

自贡大山铺恐龙动物群埋藏环境 及集中埋藏原因分析

梁 斌^{1,2} 王全伟² 阚泽忠²

(1. 西南科技大学环境与资源学院, 四川 绵阳 621000; 2. 四川省地质调查院, 四川 成都 610081)

摘要:四川自贡大山铺以其集中埋藏数量众多的恐龙化石而闻名于世, 恐龙化石集中埋藏的原因一直是人们关注的焦点问题之一。笔者在对自贡恐龙博物馆内及其附近地层剖面调查的基础上, 根据对该处埋藏恐龙化石地层的岩相、沉积构造、砂体形态特征以及沉积背景的分析, 认为恐龙化石的埋藏环境为湖泊三角洲, 恐龙由于某种原因死亡后, 经过河流搬运埋藏于湖泊三角洲前缘的河口砂坝之中, 而非由于中毒异常死亡原地埋藏。

关 键 词: 恐龙; 埋藏环境; 侏罗系; 自贡大山铺

中图分类号: Q911.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)01-0131-07

恐龙化石的埋藏特点和埋藏环境是恐龙研究中的必然涉及的一个方面, 但由于受多种因素的影响, 系统的研究成果却不多见。世界上有关恐龙埋藏特征和埋藏环境研究最为详细的地区, 当推美国的上侏罗统莫里逊组中的恐龙化石^[1,2]。四川盆地中生代地层中蕴含有丰富的恐龙化石^[3], 而且化石的埋藏类型也具有多样性^[4,5], 其中最引人瞩目的埋藏特征就是恐龙化石的集中埋藏, 即在一个较小的范围内有几条或几十条恐龙集中埋藏在一起, 自贡大山铺恐龙化石保存地就是最著名的代表之一。夏文杰等^[4]、李奎等^[5]对四川盆地恐龙的埋藏特征和沉积环境已作了一些研究, 根据恐龙化石的数量和完整性划分了 6 种埋藏类型。近年来, 应用多种手段在恢复四川盆地中生代恐龙动物群的古环境方面又取得了新的进展^[6,7], 这些成果为恐龙埋藏环境的研究提供了更多的背景资料。虽然有关四川盆地恐龙的埋藏学研究还存在较多的不足之处, 但已涉及到其中的一些重要部分。

自贡大山铺恐龙化石集中埋藏现象是大自然留给人们的奇观, 对研究者来说却是有待破解的谜题。

对这一谜题已有的答案是异常死亡(中毒)^[4,5], 集中埋藏(滨湖)^[4]。地层中化石集中埋藏与当时环境中生物量、生物体的骨骼构造、水动力、氧化还原条件和沉积速率等有密切关系。恐龙集中埋藏的现象在四川盆地侏罗纪地层、美国上侏罗统莫里逊组以及中国、蒙古、北美的白垩纪地层中都有较多的发现。恐龙死亡的原因是人们的推测, 集中埋藏却是客观的现象。通过对恐龙埋藏环境的恢复来探究恐龙集中埋藏的原因, 应该是一条合理的途径。笔者主要通过对自贡大山铺恐龙博物馆内及其附近地层剖面的研究, 对埋藏恐龙化石地层的沉积环境进行了分析, 恢复其埋藏环境, 同时结合恐龙的保存情况, 探讨了恐龙化石集中埋藏的原因。

1 恐龙化石的埋藏特征

自贡大山铺恐龙动物群埋藏于中侏罗统沙溪庙组下段中下部的一层浅灰绿色、浅黄灰色微-细粒长石岩屑砂岩之中, 砂岩层最厚约 5 m, 呈透镜体分布^[4]。该恐龙动物群是一个以恐龙为主的脊椎动物化石群, 埋藏地不但恐龙化石数量丰富, 而且门类较

