

古生物学重大发现与科普特效电影创作

叶 剑^{1*} 王 原²

(上海睿宏文化传播有限公司, 上海 200436)¹
(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044)²

[摘 要]一百多年来, 古生物学重大发现不断助推和见证着电影的技术创新和产业发展。近年来基于中国古生物学重大发现和研究成果的原创特效电影, 已经成为古生物学科普和特效电影产业中的亮丽风景。文章梳理电影发展早期和特效电影发展历程与古生物学成果的关系, 特别是近 30 年来中国古生物学的重大发现与十余年来国内特效电影原创的结合, 分析这种“协同进展”现象。

[关键词] 古生物学 重大发现 恐龙 特效电影 四维电影

[中图分类号] J904 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19957/j.cnki.kpczpl.2021.02.001

在一百多年的电影发展史上, 以恐龙为代表的古生物一直是非常重要的题材, 那些声名显赫的远古生物, 自电影诞生以来就一直被电影这种最直观、最形象的艺术形式不断地复活, 成为大众文化的宠儿, 也成为大众了解古生物学的窗口。古生物学的重大发现为电影提供内容, 而另一方面, 科学家和大众对古生物的复原和生动重现的需求, 也不断助推并见证着电影的技术创新和产业发展。

一、古生物重大发现推动古生物学与电影技术共同发展

(一) 古生物学的早期发展与电影的萌芽

地史时期的生物化石, 是古生物学最重要

的研究对象。人们对化石的科学认识, 最早可追溯至 2500 多年前古希腊的哲学家色诺芬尼 (Xenophanes)。但直到 18 世纪后期, 在地质学、生物学快速发展的助推下, 古生物学才开始发展为一门科学。自那时到今天的 200 多年里, 古生物学的学科发展与一个又一个的重大化石发现以及科学家对它们的科学解读紧密相关。

比如恐龙化石, 最早的发现是英国医生吉迪恩·曼特尔 (Gideon Mantell) 1822 年发现的禽龙, 两年后英国地质学家威廉·巴克兰 (William Buckland) 命名了第一种恐龙——斑龙 (见图 1)。这些最早的研究者很快认识到那是一类凶猛庞大的史前爬行动物, 它们的遥远和神秘随即吸引了更多的科学家^[1]。从 1858 年开始, 为了

*通讯作者: 叶剑, 上海睿宏文化传播有限公司执行董事, 副编审, 研究方向为科普影视创作、古生物科普创作。
yeh@fivem.com.cn。

抢夺资源发现更多、更奇特的新恐龙，美国古生物学家奥思尼尔·C. 马什（Othniel C. Marsh）和爱德华·D. 柯普（Edward D. Cope）互相竞争、攻击，甚至使用暴力手段，一场“化石战争”（Bone Wars）延续了 30 年，一共发现了几十种新恐龙，让恐龙从专家到知识阶层再走向大众，引发了西方社会的大众恐龙热，也大大推进了古生物学的发展^[2]。



组图 1 斑龙可怕的牙齿下颚模型及水晶宫的斑龙雕塑

这些庞大凶猛的史前怪物究竟长什么样？“化石战争”引发的恐龙热也吸引了一批艺术家来关注恐龙，他们用绘画、雕塑等各种艺术形式去重现它们，为大众恐龙热推波助澜，比如在英国古生物学家、Dinosauria（恐龙总目）一词的创造者理查德·欧文（Richard Owen）的指导下，由英国自然史艺术家本杰明·W. 霍金斯（Benjamin W. Hawkins）主持，1853 年建于伦敦水晶宫里的著名的斑龙雕塑。在“化石战争”

的尾声，电影诞生了，标志性事件就是 1895 年 12 月 28 日，法国的卢米埃尔兄弟（Auguste and Louis Lumière）用“活动电影机”，在法国卡布辛大街 14 号的大咖啡馆里有偿放映了 10 部片长都不到一分钟的短片。这一天后来被定为电影的生日^[3]。这种全新的、鲜活的媒体和艺术形式引发了大众的追捧，很快就与大众恐龙热自然结合到一起。

美国动画大师温瑟·麦凯（Winsor McCay）最先行动，决定用动画电影去重现神秘的恐龙。他选择马什 1877 年发现的巨型蜥脚类恐龙——迷惑龙，拍摄了《恐龙格蒂》（*Gertie the Dinosaur*），1914 年上映后大获成功。《恐龙格蒂》不仅是迄今可考的最早的恐龙电影，它还把故事、角色和真人表演安排成互动式的情节，对角色进行了深度刻画，开启了角色动画的历史，“格蒂”也成为最早的卡通明星。由于此片的成功，麦凯还制订了雄心勃勃的“展现曾占据地球的大怪物”计划，打算用动画电影创造出“严肃且有教益的作品”^[4]。

