. (Hanoi, Vietnam)*, Ser. B,1995,5~6 (Spec. Issue): 324~325
- 41 Wopfner H. Early Permian deglaciation sequences reflect end of "ice House" conditions in northern Gondwana [J]. *Permophiles*, 1994,24:22~23
- 42 Wopfner H, Casshyap S M. Transition from freezing to subtropical climates in the Permo-carboniferous of Afra-Arabia and India [A]. In: Martini I P, ed. *Late glacial and postglacial environmental changes* [C]. New York, Oxford Univ. Press,1997. 192~212
- 43 Xiaochi Jin. Sedimentary and paleogeographic significance of Permo-Carboniferous sequences in Western Yunnan, China [A]. *Geologisches Institut der Universitaet zu Koeln, Sonderveroeffentlichungen*, 1994,99:34~44;78~81

Restudies on the Depositional Environments of the Dingjiazhai Formation in Shidian of Yunnan and the Genesis of Its Bottom Pebble-bearing Layer

ZHOU Zhi-cheng¹ FANG Zong-jie¹ WANG Yu-jing¹ XIAO Yin-wen²

¹(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences Nanjing 210008)

²(Regional Surveying Team of Geological Bureau of Yunnan Yuxiyunnan 653100)

Abstract

The Dingjiazhai Fm. aged Asselian-Sakmarian pseudoconformably overlies the Pumenqian Fm. aged the Lower Carboniferous. The Dingjiazhai Fm. in the Dingjiazhai section at Shidian County mainly comprises 3 parts in ascending order: 1. the pebble-bearing layer at the lower part; 2. siltstones and black shales at the middle part in which trace fossils *Palaeophycus* sp., *Taenidium serpentinum*?, have been found, 3. muddy siltstones and biocalcarenes at the upper part. A thin purple mudstone occurs at its topmost in which the trace fossil *Dendrotichnium* sp. is present. According to the palaeontological, petrological and ichnological features, six main sedimentological facies are distinguished from the upper part of Pumenqian Fm. to the Dingjiazhai Fm. They are tidal flat facies, margin facies and lagoon facies which were located in the restricted platform, sand bar or shoal facies, basin facies of shallow water and open marine platform which belonged to open marine environments. The Dingjiazhai Fm. in the Jinji section of Baoshan region consists of the peb-

ble-bearing layer at its lower part and mudstones and muddy siltstones at its middle and upper part. *Palaeophycus* sp. B and *Tisooa jinjiensis* are main trace fossils present in the mudstones and muddy siltstones overlying the pebble-bearing layer. The vertical U-shaped structures of *Tisooa jinjiensis* are similar to those of *Arenicolites*. The trace fossil assemblage can be attributed to the *Skolithos* ichnofacies. As indicated by Frey & Pemberton (1984), the environments which the *Skolithos* ichnofacies represents are characterized by shifting substrates, moderate to high-energy conditions and episodic erosion or deposition. On the basis of petrological studies on the pebble-bearing layer, it can be divided into two beds: the lower pebble bed and the upper brecciated limestone. The pebbles with better rounding in the former are elliptical and flat and mainly consist of siltstones, quartzites, silicolites and lithic sandstones. The breccia in the latter are briefly composed of limestones whose carbonate microfacies are similar to those of the underlying Pumenqian Fm. . The cementation of the brecciated limestone is much better than that of the lower pebble bed. The authors consider that the origin of the pebble-bearing layer at the lower part of the Dingjiazhai Fm. is not related to glaciation. The lower pebble bed was deposited in the normal littoral environments and the upper brecciated limestone was derived from the debris flow. The palaeoecologic features of biota (corals, fusulinids, spores) also indicate that the organisms lived in warm marine environments. Many geologists have regarded striated clasts, dropstones, three-fold sequence and periglacial marine biota as main evidences of glacial origin of the Dingjiazhai Fm. . This paper puts forward different viewpoints against their conclusions. The striated clasts are not only products of glacial process. They can be produced by many other geological processes such as faults, debris flow, landslip, landfall, mountain flood and even wind action. The photos of striated clasts (Fan & Fang, 1992) do not show any typical characters generated by glaciation. They have better roundness and lack evident worn planes. The direction of striates is different from that of long axis of clasts.

Some Chinese and foreign geologists misunderstand that the dropstones are able to stab the stratification when they fall down. In fact, when the dropstones fall down and come into contact with the surface of deposits, the power of dropstones is not strong enough to crash the stratification and only can bend it. The local concentration of pebbles and coarse clasts and the occurrence of till pellets can be regarded as products of iceberg raft. Unfortunately, these phenomena have not been found in the Dingjiazhai Fm.

Wopfner (1994) suggest that the three-fold sequence consisting of 1. diamictites and coarse clastics; 2. pebbly mudstones and laminites and 3. black pyritic mudstones respectively correspond to the deposits in glacial advance, glacial retreat and deglaciation which are observed in many Gondwana areas. However, the stratigraphic sequences and regional distribution of the Dingjiazhai Fm. in Baoshan region are so simple that they can not be attributed to the mentioned above three-fold sequence related to glaciation.

Eurydesma-Deltopecten fauna characterized by lower diversity are typical periglacial marine biota. The main members of this fauna include bivalves *Megadesmus*; *Myonia*, brachiopods *Trigonotreta*, *Cyrtella*, *Arcitireta*, *Tomiosopsis*; gastropods *Keeneia*, *Peruispira*. The specimen *Eurydesma* in the Dingjiazhai Fm. is an error of identification. It has been acted as an important proof of the presence of periglacial marine biota. Fang and Lin (1990) restudied this specimen and identified it as *Schizodus*. The most members of brachiopods are attributed to the Tethyan type. Only *Cyrtella* belongs to the Gondwana type. As mentioed above, the hypothesis of glacial origin of the Dingjiazhai Fm. at Baoshan region is truthless.

Key words pebble-bearing layer of the Dingjiazhai Fm. littoral facies debris flow glaciomarine facies