多,有大量的蜥脚类恐龙,原始的剑龙、兽角类和鸟脚类恐龙,还有淡水生活的蛇颈龙和飞行的翼龙、龟鳖类及各种鱼类,以及恐龙皮肤印模化石。在已发掘的 2800 m² 的范围内,共发现恐龙个体约 130 具,同时保存了成年和未成年个体。其中完整和比较完整的恐龙骨架不下一二十个,有的骨架、头骨、脊椎、肋骨、肩带、腰带和前后肢大部分还关联在一起,另外还保存了完整和比较完整的头骨不下 10 个。有的恐龙骨架保存不那么完整,但常见各部分脊椎多数关接在一起,甚至肋骨还与脊椎关接在一起,也常见到肢骨、腰带以及肋骨堆积在比较完整的背椎旁边。也有的恐龙骨骼呈星散状埋藏,但未见有明显的磨蚀现象,也不具定向排列^[4]。

2 恐龙化石埋藏环境分析

20 世纪 80 年代,夏文杰等^[4]对自贡大山铺沙溪庙组下段恐龙动物群的埋藏环境及集中埋藏原因进行了比较详细的研究,通过对埋藏恐龙化石地层的沉积环境以及恐龙骨骼的化学元素分析,认为自贡大山铺沙溪庙组下段的沉积环境为河流相和湖泊相交替沉积,在剖面上可划分出两个河流-湖泊沉积旋回。其中的湖泊为浅湖、极浅湖,湖泊的沉积厚度略大于河流沉积,恐龙化石埋藏于滨湖砂岩之中。恐龙动物群集中死亡埋藏的原因是由于营群栖生活的恐龙可能由于砷中毒而大批暴死,造成了大量恐龙尸体的堆积,原地埋藏于湖滨环境之中。其后,李奎等^[5]也对恐龙骨骼和化石围岩进行了岩石地球化学分析,提出了恐龙是由于某些有害元素超过异常,导致恐龙中毒死亡。

在进行自贡大山铺恐龙动物群埋藏环境的研究中,笔者也在大山铺附近测制了沙溪庙组下段的地层剖面。剖面上沙溪庙组下段岩性为青灰、黄灰色厚层-块状中细粒长石石英砂岩、长石岩屑砂岩与暗紫红色粉砂质泥岩互层,厚 138.9 m。据岩石组合及沉积构造特征,沙溪庙组下段为河流相与湖泊相交替沉积,以河流沉积为主。河流沉积层序由下部的河道亚相的砂岩和上部洪泛亚相的泥岩夹粉砂岩构成。河道亚相的砂岩呈厚层-块状产出,与下伏泥岩为冲刷接触,底部具由泥质粉砂岩和粉砂质泥岩砾石组成河道滞留沉积,砂岩发育大型槽状、板状交错层理及平行层理;洪泛亚相沉积主要由暗紫红、紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹薄层状粉砂岩组成,泥

岩中含钙质结核,粉砂岩中见有流水成因的沙纹层理。湖泊主要为浅湖亚相,岩性为紫红色泥岩、粉砂质泥岩夹薄层状粉砂岩,局部为紫红色粉砂质泥岩与泥质粉砂岩的薄互层,粉砂岩中发育有浪成沙纹层理,层面上见有浪成波痕。对沙溪庙组下段沉积环境的分析与夏文杰等^[4]的分析是一致的,即该段的沉积环境为河流-湖泊交替沉积,在剖面上没有发现湖泊三角洲沉积。十分幸运的是,由于在大山铺恐龙博物馆附近约 100 m 外,拟建中的侏罗纪恐龙公园内出露的人工剖面以及博物馆内新的化石采坑,为研究该处恐龙的埋藏环境以及探讨集中埋藏的原因提供新的资料。

2.1 地层剖面

现将自贡恐龙博物馆北门外侏罗纪恐龙公园内的人工露头以及博物馆内新采坑的剖面列述如下:

