

民用无人驾驶航空器侵权风险及其法律治理

黄东东 吴洁*

【摘要】虽然无人机侵权风险及其法律责任承担问题尚未形成新的特殊侵权类型，但智能无人机的飞行活动主要在低空域，其行动依赖人工智能算法，面临着数据安全和网络安全等新问题。由于产品缺陷标准缺失以及跟踪观察义务规定不明、危险等级认定及抗辩事由规则不完善、第三人风险的责任主体溯源困难等原因，刻板适用现行法律规范无法贴切地解决智能无人机侵权责任的认定及其侵权损害赔偿的所有问题。技术和风险的复杂性决定了主要依靠行政监管进行无人机风险防控治理模式的不足。未来民用无人驾驶航空器侵权的治理模式应当通过构建以风险导向的事前预防、义务导向的事中监管、责任导向的事后救济相结合的综合治理机制，把自治、技治和多元主体协同共治结合起来。

【关键词】无人机；人工智能；产品责任；高度危险责任；利益衡量

一、问题缘起

伴随着人工智能技术的发展，以无人驾驶汽车和智能无人机为代表的“无人经济”满足了消费者的多元化需求，形成了一种新型消费关系。2023年5月，国务院和中央军委公布的《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》（简称《暂行条例》）规定，所谓“无人驾驶航空器”是指没有机载驾驶员且自备动力系统的航空器，其中非用于军事、警察和海关等飞行任务的无人驾驶航空器属于民用无人驾驶航空器，但不包括模型航空器以及无人驾驶自由气球。人工智能是近年来民用无人驾驶航空器产业快速发展的技术支撑，技术进步不仅提升了智能无人驾驶航空器（以下简称“无人机”）对场景的理解能力，而且增强了人机交互中无人机的感知能力，提升了无人机自主飞行和自主探测能力。根据《民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级划分（征求意见稿）》的规定，依据无人机智能化和自主性等级从低到高排列，分为AL-0、AL-1、AL-2、AL-3、AL-4、AL-5六个类型。

近年来，无人机广泛应用于农业、电力、消防、物流、航拍等领域，呈现出高速发展态势。据统计，我国无人机生产企业超1.5万家，无人机注册数超100万架，注册使用用户超70万户，年飞行量约2000万小时，无人机产业年复合增长率约13.8%^①，全球市场占有率达到70%以上^②。伴随着无人机数量的增加和运用场景的拓展，无人机侵害事件引起了社会各界对其风险管控及相关法

* 黄东东，重庆邮电大学网络空间安全与信息法学院副院长，教授；吴洁，重庆邮电大学数字经济法律治理研究中心研究人员。

① 胡畔：《把握“机”遇让低空经济展翅高飞》，《中国经济时报》，2023年7月4日，第2版。

② 赵浩、马晓虹：《机场区域民用无人驾驶航空器的有效管理研究》，《民航管理》2020年第9期。

律问题的关注。2015年以来,我国针对无人机飞行空域管制、适航性审定、驾驶人员审核和航空作业等问题先后发布了《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》《基于运行风险的无人机适航审定指导意见》《民用无人机驾驶员管理规定》等多部地方性法规和规范性文件。学界对无人机飞行的空域划分^①、资格审查^②、适航管理^③、行政监管^④等公法治理方面亦作了诸多探讨;但基于私法视角研究无人机飞行风险法律治理的则相对较少^⑤,仅有的成果多集中于信息隐私保护等主题^⑥。一些涉及无人机致害民事法律责任的研究,或建议采用多元责任主体原则^⑦,或强调归责原则的调整^⑧,立足于现行法律法规进行全面梳理和综合研究的并不多见。当然,针对人类介入程度高、自动化程度低的无人机侵权责任问题,适用现行民事侵权法律规范完全可以解决,关于智能网联无人驾驶汽车侵权法律责任的讨论同样可以用于解决无人机侵权的某些问题。但是,天空毕竟与地面不同,无人机与智能网联无人驾驶汽车的运用场景也有很大区别。本文拟从人类直接介入程度低的智能化民用无人驾驶航空器而非遥控民用无人驾驶航空器引发的侵权风险切入,分析现行法规在治理无人机侵权责任治理问题时的不适用问题,并就完善无人机侵权风险的法律治理提出建议。

二、民用无人驾驶航空器侵权风险及其民事侵权规则适用的梳理

随着网络化和智能化的推进,人们逐渐意识到,科技发展带来的力量中所隐含的不确定风险若不能得到有效管控,可能造成无法逆转的后果^⑨。无人机具有智能化、自主性和低空域等多重属性,相较于一般民用飞行器和智能网联无人汽车而言,其飞行活动对民众的人身和财产安全以及社会公共安全的影响更大。梳理现行法规对于无人机侵权风险类型的认定及责任承担问题,是应对可能挑战的第一步。

