

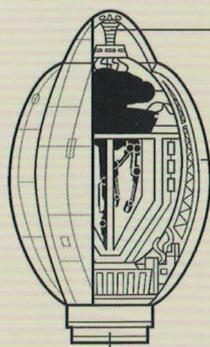
The brief history of Unmanned aerial vehicle

空中机器人
人工智能与社会生活

无人机 简史

邓涛 著

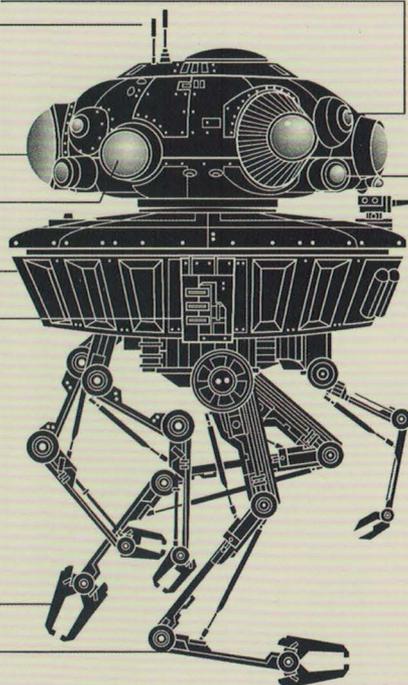
Side View Cutaway
(probot in space pod)



Atmospheric Sampler
High-Intensity Floodlight
Broadcast Antennae
Sensor Array

Visual Sensor (3)
Hyperdrive Pod
Infrared Sensor

Thrust Port
Repulsorlift
Drive Unit
Sublight/Hyperdrive
Engines



Manipulator Arm

High-Torque Arm

Laser Cannon



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



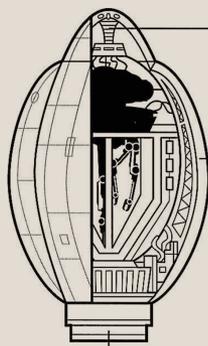
邓涛，男，河北工业大学教师。科普作家。出版图书20多册，在相关杂志、报纸（如《航空知识》《航空报》《国家人文历史》）公开发表各类文章数百万字。

空中机器人
人工智能与社会生活

无人机简史

邓涛 著

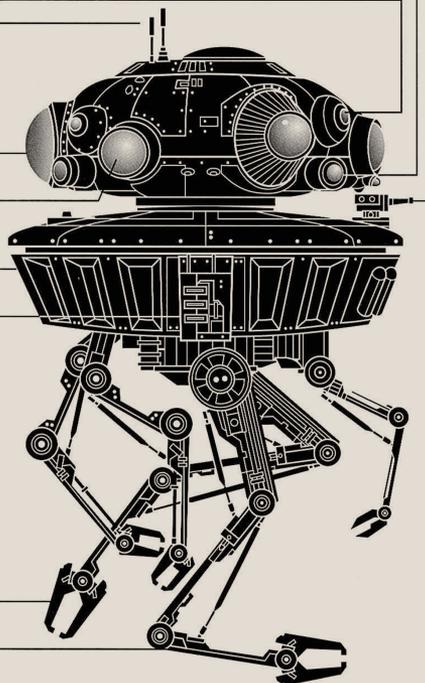
Side View Cutaway
(probot in space pod)



Atmospheric Sampler
High-Intensity Floodlight
Broadcast Antennae
Sensor Array

Visual Sensor (3)
Hyperdrive Pod
Infrared Sensor

Thrust Port
Repulsorlift
Drive Unit
Sublight/Hyperdrive
Engines



Manipulator Arm

High-Torque Arm

Laser Cannon



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

作者试图通过本书中有机联系起来的各章节，以独特的视角和不寻常的洞察力描绘无人机技术的发展将对整个人类社会带来的冲击、变化、机遇与挑战。但同时作者也认为，认识和理解无人机技术对人类社会的影响，需要跨界思维，所以思辨性的跨界思维贯穿本书的始终。还需要指出的是，所有本书中描述的无人机技术均为“破坏性”的技术，这些技术取代了现有技术并打乱了现有市场秩序，也打破了现有的价值链条——这些“破坏性”技术粉碎了人们长久以来的认识。

鸣谢，在本书成稿过程中张雪杰女士给予的鼓励、支持和帮助。

图书在版编目(CIP)数据

无人机简史/邓涛著. —北京:机械工业出版社, 2018. 7
ISBN 978-7-111-60433-4

I. ①无… II. ①邓… III. ①无人驾驶飞机-技术史 IV. ①V279-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 146732 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 杨 源 责任编辑: 杨 源

责任校对: 秦洪喜 责任印制: 张 博

北京东方宝隆印刷有限公司印刷

2018 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 14.25 印张 · 293 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-60433-4

定价: 79.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

笔者用消费级无人机航拍的河北工业大学图书馆，及根据航拍照片绘制的美术畅想作品。





推 荐 语

无人机是拥有芯片的昆虫，昆虫占全世界动物种类的百分之七十，而其中百分之七十的昆虫有翅膀，想象一下一个充满昆虫生态的世界吧，那就是无人机带给人类社会的未来。邓先生此书以未来视角的畅想和流利的文笔，对“空中机器人纪元”的过去、现在和未来进行了启发式的描述，值得一读。

——宋宜昌

《无人机简史》这本书应该是这两年相关书籍中相当出色的一本，对我们建立“空中机器人社会”的全景式理解很有裨益。对无人机技术的来龙去脉，对人类社会生活的影响，作者娓娓道来，既不失深度，又不枯燥难懂。特别是在最后两章，讨论了不可避免的空中人工智能的未来和相关的社会学、哲学问题，从能源、自动机器、社会、历史的角度，进行了发人深省的探讨，这是极为难得的。作者透过前瞻的视角去审视技术、人类及社会。通过设想中的未来去理解当今的无人机技术发展和进化中的人类。

——《航空知识》主编王亚男

这是一本思辨的书，是一本站在历史的高度，站在人文关怀的角度，考量科技力量的书，也是一本充满想象与预言，但又不失科学论证的书。作者用卓越的想象力描述了无人机技术给予人类社会的若干种可能性，在奔放的想象中引发人类与技术关系的认识与思考。

——《航空世界》主编石坚

序

这是迄今为止极具可读性的一部《无人机简史》！

航空学家用几条定律就解释了无人飞行器的原理，但对人类的思维来说，这是行不通的。人类思维是一个复杂的过程。“为什么人类在下雨时不想被淋湿，却愿意在卫生间沐浴”，这种3岁小孩都知道的问题，计算机就会感到费解。人类思维的本质，正是研究人工智能、塑造高级的“心智社会”的关键所在。人工智能专家们认为“大脑不过是肉做的机器”，大脑中不具备思维的微小单元可以组成各种思维——意识、精神活动、常识、智能、自我，最终形成“统一的智慧”。这种智能组合就是“心智社会”。人工智能是有史以来能最大限度增强人类能力的东西，人类并不是进化的终点。那么将人工智能与飞行器结合起来的“心智社会”会是什么样子？遍布空中机器人的世界，对人类又意味着什么？

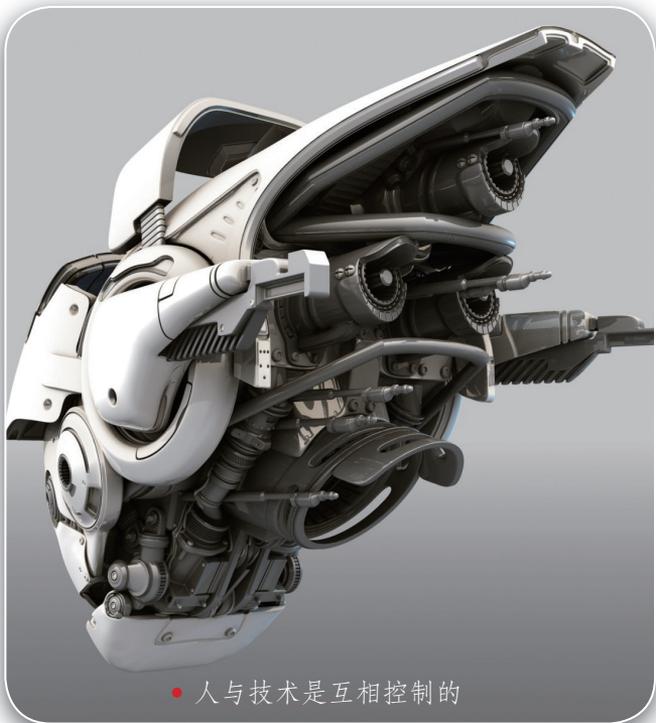
——航空知识主编王亚男





前 言

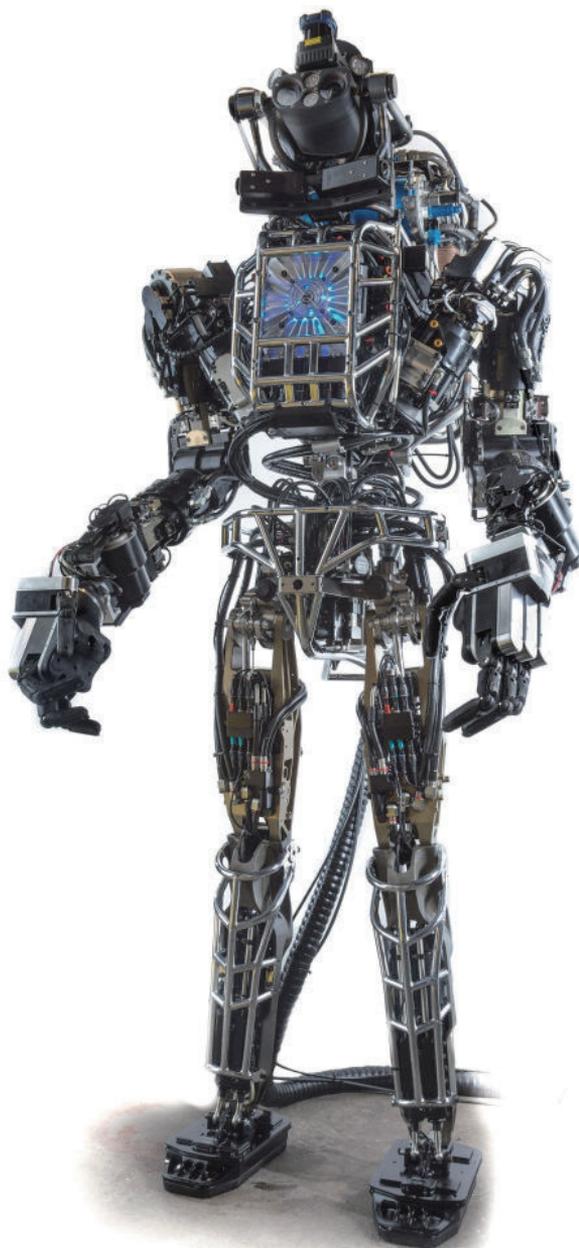
我们熟悉的机器人几乎都是从电影和小说中得来的。它们是外形像人的机器人，有的可爱、有的邪恶，它们与人类交流感情、思想，讨论问题，在科幻小说中扮演着不可或缺的角色。上百年来，科幻小说让人们相信，机器人或者类人机器人是我们未来生活中不可或缺的一部分，我们万分期待它们的出现。然而，机器人并不都是人形的。电影《2001：太空漫游》中的机器人哈尔就没有躯体，但也非常像人，它被设计成人类漫长太空旅途中的同伴，同时还是由程序控制的副驾驶员。《她》是人工智能领域研究者非常喜欢的一部电影，他们在众多场合提到它，或者用它来做幻灯片，片中操作系统萨曼莎也没有肉体，同样虏获了男主角的心。既然机器人有很多种，那么什么是机器人？是什么使它们成为机器人？即便对于世界级的机器人专家来说，想要得出一个关于机器人的完整定义，实际上也很困难。机器人的组合要素、职能和用途都存在着明显的不同。那么现实中有哪些机器人呢？你能在商场和超市买到的似乎只有儿童玩具和扫地机器人（也不过是一个升级版的自动吸尘器），而不是可以换尿布、做发型或者烹饪的全能帮手。可再想一想，在你与之互动的的事情中，有多少过去是由人类做的，现在是由机器完成的？这样想来，就能发现机器人已经存在于很多地方。除了扫地机器人之外，ATM机、机械臂、无人车、自



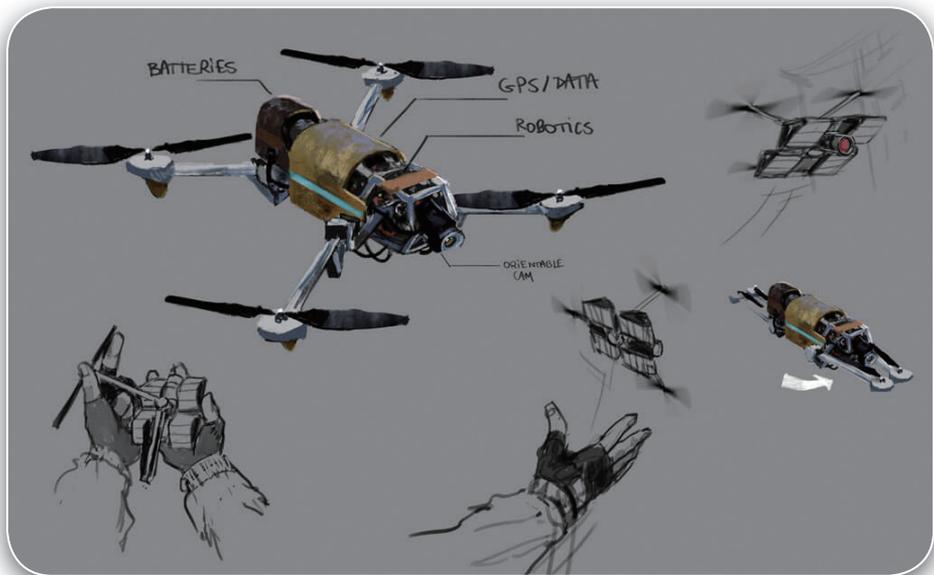
• 人与技术是互相控制的

动深海探测器、火星探测器等都可以被当成机器人。事实上，正是因为我们对机器人长什么样有了先入为主的想法，所以对周围已经发生的事情熟视无睹。当 iRobot 机器人公司的扫地机器人 Roomba 刚推出时，执行总裁柯林·恩格尔问大家：“这是机器人吗？”得到的回答一边倒：“不是。”他回忆当时的情况说：“那时有个很强的观念，机器人必须看起来像人。除了外包装上公司的名字 iRobot 以外，Roomba 没有使用‘机器人’这个词，是媒体把它称为机器人。”差不多在完全重叠的一段时间里，无人