自贡恐龙博物馆北门外人工露头

该剖面是公园修建中开挖的人工露头,具有纵向和横向两个剖面(图 1,2),下面仅列述纵向剖面,可观察的断面长约 25 m,高约 5 m(图 1)。

- ⑥黄灰色厚-块状中-细粒长石岩屑砂岩,普遍见有砂球分布其中,砂球特征与①层相同 厚 2.0 m
- ⑤青灰色含砂球的中-细粒长石岩屑砂岩楔状体 厚 1.2 m
- ④紫红、暗紫红色泥质粉砂岩夹黄灰色薄层状粉砂岩 厚 0.8 m
- ③黄灰色厚-块状中-细粒长石岩屑砂岩,普遍见有黄灰、青灰色砂球分布其中,砂球特征与①层相同 厚 2.5 m
- ②紫红、暗紫红色泥质粉砂岩夹黄灰色薄层状粉砂岩,水平层理发育。泥质粉砂岩中含有灰紫色钙质结核,结核大小为 2 cm×3 cm±,其长轴与层理面平行 厚 0.8 m
- ①黄灰色厚-块状中细粒长石岩屑砂岩,其中普遍见有黄灰色中-细粒长石岩屑砂岩组成的砂球分布其中,砂岩中发育平行层理。砂球以椭圆球状为主,次为球状,大小 3 cm×5 cm~15 cm×20 cm,其长轴平行于层理面 厚度>5 m

恐龙博物馆内恐龙化石采坑

2001 年,自贡恐龙博物馆在展馆以南约 20 m 处挖掘了一个新的化石采坑,采坑约 10 m 见方,其底部揭穿了博物馆内埋藏恐龙化石的砂岩层,但在该层砂岩中却未发现恐龙化石,而在采坑顶部靠近地表的砂岩中发现了一具保存较好的可能为峨眉龙属的化石。由于该采坑是垂直下挖,四壁陡立,为剖面研究的绝好地点。笔者对其中的一壁进行了详细的观察(图 3)。

- ⑨黄灰色厚层状细粒长石岩屑砂岩夹少量紫红色薄层状粉

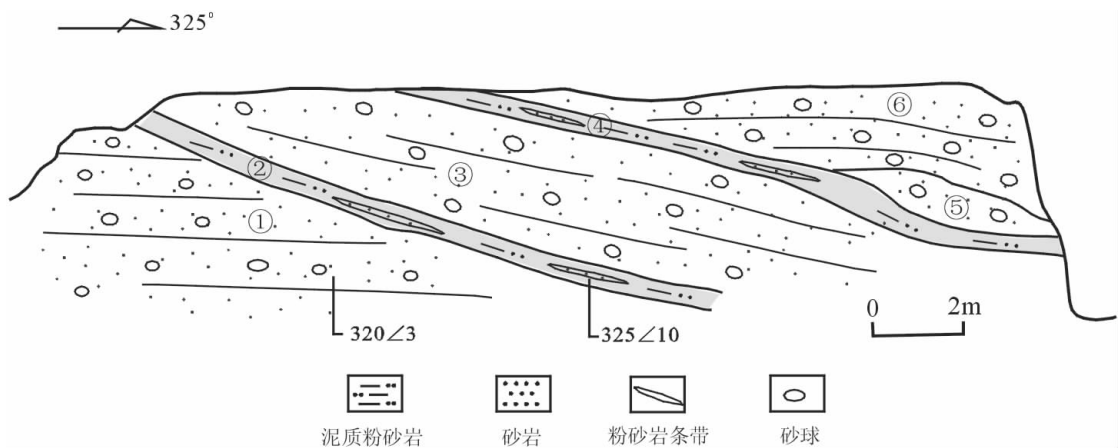


图 1 自贡恐龙博物馆北门外人工露头地层剖面
Fig.1 Stratigraphic section of the artificial exposure outside the north gate of the Zigong Dinosaur Museum

