

技术方法

## \* 山东诸城恐龙化石产地保护工程可行性探讨

杜圣贤<sup>1</sup>, 宋晓媚<sup>2</sup>, 刘焕春<sup>3</sup>

(1. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质博物馆, 山东 济南 250013; 3. 诸城市国土资源局, 山东 诸城 262212)

**摘要:**诸城市恐龙化石资源非常丰富, 全市共发现恐龙化石产地 30 多处, 其中典型的化石产地有“库沟化石长廊”、“恐龙涧隆起带”、“臧家庄化石层叠区”和“黄龙沟足迹化石群”。当地政府为了保护这些珍贵的化石资源, 采取了许多行之有效的保护措施, 但在保护过程中发现仍然存在一些不足之处。该文根据目前保护现状, 针对保护中存在的主要问题, 进行深入分析查找原因, 提出可行性措施。

**关键词:**恐龙化石资源; 化石产地; 保护工程; 地下水; 地表水; 可行性探讨; 山东诸城

**中图分类号:** Q915.2

**文献标识码:** B

诸城境内具有非常丰富的恐龙化石资源, 为同时拥有恐龙骨骼化石、恐龙蛋化石和恐龙足迹化石的地区。在全市 13 处乡镇(街道), 共发现恐龙化石点多达 30 处<sup>[1]</sup>, 埋藏总面积达 1 500 余平方千米。这些地质遗迹创下了“世界暴露面积最大的恐龙化石群”, “世界最大的鸭嘴龙<sup>[2]</sup>骨架群”和“世界最丰富的恐龙属种产出地之一”<sup>3</sup> 三个世界之最<sup>[1]</sup>。目前, 发现的恐龙属种已超过 10 个, 包括鸭嘴龙类 1 种、新角龙类 1 种、暴龙类 2 种、角龙科 1 种、纤角龙科 2 种, 另外还有甲龙类、蜥脚类和龟鳖类等。因此诸城市被国土资源部命名为“中国龙城”<sup>[3]</sup>。

## 1 典型化石产地及保护意义

### 1.1 库沟化石长廊

库沟化石长廊位于诸城库沟村北约 600 m 处一近东西向小山脊(图 1), 化石产地长 500 m, 宽 27 m, 共出土恐龙骨骼化石 7 933 块, 是世界上埋藏面积最大的恐龙化石群, 化石属种主要为鸭嘴龙, 还有纤角龙等。其中“意外诸城角龙”为新属种, “意外诸城角龙”的发现动摇了“纤角龙科是比角龙科更为原始的种群”这一传统观念<sup>[4]</sup>。

### 1.2 恐龙涧隆起带

恐龙涧隆起带位于库沟化石长廊北约 30 m 的

近东西的沟谷中(图 1), 恐龙涧隆起带长 173 m, 最宽处 9 m, 共出土恐龙骨骼化石 1 070 块, 含有巨大诸城龙<sup>[5]</sup>、巨型山东龙<sup>[6,7]</sup>、蛋壳、意外诸城角龙等骨骼化石。巨大诸城龙是世界目前最高大的鸟脚类个体, 2009 年获得吉尼斯世界纪录, 被中外专家们称为“世界龙王”。



Qhy 沂河组 Qhh 黑土湖组 K<sub>2</sub>h 红土崖组 恐龙化石产地

图 1 诸城库沟地形地质图

### 1.3 臧家庄化石层叠区

位于臧家庄村正北约 1 000 m 处, 该化石产地长 50 m, 宽 40 m, 赋存 7 层化石, 共出土恐龙骨骼化石 2 850 块, 含有诸城中国角龙、巨型诸城暴龙、巨大华夏龙、虚骨龙、甲龙、蜥脚类等骨骼化石。“诸城中国角龙”为新属种<sup>[8]</sup>, “诸城中国角龙”的发现填补了亚洲和北美角龙发掘方面的空白, 是北美以外首