机也在经历着同样的事情，人们经过不短的时间，才算从超市的货架上意识到，空中机器人已经“入侵”了人类的社会生活。



• 科幻小说让人们相信，机器人或者类人机器人是我们未来生活中不可或缺的一部分，我们万分期待它们的出现。然而，机器人并不都是有人形的



- 无人机技术本质上是机器人技术向空中的延伸



- 大疆的“悟”Inspire 2 航拍无人机

目 录

推 荐 语 序 前 言

绪论 无人机科学的人类隐喻



第 1 章 我们正在制造的变化 6

实用而不起眼——新的图腾出现了 6

一场深入骨髓的革新 8

莫拉维克悖论的钥匙 14



第 2 章 脑洞、八卦还有血泪——无人机技术简史 16

发明家的脑洞与狂欢——“空中无人设备”的技术要素积累 16

战争的果实——第一次世界大战如何催生了无人机的出现 27

八卦一下——早期无人机技术发展中的轶事 37

“阿佛罗狄忒行动”与小肯尼迪之死 46



第 3 章 在技术爆炸中起飞 61

先为“名正言顺”迂腐一下 62

高门槛（谈谈无人机飞控）	66
消费社会与大疆之路	72
干点儿更正经的事情	77
不只是贵一点——消费级无人机与工业级无人机的核心差别与技术门槛	85
一场有意思的“翻身仗”	96



第4章 倘若无人机有了灵魂

111

新的万有理论	111
聊一聊人工智能无人机	115
迥异其趣的日常	121
遇见未来——国际空中机器人竞赛	125
无人机、人工智能与社会生活	140
机器人空战的“未来派”画卷	154
各行其道的挑战——无人机的空中管制问题	171



第5章 空中机器人的罪与罚

180

看不透的空中机器人	180
“盗取神祇的火种”——对技术的本能恐惧	182
消失了的隐私、失业与人的异化——“空中机器人纪元”的社会伦理困境	185
游戏心态、武力滥用与军队的瓦解——“空中机器人纪元”的战争伦理困境	198
一碗汤引发的血案——“空中机器人”的原罪	213
无人机时代可能是我们最糟的噩梦？	215



后记 如山的远景

217



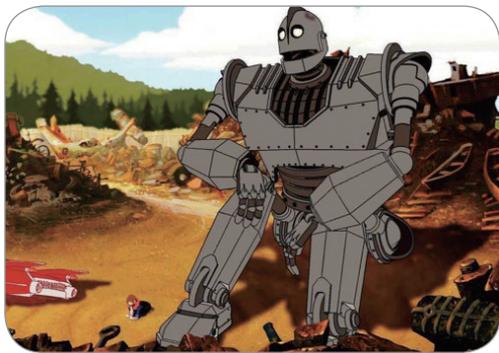
绪论 无人机科学的人类隐喻



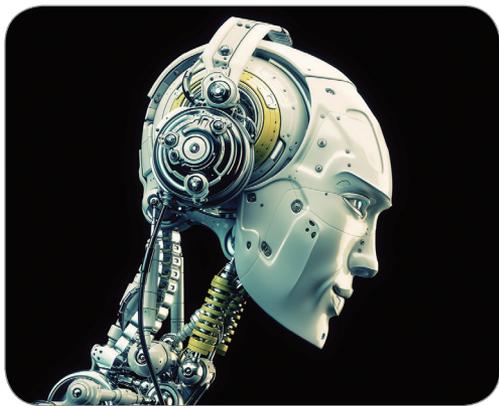
• 对机器人技术的渴望是一个古老的、神秘的人类诉求，隐含于人类对生命奥秘的探求

无人机技术本质上是机器人技术向空中的延伸，而对机器人技术的渴望却是一个古老的、神秘的人类诉求，隐含于人类对生命奥秘的探求，以至于可以在人类进入工业文明之前的历史长河中

追溯。例如，我国古籍《列子·汤问》就记载了偃师向周穆王敬献“能倡者”“趣步俯仰，信人也”“千变万化，唯意所适”。有意思的是，钱钟书、董每戡、季羨林等先生都指出，《列子·汤问》此条其实袭自佛典中的《生经》卷三，记佛告众比丘云：有大船国，国王第二子名“工巧”，制作机关木偶的技巧非常高明：工巧有技术，多所能成就；机关作木人，正能似人形；举动而屈伸，观者莫不欣，皆共归遗之，所伎可依因。佛接着讲，“工巧”到“应时国”，为国王做了一个机关木偶人，假称其子。这木人“形貌端正，生人无异，衣服颜色，黠慧无比，能工歌舞，举动如人”。国王命使作伎，与夫人等升阁观赏。这木人“作伎歌舞……跪拜进止，胜于生人”。国王、夫人十分欢喜。不料木人竟然色迷迷地看着夫人，似乎在向夫人调情。王怒，令侍者“斩其头来”。“工巧”啼泣长跪，为子请命，王不听。于是乃子请杀子，王许之。“工巧”拨去木人肩上的楣顶，“机关解落，碎散在地”。王大惊愕，方知是一木偶人……佛典中的故事实际上是一个隐喻，这样的隐喻在《圣经》中则更为脍炙人口——上帝按照自身形象创造了人类，耶稣却大胆地宣布“我与父原为一”。显然，所谓的造物主与被创造物之间永远存在着一种矛盾的关系，生命的本能从一开始就驱使着人类去扮演上帝的角色——“造人”。于是，这种生命的“终极目的”就可以解释了，无论是《列子·汤



- 古老的、原始的生命诉求一旦与时髦的科学理论相结合，往往就拥有了一种现实性魔力

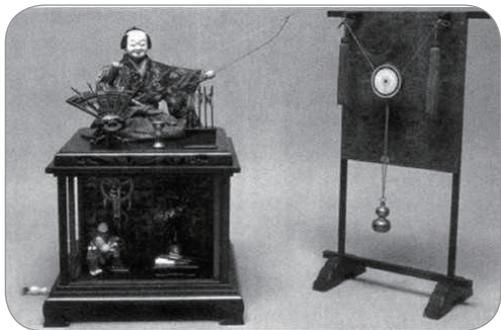


- 所谓的造物主与被造物之间永远存在着一种矛盾的关系，生命的本能从一开始就驱使着人类去扮演上帝的角色——“造人”

问》还是《生经》，古籍中都没有记录“能倡者”的动力系统和能源系统，“千变万化，唯意所适”的奥秘更是只字未提，但人类却的确向这样的理想发起了一次又一次乐此不疲的冲击。

公元前2世纪，古希腊人发明了一台以水、空气和蒸汽压力为动力的会动的雕像，它可以自己开门，还可以借助蒸汽唱歌。1662年，日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶，并在大阪的道顿堀演出。1773年，瑞士钟表匠连续推出了多种身高1m左右的

可以自动书写、自动演奏的玩偶。1881年，意大利作家卡洛·洛伦齐尼（Carlo Lorenzini）写出了《匹诺曹》（Pinocchio），书中讲述了一个提线木偶变成真正男孩的故事。1893年，意大利发明家摩尔制造了“蒸汽人”，靠蒸汽驱动双腿沿圆周走动。而后到了1913年，随着诺伯特·维纳《控制论——关于在动物和机器中控制和通信的科学》一书的出版，系统阐述了机器中的通信和控制机能与人的神经、感觉机能的共同规律，第一次把只属于生物的、有目的的行为赋予机器，这为真正的“能倡者”们在现实的人类社会生活中出现，奠定了最初的



- 1662年，日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶，并在大阪的道顿堀演出



- 1773年，瑞士钟表匠连续推出了多种身高1m左右的可以自动书写、自动演奏的玩偶

科学理论基础。也正因为如此，当捷克作家卡雷尔·恰佩克，在其1920年出版的科幻小说《罗萨姆的机器人万能公司》中，根据 Robota(捷克文，原意为“劳役、苦工”)和 Robotnik(波兰文，原意为“工人”)，创造出“机器人”这个词汇时，一下子有如魔法般抓住了人们的内心，古老的、原始的生命诉求一旦与时髦的科学理论相结合，往往就拥有了一种现实性魔力。此后，在卓别林电影《大都会》里完全仿照人类设计的“玛利亚”又令“机器人”的形象进一步深入人心，以至于成了此后大多数“Robot”形象的滥觞。不过问题在于，创造“玛利亚”这样的“类人形机器人”真的是一种终极目标

吗？答案却是未知的。虽然，《创世记》第1章第26节写道：神说，“我们要照着我们的形象，按着我们的样式造人”。但考虑到隐喻是语言自身的根本特性，也是人类认知事物的一种基本方式，我们完全可以将其理解为“所谓上帝是按照自己的内在属性造人，而非按照自己的外在形象造人”，毕竟“上帝”即便在宗教意蕴中也是无形无体的（形象和样式，并不是指外表的样子，而是道德、意志、情感层面的），这意味着除了“灵魂”外，“上帝”为人类所塑造的那副肉体却未必是完美的。事实上，人类对于自身的肉体形象（功能）也的确不甚满意，带着翅膀的“天使”和敦煌壁画中的“飞



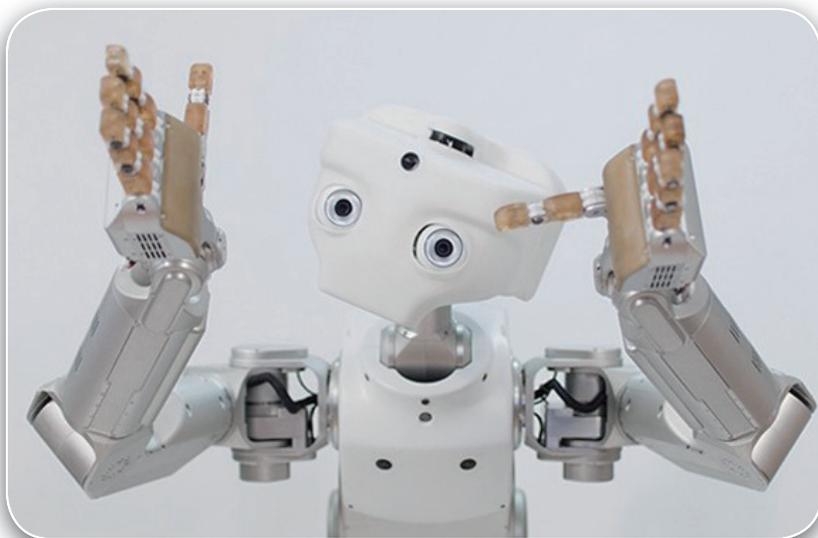
• 1920年，捷克童话作家卡雷尔·恰佩克(Karel Capek)在他的剧本《罗萨姆的机器人万能公司》里，首次提出了机器人(Robot)的概念，这个词的灵感来自于捷克语中的「劳役、苦工」(Robota)和波兰文中的「工人」(Robotnik)。在这部小说的末尾，机器人接管了地球，并毁灭了人类



● 人类只有为创造出的“灵魂”寻找一副更为完美的“肉体”，才能在一定程度上实现对“上帝”的超越，进而对生命的奥秘这个终极问题一窥究竟

天”无不暗示着这一点。同时进入工业时代以来，人类又已经把科学技术视为人类的“附骨”，某种与人类的精神能力和劳动能力深刻依附而不可分的东西，于是这就可以解释，为什么机器人技术向天空这个维度进行延伸会有其必然性。

在科学技术的工具支撑下，人类只有为创造出的“灵魂”寻找一副更为完美的“肉体”，才能在一定程度上实现对“上帝”的超越，进而对生命的奥秘这个终极问题一窥究竟。



- “类人形机器人”从来不是人类发展“机器人技术”的终极目标



第 1 章 我们正在制造的变化

据说在郭德纲的相声里，都已经出现了无人机的对白，可见无人机时代已经相距不远了。不过都说在未来，人类和无人机肯定是要有关系的，但这关系究竟怎么个有法，大多数人恐怕还真没想过。总觉得那是件太神奇的事，该操心的不是老百姓而是科学家，哪怕是郭德纲嘴里“二手的”。可凡事也有例外，隔壁老王就非要把这事儿整个明白……



实用而不起眼——新的图腾出现了

每个时代有每个时代的技术图腾。如果说 150 年前的技术图腾是蒸汽机，100 年前是内燃机和航空器，50 年前是原子弹、计算机、阿波罗飞船，30 年前是互联网，那么今天的技术图腾或许是无人机。要知道，10 年前无人驾驶飞行器还属于军工科技，造价达数百万美元，隐秘不宣。但随后智能手机出现，带来了一系列配套技术，包括传感器、高速处理器、相机、无线宽带技术和 GPS 等，它们支持着你兜里那个了不起的超级计

算机。同时，智能手机量产的规模经济，也降低了这些组件的成本，拓展其应用领域。首先就是转变相邻行业，包括无人机在内的机器人技术。笔者将这种散播称为“智能手机战争的和平红利”。无人机的发展速度近似智能手机，而非航空工业。因此不到 4 年内，无人机就从军用设备变成藏家玩物，进而变成花费不到 100 美元就能在你家附近大商场买到的玩具。这可能是史上最快从军用品走进 WalMart（沃尔玛超市）的技术。5 年前，从商业角度考虑，对“无人机”一词最大的反对意见是它带有军事色彩。



但现在，大众觉得它就是玩具。还有其他词汇的含义曾更快地从“武器”转变为“玩具”吗？没有。但故事远没有结束。无人机第一波浪潮是技术，第二波是玩具，现在最重要的第三波已经到来：无人机正在成为工具。

隔壁老王办公室所在那条街上的建筑工地，每天早上都会传来一阵熟悉的嗡嗡声。声音来自例行无人机扫描：一架小巧的黑色四旋翼飞行器正从工地上方飞过，路线精确如轨道。时间一长，工人们已对头顶上方的微弱噪声非常熟悉，不再抬头观望工作中的飞行器。它只是日常工作的一部分，和占据天空的吊车一样普通。早上，从邻居家刚刚出来的隔壁老王，将这一切默默收入了眼中，他很快意识到，飞行的机器人只是一件普通的施工设备，就像是邻居苗太太经常摆弄的那个电动打蛋器，习惯就好。隔壁老王的确是个有心人，而你作为一个不那么特别的普通人，也必须了解这种工具的颠覆性能量，以及你在其中的位置。无人机技术具备颠覆性的经典特征：它已经有能力用几小时完成人们几天才能完成的工作；它能提供细节