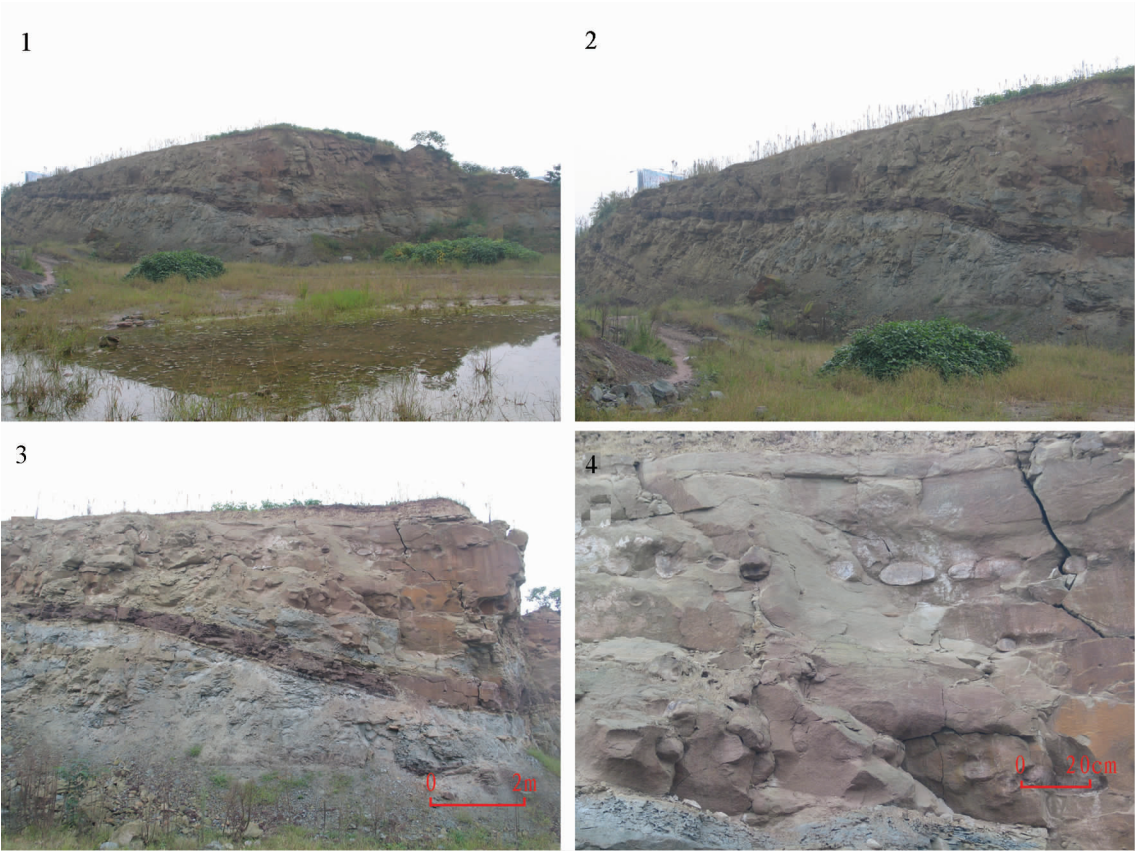


图 2 自贡恐龙博物馆北门外三角洲河口砂坝沉积特征
1,2,3—三角洲河口砂坝的形态(1 为全景,2,3 为局部);4—河口砂坝砂岩中的砂球
Fig.2 Sedimentary characteristics of deltaic distributary mouth sand bar outside the north gate of the Zigong Dinosaur Museum
1, 2, 3— Shape of deltaic distributary mouth sand bar (1—Full view; 2, 3—Local view);4—Sand ball in sandstone of deltaic distributary mouth bar

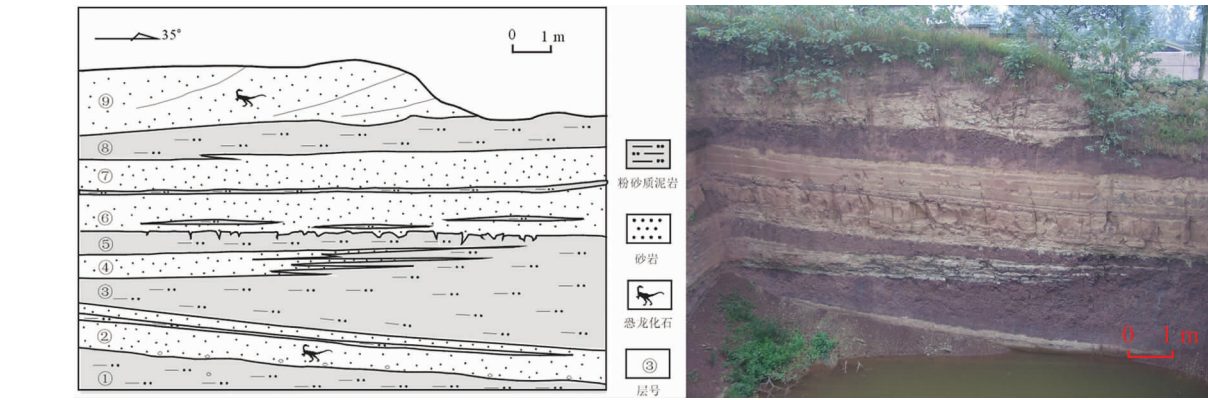


图 3 自贡恐龙博物馆内恐龙采坑中的地层剖面图和照片
Fig.3 Stratigraphic section and photo of dinosaur-collecting pit in the Zigong Dinosaur Museum