(一) 产品缺陷风险

无人机侵权风险主要来源于产品缺陷,不确定风险的源头逐渐从硬件或人为操作失误转变为软件缺陷或算法错误。高度自动化甚至具有完全自主性的无人机飞行活动由人工智能系统主导,不仅硬件结构更加复杂,网络、数据和算法等众多因素的介入也导致其底层技术原理有别于其他遥控无人机。无需人工预设的程序决定其飞行活动,无人机自主飞行时所涉及的“避障识别”“路径规划”“发现瞄准”等飞行安全问题高度依赖于算法提供的决策方案。但尚未成熟的人工智能技术会带来无人机产品的缺陷,主要表现为自动避障系统错误、算法设计缺陷、数据处理违规、个人信息泄露等。这些缺陷会导致无人机与其他物体相撞、高空坠落以及个人敏感信息或个人隐私被侵犯等风险,造成人身损害、财产损失、精神损害,甚至危及公共安全。

依据《民法典》和《产品质量法》的规定,由人类直接控制的遥控无人机产品缺陷导致的损害

① 王锡柱:《无人机空域准入:法律分析与制度建构》,《行政法学研究》2021年第2期。

② 王敏:《试论我国关于民用无人机驾驶员资质的法律规制》,《公安教育》2021年第11期。

③ 高家伟:《无人机适航管理法律问题研究》,《飞航导弹》2017年第6期。

④ 王锡柱:《无人机分类监管:国际经验与中国路径》,《北京航空航天大学学报(社会科学版)》2022年第2期。

⑤ 宋丁博男:《民用无人机侵犯公民隐私权的法律规制》,《重庆大学学报(社会科学版)》2022年第4期。

⑥ 周长军、庞常青:《民用无人机隐私侵权行为的法律规制——一个比较法的分析》,《法学论坛》2019年第6期。

⑦ 高峰、牟昱城:《论现行法律制度下民用无人机致害责任》,《南京航空航天大学学报(社会科学版)》2018年第2期。

⑧ 李诚龙、曾新宇:《民用无人机运行事故致害法律责任探究》,《北京航空航天大学学报(社会科学版)》2019年第4期。

⑨ [德]乌尔里希·贝克:《风险社会:新的现代性之路》,张文杰、何博闻译,译林出版社,2018年版,第7-8页。

一般由遥控无人机的生产者和销售者承担连带赔偿责任。《民法典·侵权责任编》第四章明确了产品的生产者和销售者对投入流通的产品负有跟踪观察义务，并确立了产品责任的惩罚性赔偿制度。《产品质量法》在《民法典》规定的基础上，明确了产品“缺陷”的内涵，规定了三种情形下生产者的抗辩事由。但现行规定能否妥当地适用于无人机产品设计缺陷风险引发的侵权赔偿责任则有待进一步讨论。

（二）高度危险活动风险

高度危险活动侵权风险是指为社会生产生活目的必须实施高危险性活动，即使生产者和使用者尽了最大注意义务和勤勉义务也无法完全避免侵害发生的风险。虽然这类活动属于“被允许的风险”，但由于其对社会公共利益具有消极影响而必须给予相应的法律规制。就法律适用而言，“高度危险”作为一个法定概念必须通过具体的标准规范来界定其内涵和厘定其边界，以此判断无人机飞行哪些场景中的哪些行为已经达到高度危险性。具而言之，高度危险活动，是指已经达到某种程度的不可完全控制性、难以解释性或非通常性并可能引发严重的损害后果^①。首先，无人机的不可完全控制性源于人工智能算法控制系统的自主性。无人机算法控制系统的自我进化与数据输入和输出之间并非单纯的线性关系^②，由于非结构化飞行环境的复杂性，算法的实际运行可能超出训练样本的限制，导致无人机飞行脱离预期^③。其次，深度学习算法的难以解释性的致害原因可能无法完全查明。由于知识的局限性，人类无法对人工智能算法的边界有清晰的认知^④，即使对无人机智能控制系统设计者课以较高注意义务，也难以对算法结果予以准确解释。最后，在特定飞行场景实施非通常性飞行，包括分布式操作、集群飞行、飞越集会人群上空等属于高度危险活动。针对非通常性飞行，《暂行条例》不仅要求配备相应执照的安全员，而且要求事先向空中交通管理部门申请。上海市无人机产业协会发布的《无人机编队飞行表演技术规范（征求意见稿）》进一步明确要求配置超视距无人机驾驶员、观测员和安全员。总之，在无法归因于外界因素或产品缺陷的前提下，无人机飞行活动的某些风险可以纳入高度危险活动之中予以规制。