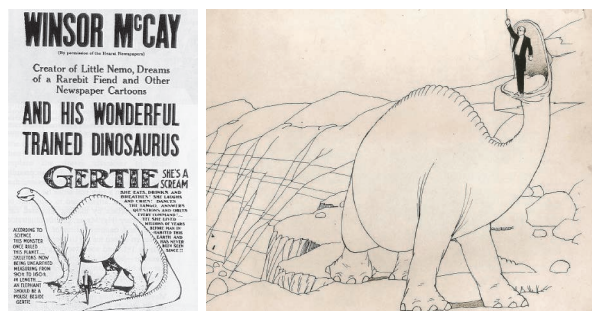


图 1 《恐龙格蒂》海报和剧照

（二）古生物学发现助推早期电影技术进步

自《恐龙格蒂》之后，越来越多的重大古生物发现与电影艺术结合到一起，为电影提供了吸引大众的角色和题材。同时，生动地重现这些世人关注的史前怪物的需求，在电影发展的早期也极大地推动了电影技术的进步。

比如 1925 年上映的《失落的世界》(*The Lost World*), 改编自福尔摩斯的创造者阿瑟·柯南·道尔 (Arthur Conan Doyle) 的同名小说, 是第一部采用模型动画和定格动画技术结合真人实景拍摄的长片, 霸王龙、雷龙、异特龙、三角龙、粗齿龙等“化石战争”后期发现的著名恐龙以及无齿翼龙, 都是其中的重要角色。

1933 年,《失落的世界》的导演威利斯·奥布莱恩 (Willis O'Brien) 推出不朽之作《金刚》(*King Kong*), 除了巨型猩猩, 霸王龙、雷龙、剑龙等恐龙, 以及无齿翼龙和蛇颈龙类的薄板龙, 都是其中的角色。《金刚》不仅生动地复活了一批重要的古生物, 还让定格动画电影大放异彩, 并引领了怪兽电影的大行其道, 比如 20 世纪 50 年代开始推出的《哥斯拉》(*Godzilla*) 系列, 就是怪兽和古生物的结合。直到 20 世纪 90 年代初, 史蒂文·A. 斯皮尔伯格 (Steven A. Spielberg) 在筹拍《侏罗纪公园》(*Jurassic Park*) 时, 首先考虑的拍摄方案仍是仿真恐龙模型的定格动画, 但因动画师们无法制作出动作足够逼真的恐龙模型, 才采用了当时刚刚兴起的电脑动画技术, 却无意中开启了另一个时代。

二、古生物与特效电影

(一) 电影特效与特效电影

电影特效指在拍摄结束后的后期制作中, 通过对已有胶片的画面进行加工, 或用计算机图形技术等其他方式处理视频, 产生的新的画面和新的视觉效果。特效制作早在电影的萌芽阶段就已经出现, 比如改编自儒勒·G. 凡尔纳 (Jules G. Verne) 小说、1902 年上映的科幻电影开山之作《月球旅行记》(*Le Voyage dans la Lune*) 中, 就

已经使用了一些视觉特效。从 20 世纪 70 年代开始, 电脑特效的大量使用, 将电影变成了魔幻般的视觉盛宴。

区别于对画面进行后期加工的电影特效, 拍摄技术、播放技术的发展, 也让与拍摄技术、放映环境相关的特效技术发展起来, 就产生了特效影院和特效电影, 也称为特种影院和特种电影, 比如巨幕电影、弧幕电影、球幕电影、立体电影、四维电影、动感电影和 VR 电影等。特效电影在 20 世纪 70 年代开始快速发展, 或在拍摄上突破了传统底片的限制, 以更高分辨率和更大篇幅的影像结合放映系统提供的更大视野, 或整合了立体视效、座椅特效、影院环境特效等, 能够营造出更震撼、更逼真的视效及多感官综合的沉浸式观影体验。

(二) 立体电影与古生物

逼真的视效中, 值得一提的是立体视效, 因为人们在现实世界中所感受到的就是立体视效。早在 20 世纪 30 年代, 早期的电影工作者就已经实现了立体视效画面的拍摄——模拟人的左右眼视差, 用双摄影机拍摄、双投影机放映, 通过偏光眼镜让左右眼分别接收两台摄影机所摄的稍有差别的影像, 通过神经系统的叠加处理产生立体视效。虽然在 20 世纪 50 年代美国出现了一些立体电影, 但由于胶片等技术的限制, 立体电影并没有得到很好的发展, 直到 20 世纪 80 年代的特效电影大发展中, 加拿大 IMAX 公司将立体技术与巨幕结合, 开始大力推广巨幕立体电影, 迪士尼也建了一些主题立体影院, 全球出现了一股特效电影娱乐风潮^[5]。

基于一些新发现, 以约翰·奥斯特罗姆 (John Ostrom) 和罗伯特·T. 巴克 (Robert T.