砂质泥岩,顶部砂岩中发育小型交错层理,产恐龙化石
厚 2.0 m
⑧紫红色粉砂质泥岩 厚 0.8 m
⑦黄灰色块状中粒长石岩屑砂岩,夹少量条带状紫红色粉砂质泥岩 厚 1.4 m
⑥黄灰色细粒长石岩屑砂岩夹条带状紫红色粉砂质泥岩,泥岩中发育水平层理。该层砂岩与下伏泥岩呈冲刷接触,可见黄灰色砂岩呈火焰状楔入暗紫红色泥岩之中 厚 1.6 m
⑤暗紫红色粉砂质泥岩 厚 0.6 m
④黄绿色长石岩屑杂砂岩、长石岩屑砂岩,砂岩层产状不稳定,向东北方向迅速尖灭,与暗紫红色泥岩呈指状穿插 厚 1 m
③暗紫红色粉砂质泥岩。该层泥岩厚度不稳定,剖面上厚约 0.85 m,向南西厚度变薄,向东北加厚。
②黄绿色-灰绿色块状细砂岩、长石岩屑砂岩、杂砂岩,夹一层条带状暗紫红色泥质粉砂岩,最厚处 0.15 m,断续延伸 10 余米。砂岩底部偶见灰绿色泥岩、粉砂岩细砾。砂岩具下粗上细的正粒序层理,顶部可见平行层理。砂岩底面起伏不平,与下伏泥岩呈冲刷接触。该层砂岩与博物馆内埋藏恐龙化石的砂岩为同一层位 厚 1.2 m
①暗紫红色粉砂质泥岩。未见底 厚度>1 m

2.2 埋藏环境分析

通过对上两处地层剖面的岩相、沉积构造、砂体形态特征,并结合大山铺附近沙溪庙组下段地层的河流-湖泊沉积序列特征,认为恐龙是死亡后经过河流搬运,集中埋藏于湖泊三角洲前缘的河口砂坝之中。

自贡恐龙博物馆北门外人工露头上(图 1~2),河口砂坝由黄灰色厚-块状中-细粒长石岩屑砂岩组成,具平行层理或块状层理。在该剖面上,可以见

到 3 个河口砂坝在垂向上的叠覆,砂坝之间为紫红、暗紫红色泥质粉砂岩夹黄灰色薄层状粉砂岩。紫红色泥质粉砂岩中含有灰紫色钙质结核,结核大小为 2 cm×3 cm±,其长轴与层理面平行,发育有水平层理。紫红色粉砂岩与河口砂坝的砂岩呈斜截关系(图 1~2),砂岩体在纵向和横向上均表现为一个倾斜的透镜体(图 1~2)。在黄灰色厚-块状中-细粒长石岩屑砂岩中,普遍见有黄灰色中-细粒长石岩屑砂岩砂球分布其中(图 2),砂球以椭球状为主,次为球状,大小 3 cm×5 cm~15 cm×20 cm,其长轴平行于层理面。对于这些砂球,前人认为是砾石,本次对砂球及其外围砂岩的岩矿鉴定表明,二者在成分上没有明显的差别,均为中-细粒长石岩屑砂岩,因此认为砂球是在成岩阶段形成的。

恐龙博物馆内恐龙化石采坑中地层剖面见图 3,该处地层总体上由黄绿色-灰绿色块状细砂岩、长石岩屑砂岩、杂砂岩与紫红色粉砂质泥岩组成,砂岩厚度均不大,在 1~2 m,其间一般夹有少量的紫红色泥岩条带。砂岩在横向上延伸不稳定,可见与紫红色泥岩呈指状穿插关系。采坑中出露的地层,从其产状来看,与恐龙博物馆北门外人工露头上的地层的层位基本相同,其岩性上的变化应是相变。与自贡恐龙博物馆北门外人工露头上河口砂坝相联系,该处的砂岩为河口砂坝靠外侧的沉积物,砂岩之间的紫红色泥岩为浅湖环境下的沉积物。