《民法典·侵权责任编》第八章采取“一般条款+列举条款”的立法模式明确了高度危险责任的范围，并以法律原则条款控制下具体条文的规范体系化方式，构建了相对开放的规则体系以应对不断变化的高度危险风险，以弥补法律滞后性带来的影响^⑤。第一，无人机高度危险活动可以适用《民法典》第1236条有关高度危险责任的一般性规定；第二，无人机属于民用航空器大类，《民法典》第1238条关于民用航空器对第三人致害责任的规定同样适用于无人机侵权；第三，《民用航空法》第240条关于民用航空器对地面第三人造成的损害赔偿责任的規定也可适用于无人机高度危险责任。但是，无人机分类分级管理意味着其危险性会随着不同类型无人机在不同应用场景的变化而变化，“一刀切”地适用上述高度危险责任条款显然并不恰当。

（三）第三人过错引发的风险

第三人过错引发的风险是指无人机生产者、销售者和使用者之外的人恶意利用无人机缺陷和网络漏洞实施非法行为。从技术的可操作性角度观察，人工智能深度学习算法和网络安全保障都只能

① 窦海阳：《〈侵权责任法〉中“高度危险”的判断》，《法学家》2015年第2期。

② 赵一丁、陈亮：《算法权力异化及法律规制》，《云南社会科学》2021年第5期。

③ 孔祥稳：《面向人工智能风险的行政规制革新——以自动驾驶汽车的行政规制为中心而展开》，《行政法学研究》2020年第4期。

④ 郑容坤：《人工智能风险的意蕴生成与治理路径》，《党政研究》2020年第2期。

⑤ 张建文、贾章范：《无人驾驶汽车致人损害的责任分析与规则应对》，《重庆邮电大学学报（社会科学版）》2018年第4期。

做到通常情形下的安全,“绝对安全不具有技术和经济上的可行性”^①。换言之,第三人对无人机发起恶意攻击可以预防但无法完全避免,由第三人过错引发的无人机侵权风险必然存在。譬如通过干扰GPS定位系统、利用无线信号劫持技术等手段取得无人机控制权,进而更改无人机飞行数据和飞行计划,导致个人信息、公共数据的泄露以及利用无人机实施针对目标的非法攻击等。

《网络安全法》《数据安全法》和《个人信息保护法》主要从行政监管角度进行行为规制和明确法律责任,对恶意利用无人机缺陷和网络安全漏洞实施侵权行为的民事责任认定及其责任承担仍需回归《民法典》。《民法典》第1175条规定了损害由第三人造成的应由第三人承担责任的原则,第1194条进一步明确了网络用户利用网络侵害他人民事权益的应承担侵权责任。虽然无人机侵权风险及其法律责任的承担问题,尚未涉及新的特殊侵权类型,可以大致依据现行法规的侵权风险类型予以相对妥善地解决。但由于无人机的飞行活动主要受算法控制,并面临网络安全和数据安全问题,刻板适用现行法律规范无法贴切地解决智能无人机侵权责任的认定及其侵权损害赔偿的所有问题。

三、民用无人驾驶航空器侵权民事责任规则的适用问题

《暂行条例》作为我国规范无人驾驶航空器飞行行为的第一部行政法规,明确了分类管理原则。但其作为以强化管理为目的的行政法规,无法为无人机侵权责任的法律适用提供依据。根据对无人机侵权风险类型及其民事侵权责任规则适用问题的初步梳理,产品设计缺陷、危险等级认定以及第三人风险责任主体溯源难的情况下损失分担等问题都值得进一步研究。

(一) 产品设计缺陷标准缺失以及跟踪观察义务规定不明

产品缺陷一般分为制造缺陷、设计缺陷和警示缺陷^②,由于无人机属于正处于技术高速发展期的高科技产品,不少产品缺陷只能在跟踪观察过程中才能被发现,所以跟踪观察缺陷也属于产品缺陷之一。具体而言,无人机的制造缺陷和警示缺陷的认定与一般产品缺陷的认定并无二致,主要问题在于算法设计标准缺失以及跟踪观察义务的具体规定不明。

首先,算法设计标准缺失。产品是否存在缺陷一般以是否符合国家标准、行业标准以及是否具有“不合理的危险”等方面来判断,但产品设计标准的缺失及判断规则过度抽象致使无人机产品设计的内在缺陷难以证明,表现为算法设计不合理以及算法训练数据不全面等,无法达到消费者对产品和服务的安全性以及非歧视性的合理期待。《民用无人驾驶航空器系统安全要求》是我国第一个无人机系统安全的强制性国家标准,但其规制的对象仅限于微型、轻型和小型无人机,其内容仅仅包括机体结构、动力系统和抗风性等物理性能的安全标准,并不涉及算法设计标准。然而,算法控制系统是影响无人机飞行安全的重要因素,随着无人机智能化提升和自主性增强,算法对无人机的控制力会不断强化。无人机飞行活动关涉公共安全,不仅公共权力具有监督算法设计的正当理由,民众对于无人机飞行安全也具有合理的知情权。但算法不透明、难解释的问题导致信息的不对称,从而受害人很难证明算法设计存在“不合理的危险”。因此,无人机算法设计标准的缺失将导致无人机产品责任认定的困难。