Bakker) 为代表的古生物学家, 在 20 世纪 60 年代末至 70 年代提出一些理论, 颠覆了恐龙是慵懒、笨拙的冷血动物的传统认识, 认为恐龙是行为活跃的温血动物。这场认识革新被称为“恐龙文艺复兴”^[6], 极大地改变了恐龙的生理学 and 大众文化形象, 恐龙重新受到人们的追捧。另一方面, 电脑动画技术在 20 世纪 70—80 年代也不断进步, 能够更加逼真、生动地复活远古生物。在这样的时代背景下出现的特效电影娱乐风潮, 当然也离不开古生物。比如 1998 年上映的《霸王龙: 重返白垩纪》(*T-Rex: Back to the Cretaceous*), 就是 IMAX 代表性的巨幕立体影片之一。

2010 年,《阿凡达》(*Avatar*) 全球热映, 加之上海世博会上各种特效电影的推波助澜, 立体电影开始大举进入商业院线, 成为电影产业中的重要部分, 古生物题材同样是其中的重要内容, 比如《侏罗纪公园》(*Jurassic Park*) 系列。该系列前三部均非立体版本, 但 1993 年上映的第一部, 在《阿凡达》热映后于 2013 年重新推出了立体电影版本。2015 年上映的《侏罗纪世界》(*Jurassic World*) 则主打立体版, 在全球 800 多家 IMAX 立体影院放映, 总票房达 16.7 亿美元, 高居电影史上票房排名第三位。2018 年上映的续集《侏罗纪世界 2》(*Jurassic World: Fallen Kingdom*), 全球票房也达 13 亿美元。《侏罗纪世界 3: 统治》(*Jurassic World: Dominion*) 则计划于 2022 年上映。

(三) 中国古生物学大发展助推四维电影大发展

特效电影中的四维电影, 在立体电影基础上整合了座椅特效和环境特效, 能给观众营造沉浸式、多感官综合的观影体验, 深受大众特别是青

少年喜爱。2000 年前后, 上海科技馆率先将四维影院引入国内, 带动了国内科博场馆兴建热潮中的四维影院建设潮。由于观影体验好、投资量适中, 四维影院已几乎成了新建大中型科博场馆的标配, 并进入商业院线。据不完全统计, 我国科普场馆、主题乐园、商业院线、大型商业体中的四维影院已远远超过 1000 家, 四维影院在中国的大发展是 21 世纪特效电影行业的大事件。但是, 由于进口片源租金昂贵, 而国内原创几乎是空白, 特效电影片源问题很快成为中国特效电影发展的制约因素。

四维电影在中国大发展的 20 年, 正赶上中国古生物学大发展的时代。古生物学是典型的基于发现的科学。自 20 世纪 80 年代以来, 随着我国大规模基础建设的开展以及科研投入和实力的提升, 大量的古生物化石被发现和研究, 出现了一些震惊国际古生物学界重大发现, 诸如寒武纪的澄江动物群 (见图 2)、白垩纪的热河生物群, 等等。这些重大发现极大地提升了中国的古生物学研究水平, 让中国在短短三十来年中发展成为国际古生物资源大国和研究强国^[7]。比如古生物中最受大众关注的恐龙, 目前全球已发现一千多个种, 根据宾夕法尼亚大学彼得·多德森 (Peter Dodson) 2009 年的统计, 中国发现的恐龙属种数已经超过美国, 成为世界第一恐龙大国。根据中国古动物馆的统计, 2010—2018 年间, 美国命名了 50 种新恐龙, 而中国对应的数字是 84 种; 至 2019 年 12 月, 中国已经根据骨骼化石研究命名了 322 种恐龙, 稳居世界第一^[8]。除了门类众多, 中国的恐龙化石在鸟类起源、羽毛的起源和演化、暴龙类的演化等诸多领域, 也都是国际学术界关注的热点^[9]。



图2 澄江动物群生态复原图

中国大量的古生物学发现，为大批新建的科博场馆提供了吸引公众的理想展品，也成为科普创作的优秀素材。为了破解快速发展的四维影院的片源难题，2010年前后，上海科技馆、北京天文馆等科博场馆率先基于中国的优秀科学研究成果，在相关科学家的指导下，与专业影视公司合作创作特效电影。由于有主营古生物学科普的影视团队参与和推动，科研成果丰硕、深受大众喜爱的古生物学，就自然成为原创特效电影特别是四维电影创作的核心领域。

以上海科技馆为例，2011—2020年共创作了9部四维电影，古生物题材的就有4部，占了近一半。据国家新闻出版署电子政务平台的电影剧本备案、立项公示以及公映许可证发放信息显示，近十年来，基于中国古生物学重大发现创作的特效电影共有十几部，远多于其他学科领域，地质时代覆盖了古生代、中生代和新生代，主要反映了辽宁、云南、贵州、四川、新疆、甘肃、宁夏、河南、山东等省区的重大古生物发现，角色门类覆盖了无脊椎动物、鱼类、两栖类、爬行类、鸟类、哺乳类，以及蕨类植物、裸子植物、被子植物等主要门类。