丰富的影像数据，成本只是其他工具的零头；它开始在职业安全方面发挥关键作用，对信号塔维护等高危作业进行无人化；从田地到工厂，它的低空拍摄功能，为商业应用提供了不同视角……总之，无人机的工具化是真实的，因为在隔壁老王身边发生的那一幕，也同样在其他人身边上演。而这仅仅只是开始。在 21 世纪，互联网向物理世界延伸的进程中，无人机带我们通往第三个维度——上方。简言之，它就是“飞行物联网”。那么新时代的技术图腾出现了吗？这或许是一个仁者见仁的问题。不过无人机的未来可能让人类惊奇，但它的趋势却是平淡无奇。要知道，时代技术图腾的标志不是兴奋刺激，而是不可或缺和广为接受，融入当代生活。电力曾像是某种魔法，但现在稀松平常，互联网也一样。无人机技术为自身设定的终极目标同样不是为了“酷”，而是为了成为一件普通的工业和生活用具，就像农业机械和工地用发电机，就像是照相机和电饭煲一样，实用而不起眼，无人机技术在“孕育”着真正的革命。



- 澳大利亚两名少年在冲浪时不幸被巨浪困住，无法返回 700 米远的岸上。当地救生队使用无人机对被困人员投放救生圈带。最终，两名少年成功回到了岸上。营救过程仅历时 70 秒。这是全球首例无人机成功救援。充分体现了无人机抛投不受条件限制这一特性。无论是遭遇了泰坦尼克号沉船还是洪水，无人机都可以方便地来到被困者的身边

一场深入骨髓的革新

10 年前，这项技术还没走出实验室，5 年前，它最大的特点就是贵。今天，你在沃尔玛超市就可以买到使用云软件的企业级无人机，隔壁老王看到的那架或许就是如此。但这究竟意味着什么呢？建筑工程是世界规模第二大的行业（仅次于农业），年产值高达 8 万亿美元，但效率相当低下。商业建筑项目花费通常超出预算 80%，工程进度落后 20 个月。只看显示屏上的 CAD 图纸，一切完美无缺，但在工地的泥土、尘埃中就完全不同了。现实和理念的差异，解释了 8 万亿美元中约 3 万亿美元的去向——工程变更、返工、进度安排失误。无人机的任务就是消除这种差异。隔壁老王办公室附近工地上空的那架无人机，用高性能相机拍照。这些超高精度的常规照片

上传到云端后，图像几何技术将其转换为几何图形，生成精确的 2D 图纸和 3D 模型。上午 10 点左右，工地监控系统将收到无人机提供的俯视图，精度足够看清 25 美分硬币的细节，且能以任意角度旋转，类似电子游戏或虚拟现实图像。随后，指导施工的 CAD 图纸叠加到扫描图上，让“效果图”和“实景图”形成直观对比。这仿佛是一个增强现实镜头，将理念与现实并置，捕捉两者的差异，每天可为一处工地节省数千美元，对于整个行业则可节省数十亿美元。利用这项技术，监理团队能随时掌握施工进度。当图纸上的设计来到现实世界，错误、变更、意外都难以避免。但如果早发现、进而修正或绕开问题，或根据实际状况更新施工模型，就能尽量减少负面影响。从卷尺、笔记板到激光、高精度 GPS，

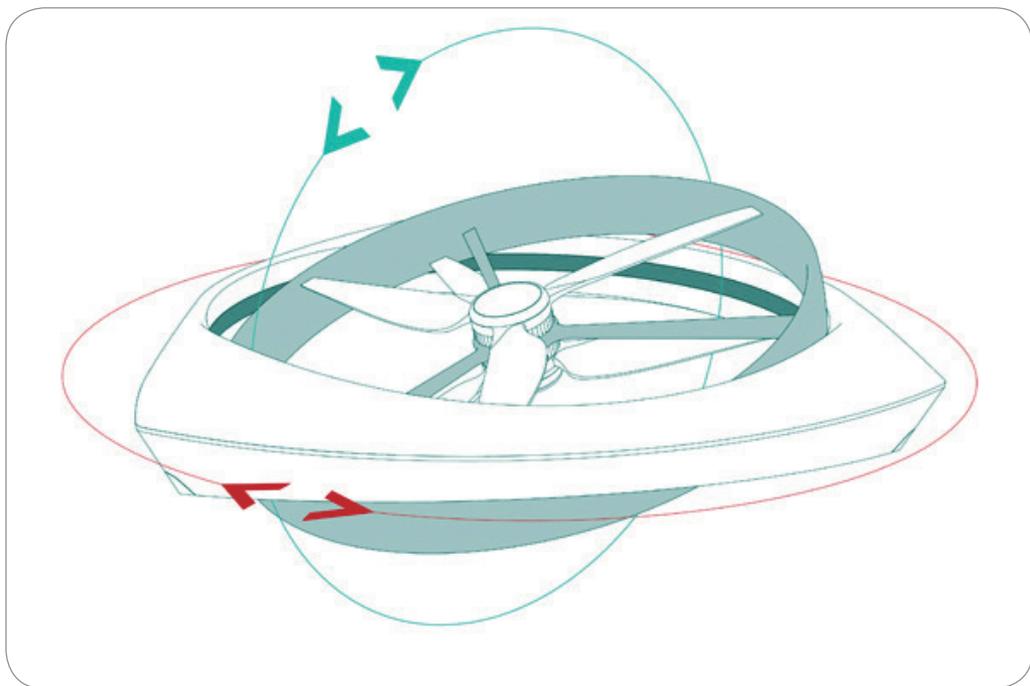


- 用无人机运输血液、疫苗以及药品，正在变成现实。物流公司 Matternet 已经在瑞士宣布了一个永久性的自动无人机快递网络，将在医院、诊所和实验室之间运输实验室样本，如血液检测和其他诊断。这个网络已开始运行，Matternet 表示，运输的物品可以在 30 分钟内送达医院。Matternet 自称是世界第一家自动无人机快递网络，其核心是一种白色的类似邮箱的中转站，占地面积约 2 平方米，可安装在屋顶或地面上，以无人机方式发送和接收包裹

甚至 X 光，工程测量的方法有很多。但这些方法都需要资金和时间，所以并不常用，至少不会覆盖整个施工现场。利用无人机，则可以实现对整个工地的高精度测绘。

不过，倘若仅仅如此其实也没有什么，不足以让隔壁老王感到诧异，真正让人们感到惊讶的地方在于，现代无人机技术不仅仅是一种能够提高效率的工具，更是一种能够自我进化，通过一种特别的渠道变得越来越好用的工具。这种特性足以将其与人类此前曾经用过的其他任何工具区别开来，以至于我们或

许不能再简单用“工具”这个词来形容它们。要知道，过去 10 年，无人机的最大变化在于其互联设定。早期机器人需要额外定做通信系统，而脱胎自互联网产业的空中机器人，则“天生”具备互联结构。收集数据、下载、分析。这种工作方式早已陈旧不堪，不再需要了。现在数据从源头流向设备、接受分析的过程自动且隐蔽。无人机设备越来越像纯粹的技术一样，无须人类操心就能完成任务。这一转变意义重大。当互联成为无人机技术的本质属性时，三个重大变化发生了：互联设备趋于逐渐进化而



- 现代无人机技术不仅仅是一种能够提高效率的工具，更是一种能够自我进化，通过一种特别的渠道变得越来越好用的工具

非退化。在以往孤立隔绝的状态下，产品自出厂之时就开始逐渐变得陈旧。互联设备则相反，其功能更多来自软件而非硬件，而软件像手机 APP 一样能够更新。以无人机来说，从性能提升到新的自主控制特性，新功能会通过“空中”更新，在一夜间出现；互联设备拥有“外部智能”。它们是物联网的一部分，但不属于联网灯泡等“笨”的那类，而是“聪明”的那类（这种“聪明”也体现在它们通常并不带有“物联网”热词标签）。无人机不必按预定程序、沿标准路径扫描某个现场，而会先拍一些照片上传到云端，等待算法实时分析后，得出适合此时此地的扫描路径，每一处光影都会考虑在内。不妨这样看：在这种工作模式下，数据决定任务，而非任务决定数据；互联设备促进互联网智能化。互联设备不仅从网络获取智能，也会向网络反馈数据。相比计算技术和算法的发展，目前人工智能的兴盛更应归结于数据来源的大幅扩展。现在和将来，大量数据都来自对世界（包括人和环境）的测度。而借由互联设备，传感器无处不在。对无人机来说，这意味着它不仅能下载最新 3D 地图进行导航，也能上传数据以改进地图，从而使其最终成为一个接近理想的“盒子”，上面有一个红色按钮，按下按钮你就得到数据。任何比这复杂的东西都是需要消除的痛点。之后，我们连按钮也可以省去：收集数据、上传云端、分析后以合用形式展示出来，全部接近实时自动完成。想想吧，这将是怎样的一幅情景？显然，无人机技术的工具性是真实的，而这种真实则意味着一场深入骨髓的革新。当无人机不仅取消驾驶员，也取消操纵者，它将获得更大的成本优势。完全自主控制将带来真

正的突破。

莫拉维克悖论的钥匙

像大多数普通人的表现一样，2016 年 3 月的这一天，正在串门的隔壁老王也在邻居苗太太家的电视前被震撼了一下：来自 Google DeepMind 的人工智能程序“阿尔法狗”（AlphaGo）以总比分 4:1 的成绩战胜了前世界冠军李世石。号称“人类最后智力骄傲”的围棋也被人工智能攻破了，一时间人工智能与机器人威胁论刷爆了微博、微信及各路新闻媒体。隔壁老王开始担心着某一天自己的工作会被人工智能机器人抢去，又在某一天人类会被人工智能机器人统治。隔壁老王是杞人忧天吗？还真有点难说。“阿尔法狗”在开发中融入了深度学习与自我对弈的过程，开始变得有点像人类一样会不断学习和进化。棋盘上的“阿尔法狗”完胜人类。“阿尔法狗”根据对手的策略来制定对自己有利的策略，从而完成制胜。在与李世石的对弈中，“阿尔法狗”甚至展现出了放弃局部的利益从而获得整体利益的最大化的能力。GoRatings 排名第一的柯洁看了“阿尔法狗”的比赛后也惊叹，这完全不像一个程序在下棋，而更像是出自一个人类棋手之手。但在那场比赛中有个细节，有心的隔壁老王却留意到了：这个已经在“人类最后智力骄傲”上碾压人类的“阿尔法狗”，却连挪动一枚小小的棋子都需要人类帮助才能完成。可能有人会说，这都不是事，给“阿尔法狗”装上机械手让它自己下棋也不过是分分钟的事。然而，事实真的是这么简单吗？先让我们来看个由人工智能和机器人科学家发现的与常识相左的现象：让计算机在智力测试或者下棋中展现出一个人的



- 这是本书作者的表弟用消费级无人机拍摄的内蒙古乌兰察布火山口（郭怡南供图）

水平是相对容易的，但是要让计算机有如一岁小孩般的感知和行动能力却是相当困难甚至是不可能的。这便是在人工智能和机器人领域著名的莫拉维克悖论。

莫拉维克悖论 (Moravec's paradox) 由汉斯·莫拉维克 (Hans Moravec)、罗德尼·布鲁克斯 (Rodney Brooks)、马文·闵斯基 (Marvin Minsky) 等人于 20 世纪 80 年代提出。莫拉维克悖论指出：和传统假设不同，对计算机而言，实现逻辑推理等人类高级智慧只需要相对很少的计算能力，而实现感知、运动等低等级智慧却需要巨大的计算资源。这被认为是人工智能研究者的最重要发现，“困难的问题是简单的，简单的问题是困难的”。四岁小孩具有的本能——辨

识人脸、举起铅笔、在房间内走动、回答问题等，事实上是工程领域内目前为止最难解的问题。随着新一代智慧设备的出现，股票分析师、石化工程师都要小心他们的位置被取代，但是园丁、接待员和厨师至少十年内都不用有这种担心。对技术人员来说，最难以复制的人类技能是那些无意识的技能。总体上，应该认识到，一些看起来简单的动作比那些看起来复杂的动作要更加难以实现。在早期人工智能的研究里，当时的研究者预测在数十年内，他们就可以造出思考机器。他们的乐观来自于一个事实，他们已经成功地使用逻辑来创造写作程序，并且解决了代数和几何的问题以及可以像人类一样下国际象棋。正因为逻



- 2016 年 3 月，谷歌的人工智能棋手阿尔法狗 (AlphaGo) 以 4:1 的绝对优势击败了韩国棋手李世石；2017 年初，披着马甲的阿尔法狗更是以 60 局连胜世界各国的顶尖棋手，即便是阿尔法狗的研发人员，也很难摸清它的想法

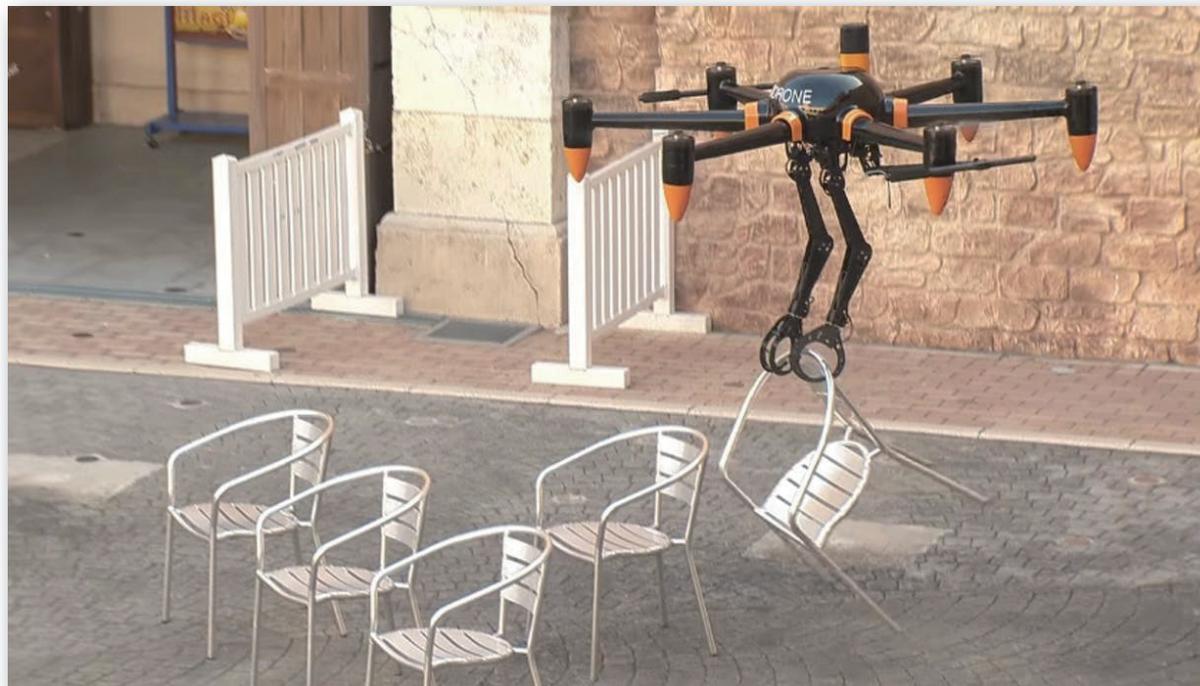
- 今天，一块集成了陀螺仪等多种传感器的芯片，成本只有3美元，而这些传感器10年前是价格高达10万美元的机械设备，体积相当于从午餐盒到小冰箱不等