其次,跟踪观察义务规定不明确。跟踪观察义务缘起于产品召回制度,但现行法律法规仅对跟踪观察义务作了框架性规定,未明确义务的具体内容。2007年《药品召回管理办法》和《儿童玩

^① 熊强、杨欣琦、李治文:《网络安全漏洞信息披露中多元参与主体行为策略演化博弈分析》,《运筹与管理》2021年第7期。

^② 程啸:《侵权责任法教程》(第二版),中国人民大学出版社,2014年版,第217页。

具召回管理规定》以及2009年《食品安全法》相继明确了产品召回制度。作为支撑产品召回制度的前置义务，2009年《侵权责任法》第46条首次确立了产品跟踪观察义务，使得产品生产者和销售者对消费者的义务不再终止于产品交付，而是扩展至产品流通和消费环节。《产品质量法》第41条规定，“产品投入流通时的科学技术水平尚不能发现缺陷的存在的”属于法定免责事由。跟踪观察义务的确立有利于克服科技发展风险抗辩的弊端，防止生产者滥用抗辩事由逃避产品责任。质言之，人工智能产品的科技发展风险以及跟踪观察缺陷的认定，对无人机设计者、生产者、销售者和使用者的权利义务将产生重要影响。《民法典》第1206条规定，“未及时采取补救措施或者补救措施不力造成损害扩大的，对扩大的损害也应当承担侵权责任。”具体到无人机产品责任而言，《暂行条例》并未在现有法律规定的基础上对无人机跟踪观察义务的期限、补救措施等作出具体规定，导致《民法典》1206条规定的具体实施存在一定障碍，不利于跟踪观察缺陷的认定。

（二）危险等级认定及抗辩事由规则不完善

分级分类管理是人工智能产品监管的趋势，但基于行政监督视角的无人机分类能否妥当地适用于高度危险活动侵权行为的认定存在争议，《民法典》现有抗辩权体系以及关于民用航空器高度危险责任的抗辩能否完全适用于无人机飞行活动也存在问题。

首先，缺乏无人机侵权危险等级分类标准。无人机飞行活动无疑具有危险性，但并非所有应用场景、所有类型的无人机飞行活动引发的侵权事故都能以高度危险责任作为请求权的基础。现有的分级分类标准是民航局基于行政管理目的，以无人机的智能化和自主性等级为依据做的简单划分，因而存在一些问题。一是民航局针对某一特定行政管理目的出台的管理型部门规章是否可以适用于高度危险责任的侵权行为认定。譬如正在征求意见的《民用无人驾驶航空器空中交通服务要求（征求意见稿）》和《民用无人驾驶航空器系统分布式操作运行等级划分（征求意见稿）》等。二是无人机的智能化和自主性等级不结合具体运用场景，不能简单地认定为其风险等级逐渐提高或逐渐降低。譬如《基于运行风险的无人机适航审定指导意见》规定，对无人机实行分级管理原则，但却没有明确风险分级的具体标准以及认定程序。三是规定了风险等级分类标准的行政规章不具有普适性。譬如《特定类无人机试运行管理规程（暂行）》规定，依据飞行高度、飞行区域以及飞行速度等因素对无人机风险等级进行评估，但该规程仅仅适用于IV类无人机、III类无人机中风险较大的运行种类以及XI类和XII类中无人机运行风险较小的部分无人机。

其次，没有关于无人机抗辩事由的特别规定。我国已经形成了较为完善的民事侵权抗辩事由规则体系，即《民法典》总则编的规定、侵权责任编的一般规定、特殊侵权责任的规定和特别法的规定等四重结构^①。高度危险责任的抗辩事由属于特殊侵权抗辩事由，主要体现在《民法典》第七编侵权责任第八章高度危险责任部分，民用航空器高度危险责任的抗辩事由则在第八章第1238条，即“能够证明损害是因受害人故意造成的，不承担责任。”问题在于，其一，并非所有无人机都是由经营性民事主体所有或使用；其二，部分无人机飞行活动由于涉及不特定多数人的安全，可能属于极端危险风险层级^②，而其他无人机的风险等级因智能化等级和应用场景不同不一定都属于极端危险风险。当然，在没有特别规定的前提下，无人机抗辩事由可以适用《民法典》总则编的规定和

^① 杨立新：《民法典侵权责任免责事由体系的构造与适用》，《求是学刊》2022年第5期。

^② 王竹、曾勇：《从事超高压、特高压危险活动侵权的法律适用——兼论高度危险责任法律规范的模式构建》，《民商法争鸣》（第六辑），法律出版社，2013年版，第178页。