这些电影创作项目绝大多数都由相关科博

场馆和研究机构发起，值得一提的是，中国古生物学界至少有二三十位各门类一线科学家受邀参与创作指导，负责提供第一手的研究成果作为创作素材，并对

这些特效电影的创作进行内容把关。这种由科普机构发起、基于重大科学发现、科学家深度参与指导、与专业影视团队联合创作的创作模式，保证了影片内容的科学性、艺术性和娱乐性。中国古生物学重大发现与特效电影的结合助推了原创，打破了国外特效电影片源的垄断。这些特效电影突破了传统的图文科普形式，将重大科研成果搬上了大荧幕，将国内的古生物学科普推到了全新的高度，让大众更好地了解了中国的古生物研究成果，取得了良好的传播效应、社会效益和经济效益。同时，对这些古生物进行生动重现的需求，也推动了国内四维电影乃至动画电影创作领域的一系列技术进步。

三、以中国古生代研究成果为内容的四维电影创作

古生代开始于5.4亿年前，结束于2.5亿年前，包含寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪和二叠纪。古生代早期主要是多细胞动物爆发的无脊椎动物时代，古生代晚期则是鱼类以及脊椎动物登陆后的古老型两栖类和早期爬行类的时代。中国的重大发现和研究成果方面，发现于云南澄江，被誉为“20世纪最惊人

的古生物发现”的澄江动物群，以及发现于内蒙古乌达煤田，被誉为远古的“植物庞贝城”的近 3 亿年前的原位埋藏化石森林，都已有专题性的四维电影问世。

(一)《寒武秘境》

寒武纪指距今约 5.4 亿至 4.85 亿年前的地质时代，以多细胞动物的爆发性产生为特色。1984 年，在云南澄江帽天山，青年古生物学家侯先光幸运的一锤，砸出了一块寒武纪早期的纳罗虫化石，也砸开了通往 5.2 亿年前的早期动物世界的一扇窗。由于这一锤，帽天山迎来了全球古生物学家的朝拜^[10]。在澄江动物群中，现今地球上的各大动物门类，甚至脊椎动物的老祖宗——昆明鱼，都已经出现了，它代表着动物世界的黎明，相关研究荣获了 2003 年度国家自然科学奖一等奖。

2020 年 8 月 9 日，澄江化石地自然博物馆开馆，基于澄江动物群发现和研究成果的四维电影《寒武秘境》在该馆四维影院开始公映，将黎明时分的动物世界里各种长相清奇的生灵，以及它们的生存策略、爱恨情仇，栩栩如生地呈现给观众。舒德干院士领衔专家团队，全流程参与了创作指导。

另外，早在 2008 年，北京天文馆就摄制了澄江动物群题材的四维电影《穿越寒武纪》，成为科普特效电影原创的先行科博场馆之一。

(二)《重返二叠纪》

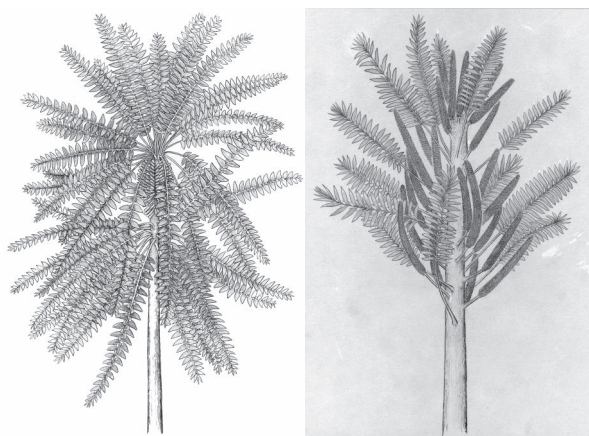
二叠纪指距今约 3 亿至 2.5 亿年前的地质时代，动物以古两栖动物为特色，植物以高大的蕨类和裸子植物为特色。2011 年 11 月，四维电影《重返二叠纪》（见图 3）在上海科技馆开始公映。长着美丽背帆的帆螈，身长 9 米的两栖类霸主锯齿螈，头似三角形斗笠的笠头螈，

牙齿像圆锯的旋齿鲨，翼展超过 70 厘米的拟巨脉蜻蜓……这些长相清奇的远古生物，以及一个陌生而神秘的时代——二叠纪，紧紧抓住了观众们的心，也吸引了古生物爱好者们的关注。戎嘉余院士、周忠和院士领衔八位各门类专家参与创作指导，剧中每一种古两栖动物、古鱼类，乃至每一只古昆虫，都有严谨的科学出处，尤为值得一提的是电影第一次科学地复原了二叠纪的森林植被。



