

3A游戏、科幻大片、动画当中虚拟形象越来越“真实”——

动作捕捉：给虚拟形象以“生命”

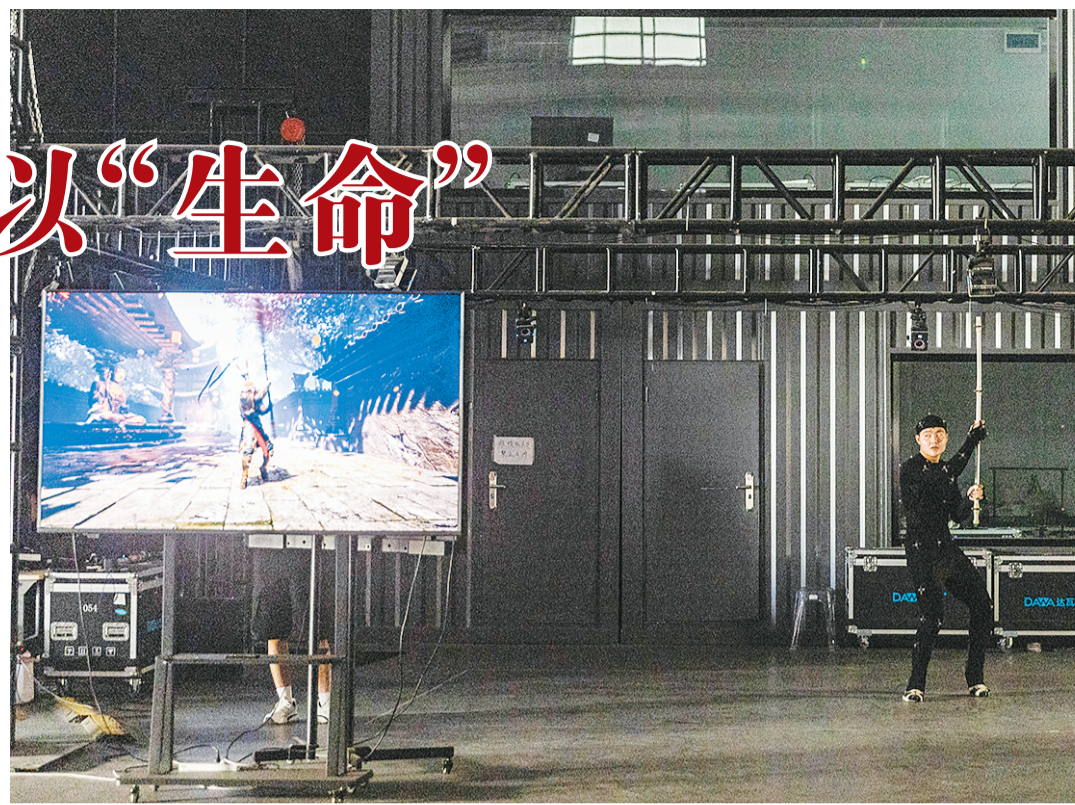
本报记者 陈静文

国产3A游戏《黑神话·悟空》中，“天命人”等角色的神态动作是如何刻画的？电影、动画和游戏中虚拟人物动作为何越来越逼真、自然？这些角色富有生命力表现的背后，离不开一种名叫“动作捕捉”的技术。

“动作捕捉”技术应用广泛，《阿凡达》《蜘蛛侠》《复仇者联盟》《寻龙诀》《镖人》等电影、动画，及《和平精英》《原神》等游戏中均有使用。诸多国内外经典作品都是通过采集演

员肢体动作和表情信息，再用算法驱动静态模型“动”起来，从而让虚拟角色流畅生动地跃然于屏幕上。

动作捕捉技术从上世纪70年代开始应用于动画制作，因工作效率和视觉效果远超传统手绘与三维动画而迅速风靡。近年来，国内相关企业奋起直追，迎头赶上，用坚实技术推动国产作品质量更上层楼。动作是如何被“捕捉”的？国内企业又是如何追赶的？记者进行了采访。