侵权责任编的一般规定，但这只能是一种原则性的替代方案。

（三）第三人风险的责任主体溯源困难

科学技术的恶意使用和研发的重大失误都可能导致损害的发生，现有技术条件下的人工智能产品存在被第三人恶意控制或攻击的风险。一是因遭受网络安全攻击而导致无人机被控制、商业数据和个人信息泄露的风险。目前来看，无人机正从新颖物品转型为“无处不在的商业工具”，其应用场景越来越广泛，但也面临网络安全的考验。二是无人机算法训练中的数据投毒式攻击。无人机的使用与算法训练可能是一体的，与算法训练密切相关的第三人恶意攻击风险是数据投毒，即网络攻击者利用网络安全漏洞有意识地输入对算法训练有影响的数据来控制无人机训练结果，以实现自己的攻击目的。但恶意攻击者（黑客等）往往隐藏在网络背后，需耗费大量时间和金钱成本来寻找，甚至难以获得具有法律意义的证据并形成证据链，导致在第三人侵权纠纷中明确适格的侵权主体成为难题，实践中向黑客请求赔偿成功的几率微乎其微^①。

四、完善民用无人驾驶航空器侵权风险法律治理的建议

技术和风险的复杂性决定了主要依靠行政监管进行无人机风险防控治理模式的不足。就无人机侵权风险的法律治理而言，既要完善无人机侵权法律责任认定及其救济制度的短板，更要形成以风险为导向的事前预防、以义务为导向的事中监管、以责任为导向的事后救济相结合的综合治理机制，将技治、自治和多元主体协同共治结合起来。

（一）构建协同治理模式，实现风险管控治理目标

就无人机风险管控协同共治的目标与功能而言，应体现在预防、监督和救济三个方面，并通过推动行业自治、压实主体责任、强化政府监管、拓宽社会监督渠道等方面不断完善相应的法律治理措施。

首先，将行业自治和压实企业主体责任结合起来。人工智能技术的复杂性要求生产者与设计者切实承担起相应的社会责任和法律义务。企业作为无人机产品的生产者和经营者，最有能力及时发现风险和采取有效的风险防控措施。质言之，在类似无人机侵权风险法律治理中，企业应当从被动的被监管者转变为“主动的合规者和风险的守门人”^②。一方面要推动无人机行业自治。将行业协会作为司法、政府和社会监管之外的重要力量，通过强化行业自律推动企业合规意识的提升。另一方面要压实无人机生产经营企业产品责任主体责任。在防范无人机造成的损害方面，产品责任、高度危险责任不仅具有损害救济功能，还具有预防损害功能，压实主体责任有利于促使企业从源头把控产品安全，降低风险发生概率。

其次，将政府监管和社会监督结合起来。通过强化政府和社会的监督作用、提升企业信誉影响力度督促无人机产品的安全生产。损害赔偿救济、行政处罚等手段往往是事后制裁措施，由于侥幸心理的存在，仅凭事后制裁措施难以反向激励企业从源头上防控相应的风险。而在信息时代，基于市场声誉的惩罚机制可能更具有激励作用^③。信息传播的便利和低成本致使商业信誉在市场交易中的价值不断提升，不仅体现在显性的销售数量方面，而且体现在隐性的“信誉溢价”方面。在自

① 刘会春：《自动驾驶汽车被黑客攻击的民事责任认定及法律应对策略》，《特区经济》2022年第1期。

② 张浩：《人工智能治理的实践进展与展望》，《人工智能》2022年第1期。

③ 黄东东、陈雅欣：《剩余控制权机制设计与数据流通秩序的法律治理》，《重庆大学学报（社会科学版）》2023年第4期。

由竞争的市场环境中，买家愿意为信誉分数更高的卖家的商品支付更高的价格^①，而出于维护企业自身信誉的考虑，为避免因自身产品安全问题带来的信誉受损或诉讼风险，企业则会更加谨慎地生产、设计产品。因此，政府监管与社会监督应该在企业风险防控的信息传递机制中得以有效整合。政府监管的核心在于无人机产品信息的透明度问题，而社会监管的重点则在于对无人机运行过程中是否侵犯公民权利、影响公共安全和社会秩序等行为效果，以此倒逼企业加强自身的规范化管理，实现无人机的风险管控。