图 3 《重返二叠纪》海报

影片中那片令人耳目一新的生机勃勃的二叠纪森林，依据发现于内蒙古乌达煤田的近 3 亿年前被火山喷发所原位埋藏的化石森林，经中国科学院南京地质古生物研究所王军研究员等中国科学家十余年的发掘与研究，发现了一系列的新种（见组图 2），并在国际上第一次实现了对数亿年前最大面积的森林植被实际复原，相关科学论文 2012 年 3 月才发表在《美国科学院院刊》(PNAS) 上^[11]，并被美国《科学》(Science) 杂志的跟踪报道誉为远古的“植物庞贝城”。创作团队在研究阶段就敏锐地跟踪了这一重大发现，在论文发表四个多月前，影片就公映了。



组图 2 植物新物种线描草图

《重返二叠纪》的创作也实现了一系列的特效电影技术创新。该片主要表现古两栖动物，它们有水生和陆生两种生活方式，在当时，对写实的水环境的刻画还是一个动画制作难点。该片创作中采用了先进的水体特效软件，并解决了水体特效软件与三维软件的对接，建立了一套完整的水体三维特效制作流程，成功地实现了写实、自然的三维水体制作。不管是波光粼粼的水面、光影变幻的水下，还是匹配喷水特效的飞溅的水花，以及匹配下雨特效的洒落在水面上的特写雨滴，立体视觉效果都真实而自然。另外，该片主角帆蜉在孵化阶段和幼体阶段，都是大量集群生活，上百只幼体帆蜉的群体动画也是一个技术难点。创作团队自主研发了 RH-Group 群体动画集群解决方案，在多个镜头中成功实现了大量生物的无规运动。

如同《侏罗纪公园》系列极大地增进了大众对侏罗纪的了解，《重返二叠纪》也是以电影促进相关科学内容普及的典型范例。在此之前，大众乃至很多古生物爱好者对二叠纪的了解都很有限，“二叠纪”可以说只是一个学术圈里的科学名词。如今，这部影片已经在几十家科博场馆和主题公园内持续放映了近十年，让很多科学爱好

者了解了那个遥远时代的生命世界。

《重返二叠纪》开创性地以特效电影的形式，及时反映了中国古生物学研究重大成果，于 2011 年底获中国科普作家协会优秀科普作品奖金奖，次年获中国科教影视“科蕾奖”一等奖，影片发行到几十家科普场馆，还输出到新西兰和北美市场，宣传了中国的优秀科研成果，提升了中国科普创作的国际地位。

四、以中国中生代研究成果为内容的四维电影创作

古生物爱好者们最熟悉的中生代，开始于约 2.5 亿年前，结束于 6600 万年前，包含三叠纪、侏罗纪和白垩纪，是爬行动物的盛世，哺乳动物、鸟类、被子植物等也开始出现。中国的相关重大发现和研究成果颇丰，发现于东北的中晚侏罗世燕辽生物群、早白垩世热河生物群的带羽毛恐龙和早期鸟类，发现于云南禄丰的早侏罗世恐龙，四川自贡和新疆的中晚侏罗世恐龙，河南、山东等地的白垩纪恐龙，以及云贵地区的三叠纪海生爬行动物群等，都已有相关的四维电影问世。

（一）带羽毛恐龙四维电影

我国辽西、冀北和内蒙古东南部，自 20 世纪 90 年代开始，发现了几十种带羽毛恐龙和早期鸟类，解决了持续争论了一个多世纪的鸟类起源问题，证明鸟类的确起源于带羽毛的小型恐龙，相关研究成为国际恐龙研究领域最大的热点之一。另外还有世界上最早的花朵、早期哺乳动物等重要发现，仅发表在英国《自然》（*Nature*）杂志、美国《科学》杂志和《美国科学院院刊》三大顶级学术刊物上的论文，就有近百篇^[12, 13]。自 2010 年以来，至少已有 4 部四

维电影聚焦这一地区的重要发现（见组图 3），中国科学院古脊椎动物与古人类研究所周忠和

院士、徐星研究员、王原研究员等一线研究者都参与了创作指导。



组图 3 带羽毛恐龙四维电影海报

《白垩纪公园》于 2010 年 5 月首映，由中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、美国 Sea Star 公司、上海睿宏文化传播有限公司等联合出品，获得了国家自然科学基金委员会 2008 年度科普专项的支持，系统反映了热河生物群各门类的重要研究成果，被中国科协报道为“国内首部科普特效电影”。

《羽龙传奇》选择 2012 年中国科学家发表在《自然》和 2008 年发表在《美国科学院院刊》上的热河生物群两项重大成果：全球最大的带羽毛恐龙、体长 9 米的暴龙类——羽王龙^[14]，以及全球最小的翼龙——森林翼龙^[15]。影片讲述了 1.2 亿年前的成长故事和种间共生故事。《羽龙传奇》由上海科技馆出品，于 2015 年 9 月首映。

《羽龙传奇》在华丽羽王龙研究论文发表仅几个月后就启动了前期创作，是及时对重大研究成果进行科普转化的范例。特别值得一提的是，通过对三维实拍器材与融合软件的自主研发，该片实现了实拍三维场景与动画三维角色的融合，让立体画面看起来更加真实、自然，是国内特效