\* 收稿日期: 2013-04-11; 修订日期: 2013-05-02; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 杜圣贤(1975—), 男, 四川巴中人, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查及地层研究工作; E-mail: dushengxian@126.com。

次发现的大型尖角龙颈盾化石,是亚洲真正意义上的角龙化石<sup>[7]</sup>;巨型诸城暴龙是亚洲最大、中国唯一的暴龙骨骼化石;甲龙化石是世界最大、最完整的甲龙骨骼化石;2009 年新装架的“巨大华夏龙”长 22 m,高 12 m,堪称新的“世界龙王”<sup>[8]</sup>。

#### 1.4 黄龙沟足迹化石群产地

位于皇华镇大山社区西南约 2 000 m 的小山脊,在黄龙沟面积 2 000 m<sup>2</sup> 的区域发现恐龙足迹化石 10 000 多枚。含有鸟脚类、蜥脚类、兽脚类“东方强壮百合”等足迹。“东方强壮百合”( *Corpulentapus lilasia* )为兽脚类恐龙足迹新属种。黄龙沟恐龙足迹种类多、数量大、保存好,是目前世界上规模最大的恐龙足迹化石群<sup>[9]</sup>。

#### 1.5 保护意义

古生物化石具有重要的科研和实用价值:它是确定相对地质年代的重要依据,是划分对比地层的主要依据,是识别古生物世界的窗口,是研究生命起源与演化的直接证据,是寻找各种沉积矿床的标示,也是研究地质历史时期气候变化的佐证,保护好古生物化石,才能保障科学研究的真实性,才能避免假化石鱼目混珠地进入科学研究领域<sup>[10]</sup>。因此保护化石具有重要的科学意义和价值。

诸城恐龙化石对研究诸城白垩纪晚期古地理、古气候、古生态、动物进化具有重要意义,同时通过对恐龙化石及其产出地层层位的研究,可以破解大陆漂移的一些疑点,复原大陆分离情况,探寻大陆形成的原因。另外,对于探讨恐龙灭绝的原因具有重要意义。

## 2 保护现状及存在的问题

2012 年,诸城市的典型化石产地被国土资源部正式批准为“山东诸城恐龙国家地质公园”;2012 年 4 月,公园成立了“山东诸城恐龙国家地质公园管理处”,落实了人员编制。

公园管理处为了保护这些珍贵的地质遗迹资源,对园区内的区域地质、水文地质、工程地质和环境地质做了大量详细调查工作。臧家庄、库沟、恐龙涧、黄龙沟化石产地地表水为大气降水,地下水主要类型为松散岩类孔隙水和碎屑岩类裂隙水;大气降水入渗补给是地下水主要来源,人工开采和蒸发为主要排泄方式。根据对地下水动态长年监测资料,

该地区地下水年变幅 2~4 m,最大年变幅可达 6.1 m。地下水开采量较小,水位动态主要受大气降水影响,多年水位没有明显变化。园区工程地质条件较差,地质环境类型为 II 类,地下水对混凝土结构具微腐蚀性,对钢筋混凝土结构中钢筋具微腐蚀性。根据以上条件,管理处采取了切实有效的措施,对地质遗迹资源保护起到了很好的效果。

#### 2.1 库沟化石长廊保护现状及存在问题

库沟化石长廊近 EW 走向,地层倾向 NW,倾角 15°左右。化石主要赋存于王氏群红土崖组砖红色的含砾砂岩、粉砂岩及细砂岩中<sup>[11,12]</sup>。化石大面积暴露于山脊的北坡,坡度大约 40°。为了防止化石风吹雨淋,修建了临时简易保护大棚。另外,为了防止地表水和地下水对化石的破坏,在长廊的南面和东面修建了隔水帷幕。