自贡博物馆内恐龙采坑中,与展馆中埋藏恐龙化石砂岩相同层位的砂岩为黄绿色-灰绿色(图 3 中的第 2 层),厚约 1.2 m,向东北方向变薄。在该层砂

岩中,从下至上按一定间距采集了3块标本进行了薄片分析,以了解其岩性及结构的变化情况。底部标本(ZGⅢ-2b₁)为细砂岩-杂砂岩,具细粒结构。碎屑成分:石英<30%、长石8%~10%、岩屑25%、黑云母、白云母5%~8%,填隙物为粘土,含量>20%。颗粒分选、磨圆差,以棱角状-次棱角状为主。岩石结构极不均匀,粘土杂基相对集中处,为典型的杂砂岩;碎屑颗粒集中处,又为特征的细砂岩。中部标本(ZGⅢ-2b₂)为长石岩屑砂岩,具不等粒结构。碎屑成分:石英50%±、长石20%±、岩屑25%±、少量的云母片,填隙物主要为泥质及微量硅质,泥质物多已结晶为细片状绢云母、绿泥石等。颗粒分选、磨圆差,以次棱角状为主,颗粒支撑,接触-孔隙式胶结。另见有少量泥岩细砾。上部标本(ZGⅢ-2b₃)为长石岩屑砂岩-杂砂岩,薄片中心岩石由长石岩屑砂岩和杂砂岩两部分组成。长石岩屑砂岩特征与ZGⅢ-2b₂标本基本相同,与杂砂岩呈渐变不均匀分布。杂砂岩粘土杂基含量15%~30%,局部富集处碎屑颗粒呈星点状不均匀分布在粘土杂基之中。薄片中还见有一些形态不规则的泥质岩砾石。采坑中上部第4、7、9层砂岩的薄片鉴定表明,其岩性为长石岩屑杂砂岩、长石岩屑砂岩,颗粒分选、磨圆差,粘土杂基含量较高。上述的岩矿鉴定表明,河口砂坝砂岩的分选、磨圆均较差,成分及结构成熟度较低,一方面说明由于河流进入湖泊后,河流流速大减,携带的大量载荷快速堆积;另一方面也表明湖泊的规模较小,沉积物没有受到波浪等流水作用的改造。

从对自贡地区的沙溪庙组下段沉积环境分析来看,这一时期湖泊的规模并不大,具有洪泛湖泊的性质,因而一般不发育三角洲沉积。自贡大山铺地区湖泊沉积厚度较小,因而表明湖泊三角洲发育的规模也是十分有限的。但是,正是这有限的三角洲沉积,造就了大山铺恐龙化石集中埋藏的奇观。

3 恐龙集中埋藏原因的讨论

正是基于对以上资料的分析,笔者认为自贡大山铺恐龙化石的埋藏环境为河流入湖的三角洲前缘河口砂坝,流域内的恐龙由于某种原因(如洪水)死亡后,由河流带入湖泊三角洲环境而集中埋藏在一起。针对前人的一些研究成果,对恐龙化石集中埋藏的原因作如下讨论。

夏文杰等^[4]根据自贡大山铺恐龙化石保存相对

完好,没有长距离搬运的印迹;埋藏恐龙化石的砂岩不是河流相沉积,恐龙不是埋藏于河流中的一个汇水塘,并且一条河流中不可能漂浮有那么多恐龙尸体;恐龙堆积环境也不是河湖交接处,因为没有湖泊三角洲环境。因此,认为恐龙化石保存较好且数量多是因为恐龙是营群栖生活的,当时这一地区既有广阔的陆地又有大量河湖分布,植被发育,为其生存和繁育提供了有利的条件。在这样的古地理背景之下,由于某种原因(中毒)导致恐龙大批暴死,原地埋藏于低能湖滨浅滩的砂岩之中。