辑和代数对于人们来说通常是比较困难的，所以被视为一种智慧象征。他们认为，当几乎解决了“困难”的问题时，“容易”的问题也会很快被解决，例如环境识别和常识推理。但事实证明他们错了，一个原因是这些问题其实是难解的，而且是令人难以置信的困难。

事实上，他们已经解决的逻辑问题是无关紧要的，因为这些问题是很容易用机器来解决的。根据当时的研究，智慧最重要的特征是那些困难到连高学历的人都会觉得有挑战性的任务，例如象棋、抽象符号的统合、数学定理证明和解决复杂的代数问题。至于四五岁的小孩就可以解决的事情，例如用眼睛区

分咖啡杯和一张椅子，或者用腿自由行走，又或是发现一条可以从卧室走到客厅的路径，这些都被认为是不需要智慧的。然而，莫拉维克悖论的提出推翻了这种“常识”。回到那句有些哲学意味的话“困难的问题是简单的，简单的问题是困难的”。几十年来，我们造出的机器人和人工智能，虽然在智力上已经达到了很高的境界，但在看似简单与真实物理世界交互的能力依然非常差。“人工智能已经在几乎所有需要思考的领域超过了人类，但是在那些人类和其他动物不需要思考就能完成的事情上，还差得很远。”在发现莫拉维克悖论后，一部分人开始在人工智能和机器人的研究



- 就像农业机械和工地用发电机、就像是照相机和电饭煲一样，实用而不起眼——无人机技术在“孕育”着真正的革命

上追求新的方向，研究思路不再仅仅局限于模仿人类认知学习和逻辑推理能力，而是转向从模仿人类感觉与反应等与物理世界接触的思路设计研发机器人。这就为无人机技术的发展提供了一个绝佳的契机，与机器人技术的其他分支相比，作为一种在三维空间拥有六自由度的空中无人设备，作为人工智能一种特别的

载体形式，无人机更容易同物理世界进行深度集成交互的天然属性（通过移动机器设备可以完成的任务，无人机理应都可以完成），决定了我们或许可以迅速找到解开莫拉维克悖论的一把钥匙。从直觉上来讲，隔壁老王对此深信不疑，那么你呢？



第 2 章 脑洞、八卦还有血泪 ——无人机技术简史



• 波音以 X-45N 为基础，研制的“鳐鱼”无人战机，2010 年 5 月 10 日公布于世。“鳐鱼”无人战机从不属于美国军方正在进行的任一具体的项目，它是波音的自费研发项目，用于验证情报收集、监视、侦察、防空压制、电磁攻击、对地猎歼、自主空中加油等技术。“鳐鱼”无人战机在 2011 年 4 月 27 日在爱德华空军基地首飞

无人机技术的发展伴随着很多精彩故事，或是悲剧，或是闹剧，或是一段传奇。百年历程，无人机的这些史话，你该知道。

发明家的脑洞与狂欢——“空中无人设备”的技术要素积累

由于生命奥秘不可知的神秘性，对一部分人类来说，好奇心往往比实用性对他们的刺激更大，这部分人类的座右铭（如果有的话）是：“我感到奇妙的

是事物何以集成一体”。但遗憾的是，科学与技术若仅仅以“好奇心”为驱动力，其发展速度往往显得过分拖沓，以至于不忍直视，只有在赤裸裸的现实需求牵引下才能健步如飞。当然，这并不是说“好奇心”在人类科技史上是无关紧要的，事实恰恰相反，只不过作为原始生命诉求在人类心理中的投影，它的作用是隐性的。所以在“空中机器人——无人机技术”的发展历程中，军事需求的牵引扮演着至关重要的角色。对此，科学社



● 早期航空先驱塞缪尔·皮尔庞特·兰利 (Samuel Pierpont Langley) (右)

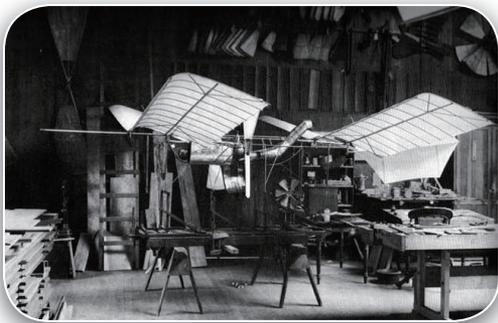
会学的奠基人贝尔纳在研究科技史后曾一针见血地说道：“科技与战争一直是极其密切地联系着的，实际上，除了19世纪的某一段期间，我们可以公正地说，大部分重要的技术和科学进展是以海军、陆军的需要所直接促成的”。事实也的确如此。在一个远比公众想象中更早的时间线上，“无人机”的祖先们就开始了自己的军旅生活，并在其中度过了自己的大部分时光。比如1849年奥地利人用气球炸弹袭击过威尼斯，只是这种气球炸弹由于不能远程控制也无法实现真正意义上的“驾驶”，只能算作“无人机”的“始祖鸟”，但“空中无人设备”（奇怪的名字）已经开始出现在实际应用中。1896年5月6日，在美国陆军的资助下，塞缪尔·皮尔庞特·兰利 (Samuel Pierpont Langley) 于华盛顿附近的波托马克河上采用弹射系统进行了自己设计



● “好奇心”在人类科技史上不是无关紧要的，只不过作为原始生命诉求在人类心理中的投影，它的作用是隐性的

的“Aerodrome”（没错，是drome，也就是“飞机场”）5号“无人飞机模型”试飞。在空中飞行了约1200米。这次的成功飞行将以往重于空气的飞行器的飞行距离提高了十倍以上，证明了重于空气的飞行器是可以获得足够的升力并实现持续稳定的飞行的，被认为是航空史上重于空气的飞行器进行的第一次持续动力飞行，也是“空中无人设备”发展史上的一个里程碑式事件。虽然按现在的标准，“Aerodrome”5号无法进行真正意义上的“无人化飞行控制”，但相比于“气球”这只“圆滚滚的始祖鸟”而言，它们更加接近现代固定翼无人机的气动外形却是不争的事实，而且它所采用的弹射系统也成为当今固定翼无人机的主要起飞方式之一。

“Aerodrome”5号试飞半年后，兰利的“Aerodrome”6号无人模型机进一步将飞行距离提高到了1500米。而又过了几个月，在美国科学家尼古拉·特斯拉 (Nikola Tesla) 的推动下，一项对“空中无人设备”意义重大的技术成就出现了。不过我们在介绍这项技术成就之前，很有必要对发明人尼古拉·特斯拉多说两句。人是复杂的社会动物，尼古拉·特



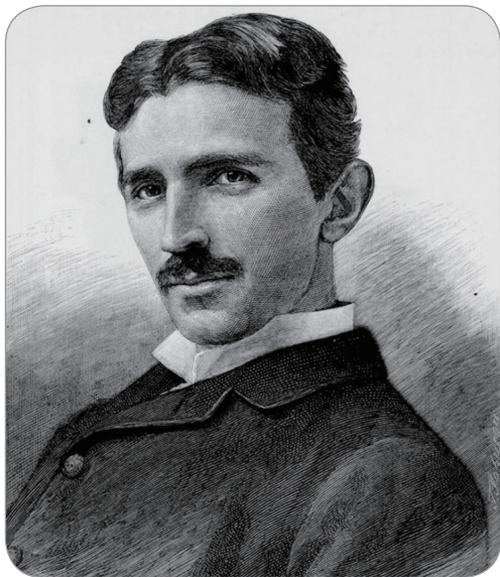
- 1896年5月6日，兰利在波托马克河上试飞的“Aerodrome”5号模型

斯拉尤为如此。尼古拉·特斯拉1856年7月9日出生于克罗地亚戈利卡省斯皮奇市的一个名叫斯米里昂的小村庄，当时那里隶属于哈布斯堡奥匈帝国。特斯拉的父母都是塞尔维亚人，他的父亲和外公都是东正教堂的神父。在克罗地亚，塞族是小民族，特斯拉的家人非常爱好塞尔维亚战歌、诗词、舞蹈和故事，母亲虽未曾上学识字，却能一字不漏地背诵许多本民族以及欧洲的古典诗歌。特斯拉在家里五个孩子中排行老四，父亲原本希望特斯拉长大后能继承父业，担任神职，但特斯拉从小就对科学与工程学充满兴趣。五岁的时候，他就自己造了一台水车，样式与乡村里的完全不同，但在水流里却能快速转动。六岁时他还做了一台很有想象力的“十六只甲虫的动力发动机”。当然，儿时的发明创意也并不总能成功，有一天他爬到谷仓顶上撑开大伞，想借着山风纵身一跳飞起来，可结果却是栽到了地上……但年轻时的特斯拉很爱读书，记忆力惊人。他可以像照相机一样记下整本书，多年以后还能经常快速地回忆“翻阅”。老师弄不清特斯拉是如何“作弊”的，因为他可以在很短的时间里飞快地在脑中进行复杂计算。超凡的记忆功能帮特斯拉掌握了8种语言：塞尔维亚-克罗地亚语、

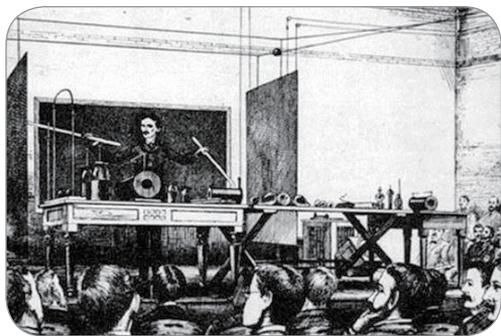


- 如今匹兹堡大学的展厅里依旧陈列着兰利的“Aerodrome”6号模型

英语、捷克语、德语、法语、匈牙利语、意大利语和拉丁语。特斯拉在自传中介绍，由于双亲失去了大儿子丹尼尔而十分悲伤，年纪还很小的他为了安慰父母开始学习自我控制、磨炼意志，这种改变使他显得比同龄的孩子刚强、好学和大方。在上大学之前，他还多次罹患大病，好几次连大夫都认为无可救药了，但他都挺了过来。