修建隔水帷幕时,开挖断面下底宽 3.5 m,深度至库沟恐龙化石长廊参观小路路面以下 1.5 m,平均开挖深度 15 m。用水泥混凝土做防渗墙,防渗墙宽 1.8 m,顶高与地面平齐。防渗墙内侧铺设防渗膜(两布一膜)一层,防渗墙外侧埋设花管,排水至长廊以西 150 m 处涓河,以防地表水入渗。在产地附近的断层及其影响范围内打井排水,坡脚处开挖截渗沟。防水工程较好地堵断了地表水以及地下水对化石的侵蚀。同时,为了防止化石骨骼分化、开裂,对化石进行了“打胶”保护。

库沟虽然修建了保护大棚,但是由于风吹日晒,顶棚出现裂隙,一旦遇到极端恶劣天气,雨水就会灌入长廊对化石造成破坏;在化石长廊东面和南面修建隔水帷幕时,开挖至坡顶地面下 10~12 m,该处地下水埋深 6 m,化石保存层位低于地下水位,仍然在化石坡面出现地下水渗出现象,对坡面和原地化石具有一定的侵蚀作用,且冬季冰冻会加剧化石风化,对化石保护极为不利,主要原因是采取的保护工程没有彻底切断地下水与富含恐龙化石层位的水力联系。另外,化石骨骼本身含有水分,在打胶加固时,使化石骨骼表面附着了一层密闭胶,外部温度发生改变时,内部水的体积发生变化,从而对化石骨骼造成破坏。

#### 2.2 恐龙涧隆起带保护现状及存在问题

恐龙涧为近 EW 向的冲沟,冲沟两侧为小型山坡,坡角 45°左右。地层倾向 NW,倾角 15°左右。化

石主要赋存于冲沟及两侧的红土崖组砖红色的含砾砂岩、粉砂岩及细砂岩中<sup>[12]</sup>。目前,此处的化石保护仅仅采用了覆盖“草帘一薄膜”方式进行防光、防风、防潮的“半掩埋保护”。地下水、地表水对化石的危害非常严重。

### 2.3 臧家庄化石层叠区保护现状及存在问题

臧家庄化石层叠区已经修建了原址保护场馆——中国暴龙馆。暴龙馆呈蛋壳形,南北长 50 m,东西长 40 m,分为 5 大功能区:化石原址展示区、化石骨架展示区、动感影视观赏区、时空隧道展示区和科普体验休闲区。

为了防止层叠区出现地下水渗水现象,对化石和围岩造成侵蚀、冻融破坏,暴龙馆内设两道防水墙阻隔地下水,开挖排水井 2 口,深度低于化石层最低点 6 m,配备自动抽水泵 2 台,当井内水位达到化石层最低处以下 1.5 m 时,抽水泵开始自动抽水,其排水量可达 48 m<sup>3</sup>/h;在暴龙馆外部建设排水井 4 口,每口深度均约 15 m,当井内水位达到 5 m 深时开泵抽水,抽出的水经地下管网排入涓河。此处的保护措施有效的防止了地下水对化石的危害。

为了使室内化石保持适宜的温度和湿度,在暴龙馆两侧安装了空调、除湿设备,使馆内温度保持在(18±2)℃,湿度控制在(50±5)%。另外,还安装了消除红外线和紫外线的照明灯以及监控设施。

### 2.4 黄龙沟足迹化石群保护现状及存在问题

黄龙沟足迹化石群位于大山社区西南小山的北坡上,坡向正北,坡角 25°,化石赋存于莱阳群杨家庄组灰绿色泥质粉砂岩中<sup>[11]</sup>,岩层倾向 N,倾角 15°。在产地的西侧、北侧有一条冲沟,雨季洪水沿着西侧的冲沟流下绕行北侧流进东边 500 m 处的倒漾河。

为了阻挡日光紫外线射入,防止雨雪对化石的破坏。在此处搭建了临时保护棚。同时,对足迹化石进行了打胶保护。此处的大棚已年久失修,顶棚破裂。化石赋存于粉砂岩中,由于地表雨水的冲刷,粉砂岩极易受到分化作用使化石遭到破坏。雨季,遇到极端恶劣天气,爆发的山洪携带泥砂可能将化石掩埋,冲毁。