虽然夏文杰等^[4]对该处恐龙化石集中埋藏的原因进行了解释,但这样的解释还是有值得商榷之处。首先,恐龙化石如果是埋藏于低能湖滨浅滩,湖滨动荡的水体不利于保存结构相对完整的化石。更为重要的是,化石形成的一个重要条件是生物体能够被迅速地埋藏,对于躯体庞大的恐龙这一点尤为重要。在湖滨环境下沉积速率一般较低,难以迅速埋藏大量已死亡的恐龙,从而不能形成保存较好、数量较多的恐龙化石。另外,自贡大山铺众多恐龙化石集中埋藏,必须有大量恐龙在某一时段内集中死亡。夏文杰^[4]、李奎等^[5]根据对恐龙骨骼微量元素的研究,认为恐龙死亡的原因是由于砷中毒而引起的。由于在地史时期生物死亡形成化石的过程中,生物有机体必然遭受成岩作用的改造,因此将化石的元素组成简单地认为代表了生物生活时期有机体的化学组分是值得怀疑的^[8]。对现代脊椎动物骨骼与化石骨骼中化学成分的对比如研究表明,化石骨骼明显富集重金属元素及稀土元素,而现代生物的骨骼中这些元素的含量却是很低的^[8,9],可见化石骨骼中某些微量元素富集是一种受成岩作用影响的普遍结果。如果说是由于环境中某些有害元素超高异常,通过食物链或其他方式,而引起恐龙的集群死亡的话,那么有害元素对不同恐龙个体(成年的和未成年的)应具有极强的毒性,从而导致它们在某一时段同时死亡,这种现象在自然界是难以想象的。

三角洲前缘是河流进入盆地的地区,分流河口处水动力条件的急剧变化引起注入水流的扩展和减速,因此水流的能量减少,从而使沉积物负载沉积下来^[10]。可以推测,当时生活在自贡大山铺附近的恐龙由于某种原因死亡后,经河流搬运到湖泊之中,并被迅速埋藏于湖泊三角洲前缘的砂体之中。恐龙身体巨大,骨骼之外有肌肉和皮肤组织,死亡以后可能

并不是人们一般所想象的是在有机体大部分腐烂后被搬运沉积的,而可能是尸体在比较完整的情况下,漂浮在水体之中经过较远距离的搬运。如果是这样,虽然是异地埋藏也能形成保存相对完好的化石。并且如果在一次事件(洪水)中有较多的恐龙尸体,经过河流的搬运至湖泊三角洲也能够形成恐龙化石的集中埋藏。在现代河流发洪水的时期,动物尸体漂浮于水面之上被远距离搬运是一个普遍的现象。

因此,笔者认为自贡大山铺恐龙集中埋藏的原因不是由于恐龙中毒暴死,埋藏于低能砂质湖滨地带,而是由于其他的自然原因引起恐龙死亡,然后通过河流将尸体带入湖泊三角洲沉积而成的。事实上,恐龙集中埋藏的现象在国内外是比较普遍的,美国上侏罗统莫里逊组最引人注目的埋藏特点就是小范围内聚集有 20~60 个保存完好的个体^[2]。自贡大山铺恐龙化石埋藏于湖泊三角洲前缘的砂体之中,这样的环境一是可以将较广泛地区恐龙的尸体聚集在一个相对狭小的范围,二是可以将恐龙巨大的躯体迅速埋藏以形成化石。特殊的埋藏环境和埋藏作用对于解释四川盆地其他地方侏罗纪地层中(如珙县、广元、开县等)恐龙集中埋藏也具有一定的参考意义。

总之,自贡大山铺恐龙化石的集中埋藏可能是由于某种原因(如洪水事件)造成恐龙死亡后,经河流搬运至湖泊三角洲环境沉积在一起的,并非死亡后原地埋藏,而是异地埋藏。当然,由于直接证据的缺乏,恐龙的死亡原因仍然是一个难以回答的问题,有的只能是基于某些事实的合乎逻辑的推测。

致谢:在野外地质调查中,得到了自贡博物馆彭光照馆长和江山工程师的帮助和指导,在此表示衷心的感谢。

参考文献(References):