- 从不同方面来看特斯拉是一个天才、空想家、哲学家，也是一个怪人，他会时常怀疑一些科学真理，随后就会利用科学方法来证明他的假说

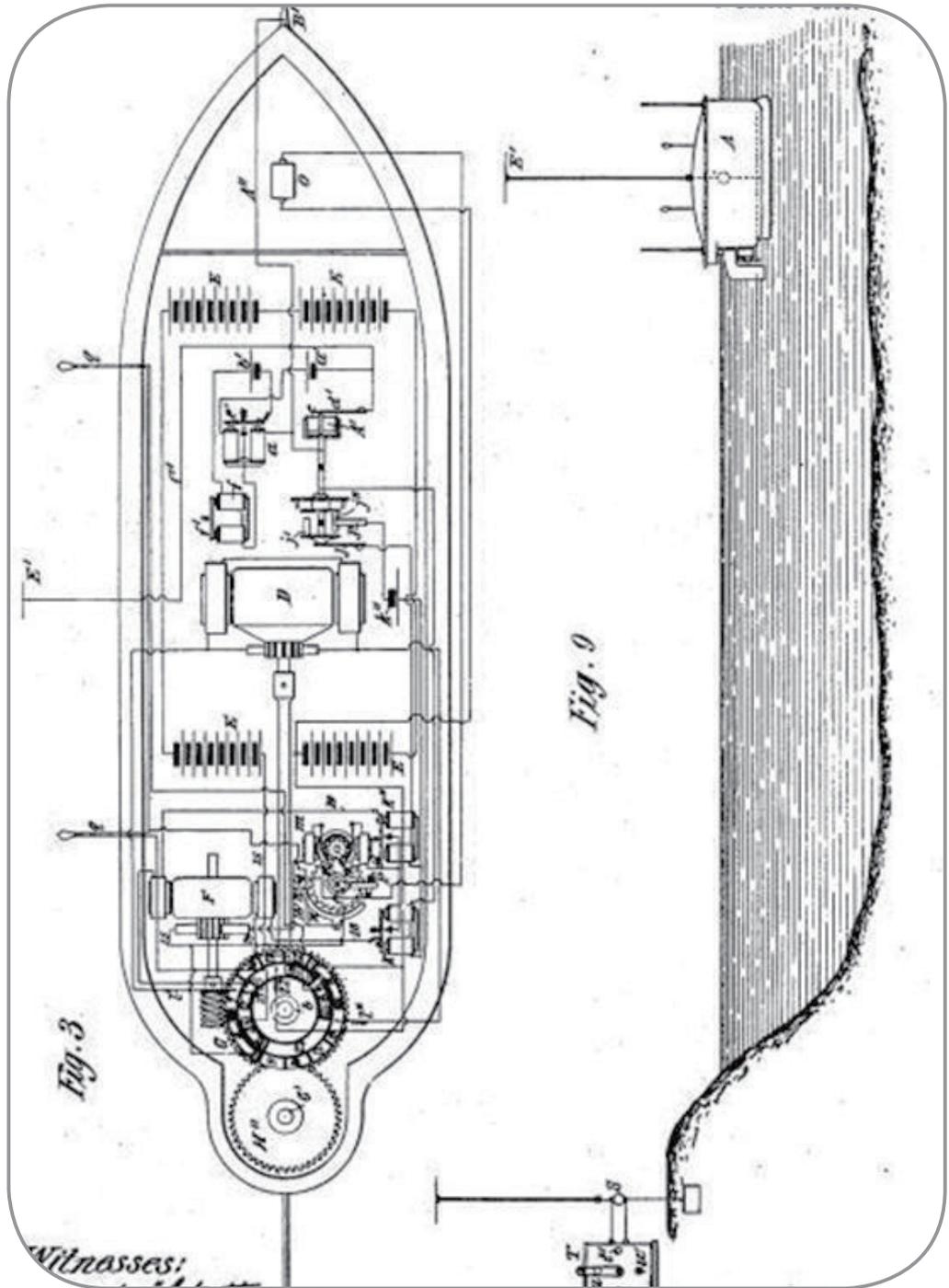


● 特斯拉在麦迪逊广场花园首度演示无线远程操控

17岁前的特斯拉“中了邪”般沉浸在发明创造的幻想里，脑袋里经常浮现出种种异常奇怪的想法。他的眼前会出现炫目的闪光，并伴随着幻觉。这些幻象有关于一个词或者一个即将闪现的念头，仅仅听到一个词，他就能想象出这个物体的具体细节。后来特斯拉认为，这些发生在他身上的怪事成为他进行发明创造的有利条件，他形容自己的大脑就像一个接收器，太空中存在着万事万物所有的秘密，成为他知识和灵感的来源。1879年，年仅23岁的特斯拉在匈牙利完成了第一款电话系统及扬声器的设计；1882年，他在法国建立了旋转磁场的电气设备，发明了感应电动机；1884年，28岁的特斯拉带着交流感应发电机的构想来到美国寻梦。他先是在爱迪生财团总部的研发部门任职，短短一年就独立开发出24种产品，专利全部归爱迪生所有，包括直流发电机的重新设计。但是他的努力并没有得到应有的回报，随后被迫离开爱迪生财团。困难无法阻挡特斯拉在光电领域的科学研究，他在1888年终于发明出交流电（AC），并制造出世界上第一台交流发电机，创立了多相电力传输技术。在西屋电气公司创始人乔治·威斯汀豪斯的支持下，

一场科技史上著名的世纪电流大战爆发了，交战的双方分别是由爱迪生支持的直流电和特斯拉发明的交流电。1893年5月，美国芝加哥举办了世界上第一次声光电的盛会。在5个月的博览会展览期间，三分之一的美国人到场参观。特斯拉无疑是博览会上最耀眼的明星，他像魔术师一样优雅从容地表演着一场场电光魔术。他的双手被接上两万伏的电流，耀眼的白色火苗和蓝色的光晕围绕着他成了一个火人，但什么都没有被燃烧，这就是著名的特斯拉线圈。这种设备根据共振原理使普通电压升压，然后经由两极线圈，从放电终端放电。其原理和制作都非常简单，但是有危险性，要想将其调整到与环境完美地共振更是不易，特斯拉特别长于此道。在这个展览会上，他向公众演示了高频电流，通过自己身体展示“可逆磁场”的模型，即所谓的“特斯拉的旋转铁蛋”。此外，特斯拉还于1893年在密苏里州的圣路易斯城当众展示，利用无线电可以传递信息，这比大众熟知的第一个成功完成跨大西洋无线通信的意大利发明家马可尼还要早8年……

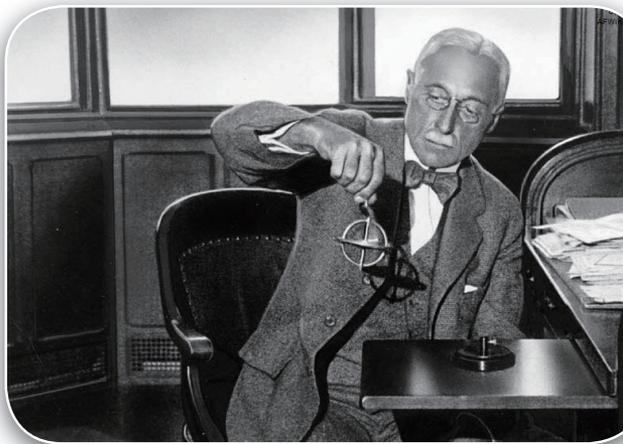
事实上，从不同方面来看，特斯拉是一个天才、空想家、哲学家，也是一个怪人，他会时常怀疑一些科学真理，随后就会利用科学方法来证明他的假说。也正因为如此，当以无线电技术进行远程控制的设想在特斯拉的脑海中一经闪现，他马上决定要将之付诸实践。当时的技术虽然还没有晶体管，但特斯拉相信靠触发火花间隙和谐振电路实现遥控还是可以做到的。于是到了1898年，也就是兰利的“Aerodrome”6号无人模型机试飞几个月后，特斯拉制造了世界上第一个无线电遥控装置，外观上看就是



• 特斯拉设计的“远程自动操作装置”遥控船方案图纸 1

一个盒子，上面装了一支操纵杆和一个发报键，最初设计是为了发送莫尔斯电码信号。但通过转换，盒子的操控命令会变成电信号并发送出去，在一定范围内，也能远距离控制机械装置。特斯拉把这个遥控装置称为“雏鸟系统”，在麦迪逊广场花园的一次电学博览会上，特斯拉向公众进行了公开演示。展示时，特斯拉在一艘航模小船上装了一支金属天线，用来接收固定频率的无线电波，这个天线串联谐振电路和继电器，发射不同频率的无线电信号控制电路的不同通道。当盒子（无线电遥控装置）发射的无线电信号到达船上时，就被转换为操作指令，调整船舵，启动螺旋桨，从而控制航模船只运动。虽然这艘被特斯拉称为“远程自动操作装置”的遥控船很原始，甚至公众以为特斯拉是通过猴子或者心灵感应来操控小船，但特斯拉的发明基本实现了靠无线电远程控制技术来控制船只航行，这为随后现代意义上“空中无人设备”的产生带来了灵感源泉。事实上，到19世纪末期，已经具备了产生现代意义上“无人机”所需要的基本空气动力学基础、起飞弹射系统、远程控制技术等必要元素，只差空中姿态稳定系统了，没有自动化的空中姿态稳定系统，“空中无人设备”就缺失了控制系统的反馈环节，这一点至关重要。不过令人感到欣慰的是，由于老斯佩里（Elmer Ambrose Sperry）和小斯佩里（Lawrence Burst Sperry）这对父子的天分和努力，这一缺憾很快得到了弥补。

这对父子中的父亲，即埃尔默·斯佩里（老斯佩里）由于一次不愉快的航海经历（在去欧洲的一次旅行中，船遇上了风暴，老斯佩里被颠簸的船抛出了船舱）。从1896年开始老斯佩里对陀



• 埃尔默·斯佩里在演示一个陀螺原理装置

螺仪的技术应用着了迷，他先是对当时船只普遍使用的施利克式被动稳定器加以改进，施利克式被动稳定器实质上是一个装在船上的大型二自由度重力陀螺仪，其转子轴铅直放置，框架轴平行于船的横轴。当船体侧摇时，陀螺力矩作为表观力矩而迫使框架携带转子一起相对于船体旋进。这种摇摆式旋进引起另一个陀螺力矩，在船体上产生稳定作用。老斯佩里对其的改进则是在上述装置的基础上增加一个小型操纵陀螺仪，其转子沿船横轴放置。一旦船体倾侧，小陀螺沿其铅直轴旋进，从而使主陀螺仪框架轴上的控制电动机及时开动，在该轴上施加与原陀螺力矩方向相同的主动动力矩，借以加强框架的旋进和由此旋进产生的对船体的稳定作用。老斯佩里发明的主动式陀螺稳定器很快引起了美国海军的兴趣，一个稳定的船体平台除了能够提供更为舒适的旅行体验外，显然也有利于提高武器的射击精度。于是在美国海军的资助下，老斯佩里的发明先是在1908年被试验性地部署于“沃登”号鱼雷艇驱逐舰上，随后“特拉华”号战列舰也在1910年开始安装这一装置，并

因此迅速成为各国海军舰只的标配，让老斯佩里赚了个盆满钵溢（比如1921年11月13日下水的日本第一艘航空母舰“凤翔”号就装有2台从美国斯佩里公司重金购买的陀螺稳定器，重约170吨，日本人为此向斯佩里公司支付了179万美元）。不过，老斯佩里并不满足于仅仅为船只提供陀螺稳定器，他很快将目光投向了天空。就某种程度而言，天空才是真正意义上无边无际的海洋。恰好在此时，美国航空器研究实验协会（AEA）创办人贝尔博士（电话发明人），邀请当时已经小有名气的“速度狂人”寇蒂斯入会，主持“六月金龟子”号飞机的研制工作，老斯佩里的发明从那时起就引起了寇蒂斯的关注。寇蒂斯认为既然老斯佩里的发明能够用于稳定船只，自然也能用于稳定航空器，让飞机的操纵变得更容易。于是从1908年到1909年，寇蒂斯与老斯佩里进行了整整一年的通信，来探讨技术问题，并因此成了终身挚友。

而当AEA于1909年3月解散，寇

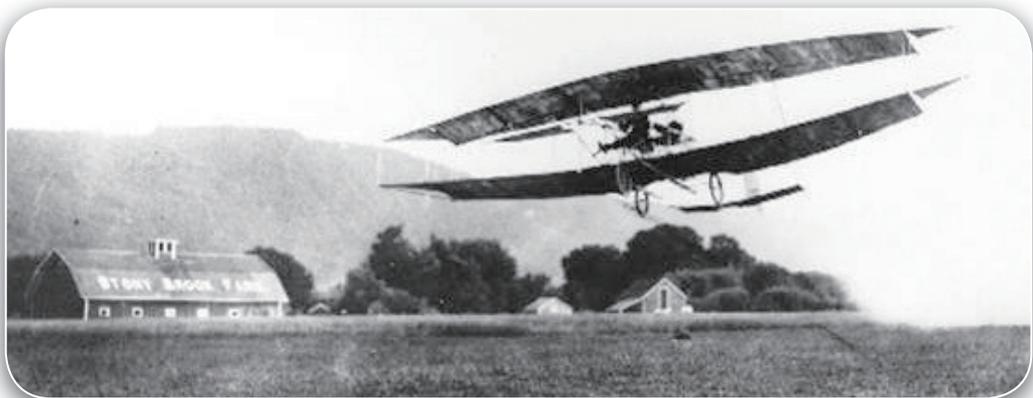
蒂斯选择自己创办飞机公司和发动机公司，并在1911年3月首次与美国海军签署研制生产“寇蒂斯A-1”型水上飞机的批量订单时，寇蒂斯很自然地希望老斯佩里能助自己一臂之力，后者则出于同样的志趣欣然应允。就这样，随着装有老斯佩里飞机专用陀螺稳定器的改进型“寇蒂斯A-1”型水上飞机在1911年年底的问世，人类航空史上最重要的节点时刻到来了。令人感兴趣的是，这件划时代的发明真正为公众认识到其意义所在，却是因为老斯佩里的儿子，小斯佩里（劳伦斯·斯佩里）的一次“疯狂”。俗话说，有其父必有其子，这句话用在斯佩里父子身上可谓恰如其分。老斯佩里的儿子劳伦斯·斯佩里善于动手，喜欢摆弄机械，是“速度狂人”寇蒂斯的忠实粉丝，也是老斯佩里投身航空研究的直接推动者。1903年，莱特兄弟上天的新闻引起了劳伦斯的极大兴趣。当时他只有11岁。不久，劳伦斯效仿莱特兄弟，在自家地下室开了个自行车修理铺（寇蒂斯的本行也是如此），并在此制



● AEA 成员（从左至右）：寇蒂斯、麦克柯蒂、贝尔、鲍尔温、赛尔夫瑞基



• AEA 成员与“六月金龟子”号合影



• 1908年6月，寇蒂斯驾驶“六月金龟子”号进行试飞

造自己的飞机。1910年，劳伦斯在自己的卧室内置齐了滑翔机的所有部件。他为了把尺寸很大的部件拿出窗外，连卧室的窗户都拆了。滑翔机飞得很好，但劳伦斯并不满足。不久劳伦斯设法贷款，买了一台5缸44.1千瓦的发动机装在了滑翔机上。当秋天开学时，劳伦斯的飞机也升空了，并最终说服父亲同意他去上寇蒂斯开办的航校。1912年，年仅20岁的劳伦斯拿到了飞行执照，成为全美最年轻的飞行员。同时在海军的邀请下，劳伦斯开始完善他父亲发明的用在飞机上的陀螺稳定器。他虽然没系统地学过机械工程，但不知疲倦的天性让他对飞

机的每个器件、每项改进都了如指掌。劳伦斯发现同时使用多个他父亲制造的陀螺仪稳定器与操纵系统进行深度交联，就能分别对飞机的俯仰、航向和横滚做出反应，从而实现某种意义上的“自动飞行”（老斯佩里的飞行稳定器并未与副翼进行交联，只与升降舵和方向舵进行了交联），麻烦在于海军飞行员根本不相信任何陀螺，只管自己操作而不用这些仪器。

劳伦斯想要解决问题，只有用事实说话。于是一个星期天的清晨，趁人们还没有起床之际，他偷偷地把一架装有“自动驾驶仪”的水上飞机开上了天。



- 今天仍然悬挂在美国海军航空司令部入口大厅天花板上的寇蒂斯 A-1 型水上飞机

劳伦斯躺在座舱的地板上，让飞机偏离航向，观察两个陀螺仪如何让飞机回到原来的航向上。“有一架飞机在天上飞，但里面没有飞行员”。醒来的人们奔走相告，惊讶地观赏着天上的飞机。劳伦斯见目的已经达到，便轻轻地驾机着陆。目睹了这一切的寇蒂斯非但没有批评违反规程的劳伦斯，还立即决定派他到法国参加即将举行的飞机安全竞赛。这是一次颇具规模的航空盛会，邀请了各主要国家的海军使团。劳伦斯是第 57 个报名参赛的选手，他的父亲老斯佩里也前来助阵。令人振奋的伟大时刻来到了。劳伦斯和他的助手从塞纳河上起飞，然后冲着人群飞去。当接近人群时，他就特意低飞。人们清楚地看到劳伦斯站在机舱里，两手高高举起。在飞过裁判台的瞬间，他的助手走出机舱，走上一侧