## 3 保护工程可行性探讨

根据对相关资料的整理、分析和总结,将古生物

化石保护<sup>[13]</sup>工程分为化石产地保护工程和标本保护工程两大类,包括原产地自然状态保护工程、原产地场馆保护工程、采掘过程中化石标本保护工程和馆藏化石标本保护工程 4 类(表 1)。

表 1 化石保护工程分类

工程大类	类	亚类	工程项目
化石产地保护工程大类	原产地自然状态保护工程	加固防护工程	含化石层基岩支护加固工程 含化石层基岩固坡工程
		人为损害预防工程	树立标志 标志碑 标志牌 警示牌
	原产地场馆保护工程	遮蔽保护工程	搭建防护棚 修建原地保护场馆
		防、排水工程	开挖排水沟 修建引水渠 构筑挡水墙 修建隔水帷幕
化石标本保护工程大类	采掘过程中化石标本保护工程	制作套箱采集化石标本 打皮劳克采集化石标本	
	馆藏化石标本保护工程	化石标本干燥处理 化石标本防裂加固 骨骼化石装架存放 化石标本存放场所温度、湿度控制 化石标本防盗监控系统 化石标本除尘、防紫外线设备	

化石保护工程的实施受地理气候、地形条件、地质条件(地层、构造等)、水文地质、环境地质、工程地质、温度、湿度、尘埃、紫外线等诸多因素影响。化石保护方法是多种多样的,工作中要根据具体情况选用切实可行的保护工程;保护工程并不是单一的手段,有时多种保护工程综合运用才能真正有效保护化石。例如在化石产地保护工程中,还要对化石标本进行保护,那么就需要对化石本身进行防潮、防冻、防紫外线的保护;对于不能进行原地保护的化石,根据化石的属性,要采取馆藏保护或者装架保护等措施。下面以诸城库沟化石长廊和黄龙沟恐龙足迹群为例进行说明。

### 3.1 库沟化石长廊保护工程

库沟化石长廊为一大型恐龙骨骼化石产地,根据化石保护工程分类,最切实有效的保护办法就是实施原产地场馆保护工程,对馆内的温度、湿度进行适度调节。

首先是对原产地实施遮蔽保护工程,原来在库沟搭建了临时防护棚(图 2),由于风吹日晒,顶棚出现裂隙,一旦遇到下雨天,雨水就会灌入长廊对化石造成破坏,所以现在最紧迫的任务是修建原地永久

性保护场馆,不但起到保护的作用,而且还能促进当地的旅游发展。

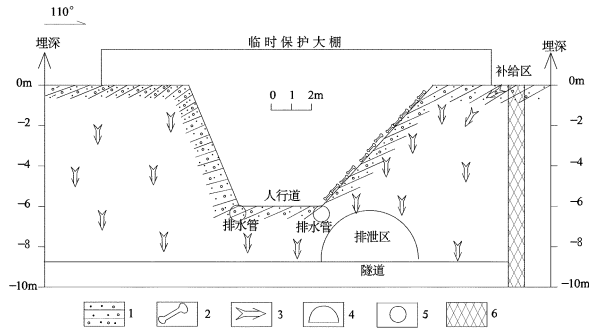


图 2 诸城库沟化石长廊横切示意图

1—含砾砂岩;2—恐龙骨骼化石;3—地下水方向;4—隧道;5—排水管;6—挡水帷幕

其次是防、排水工程的实施。目前在长廊的南面和东面修建了挡水帷幕,从理论上讲已经阻断了地下水对化石的威胁,但是从现场观察还可以看到有水渗出。

地下水对化石的破坏在这些影响因素中是最严重的。从图 2 可以看出:①由于临时保护大棚保护的面积较小而没有覆盖到挡水帷幕,下雨时,地表水就会顺着岩层流经化石产地而造成地下水渗出;②虽然库沟东面和南面修建了挡水墙,但是由于挡水墙的深度平均埋深为 15 m,该处地下水埋深在 6 m 以下,并没有彻底切断地下水的水力联系(也即是:长廊底部地下水的水力联系)。化石赋存层位的岩性为含砾砂岩,而其下部层位的岩性为泥质粉砂岩。地下水运移到此处受到隔水层阻隔就会汇集从而渗出。