在重庆市永川区科技片场一期，工作人员在演示实时光学动作捕捉技术。新华社记者 黄伟摄

动捕精度达亚毫米

一间约60平方米的房间内，一台台高清相机错落有致地架设在立柱与横杆上，发出蓝色的光。场地中央，一位年轻的测试员身着全黑动作捕捉服——黑帽、黑衣、黑鞋及黑手套，这身装扮上粘附着50个灰白色小球状的光学标记点。

“我们把这些标记点叫作‘北极星’。”电脑前的动作捕捉工程师屈年晨告诉记者，意思是贴上它的人或物体即便做高速运动，公司自研的亚毫米级高精度动捕相机都能敏锐捕捉“北极星”的反光，精确记录其运动轨迹，由此形成人物表演或物体运动数据。

“做个T pose!”听到指令后，测试员双腿并拢、双臂侧平举摆出T字姿势，屈年晨则熟练地操作起鼠标，在一款动捕软件中检查人体三维模型重建情况。

这是元客视界动捕实验室，里面正在进行FZMotion光学运动捕捉系统的产品测试。

当前，业内头部企业动作捕捉精度普遍达到亚毫米级。今年火爆海内外的游戏《黑神话·悟空》，采用了利亚德·虚拟动点公司提供的OptiTrack光学动作捕捉系统，它能1:1精准记录演员神态、身体姿势及动作细节，精度误差小于±0.1毫米，旋转误差小于±0.1度，延时最低2.8毫秒。

虚拟动点研发总监崔超告诉记者：“《黑神话·悟空》追求的高精度动作，是指角色表情细腻，跑跳流畅，出招连贯且富有打击张力。”实际上，这样的高标准已然达到影视级别，只不过游戏中的打斗动作是循环式的，蓄力、出招、收手，一组固定动作构成一个攻击招式，在玩家操控下不断重复。

而在真人影视中，武戏常常由多人连续演绎，画面更为紧张激烈，拍摄现场面临的挑战也增多。诺亦腾研发的Perception Neuron系列惯性动作捕捉套装在这种场景表现出色。惯性动捕作为第二种常用的动捕技术，基于传感器捕捉数据，只需演员穿戴轻便的传感器套件，精度上略逊一筹，但胜在便捷、实惠，对环境要求宽松。

诺亦腾团队曾在好莱坞以动作捕捉技术协助一部美剧拍摄。诺亦腾联合创始人兼首席技术官戴若型回忆，他每次听到导演喊“321开始”时都很紧张，因为影视特效需要十余种技术紧密配合，一家企业但凡出现一次未及及时准备就绪的情况，便可能前功尽弃。为此，诺亦腾在动捕产品和算法上下了很多功夫，确保演员长时间离场后设备仍能即插即用。

“要感谢这些复杂、高压情景的洗礼，正是一个个这样的案例倒逼我们不断消除技术死角，提升产品质量和稳定性。”戴若型说。

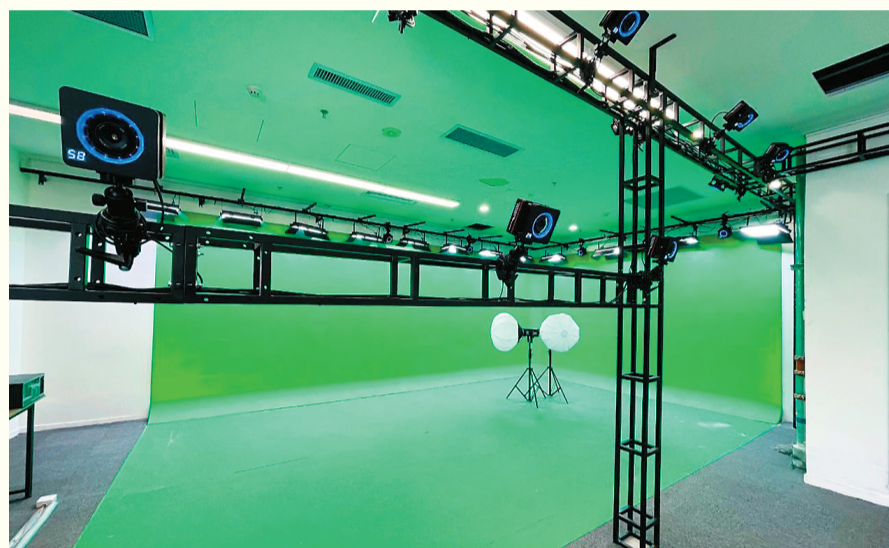
在动画类作品的动捕拍摄现场，复杂情景同样屡见不鲜。元客视界解决方案总监陈涛记得，2022年拍摄国产动画《镖人》期间，先后遇到角色手部与武器穿模，以及多人武戏激烈交互导致光学标记点被频繁遮挡的问题，这对动捕精度和算法还原度构成很大挑战。为实现“定格每一帧动作”的目标，团队反复计算数据碰撞体系，不断融合和微调人体与刚体模型，最终解决了难题。