机翼，而劳伦斯再一次将手举过头顶。在飞第 3 圈时，助手走到机身后方，使飞机一下失去平衡。同样，不需要驾驶员的帮助，飞机又恢复了平衡。飞机一着陆，劳伦斯便成了名人。他们不但赢得了一万美元的大奖，更重要的是正如当时一家法国报纸所称：“这次飞行是人类航空史的历史性时刻”。这个特别的日子就是 1914 年 6 月 18 日。至此，在莱特兄弟发明有人驾驶飞机仅仅 11 年以后，由早期“空中无人设备”逐渐演化而来的“无人机”，就已经具备了促成其诞生的全部关键性要素，以陀螺稳定器为基础的自动驾驶仪和远程无线电控制技术构成了此后 80 多年无人机的技术核心。遗憾的是，促使人们将这些技术结合起来的现实性动机仍然是战争。

战争的果实——第一次世界大战如何催生了无人机的出现

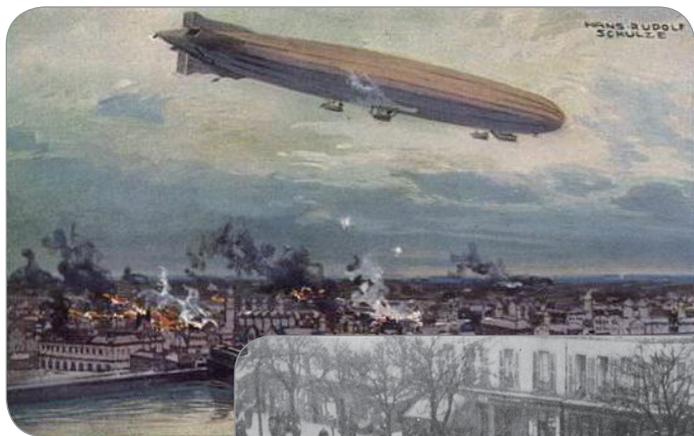


- 革命导师马克思与恩格斯均认为军事行动始终是变革人类社会活动的工具，其中恩格斯的一段论述——“一旦技术上的进步可以用于军事目的并且已经用于军事目的，它们便立刻几乎强制地，而且往往是违反指挥官的意志而引起作战方式上的改变甚至变革”更是脍炙人口

从心理学来讲，人类的进攻性和人类的创造性原本是一对冤家，它们像一对双胞胎，邪恶与创造性冲动共生。如果没有战争，如今人类出远门乘坐的或许还是螺旋桨飞机和蒸汽火车，人们对新奇的药物青霉素会惊叹不已，人们还可能通过黑白电视观看人类首次月球漫步。甚至革命导师马克思与恩格斯也认为军事行动始终是变革人类社会活动的工具，其中恩格斯的一段论述——“一旦技术上的进步可以用于军事目的并且已经用于军事目的，它们便立刻几乎强制地，而且往往是违反指挥官的意志而引起作战方式上的改变甚至变革”更是脍炙人口。事实上，正是人类对战争的需求，对冲突的狂热，戏剧性地催生了



- 1914年战争开始前沙俄军队装备的美制“哈雷”雪地摩托车



● 遭受德国飞艇轰炸后，在城市街道上留下的巨大弹坑



许多今天看来非常正面的东西——无人机的发明就是如此。虽然在1914年10月，伴随着德军退至马恩河彼岸，但德国人相信他们还拥有一件足以决定战争胜负的终极武器——由巨大的空中无畏舰，“齐柏林飞艇”构成的空中舰队（虽然德国陆军的飞艇舰队主要使用由舒特-朗茨公司制造的木制龙骨飞艇）。这种对于己方的军事手段过于自负的思想，对于20世纪初欧洲各大强国以军国主义为圭臬的总参谋部官僚们来说，是一种普遍现象。况且，当时也的确没有什么力量能去阻止飞艇的光临：能够在夜间作战的飞机几乎没有，而一般的飞机就是发现了飞艇，唯一能做的事情也不过是在它的粗厚外皮上戳几个小洞。唯一

能够阻止巨型硬壳飞艇前进的，似乎只有“北海上空的凛冽寒风”。于是，“飞艇一出，无往不胜，无坚不摧，诸国降伏”。德国人是这样想的也是这样做的。早在战火燃起之初的1914年8月5日夜，德国海军的Z-6号“齐柏林”飞艇就成功地轰炸了比利时的列日要塞，8月26日，德国飞艇对安特卫普实施了一周的轰炸，8月30日空袭了巴黎。而在所谓“马恩河奇迹”发生几个月后的1915年1月，德国飞艇又开始轰炸英国本土，德军总参谋部命令空中舰队对英国本土民用目标进行无差别轰炸，其目的是在普通英国人中制造恐慌，进而剥夺这个国家继续作战的意志。

在德军总参谋部的命令下，巨大的

德国飞艇通常在傍晚从德国本土的库克斯港、科隆和杜塞尔多夫等处基地起飞，华灯初上的时候到达英国上空。英国城市的路灯和房屋里面透出来的灯火是它们最好的路标。“灯火管制”一词当时还未出现。扔下搭载的“危险货物”之后，它们掉头东飞，于第二天黎明之前返回德国。1915年1月19日，德国海军的齐柏林飞艇第一次从1500米高空空袭了东英格兰。5月31日，德国海军的LZ-38号飞艇又在林纳茨上尉的指挥下首次空袭了伦敦，炸死7人，炸伤31人，还破坏了一些住宅区和商业区的建筑物，在前一次进攻中，这位舰长没有能够飞到英国人的首都，但却丢下了一张纸片警告说：“我们已经来过，而且还要再来。不投降就是死。德国人”。5月31日的轰炸算是践行了他的诺言……客观来讲，“齐柏林飞艇”对生命财产造成的损失或许是微不足道的，但对公众心理上产生的恐慌效果却难以估量，技术让战争第一次变得没有前线 and 后方之分。当然，地面上的人们也没打算坐以待毙。先是几名勇敢的飞行员带着燃烧弹或是炸弹

上天，多多少少打击了一下德国人的嚣张气焰（几艘德国飞艇因此被摧毁），然后各种基于技术而非勇气的对抗方案又开始出现在协约国将军们的办公桌上，而在这些方案中，一个由英国皇家飞行军团工程师阿奇博尔德·蒙哥马利·罗（Archibald Montgomery Low）在1916年6月提出的奇怪玩意儿尤为引人注目。这个被阿奇博尔德称为“拉斯顿普罗克特空中标靶”的奇思妙想原本的确是个“标靶”。发明它的最初动机是用一架装有特斯拉无线电遥控装置的无人飞机来吸引德国人的防空火力，为皇家飞行军团的后续行动创造机会，这个想法得到了阿奇博尔德的两位贵族同事普尔上尉和鲍恩中尉的大力支持，并因而在不久后获得了英国军方的正式资助。而当“齐柏林大恐慌”在1915年全面蔓延开来时，脑筋活络的阿奇博尔德很快意识到他正在摆弄的这个东西也许能把德国人的“空中无畏舰”撞下来，就这样“拉斯顿普罗克特空中标靶”摇身一变，又成了一件对抗“普鲁士恶龙”的神器……

不过，由于直到1917年3月21日



• 被称为英国无线电导航技术之父的阿奇博尔德·蒙哥马利·罗（Archibald Montgomery Low）（1888—1956）



• 第一次世界大战中以上尉军衔任职于英国皇家飞行军团的阿奇博尔德·蒙哥马利·罗（Archibald Montgomery Low）（前排中间）

之前，“拉斯顿普罗克特空中标靶”还只是绘图板上的一堆线条，所以发明真正意义上“无人机”的荣誉注定要与大英帝国擦肩而过了。那么这个荣誉属于谁呢？答案是美国人。事实上在那个充满了活力的大洋彼岸，将“无人设备”用于战争的想法，早在一战前的和平年代就已经在很多杰出人物的大脑中开始酝酿了。比如，在1898年麦迪逊广场花园那场著名的展示之后，特斯拉就意识到他的发明拥有潜在的军事用途，指出这项技术可以让人建造毁灭性的远程武器，其威慑力与毁灭性如此之大，以至于按照他的想象，“足以导致国家间实现永久和平”。略有“遗憾”的是，虽然在欧洲战争全面爆发后的1915年，特斯拉也的确设想过“一支由无线电遥控飞机组成的空中舰队”，但真正将这个想法付诸实现的却是老斯佩里。由于儿子的大胆尝试，早在欧洲的“八月炮火”刚刚响起的1914年11月，老斯佩里就决定为美国军队发展一种可用于军事用途的无人驾驶飞机，并且坚信“山姆大叔早晚会用得着”。老斯佩里的想法得到了挚友寇蒂斯的支持，并在1915年初的试验中初步显示出了成功的希望——一架“寇蒂斯”C-2飞机由飞行员操纵升空后，地面通过安装在飞机上的无线电遥控装置，成功地对交连在陀螺稳定器上的各个气动翼面进行了控制。在这次成功试验的基础上，1915年7月，老斯佩里开始与海军咨询协会的同事，另一位发明家彼得·库珀·休伊特（Peter Cooper Hewitt）一起（此人涉猎范围甚广，在1901年获得了首个低压汞放电灯的专利，这是现代荧光灯的原型），合作设计一种被称为“飞行炸弹”的东西，实际上就是一架装满炸药的小型无人驾驶

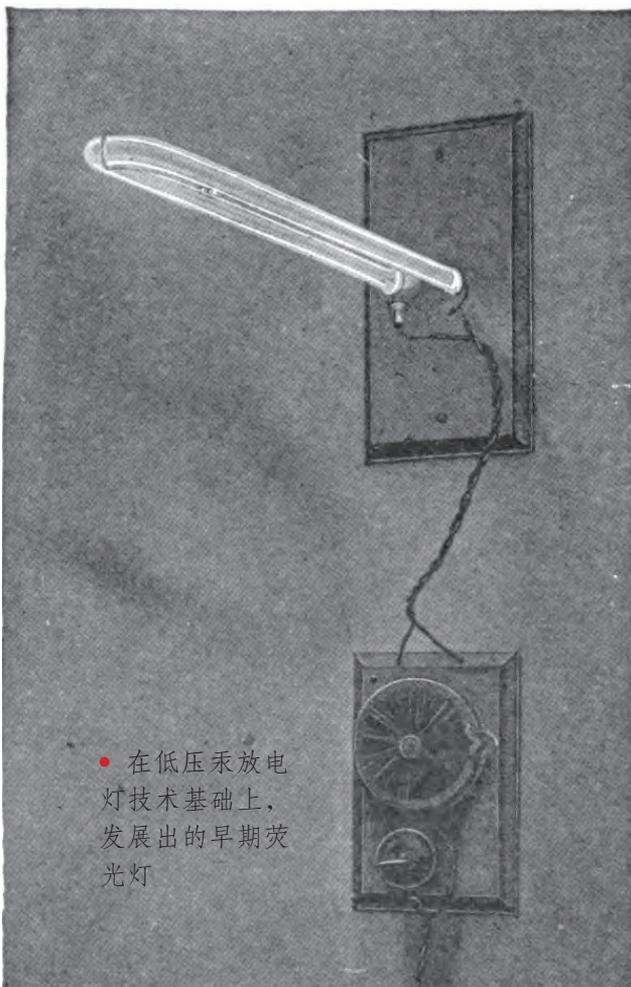


● 手持低压汞放电灯的美国发明家彼得·库珀·休伊特（Peter Cooper Hewitt）



● 1916年美国旅馆中使用时髦玩意儿——低压汞放电灯

自杀飞机。这个“飞行炸弹”带有一对机翼，翼展4米，可携带85千克左右重量的炸药，通过弹射器进行弹射起飞后，自动导航飞行距离达64~120千米。其系统结构设计中，通过复合式陀螺仪自动驾驶仪（1914年由小斯佩里改进发明）和膜盒式气压表调整姿态与高度。可是



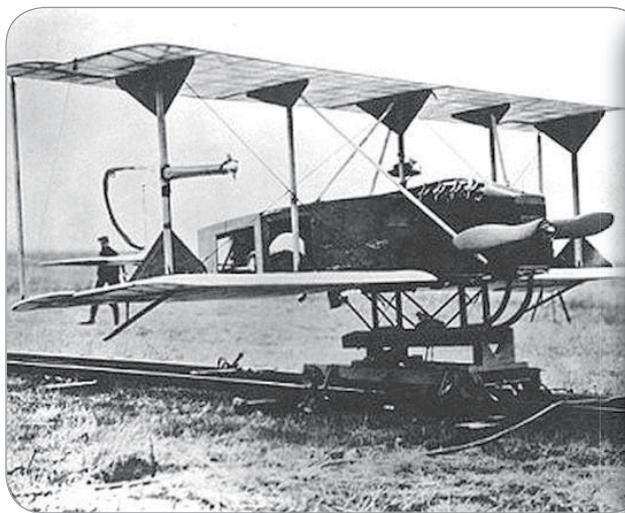
• 在低压汞放电灯技术基础上，发展出的早期荧光灯

这么远的距离，没有卫星系统如何实现远程定位和投弹操作呢？老斯佩里早为大家想好了，技术人员需要根据目标距离设置发动机转数，然后如果能够顺利飞过去，当达到发动机转数后，以直线坠落的方式“投弹”。听上去是不是很不可思议？不过就是这么个不可思议的设计，居然在1915年年底被“初步”制造了出来，并在12月12日进行了一次试飞，从而将“无人机之父”的荣誉抢先一步拿到了自己的手中。