解决地下水渗出的可行方法为“隧道法”。具体做法是在库沟长廊化石分布地区施工一条近 EW 向的地下隧道。这样流经隧道上方的地下水就会由于自然重力的作用而改变运移方向流向隧道;另外也彻底切断了长廊底部的水力联系,不会因为地下深部的水受阻而从化石产地渗出。修建地下隧道就是在长廊下部打通一个地下水的排泄区,为地下水的排泄更加通畅,这样就不会造成地下水在产地渗出对化石造成破坏。从隧道排出的水流入西边的涓河。西侧的涓河枯水年水位标高 70 m(2012 年 5 月),丰水年水位标高 74 m,河床宽 80~150 m,化石长廊地下水水位标高 94.5 m,洪水期不会出现涓河洪水倒灌化石长廊的情况。

### 3.2 黄龙沟足迹化石群保护工程

黄龙沟足迹化石群赋存于杨家庄组粉砂岩中,地形条件相对较复杂,给保护工作带来了一定难度。由于化石产地的西侧及北侧有 2 条水沟,若雨季排水不畅,就会造成雨水携带泥砂、石子掩埋、破坏恐龙足迹化石。

根据化石产地的特性,对于大面积分布的恐龙足迹化石,最切实可行的保护措施就是实施原产地场馆保护工程。目前在该产地修建的临时保护大棚由于年久失修,雨水从顶棚进入,不断地冲刷岩石层面。长此以往,恐龙足迹化石很快就会被破坏。应该抓紧时间在此修建保护场馆。

对该化石产地威胁最大的因素就是地表水,地表水的来源主要为大气降水和季节性河流。为了防止地表水对足迹化石的破坏,拟在化石点南侧开挖 1.5 m 宽的排水沟(图 3),同时用水泥修砌高 1 m 宽 0.5 m 挡水墙;在化石产地东西两侧各开挖 2 条宽 1.5 m 排水沟,同时修建 2 条台阶式登山路。台阶路既可以为游客通行,又能阻挡两侧的地表水流入化石产地。对化石产地北侧的排水沟进行加宽加深,能有效地将雨季洪流导入化石埋藏点东侧的倒漾河。为了方便游客行走,在北侧排水沟架上小桥。

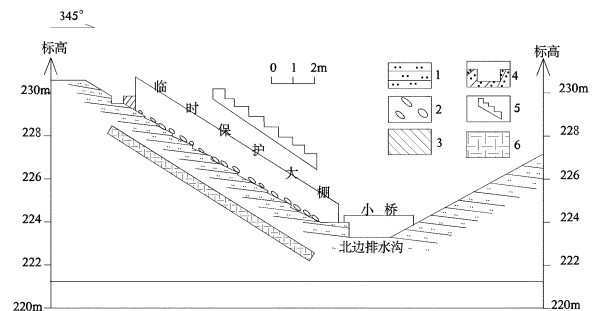


图 3 黄龙沟恐龙足迹化石赋存层位纵切示意图

1—莱阳群杨家庄组粉砂岩;2—恐龙足迹化石;3—挡水墙;4—排水沟;5—东西两侧台阶路及挡水墙;6—东西两侧排水沟

## 4 结语

(1)山东诸城典型的化石产地主要有“库沟化石长廊”、“恐龙洞隆起带”、“臧家庄化石层叠区”和“黄龙沟足迹化石群”,这些典型的地质遗迹资源内容丰富,具有重要的科研价值。