“要说比较满意的作品可能是上一部，但真正最好的永远是下一部!”被问及最得意的虚拟数字作品，陈涛解释道，随着技术迭代升级，动作捕捉在精度和美感层面都仍有广阔提升空间。

拓展模式，丰富场景

在影视领域，动作捕捉技术不仅用于正式拍摄，它还改变着电影生产流程——通过“虚拟预演”来让后期前置，从而提升拍摄效率。

借助OptiTrack光学动捕系统，2021年上映的悬疑科幻电影《刺杀小说家》率先



尝试了虚拟预演的拍摄模式。深度参与其中的崔超介绍，电影开拍前，公司协助该片导演路阳带领武术演员团队，用2个月时间排练并采集了片中全部动态镜头，从而能够尽早预览特效完成后的影视画面。

崔超谈到，电影中红甲武士一跃而起，身后明月高悬的场景，便是虚拟场景调试过程中临时产生的创意，最终得到导演采纳。借助虚拟预演，电影制作团队得以预览和敲定表演形式、镜头机位及虚拟特效，同时促进导演延伸艺术表达，以便正式演员入场后高效完成拍摄、更好表达情感。

然而，《刺杀小说家》在虚拟预演时遇到一个有趣挑战：终极“大Boss”赤发鬼有4条胳膊，比真人多出两条，动作如何捕捉？崔超回忆，经过讨论和尝试，团队最终采用技术手段同时捕捉两位演员的表演，一位负责全身动作，另一位则专门负责展现虚构双臂的动态，“有点像唱双簧”。

超出人体结构进行动作捕捉的情景，还出现在2023年春晚节目《当“神兽”遇见神兽》中，该项目由元客视界提供动作捕捉技术支持。陈涛称，凤凰、麒麟等神兽的部分动作，需要演员佩戴内置驱动器的尾巴和翅膀道具，以四肢着地或趴卧的姿势演绎。此外，团队还为猫、狗、马等真实动物穿上特制动捕服，为鸟贴上直径仅几毫米的光学标记点，通过惯性与光学融合的动作捕捉技术采集动作数据，再进行后期制作。同样，《黑神话·悟空》中的“虎先锋”角色动作，也是利用虚拟动点空间计算—光学动捕技术“照猫画虎”驱动而成。

事实上，在虚拟数字内容中，异形人物和四足动物，是直立人类与奇幻形象之间的过渡角色。为表达故事想象力、提升视觉冲击力，四足动物动作捕捉技术已成为企业竞相追逐的焦点。据崔超介绍，这项技术的难点在于动物行为无法操控，行动路线难以预测，这就要求动作捕捉系统具备大范围、高精度捕捉能力和防遮挡算法。“目前，全球能做到四足动捕的企业不超过3家，而虚拟动点已经能达到1/3的‘出片率’，这些有效动物数据只需要经过少量后期工作就可以使用。”他说。

随着AI和元宇宙技术蓬勃发展，中国动捕企业赋能虚拟数字内容制作的脚步加快，携手数字人与虚拟现实技术，为更多

行业注入新活力。

2022年，元客视界参与打造的AI手语播报数字人系统温暖上线，先后服务于北京冬(残)奥会专题报道和世界杯赛事解说，翻译准确率高达90%。这一创新解决了传统人工手语翻译工作量大、与主持人配合难的问题，使我国听障人士能够更深度感受国际体育盛会的魅力。

屈年晨介绍，在3个多月的时间里，手语数字人学习了近10万条手语语料，不仅覆盖《国家通用手语词典》和数千条赛事相关词汇手语，还包括了手语传达信息所必需的句型、表情和肢体动作。