电影乃至动画电影中开创性的实验。影片荣获中国科教影视“科蕾杯”特等奖、中国国际科教影视展评“中国龙奖”银奖等重大奖项，可谓对其品质的高度认可。

《会飞的恐龙》选择带羽毛恐龙中著名的近鸟龙^[16]和小盗龙^[17]为主角，表现了鸟类的恐龙祖先飞向蓝天的演化故事。《会飞的恐龙》由地质出版社牵头，邀请了中国古动物馆、辽宁省古生物博物馆、自贡恐龙博物馆、睿宏文化等古生物科普机构联合出品，2015 年 4 月首映，当年即获得中国科技馆特效电影展映“最受观众欢迎影片奖”。

对恐龙的外观颜色，科学家们一直只能进行合理的推测。近十年来，北京自然博物馆、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所等机构关于带羽毛恐龙羽毛颜色的研究，在《自然》和《科学》上发表了数篇论文^[18]，终于让恐龙的外观复原有了扎实的科学依据。2016 年 11 月，由北京自然博物馆出品的《黑羽精灵》首映，以结构显色的小盗龙为主角，聚焦恐龙的羽毛颜色，表现了一个绚丽多彩的带羽毛恐龙世界。

（二）其他恐龙题材的四维电影

自贡恐龙久负盛名，其恐龙博物馆是全球三大恐龙遗址馆之一。2016年8月，以自贡恐龙五个吉祥物为主角的卡通四维电影《侏罗纪大冒险》，在自贡恐龙博物馆首映，次年荣获中国科技馆特效电影展映“最受观众欢迎影片奖”。

发现于河南汝阳的巨型汝阳龙，装架体长达38.1米，是全球最大的恐龙之一。河南省地质博物馆2017年出品的《巨龙王国》以其为主角，表现了白垩纪晚期中原大地的恐龙盛世。

北京天文馆2016年出品的《撞击与生命》，脑洞大开地将恐龙与各种天象结合，以纪录风格，用中国的代表性恐龙讲述了自侏罗纪初至白垩纪末恐龙家族的演化故事。

上海光锥文化传媒有限公司2019年出品的《破解恐龙灭绝之谜》，则聚焦大众非常感兴趣的白垩纪末非鸟恐龙灭绝事件，深度探讨小行星撞击假说。

神奇灵武龙是东亚地区首次发现的梁龙类，相关成果于2018年7月发表在《自然》上^[19]，挑战了关于梁龙类和其他新蜥脚类恐龙的起源和扩散的传统观点。以灵武龙为亮点之一，宁夏地质博物馆2018年出品的《沧桑贺兰》，以20多亿年里从海洋里几起几落的贺兰山的视角，讲述宁夏大地的沧海桑田，是第一部省区地质特效电影。此外，发现于宁夏中宁、发表于《自然》的亚洲唯一的鱼石螈类——潘氏中国螈^[20]，是3.6亿年前脊椎动物登陆的先驱，还有享誉世界的三四万年前的古人类——水洞沟人，这些重大成果也都是该片重点表现的内容。

（三）侏罗纪哺乳动物四维电影

侏罗纪是恐龙的时代，但在恐龙的“淫威”下，还处在演化早期的哺乳动物家族，也在努

力发展壮大。北京自然博物馆基于馆藏标本研究和中国科学院古脊椎动物与古人类研究所等机构的研究，以已知最古老的真兽类化石——中华侏罗兽^[21]为主角，创作了四维电影《小侏罗兽历险记》，讲述1.6亿年前的哺乳动物们的生存智慧，系统反映了中国科学家在侏罗纪哺乳类研究方面发表在《科学》和《自然》上的十余项重大成果。

（四）三叠纪海生爬行动物四维电影

距今约2.5亿至2亿年前的三叠纪，不少爬行动物重返海洋，演化出各类海生爬行动物——我们俗称的“海怪”。那时候，云贵高原和安徽巢湖地区都还是浅海环境，是海怪们的乐园。云贵交接地区已经成为全球最具代表性的中晚三叠世海洋爬行动物化石的产地，巢湖龙则是早三叠世鱼龙的代表。在国家自然科学基金委员会科普专项的支持下，由浙江自然博物馆、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、睿宏文化等联合创作出品，聚焦云贵地区的云贵龙、半甲齿龟^[22]等重大发现的《三叠纪海怪》，于2013年6月首映。安徽地质博物馆出品、聚焦巢湖龙的《巢湖鱼龙》，也已于2016年4月上映。

五、以中国新生代研究成果为内容的四维电影创作

新生代指地质历史上从6600万年前到现在这个时代，生物界从中生代的爬行动物称霸逐渐演化为哺乳动物和被子植物高度繁盛的现代面貌。

2012年8月，四维电影《剑齿王朝》在上海科技馆首映。《剑齿王朝》基于甘肃和政六七百万年前的三趾马动物群研究，该动物群是生命演化历史中代表着哺乳动物由古老类型向现