(2)公园内的化石产地得到了较好的保护,但是地下水和地表水对其保护存在严重威胁。

(3)提出了将化石保护工程分为化石产地保护工程和标本保护工程 2 个大类,包括原产地自然状态保护工程、原产地场馆保护工程、采掘过程中化石标本保护工程和馆藏化石标本保护工程 4 类的分类方法。

(4)提出了对库沟、黄龙沟等化石产地保护实施“原产地场馆保护工程”的建议。

(5)分析了库沟地下水对化石造成威胁的原因,提出了修建地下隧道为地下水排泄提供通道的保护工程建议。

(6)通过地表水对黄龙沟足迹化石群的影响分析,建议修建挡水墙、排水沟等保护措施来改善保护现状。

## 参 考 文 献:

- [1] 王申娜,陈树清,张艳霞,刘波. 山东“恐龙洞”创造三个“世界之最”[J]. 中国地理杂志,2010,(596):88-93.
- [2] 胡承志. 山东诸城巨型鸭嘴龙化石[J]. 地质学报,1973,(2):179-206.
- [3] 陈树清. 山东诸城恐龙化石发掘新成果[J]. 化石,2010,(1):9-11.

- [4] 张艳霞,陈树清. 中国山东诸城库沟鸭嘴龙个体埋藏数量初探[A]//中国古生物学会第十次全国会员代表大会论文集[C],2009:218-219.
- [5] 赵喜进,李敦景,韩岗,赵华锡,刘风光,李来进,方晓思. 山东的巨大诸城龙[J]. 地球学报,2007,2(4):111-122.
- [6] 胡承志,程政武,庞其清,等. 巨型山东龙[M]. 北京:地质出版社,2001:1-139.
- [7] 季燕南. 巨型山东龙的系统分类、生活习性与生态环境研究[J]. 地学前缘,2010,17(1):378-385.
- [8] 赵喜进,王克柏,李敦景. 巨大华夏龙[J]. 地质通报,2011,30(11):27-44.
- [9] 张艳霞. 诸城黄龙沟恐龙足迹群遗迹化石及生态环境研究[A]//中国古生物学会第 26 届学术年会论文集[C],2011:223.
- [10] 国家古生物化石专家委员会. 化石保护与研究通讯[J]. 2011,(1):2-8.
- [11] 山东省第四地质矿产勘查院. 山东省区域地质[M]. 济南:山东省地图出版社,2003:154-158.
- [12] 柳永清,旷红伟,姬书安,王旭日,陈树清,等. 鲁东诸城地区晚白垩世恐龙集群埋葬地沉积相与埋葬学初步研究[J]. 地质论评,2010,56(4):457-468.
- [13] 中华人民共和国国务院令. 古生物化石保护条例[S]. 2010:1-28.

# Feasibility Study on Dinosaur Fossil Sites Protection Project in Zhucheng City of Shandong Province

DU Shengxian<sup>1</sup>, SONG Xiaomei<sup>2</sup>, LIU Huanchun<sup>3</sup>

(1. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Provincial Museum, Shandong Jinan 250013, China; 3. Zhucheng Bureau of Land and Resources, Shandong Zhucheng 262212, China)

**Abstract:** Dinosaur fossil resources are very rich in Zhucheng city. 30 places of dinosaur fossils have been found in this area. Typical fossil origin places are "Kugou fossil gallery", "Dinosaur Stream uplift belt", "Zangjiazhuang fossil stacked area" and "Huanglonggou footprint fossils". In order to protect these precious fossil resources, many effective measures have been carried out to protect fossils resources by local government. But there are still some shortcomings in the protection process. In this paper, based on present protection condition, pointing to major problems occurred in fossils protection, some countermeasures are put forward to control groundwater and surface water completely.

**Key words:** Dinosaur fossil resources; fossils; protection project; groundwater; surface water; feasibility study; Zhucheng city in Shandong province