（二）以制定技术标准为抓手，落实风险导向的事前预防

与法律规范一样，技术标准是进行行为评价的重要依据。控制飞行行为的算法和相应的人工智能技术标准和风险等级标准已然成为影响侵权责任规则和政府监管规则真正落实的基础。一方面，技术标准是人工智能产品安全的源头，包含着合法性、安全性和伦理性等基本要求，旨在通过事前警示及预防引导产业发展方向；另一方面，技术标准是人工智能产品损害和缺陷认定必不可少的依据，有助于产品责任制度的具体落实。无人机算法设计标准和危险分级分类标准的缺失，会直接影响风险导向的事前预防体系的构建，不仅不利于发挥技术标准的预防损害功能，防范科技发展的不确定风险转化为现实损害，而且不利于警示无人机使用者按照操作标准实施，防止存在潜在风险的无人机因错误操作而造成现实损害。

首先，制定无人机算法设计安全标准。智能化和自主性是无人机固有的本质属性^②，是遥控类无人机所不具备的标志性特征，也是无人机侵权风险的重要根源。在人类进入工业社会之后，技术标准已然成为经济社会高速发展的强大推进器与加速器^③。标准虽然不具有法律规范的外观，但其可作为事实认定构成要件判断根据，一定会对算法设计人的设计思路产生影响，实质上同法律规范所具有的规制功能高度相似^④。以公开的算法设计标准规范无人机人工智能产业核心技术的发展，可以减少一些不确定的无人机侵权风险，不仅有利于降低行政监管、司法监督等社会治理的成本，而且有利于保障无人机产业健康持续发展。具体而言，算法安全标准框架至少应涵盖以下内容：一是算法应具备一定的可解释性和透明性。在“算法黑箱”问题尚不能完全避免的情况下，最大程度保障公众知情权有利于公众对无人机安全产生预期性判断。同样地，在产品责任成为主要责任形式的现实条件下，生产者、设计者从源头保障算法的可解释性，在一定程度上也能降低诉讼时自身的举证成本。二是“感知—规避”作为保障无人机飞行安全的底层技术应纳入标准体系。“感知—规避”技术是无人机算法系统通过对空中飞行环境及障碍物的检测，预测可能的危险并生成有效规避路径的技术，是否具有“感知—规避”技术以及技术是否达标是判断无人机设计是否存在缺陷的重要内容，“感知—规避”技术及其操作指南标准是保障无人机飞行安全的技术基础和事前风险预防的重点之一。

其次，明确无人机危险分级分类标准。基于行政监管目的，无人机危险分级分类标准依据飞行速度、空机重量、起飞重量等机械特征制定。在现有分级分类标准指导下，无人机越轻、飞得越慢、飞行高度越低，则风险越低^⑤。问题在于，不将人工智能技术的介入程度以及飞行场景变化等因素纳入标准编制的视野，无法适应无人机核心技术智能化和自主性发展的趋势。因此，有必要以

① 杨居正、张维迎、周黎安：《信誉与管制的互补与替代——基于网上交易数据的实证研究》，《管理世界》2008年第7期。

② 高劲松、邹庆元、陈哨东：《无人机自主性概念研究》，《电光与控制》2007年第5期。

③ 王平、梁正：《标准和标准化概念的多学科观点（之五）——Brunsson和Busch的社会学观点》，《标准科学》2020年第5期。

④ 宋华琳：《论技术标准法律性质——从行政法规范体系角度的定位》，《行政法学研究》2008年第3期。

⑤ 李大朋：《论面向人工智能的无人机监管法律变革》，《政法论坛》2023年第6期。

高度危险责任的具体适用为目标,在现有分级分类标准基础上增加智能化程度和飞行场景等变量,根据技术成熟程度并结合场景变化适当增减人工智能技术在无人机风险分级分类标准中的权重比例。具体而言,可以将无人机风险等级划分为极端危险、高度危险和一般危险三类。其一,大型无人机和集群飞行的中小型无人机属极端危险。集群飞行无人机由同一系统或平台协同控制,其极端危险性在于其中一个无人机出现错误会导致一损俱损的局面,引发大规模坠落或群体性伤害。虽然大型无人机目前尚未完全成型,由于具备货运和客运的可能性,其飞行的危险程度可以比照有人驾驶民用航空器,将其纳入极端危险活动等级。其二,无需飞行执照的微型和轻型无人机以及在空旷区域飞行的无人机活动属一般危险。这类无人机无需事先取得相应资质就能为社会大多数人(完全民事行为能力人)使用,其飞行活动具有通常性。其三,上述两种类型无人机及其飞行活动之外的都属高度危险。当然,随着技术不断迭代和成熟,无人机侵权事故的发生概率将逐步降低。明确无人机危险分级分类标准不仅具有预防风险发生的功能,还能起到警示公众的作用。

(三)以完善跟踪观察义务为重点,强化义务导向的事中监管

对于无人机这样的新兴产业应当确立鼓励创新、趋利避害、规范发展和包容审慎的监管原则,坚守安全发展底线。事中监管可以完善跟踪观察义务为重点,将义务履行情况纳入安全风险防范信用监管之中。跟踪观察义务的落实有利于防止滥用科技发展风险的免责抗辩规则,实现无人机生产者、设计者和使用人之间权利义务的平衡。