生类型过渡的一个重要动物群。影片以青藏高原的隆升为背景，以欧亚大陆特有的巴氏剑齿虎为主角，讲述剑齿虎兄弟的成长及与环境相适应的故事。

毛发制作一直是写实风格的动物动画的难点。《剑齿王朝》绝大多数物种是带毛发的哺乳动物，平均每个角色的毛发量在 100 万根以上。为了达成逼真的毛发运动效果，除了复杂繁重的毛发建设，创作团队还在三维软件中设置虚拟的动力学系统，通过对加在每一根毛发上的粒子进行风场模拟运算，结合灯光设置和渲染设置，让每一个角色在不同的氛围中展现出了逼真的动态艺术效果。这种基于主流软件的二次创新开发，让影片中毛发的艺术感染力得以极大地提升，在国内特效电影和动画电影创作中也是一个突破。该片荣获了中国动画学会“美猴奖”最佳动画制

作提名奖，以及第三届中国科普作家协会优秀科普作品奖金奖。

《剑齿王朝》还是科普创作反促科学研究的案例。和政动物群发现的动物化石非常丰富，但植物化石一直是空白。在复原影片中的植被环境时，本着“一草一木都要有科学依据”的原则，创作团队咨询中国科学院古脊椎动物与古人类研究所邓涛研究员等参与指导的古动物学家，都解决不了场景植被问题，最后还是创作团队中的科普专家想到了办法——研究孢粉化石，也就是地层中微小的花粉化石。他们请来孢粉学家，系统研究那个地区相关时代的孢粉资料，终于确定了以胡杨为主、含十种植物的植被复原方案。他们的一丝不苟推动了科学家的进一步研究，丰富了对和政动物群整体面貌的认识。



图 4 《剑齿王朝》场景原画

六、以中国古生物研究成果为内容的 VR 电影创作

VR（虚拟现实）技术是最近几年开始流行的展示技术，基于 VR 技术的 VR 电影，也是特效电影的一种。VR 电影通过头显设备隔绝了外界的其他信息输入，让观众沉浸在难辨真假的虚拟世界中，并可与虚拟世界发生交互，具有超越其他电影形式的沉浸式特点。与 20 世纪初四维影院和四维电影在国内的发展类似，2016 年“VR 元年”以来，国内有一大批技术团队聚集

在 VR 硬件和系统研发领域，但 VR 内容的创作者极少。睿宏文化通过科普场馆注意到了市场对 VR 内容的需求，进行了一系列 VR 电影创作方面的技术研发。2018 年，为中国古动物馆创作了 VR 电影《飞向蓝天的恐龙》和《四亿年前的海底世界》，前者反映的是带羽毛恐龙的飞行演化事件，后者表现的是发现于云南曲靖的潇湘动物群，该动物群的古鱼类，是包括人在内的有颌类和四足类起源方面的重大发现^[23]。另外，也为北京自然博物馆、自贡恐龙博物馆、北京天文

馆等机构创作了一些古生物题材的 VR 电影，让中国古生物学重大成果通过 VR 技术得到呈现。

七、结语

从电影技术的萌芽、早期发展，到立体电影、四维电影、VR 电影等特效电影的发展，古生物学重大发现都不仅提供了优秀的题材和内容，还助推了电影技术的进展。上述这些中国古

生物特效电影，科学内涵都是中国科学代表性的基础研究创新成果，特效电影的原创也属国内电影形式和相关电影技术的创新，而且这些特效电影也以新颖的科普形式，增进了公众对古生物学及其重大成果的了解。因此，近十年来基于古生物学重大发现的特效电影原创和传播，可以说既是科技创新和科学普及相结合的实践，也是文化与科技融合的范例。