不过，当个“无人机之父”显然不是老斯佩里的目的，获得美国海军的青

睐，以及随之而来的滚滚订单才是。虽然美国海军一开始对老斯佩里的设计不感兴趣，严重怀疑这东西的可行性，海军派出的观察员威尔克森中尉也报告说，这东西的精度远远达不到击中舰艇的程度，但由于美国卷入战争已经是早晚的事情，所以老斯佩里成功地游说了美国政府和参议院，后者下令美国海军为老斯佩里的研究进行资助（不低于50,000美元），同时也拨付了一笔款项给西屋电气公司（Westwood），用于研制老斯佩里要求的远程无线电遥控装置。美国海军这才勉强将老斯佩里的项目转正，认为或许可以尝试一下用它来轰炸威廉二世在赫尔戈兰岛上的海军基地。可令人遗憾的是，1915年12月12日的试飞并不成功，随后的几次试飞也都以失败而告终。这其中的问题不仅仅在于起飞方式，老斯佩里先后试验了发条动力弹射器和莱特兄弟式的“轨道滑车”，但发现都有问题，同时让这个东西上天的困难还掩盖了另一个复杂问题：“飞行炸弹”的空气动力设计其实非常糟糕，而老斯佩里却从一开始就对这个问题选择了忽视。在几次试飞都搞砸了之后，老斯佩里才不得不对此正视起来。无奈之下，“飞行炸弹”的基本设计不得不推倒重来，以一架“寇蒂斯”N-9H水上飞机为基础加以“无线电化”改装，同时保留了最基本的飞行员座椅和操纵装置，至于试飞的飞行员则由自告奋勇的劳伦斯·斯佩里担当。应该说，这是一个相当不错的选择。“寇蒂斯”N-9H的前身“寇蒂斯”N-9是一架非常成功的教练机，在1916年全年为美国海军生产了560架（这批飞机在战后一直使用到1926年），也为美国陆军生产了14架，至于“寇蒂斯”N-9H则是

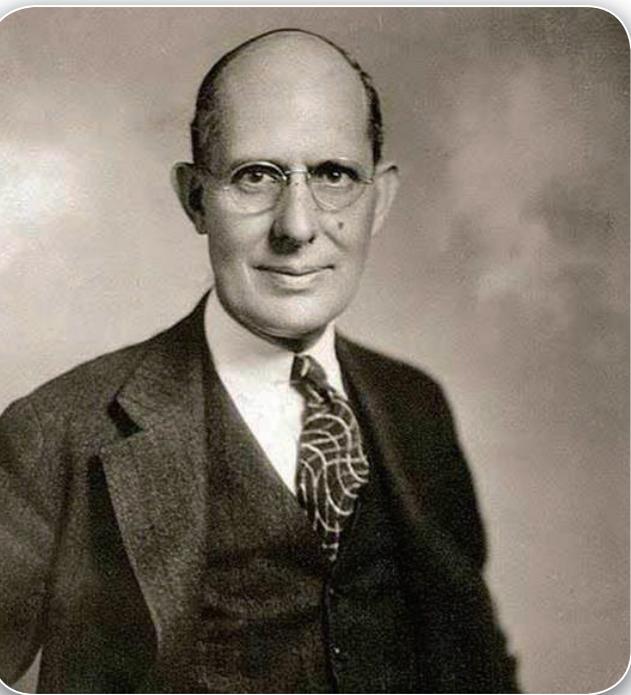
以功率更大的“伊斯帕诺-絮扎”150马力（Hispano-Suiza）A型发动机进行升级的产物。老斯佩里在考察了“寇蒂斯”N-9H的详细设计后认为，若以“寇蒂斯”N-9H作为“飞行鱼雷”的基础，将能够在自动系统的操纵下，携带450千克炸药以140千米/时的速度飞行80千米，然后进行“可控”坠落并进行引爆。当然，“寇蒂斯”N-9H本身要为此进行大幅度的改装，除了加装无线电遥控系统与自动驾驶系统外，也要将“寇蒂斯”N-9H的浮筒拆除，以适应美国海军要求“飞行鱼雷”必须利用辅助装置进行起飞的要求。不过，改装后的“寇蒂斯”N-9H还是没能像斯佩里父子想象中的那样自由腾飞。第一次试飞时，小斯佩里就发生了坠机事故，所幸他本人毫发无损，并志愿进行第二次尝试。这一次他的确设法让飞机上了天，但结局仍然令人失望：当他切换到全自动飞行模式时，飞机又一次开始倾斜翻滚。小斯佩里花了不少心思才从机器手中抢回飞机的控制权，重新让飞机找到平衡并安全降落……令人稍感欣慰的是，虽然以“寇蒂斯”N-9H为基础的试验仍然不尽如人意，但此时时间已经是1917年5月，就在此前的4月6日，美国政府已经以“齐默曼电报”为借口（1917年2月24日，美国驻英国大使佩奇收到齐默曼电报，称如果墨西哥对美国宣战，德国将协助把美国西南部还给墨西哥），正式加入协约国对德宣战。在这个大背景下，参战在即的美国海军一下子慷慨了许多，不但向老斯佩里的公司直接投资200,000美元的巨款，用以支付5架（后又追加2架）“寇蒂斯”N-9H机体和6套无线自动操纵系统的费用（以1917年币值，200,000美元大约能购买一艘驱



● 基于“寇蒂斯”N-9H机体的斯佩里“飞行鱼雷”样机

逐舰），而且还将位于长岛附近的科帕格机场提供给老斯佩里使用。

由于巨额资金的投入，老斯佩里的“飞行鱼雷”也的确有了些许进步。在1917年9月的试飞中，改装后的“寇蒂斯”N-9H已经可以在飞行员的辅助下，进行有效的较远距离遥控飞行。而到了当年11月，这一成绩又提高到可令一架从水上人工操纵起飞的“寇蒂斯”N-9H在地面遥控飞行48千米后，于距目标方圆3千米的范围内由人工实施降落。而到了1918年3月6日，更为激动人心的时刻降临了。在这天的试验中，虽然没有装药的“飞行鱼雷”样机仅仅飞了910米就因发动机故障而“迫降”，但这架没有飞行员的“寇蒂斯”N-9H不但是通过滑车装置起飞的，而且在随后的飞行全程都是由无线电自动装置而非飞行员控制，这意味着世界上第一架重于空气的“无人空中设备”已经诞生。基于这些令人鼓舞的成就，美国海军计划批量订购250架“寇蒂斯”N-9H“无人 机”（虽然还不够正式，但现在已经



• 在那个年代，汽车公司代表了技术的最高水平，听上去有点像今天 Google、苹果公司的那种感觉。查尔斯·柯特林在世界上最大的汽车公司里负责研发，他在业界的地位可想而知

可以这么叫了），将其装在平甲板驱逐舰上，用于轰炸对协约国威胁甚大的德国“U 艇”基地——如赫尔戈兰岛、基尔港和罗斯托克（截止到 1917 年 1 月，德国可用的 U 艇总数已上升至 105 艘，其中 46 艘在公海舰队位于威廉港和赫尔戈兰湾的基地，23 艘在比利时港口，23 艘在地中海，10 艘在波罗的海，3 艘在达达尼尔海峡。可用于执行对英国封锁任务的潜艇接近 70 艘，是 1915 年时的两倍多，另有 28 艘新艇正在船厂舾装）。只可惜这一计划直到 1918 年 11 月到来之前，从来没有被真正施行过，至于这其中的原因仍在于技术有欠成熟，老斯佩里的“寇蒂斯”N-9H 无人机可靠性

太差，此后的多次试验均没能复制 1918 年 3 月 6 日的“成功”，美国海军自然不会认为这样的“飞行鱼雷”具有实际的战场价值。值得一提的是，虽然在进度上略微落后于美国人，但英国皇家飞行军团的阿奇博尔德·蒙哥马利·罗团队也并非毫无斩获。这些执着的英国人于 1917 年 3 月 21 日在位于索尔兹伯里平原的阿佩文“皇家飞行军团飞行学校”，进行了“拉斯顿普罗克特空中靶机”样机的首飞。有意思的是，这次首飞的场面搞得非常隆重，除了皇家飞行军团的高官外，还有协约国方面的几十位将军。



• 1933 年 2 月 9 日《时代周刊》封面上的查尔斯·F·柯特林 (Charles F. Kettering)

但至于首飞成功与否却存在很大争议，在场的几十位将军没一个人看到空中到底飞起了什么东西，只有阿奇博尔德及其同僚宣称“……在利用压缩空气进行成功弹射后，样机因发动机故障坠毁，但在这一过程中，样机始终处于有效的可控状态……”。此后在1917年6月6日的第二次试飞中，“拉斯顿普罗克特空中标靶”样机再次遭遇了起飞失败的尴尬，从此再无下文……英国人与“无人机”的“发明权”就这样失之交臂。

令人感兴趣的是，虽然老斯佩里的“飞行鱼雷”在战争中并没有搞出些什么名堂，但与之类似的项目其实美国陆军也在搞，这就是被称为“柯特森虫子”的陆军版“飞行鱼雷”。“柯特森虫子”的设计者查尔斯·F·柯特林是一位与老斯佩里不相上下的美国发明家，其名气甚至还要更大一些。在那个年代，汽车公司代表了技术的最高水平，听上去有点像今天Google、苹果公司的那种感觉。查尔斯曾经担任在世界上最大的汽车公司——通用汽车公司研发主管27年之久，他在业界的地位可想而知。此人一生拥有超过140项的发明专利，30多家大学授予他荣誉博士学位。不过令其早年声名鹊起的一项重要发明却是汽车电子启动器。这是一项具有历史里程碑意义的汽车工程技术，当时的汽车上普遍配置的是笨重且危险的手动曲柄启动器，所以为了解决这种不便，查尔斯发明了电子启动器。当时，通用汽车凯迪拉克分公司的经理亨利·利兰立即敏锐察觉出了这项技术成果的潜力，并很快将其作为标准配置，应用在公司1912版的凯迪拉克车型上，这款凯迪拉克也因此得名“无曲柄汽车”。电子启动器的应用使驾驶汽车变得更加安全，也更易

● 位于轨道起飞滑车上的“柯特森虫子”样机

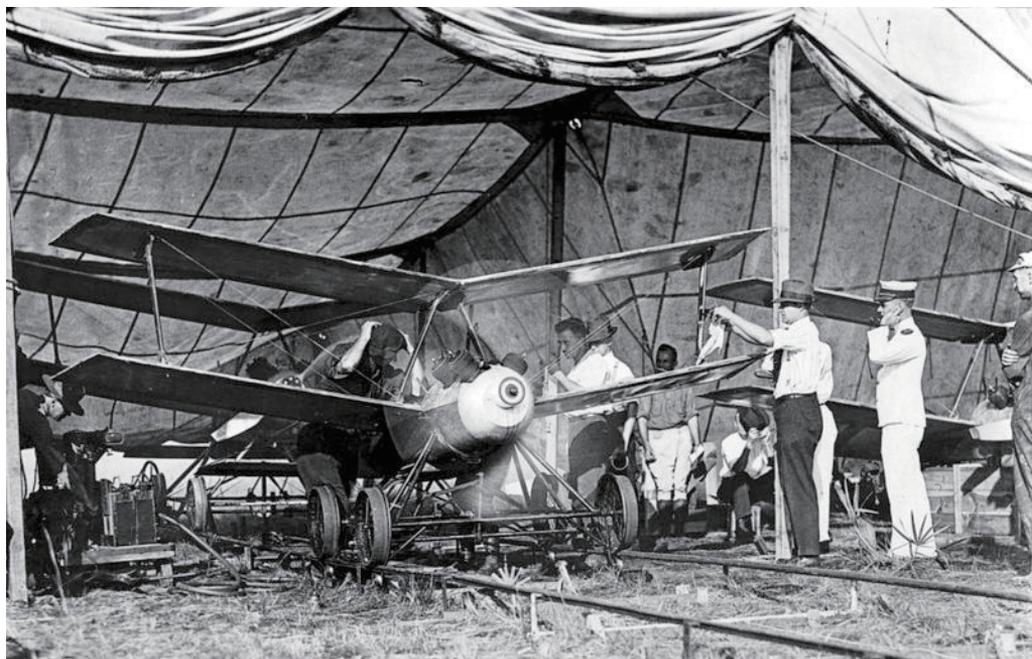


于操作，因此受到了广大司机尤其是女性司机的欢迎，不久，这项技术就被整个汽车工业所采用。时至今日，电子启动器一直被业界广泛认为是继内燃机后最为重要的汽车技术创新。也正是因为这项发明所带来的名气，在战争开始后的1917年3月，受老斯佩里为海军制造“飞行鱼雷”的启发，美国陆军也找到查尔斯·F·柯特林，希望这个点子大王能为他们鼓捣出来一个差不多的东西，其技术要求与海军也基本类似：携带82千克炸药，起飞后以80千米/小时的速度全自动飞行至少64千米。不过需要说明的是，虽然查尔斯·F·柯特林接受了美国陆军的邀请，但在当时的技术环境和认知范围内，他不可能脱离老斯佩里“飞行鱼雷”的窠臼。事实也的确如此。“柯特森虫子”的无线电自动控制装置仍然由老斯佩里提供，整个系统的构思也与海军版“飞行鱼雷”没有区别。当然，这并不意味着“柯特森虫子”就毫无亮点，飞行平台的气动设计和滑车式起飞装置均由莱特兄弟中的奥维尔·莱

特亲自操刀，此为亮点之一；将成本控制作为设计的首要因素，为此不但采用了一台售价仅40美元的福特汽车引擎，机体材料也多为木材和经过硬化处理的“纸夹板”，目的是将来批量生产出的“飞行鱼雷”每“条”成本不超过400美元，此为亮点之二；“投弹”方式也比老斯佩里的设计有所进步，在发动机停转后，通过一个关联机构机翼将自行脱落，命中精度在理论上会更高一些，此为亮点之三……

1918年初，第一架装配完成的“柯特森虫子”样机交付美国陆军通信兵司令部航空处进行评估（美国陆军航空队也就是美国空军的这一前身当时仍然隶属通信兵），并在1918年10月2日进

行了首飞。虽然“柯特森虫子”的这次处女航以失败而告终，起飞后飞行器的角度太高，以至很快擦着参观者们的头顶失速坠毁，好在随后进行的试飞还是获了程度不一的成功，并得到了美国陆军的官方确认：“在代顿的6次试飞中成功了2次，在阿米蒂维尔的4次试飞中成功了1次，在卡尔斯姆的14次试飞中成功了4次”。美国陆军通信兵司令部的报告中如此写到。遗憾的是，“柯特森虫子”还是没能在战争中一展身手。平心而论，在查尔斯·F·柯特林和奥维尔·莱特的努力下，作为陆军版“飞行鱼雷”，“柯特森虫子”要比海军版“飞行鱼雷”更为完善，但仅仅29.17%的成功率还是让人心有余悸，美国陆军