首先,着眼于可操作性,细化跟踪观察义务规则。落实跟踪观察义务,一方面可以及时阻断产品缺陷或高度危险活动对社会公众造成的现实损害,另一方面也有利于避免生产者、销售者承担更严重的赔偿责任。其一,明确设计者是跟踪观察义务的法律主体。与工业时代产品的设计与制造最大的不同在于,信息时代产品的设计者与生产者逐渐呈现彼此独立、分工合作、各自控制着不同研发应用环节的局面^①。无人机算法设计者更容易观察和辨别投入流通后的产品是否具有设计缺陷。其二,明确跟踪观察义务法定期限。《法国民法典》1386—16条规定产品投入流通10年后的生产者责任消灭,根本原因在于防止生产者履行过于繁重的义务和承担过于严苛的责任,挫伤其产品研发的积极性。得益于万物互联技术的快速发展,设计者和生产者可以较低的信息成本获得产品投入流通后的相关数据,将跟踪观察义务法定期限明确为产品使用有效期,不仅没有显著增加义务人的履行成本,而且有利于强化义务导向的事中监管延续到产品的全生命周期。其三,跟踪观察义务的补救措施的适当性应当以补救时间及补救类别作为衡量标准。如何采取补救措施以及如何评估补救措施是否恰当,是衡量跟踪观察义务是否得到全面履行的前提。可以借鉴《食品召回管理办法》第13条和第18条有关召回程序的规定,根据产品缺陷及其危险程度,明确义务人应当在限定时间内采取何种补救措施。

其次,基于利益衡量,明确无人机风险抗辩事由规则。高度危险责任属于典型的严格责任,其抗辩事由理应受到一定限制^②,《民法典》之所以对高度危险责任专章规定,在其抗辩事由应基于“危险程度越高、抗辩可能性越小”^③的立法价值取向予以具体明确,而不能一概适用原则性规定。具体而言,极端危险等级的无人机飞行活动,可以比照民用航空器造成他人损害的情形,适用

① 胡元聪:《我国人工智能产品责任之发展风险抗辩制度构建研究》,《湖湘论坛》2020年第1期。

② 王利明:《论高度危险责任一般条款的适用》,《中国法学》2010年第6期。

③ 杭广远:《高度危险责任中抗辩事由的冲突与适用》,《人大法律评论》2021年第1期。

第1238条关于抗辩事由的相关规定。但是，高度危险等级和一般危险等级的无人机飞行活动，能否直接适用《民法典》规定的八项一般性抗辩事由则值得商榷。一方面，虽然《民法典》总则明确不可抗力属于法定抗辩事由，但《民用航空法》作为特别法仅承认“武装冲突”和“骚乱”两类特定的不可抗力因素。另一方面，抗辩事由与归责原则和责任构成要件相辅相成，所以无人机高度危险责任与一般过错责任不应当适用完全相同的抗辩事由。换言之，无人机飞行活动作为特殊的危险责任类型，其抗辩事由的规定应当体现其自身的特殊性。可以根据“举轻以明重，举重以明轻”的基本原则，以典型危险活动致害责任的抗辩事由为参照，由法官根据案件具体情况类推适用已有规定，以此保证危险责任体系内抗辩事由规则的合理性和系统化。

（四）以调整相关规则为核心，完善责任导向的事后救济

结构的复杂性和深度学习算法的自主性致使无人机侵权风险呈现出危险性和隐蔽性相结合的特点。虽然其责任认定规则并未逃逸于现有的侵权责任认定的制度框架，但细究内容可发现，刻板适用现行法律有关产品责任、高度危险责任的相关规定已难以产生有效的救济作用。具体而言，无人机侵权事故的发生可能导致责任人承担行政责任、民事责任，甚至刑事责任。从法律责任体系的完善程度来看，无人机侵权导致的行政责任和刑事责任并没有什么特殊性，但民事责任中针对举证责任的分配以及损失的分担等规则条款需要秉持适度原则进行适当调整。

首先，以举证责任缓和和保护处于弱势一方的原告权益。举证责任缓和是指在原告举证困难或举证不能的情况下，如原告证明达到一定程度，实行有条件的事实推定^①。举证责任分配的实质是败诉风险的分配，举证责任缓和的目的是通过对举证进行适当调整，保护处于专业知识和信息获取弱势地位的原告（被侵权人）的合法权益。无人机设计缺陷属于运算程序方面的瑕疵，被侵权人即使掌握基本原理也无法充分证明算法的缺陷^②。因此，在特殊侵权诉讼中，基于政策选择、价值取向、举证能力等因素，往往采取“我主张、你举证”^③的举证责任倒置方式。由于无人机侵权诉讼案件的生产者是主要的责任承担者，现有制度通过规定“无过错责任”已经减轻了原告的证明责任，若将设计缺陷等所有证明责任均分配给生产者或设计者，有可能引发原告滥诉的风险。因此，无人机设计缺陷诉讼中引入举证责任缓和制度，不仅有助于化解传统举证规则对原告构成的挑战，而且也能防止矫枉过正。因为，举证责任缓和与举证责任倒置的显著不同在于，原告必须首先证明一定案件事实的存在，在此基础上法官才有可能进一步依法推定产品缺陷的存在。事实上，司法实践中已有多起案例通过举证责任缓和有效解决了消费者与无人机生产者之间的侵权纠纷^④。