参考文献

- [1] 席泽宗. 科学编年史 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2011.
- [2] MARK J. The Gilded Dinosaur: The Fossil War Between E D Cope and O C Marsh and the Rise of American Science[M]. New York: Crown Publishing Group, 2000.
- [3] 乔治·萨杜尔. 世界电影史 [M]. 徐昭, 胡承伟, 译. 北京: 中国电影出版社, 1982.
- [4] Wikipedia. Gertie the Dinosaur[EB/OL]. [2020-11-20]. https://en.wikipedia.org/wiki/Gertie_the_Dinosaur.
- [5] DENIS P. The Quest for Stereoscopic Movement: Was the First Film ever in 3-D?[J]. International Journal on Stereo & Immersive Media, 2017, 1(1): 26-38.
- [6] BAKKER R T. Dinosaur Renaissance[J]. Scientific American. 1975, 232(4): 58-78.
- [7] 沙金庚. 世纪飞越——辉煌的中国古生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [8] 王原, 叶剑. 中国的恐龙——知识问答篇 (上) [J]. 化石, 2020(2): 2-7.
- [9] 王原, 吴飞翔, 金海月. 证据——90 载化石传奇 [M]. 合肥: 中国科学技术出版社, 2019.
- [10] WANG J, PFEFFERKORN B W H, ZHANG Y, et al. Permian Vegetational Pompeii from Inner Mongolia and Its Implications for Landscape Paleocology and Paleobiogeography of Cathaysia[J]. PNAS, 2012, 109(13): 4927-4932.
- [11] HOU X G, SIVETER D J, SIVETER D J, et al. The Cambrian Fossils of Chengjiang, China: The Flowering of Early Animal Life. Wiley-Blackwell, 2007.
- [12] 张弥曼, 陈丕基, 王元青, 等. 热河生物群 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2001.
- [13] CHANG M M, CHEN P J, WANG Y, et al. The Jehol Fossils: The Emergence of Feathered Dinosaurs, Beaked Birds and Flowering Plants[M]. Salt Lake City: Academic Press, 2008.
- [14] XU X, WANG K B, ZHANG K, et al. A Gigantic Feathered Dinosaur from the Lower Cretaceous of China[J]. Nature, 2012, 484: 92-95.
- [15] WANG X L, KELLNER A W A, ZHOU Z H, et al. Discovery of A Rare Arboreal Forest-dwelling Flying Reptile (Pterosauria, Pterodactyloidea) from China[J]. PNAS, 2008, 105(6): 1983-1987.
- [16] HU D Y, HOU L H, ZHANG L J, et al. A Pre-Archaeopteryx Troodontid Theropod from China with Long Feathers on the Metatarsus[J]. Nature, 2009, 461: 640-643.
- [17] XU X, ZHOU Z H, WANG X L, et al. Four-winged Dinosaurs from China[J]. Nature, 2003, 421: 335-340.
- [18] LI Q G, GAO K Q, MENG Q J, et al. Reconstruction of Microraptor and the Evolution of Iridescent Plumage[J]. Science, 2012, 335: 1215-1219.
- [19] XU X, UPCHURCH P, MANNION P D, et al. A New Middle Jurassic Diplodocoid Suggests an Earlier Dispersal and Diversification of Sauropod Dinosaurs[J]. Nature Communications, 2018, 9: 2700.
- [20] ZHU M, AHLBERG P E, ZHAO W J, et al. First Devonian Tetrapod from Asia[J]. Nature, 2002, 420: 760-761.
- [21] LUO Z X, YUAN C X, MENG Q J, et al. A Jurassic Eutherian Mammal and Divergence of Marsupials and Placentals[J]. Nature, 2002, 416: 442-445.
- [22] LI C, WU X C, RIEPEL O, et al. An Ancestral Turtle from the Late Triassic of Southwestern China[J]. Nature, 2008, 456: 497-501.
- [23] ZHU M, YU X B, AHLBERG P E, et al. A Silurian Placoderm with Osteichthyan-like Marginal Jaw Bones[J]. Nature, 2013, 502: 188-193.

(下转第 67 页)

Multimodal Discourse Analysis of Animation Popularizing Health Science

Yang Honglin Ge Rongrong Xu Jing

(School of Journalism and Communication, Peking University, Beijing 100871)

Abstract: With the rise of the Internet, the contemporary communication activities have entered “the era of audiovisual-oriented image-reading”, and animation, as a form of art with prominent personality, has gradually entered the field of health communication. This paper analyzes the multi-modal composition, meanings and relationships of various modes in animation works popularizing health science by using the multi-modal discourse analysis method and the multi-modal image analysis framework in the theory of visual grammar. On the basis of discourse analysis, this paper summarizes the advantages of animation science popularization, which make animation irreplaceable in the popularization of health science. At the same time, this paper discusses the existing problems of health science animation in our country, and tries to put forward corresponding development countermeasures, in order to give full play to the advantages of animation in the field of health science popularization, and promote the health literacy and the development of health cultural industry.

Keywords: Convergence media; Animation; Health science popularization; Multimodal discourse analysis

CLC Numbers: N4 **Document Code:** A **DOI:** 10.19957/j.cnki.kpczpl.2021.02.007

.....
(上接第 15 页)

Major Discoveries in Paleontology and the Production of Science Films with Special Effects

Ye Jian¹ Wang Yuan²

(Shanghai FiveM Animation Studios, Shanghai 200436)¹

(Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044)²

Abstract: Over the last hundred years or so, major discoveries in paleontology have continuously emerged, which have continuously promoted the technological innovation and industrial development of science films. Recently, science films with special effects that based on China’s major discoveries and research in paleontology have become a unique realm with great potential. This article sorts out the relationship between the achievements of paleontology and the early development of films, especially the development of science films with special effects, focusing on the integration of the major discoveries of Chinese paleontology in the past 30 years and the domestic science films with special effects in the past ten years, with an analytical view on this phenomenon of “coordinated progress”.

Keywords: Paleontology; Major discoveries; Dinosaurs; Special effects films; Four-dimensional films

CLC Numbers: J904 **Document Code:** A **DOI:** 10.19957/j.cnki.kpczpl.2021.02.001