扫码观看视频

▲北京市朝阳区将台乡星地中心互联网3.0共性技术平台—高标准动作捕捉平台。

▼元客视界动捕棚拍摄现场。

本版图片除署名外，均为受访企业供图。

寻找研发突破口

如果将动作捕捉技术比作一座山峰，那么无限风光在险峰。中国动捕技术企业如同一队既相互竞争又彼此结伴的攀登者，一路跋涉时晴时雨，但总是干劲十足，不断眺望、征服，寻找技术难点作为下一步研发突破口。

从业人员表示，当前中国动捕业内面临的共同难题在于技术还无法同时捕捉面部表情和身体动作，这是因神态变化十分

我国自主研发的全球最大打桩船主油缸下线

本报北京电(记者康朴)10月15日，由中交集团所属中交二航局牵头研发攻关的全球最大打桩船主油缸，在江苏常州成功下线，标志着我国在重型液压设备领域取得重大突破。

该组油缸缸径1.6米、行程长21米，打破了世界纪录，其额定推力达5000吨，相当于一次性可推动1000头均重5吨的非洲象，为正在建造的150米桩架打桩船提供了强大动力。

该组油缸的成功自主研发，打破了我国大型打桩船核心部件长期依赖进口的局面。油缸V组密封、关节轴承衬套衬垫材料、活塞杆激光熔覆涂层材料等关键部件，曾是我国重型液压设备领域的短板，长期受制于国外技术封锁。中交二航局与恒立液压、龙潭轴承、中机新材、广州机械院等国内油缸产业链上下游顶尖企业及院校强强联合，攻克了多个技术难题，实现了超大型打桩船主油缸核心零部件的国产化替代与自主可控，极大地降低了打桩船建造成本，显著提升了我国大型海工特种装备制造能力。

经过专家组评审，该打桩船主油缸



装载主油缸的打桩船。

徐付迪摄

细微，需要演员面部贴点并头戴相机单独录制，而这限制了演员的身体表演。目前采用的“身体和表情分开录制，后期对齐精修”方法，不仅给表演带来挑战，也延长了制作周期。对此，陈涛希望早日实现动捕相机的多模态采集功能，既能用红外捕捉面部光学标记点，又能对表情视频进行视觉分析和信息提取，实现一次表演，多层捕捉。

另一个公认难点是手指捕捉。针对手部动作灵巧复杂的特点，诺亦腾推出了全球第一套消费级的手部捕捉手套，目前还在持续提升其捕捉精度与抗干扰性。用戴若型的话说：“不在手指上留技术死角。”

此外，虚拟动点也在精度提升上孜孜不倦，计划继续提高摄像机精度与算法补偿能力，减少微抖动造成的误差和人工后期修帧工作量。

然而，“精”益求精并不能解决一切问题。研发人员意识到，不同领域对动捕的需求兼具共性和差异、合力与张力。运动科学、生物医疗、虚拟仿真、具身智能等追求测量精度和高保真度，而影视动画观众和游戏玩家需要的，则是虚拟角色的动作合理、舒适美观——这就需要在保证还原演员表演精度的同时提升美感，让科技贴近艺术。

陈涛坦言：“角色舞蹈动作真不真、美不美，是否曲线柔和行云流水，只能由人眼判断。”戴若型也举例称：“我们允许虚拟角色翻的跟头和演员不一样，比真人更夸张，但必须在视觉上是合理的。”

崔超引用法国作家福楼拜的话描绘心中理想的动捕行业图景：“艺术越来越科技化，科技越来越艺术化，两者在山麓分手，有朝一日，将于山顶重逢。”他期待未来与更多影视制作者加强合作，各方人员通力配合，“共同创作更伟大的作品”。

动捕技术的深化应用显示出这样一种规律：从精准到自然，从合理到美感，从客观到主观……这是不是科技发展的必然趋势？该如何理解动捕技术与人类生活的关系？

对此，戴若型表示，在人类数字化进程当中，动作捕捉应被视为人机交互的界面、现实世界和数字世界之间的桥梁。

“只有让科技产物更贴近人类，才能延续现有的人本设计成果，强化以人为本的理念。”陈涛指出，“要让科技更好地服务和参与整个人类生活，这是我们的终极目标。”