[1] Christine E. Turner, Fred Peterson. Reconstruction of the Upper Jurassic Morrison Formation extinct ecosystem —— a synthesis [J]. Sedimentary Geology, 2004, 167:309–355.
[2] Dodson P, Behrensmeyer A K, Bakker R T, et al. Taphonomy and

paleoecology of the dinosaur beds of the Jurassic Morrison Formation[J]. Paleobiology, 1980, 6(2):208–232.
[3] 董枝明, 周世武, 张奕宏. 四川盆地侏罗纪恐龙化石[M]. 北京: 科学出版社, 1983:1–120.
Dong Zhiming, Zhou Shiwu, Zhang Yihong. Dinosaur Fossils from Jurassic in Sichuan Basin[M]. Beijing: Science Press, 1983:1–89 (in Chinese with English abstract).
[4] 夏文杰, 李秀华. 恐龙埋藏环境及岩相古地理特征 [M]. 成都: 四川科技出版社, 1988:29–63.
Xia Wenjie, Li Xiuhua. Burial Environment and Characteristics of Lithofacies and Paleogeography [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1988:29–63 (in Chinese with English abstract).
[5] 李奎, 张玉光, 蔡开基, 等. 四川盆地侏罗纪恐龙骨骼及红层的微量元素组合特征[M]. 北京: 地质出版社, 1999:1–120.
Li Kui, Zhang Wuguang, Cai Kaiji, et al. The Characteristic of Rare Elements of Dinosaur Skeleton and Red Clastic Rock in Sichuan Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999:1–45 (in Chinese with English abstract).
[6] 梁斌, 王全伟, 阚泽忠, 等. 珙县石碑恐龙化石埋藏地红层分子化石特征及其古环境意义[J]. 中国地质, 2006, 33(1):187–192.
Liang Bin, Wang Quanwei, Kan Zezhong, et al. Features of Molecular fossils at the Shibei dinosaur fossil site—early Jurassic red bed—in Gongxian, Sichuan, and their paleoenvironmental significance[J]. Geology in China, 2006, 33(1):187–192 (in Chinese with English abstract).
[7] 阚泽忠, 梁斌, 王全伟. 广元恐龙化石埋藏地沙溪庙组泥质岩的地球化学特征及其对物源区和古风化作用的指示 [J]. 中国地质, 2006, 33(5):1023–1029.
Kan zezhong, Liang Bin, Wang Quanwei. Geochemistry of the Shaximiao Formation in a dinosaur site, Guangyuan, Sichuan, and its implications for the source area and paleoweathering [J]. Geology in China, 2006, 33(5):1023–1029 (in Chinese with English abstract).
[8] Kolodny Y, Luz B, Sander M, et al. Dinosaur bones: fossils or pseudomorphs? The pitfall of physiology reconstruction from apatitic fossils [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1996, 126:161–171.
[9] Tauson L V, Barsbold R, Samoylov V S, et al. Trace Elements in Dinosaur Remains from the Gobi Desert, Mongolian People’s Republic[M]. Dokl AN SSSR, 1984, 278:974–978.
[10] 里丁. 沉积环境和相[M]. 北京: 科学出版社, 1985:20–80.
Reading H G. Sedimentary Environment and Facies [M]. Beijing: Science Press, 1985:20–80.

An analysis of the taphonomic environment of dinosaur faunae in Dashanpu of Zigong City and the cause of their concentrative burial

LIANG Bin^{1,2}, WANG Quan-wei², KAN Ze-zhong²

(1. Faculty of Resource and Environment, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621000, Sichuan, China;

2. Geological Survey of Sichuan Province, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: Dashanpu of Zigong City in Sichuan Province is world-wide famous for its dinosaur fossils, particularly the concentrative burial of a large quantity of dinosaurs. The cause of their concentrative burial remains a problem of much controversy. Based on an analysis of such characteristics of the strata in the Zigong Dinosaur Museum and its surrounding areas as the lithofacies, depositional environment, shape of sandstone, and deposition background, this paper deals with the taphonomic environment of dinosaur faunae in Dashanpu and the cause of their concentrative burial. The authors consider that dinosaur remains were buried in frontal river mouth sand bar of lacustrine delta after their death due to an unknown cause and river transport of their bodies instead of being buried in situ after their death due to poisoning.

Key words: dinosaur; taphonomic environment; Jurassic; Dashanpu in Zigong, Sichuan Province

About the first author: LIANG Bin, male, born in 1967, doctor and professor, specializes in stratigraphy and paleoenvironment; E-mail: earlluh@163.com.