其次，第三人无法查明时适用公平分担损失规则。科技自身的逻辑可塑性决定了其与社会的融合过程充满了不确定性，而法律的相对稳定性与人工智能技术突破性发展之间总是存在着不可避免的冲突，最终导致技术风险的社会评估和法律控制总是有限而被动的^⑤。由于系统性风险无法完全避免，因此将第三人恶意攻击风险完全归于产品缺陷并不合理，要求生产者和设计者承担第三人恶

① 宁韬：《产品缺陷举证责任的承担》，《人民法院报》，2016年12月21日，第7版。

② 张安毅：《人工智能侵权：产品责任制度介入的权宜性及立法改造》，《深圳大学学报（人文社会科学版）》2020年第4期。

③ 王社坤：《环境侵权因果关系举证责任分配研究——兼论〈侵权责任法〉第66条的理解与适用》，《河北法学》2011年第2期。

④ 参见山西省运城市中级人民法院（2018）晋08民终2503号民事判决书，湖南省新田县人民法院（2020）湘1128民初1478号民事判决书。

⑤ 贾向桐、胡杨：《从技术控制的工具论到存在论视域的转变——析科林格里奇困境及其解答路径问题》，《科学与社会》2021年第3期。

意攻击引发的侵权损失也不公平。当然，公平分担损失并非确定损害赔偿责任主体的规则，而是抚慰受害人和解决纠纷的依据。因此，公平分担损失不是请求权^①，而是在法官主导下基于个案的基本事实进行利益衡量的结果。其一，第三人恶意攻击引发的侵权责任源于无人机系统难以克服的自身漏洞，而且这种侵权风险并非个案，在第三人无法查明的情形下，由生产者、设计者和使用者合理分担损失符合危险源开启和控制理论的要求。其二，公平分担损失不等于平均分担损失，需要在个案中综合考量被侵权人所受损害的严重程度、各方经济状况和损失承担能力等实际情况^②，以避免反向显失公平。从实现社会治理效益最大化的视角思考，引导人工智能产业健康发展，可以考虑由人工智能产品生产者和设计者共同出资建立“人工智能产品侵权救济保险基金”，将无法查明的第三人引发的侵权损害赔偿纳入保险基金支付范围，不仅有利于最大程度地保障受害人的权益，而且可以将生产者和设计者因公平分担损失产生的支付风险降低，从而鼓励行业的设计创新。

总之，在5G、大数据和人工智能等数字技术的加持下，现代航空低空系统中的智能化民用无人驾驶航空器的运用场景不断扩展。如何在高科技产业的发展中，把握好发展与安全、效率与公平之间的关系，是实现科技向善和推动产业健康发展的重要方面。

Civil Unmanned Aerial Vehicle Infringement Risks and Legal Governance

HUANG Dongdong WU Jie

[Abstract] Although a new type of special infringement has not yet emerged concerning their infringement risk and legal liability, the flight activities of intelligent UAVs are primarily controlled by algorithms and face novel challenges such as network and data security. Due to the lack of product defect standards, unclear provisions on tracking and observing defects, imperfect rules on identifying risk levels and defense grounds, and difficulties in tracing the subject of liability of third-party risks, the rigid application of the current legal system cannot effectively address the issue of identifying infringement liability and compensating for damages caused by UAVs. The complexities of technology and risk determines the deficiency of the UAV risk prevention and control mode mainly relying on administrative supervision. The governance mode of UAV infringement for future should construct an integrated governance mechanism that combines advanced risk-oriented prevention, in-process obligation-oriented supervision, and responsibility-oriented post-relief, and the combination of autonomy, technology governance and multi-subject cooperation and co-governance can be realized.

[Key words] Unmanned Aerial Vehicle; Artificial Intelligence; Product Liability; High Risk Responsibility; Balance of Interest

（责任编辑：冯贺霞 责任校对：王涵洱）

^① 杨立新：《中华人民共和国民法典释义与案例评注·侵权责任编》，中国法制出版社，2020年版，第138页。

^② 黄薇：《中华人民共和国民法典侵权责任编释义》，法律出版社，2020年版，第70页。