● 调试中的“柯特森虫子”样机



中的某些将领甚至认为“它给自己人造成的麻烦要比敌人多”。在战争即将结束的大背景下，这样的武器自然不会被认真考虑。不过值得一提的是，虽然在1918年11月11日德国签署停战协议前，按照设计“每架成本只有400美元”的“柯特森虫子”只生产出了45架，但美国陆军却已经为整个项目投入了275,000美元的巨款，为了不白白浪费这些先期投入，没能在战争中派上用场的“柯特森虫子”在战争结束后获准进一步发展，“以便将其技术用于下一场战争”。就这样，在美国陆军航空勤务队（United States Army Air Service）（1918年5月24日—1926年7月2日，由美国陆军军事航空处改编而来）的监督下，作为技术储备项目的“柯特森虫子”一直“存

活”到了1920年年底，直至项目经费耗尽。与“柯特森虫子”样机的情况类似，老斯佩里的“飞行鱼雷”也在战后继续“存活”了一段时间。1920年，美国陆军展开了一个名为“信使”的研究项目，这个项目的设想很简单，就是利用一种相对较廉价的飞行器代替传令兵来传达总部下达的命令。这次美国陆军找到了斯佩里，希望他能将这个信使设计出来，也就是在“飞行鱼雷”基础上，制造一架能在各个作战指挥部间遥控飞行的“空中无人设备”。借此机会，老斯佩里改进了“飞行鱼雷”的无线电控制和惯性导航系统，在航空导航技术的发展历程中发挥了重要作用。然而，由于MAT的概念在当时还不成熟，美军于1926年宣布取消了该项目。

八卦一下——早期无人机技术发展中的轶事

作为“自动化技术”与“航空技术”的一个契合点，今天的无人机技术正处于这样的一种趋势中：其“空中机器人”的属性，也就是任务规划与任务实施的自主化程度才是被人们所关注的真正焦点，但与航空技术相关的属性却被人们越来越多地忽视。不过在诞生伊

始，无人机技术却是作为航空技术的一个分支进入大众视线的。而航空又从一开始就被视为主要是年轻人的游戏、按照其本质吸引那些喜好冒险的人的游戏。这可以解释了为什么从“无人机先驱们”中间涌现出来的作家很少冷静客观。他们关于无人机在人类社会生活中能够起的作用的观念总是超出现实，激起信奉者的失望和不信者的嘲笑。同时“无人飞行者们”又经常自视为另类的事实，使得许多在这小圈子外面的人不敢试图去探索这一玄奥身份内的秘密。也正因为如此，在战争推动技术的热情暂时消退的时期，推动无人机技术的往往是一些与“正统”研究者身份相距甚远的人物——好莱坞演员莱吉纳德·丹尼（Reginald Denny）就是如此。具有

- 好莱坞默片时代的莱吉纳德·丹尼(Reginald Denny)



- 莱吉纳德·丹尼（Reginald Denny）在第一部蝙蝠侠大电影中的扮相

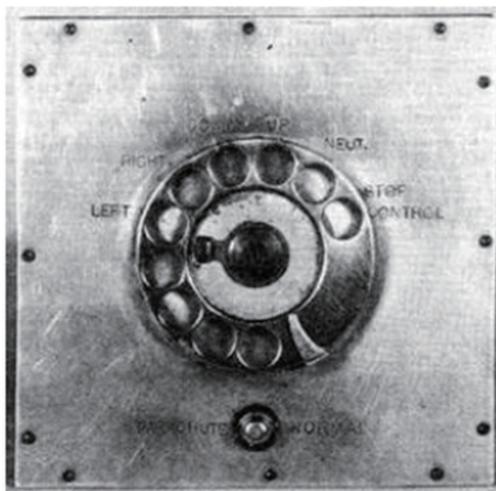




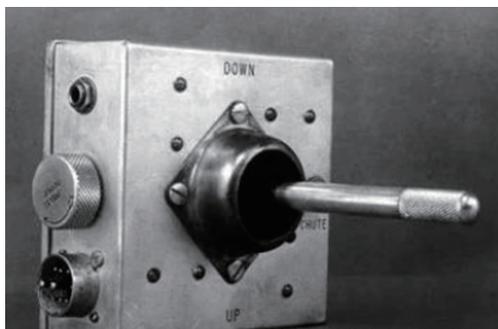
• 莱吉纳德·丹尼主演的电影《兽国情鸳》海报

英国国籍的莱吉纳德·丹尼（Reginald Denny）是好莱坞默片时代的明星之一，他7岁登台，17岁转为职业演员，24岁银幕首秀。虽然你不太可能知道这么个演员，但是好歹这位也是与葛丽泰·嘉宝、法兰克·辛纳屈还有阿尔弗雷德·希区柯克这样的珍宝级电影工作者同台过，所以你还是很有可能在某部著名老电影的时候不小心看过他老人家的脸。

“用铅笔画的胡子，咧嘴而笑的脸，再加上笨拙的体型”，在20世纪20年代作为演员的他常以如此滑稽的形象出现在公众面前，饰演的都是搞笑但有点蠢的角色。当然，对于美漫爱好者来说，丹尼会显得更加重要，1966年的《蝙蝠侠大电影》中他也饰演了一个角色，那是第一部蝙蝠侠电影，也是老丹尼的最后一部，那年的早些时候，他因为中风死在英国家中，享年75岁。不过，这位喜剧演员的另外一个身份却鲜为人知——他在一战时曾是皇家飞行军团的一员，更是一名狂热的飞机爱好者，退役后一个偶然的的机会又对“玩具飞机”



• RP-1 奇葩的拨号盘遥控器



• 改进后的遥杆式遥控器



• 莱吉纳德·丹尼（Reginald Denny）与发动机工程师沃尔特·莱特（Walter Righter）站在他们的成果——RP-4无线电靶机前

MORE GOOD NEWS

from *Reginald Denny*



Although we specialize in Gas Kits and Supplies, we have not forgotten the rubber powered models. Here are a few—with more to follow next month.

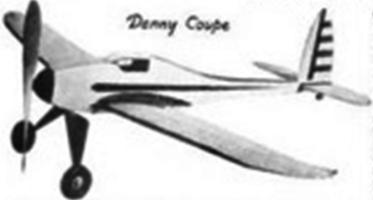
SIMPLE MODELS FOR BEGINNERS AT 25c EACH

Many beginners have attempted model building only to be discouraged because most of the construction kits on the market are too difficult when one has no knowledge of modelcraft. In this group of kits we offer a progressive course of model building. Starting with the **SAILPLANE**, a simple tow glider, and continuing in order with the **CLOUD CHASER**, **HORNET MOTH**, **PURSUIT** AND **OBSERVATION**, it is easy for the beginner to get the hang of things. In

the first four named kits all balsa construction is used. All parts are cut to shape, and landing gear is formed. It is only necessary to follow a simple and easily readable plan to assemble these flying models. In the **OBSERVATION** the beginner is instructed in his first lesson of wing covering with tissue. After building these five models, the student is ready to tackle the other and more elaborate kits.

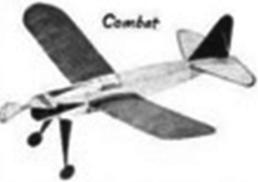


HERE ARE TWO DANDIES!



The **DENNYCOUPE** has balsa tube fuselage construction found in kits selling for \$2.50. If the rubber snaps you don't wreck the ship. Wing span 20-inches. Over power this one a bit and see what a speed ship you have! Rigid construction—built like a battleship! Knock it around and see how it takes it!

No one can design better endurance ships than Monarch. We are proud to distribute the **COMBAT**, a fleet mid-wing monoplane that gets up there and **STAYS UP**. Easy to build, fine plans, three large bottles of liquids and ample wood.



Each . . . 50c

WEST WIND A record-breaking, cabin endurance model—the speed we have ever seen for the price. Every detail of the skin set-up is a product of skillful designing. Wing span 26-inches. Over all 19-inches. Weight 1 1/2-oz. Cut out ribs, single strut landing gear, assisted free-wheeling, five liquids—and a host of other features. At an exceptionally low price \$1.00

WE STOCK AND RECOMMEND THE FOLLOWING MOTORS
 Evers Jr. 1/8 H. P. \$21.50
 Mighty Midcot Knockdown Kit 9.85
 Onix Arco 1/8 H. P. 17.50
THE DENNY SKY CHARGER MOTOR WILL BE OUT SOON! !

THE SENSATIONAL DENNY JUNIOR GAS KIT

This great husky gas job is unquestionably the biggest money's worth offered today. Only a firm like Reginald Denny could offer this kit at such a low price. **ABSOLUTELY NOTHING EXTRA TO BUY** to make a complete plane. Finished spun metal cowl, cut out ribs, finished propeller. Every silk covering, plenty of dope and cement, full size plans, pneumatic wheels, extra supplies of wood, balsa, hardwood, bakelite, dural and aluminum. Wing span 6-feet 1-inch. Weight 3-lbs.



The **Denny Jr.**
\$10.00
 Kit Complete, less motor

GAS JOB AIR WHEELS

3rd Rubber Pneumatics	
1 1/2 and 3/4 in. per pair	\$1.50
M & M Heavy Duty 3 1/4 in.	3.50
M & M Heavy Duty 4 1/4 in.	3.75
M & M Lightweight 3 1/4 in.	3.25
Gilman Novadine 3 1/4 and 4 1/4 in.	2.75

GAS JOB ACCESSORIES

DENNY COIL (fits any motor)	\$2.00
DENNY CONDENSER	.25
ADJUSTABLE MOTOR MOUNTS (dural, fits any motor)	1.00
SPUN RADIAL COWL, 6 1/4 in. diam.	1.50
MOGELBULDERS CUTTING TOOL	.15
SPONGE RUBBER TAIL WHEEL, 1 1/4 in.	.10

TRY YOUR DEALER FIRST!
 If he does not stock our line show him this advertisement and ask him to place your order. If no dealer is near you—send your order direct to us. California customers please include 3% sales tax.

REGINALD DENNY INDUSTRIES, INC. ● 5751 Hollywood Boulevard ● Hollywood, California

● 早期“丹尼无线电飞机公司”(Denny Radioplane Company)的广告

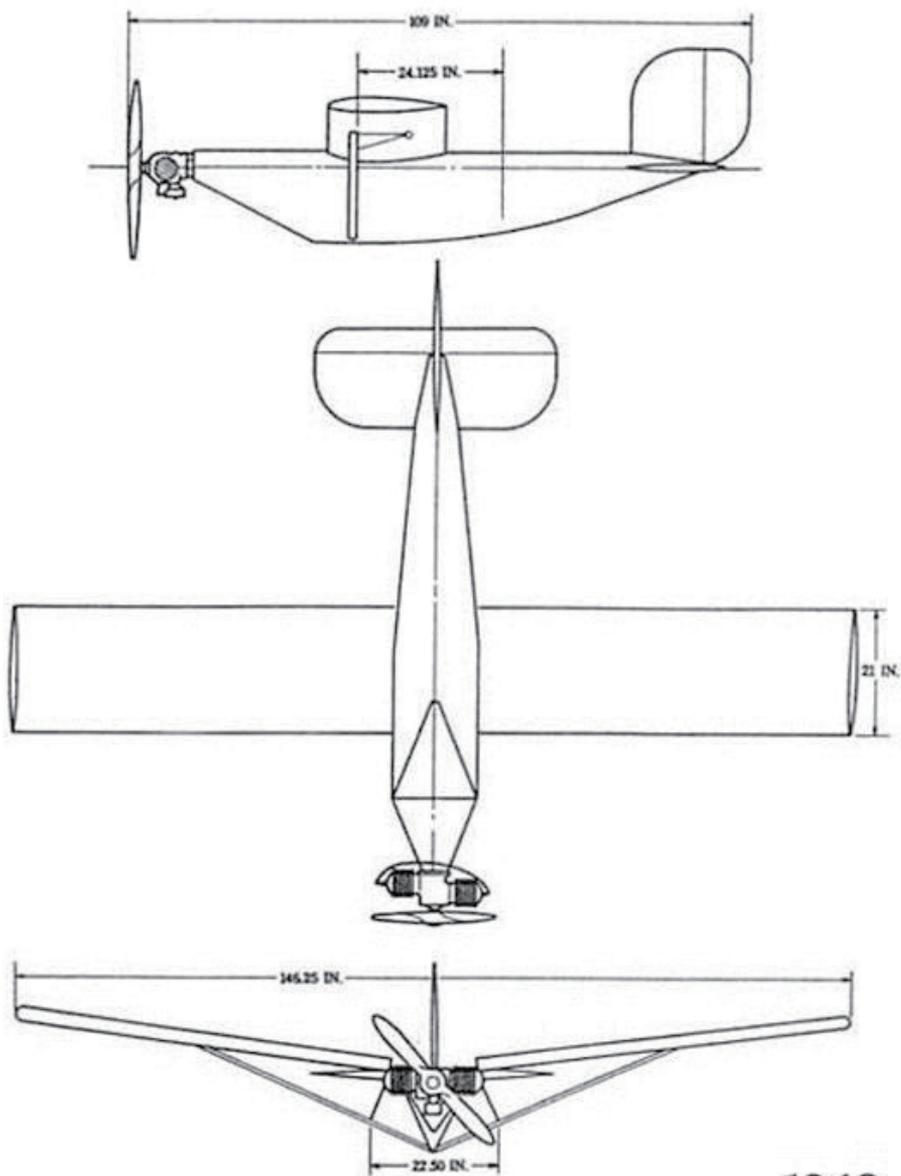
产生了强烈的兴趣。在莱吉纳德·丹尼老爷子演戏风生水起的20世纪最早的20年，正好是航空大冒险时代的开始。飞上天是当时世界上最时髦的事，在一战时期，丹尼加入了英国皇家飞行军团，当过飞机上的炮手，战后也玩过特技飞行表演。可惜他入行有点晚了，没赶上波音、麦克唐纳、诺斯罗普那第一批创业潮。加上演戏辛辛苦苦攒的点钱让他全砸进了股市，所以一战结束后的丹尼只能回老本行，在好莱坞打拼。就在这有些潦倒的境遇中，有一次莱吉纳德听到邻居家里吵闹，敲门去打探究竟，发现邻居的儿子正在捣鼓遥控飞机，于是去帮忙，结果把人家的飞机给摔了。但这一摔算是给他打开了一扇大门。于是他跑去商店到处去找合适的“玩具飞机”想给小孩换一架，这位演员随后就此迷上了“航模”，成了一个发烧友。莱吉纳德摆弄了一番之后马上对这种技术产生了浓厚的兴趣，还带动起了另外两位演员投身这一爱好——詹姆斯·史都华（Jimmy Stewart）（主演过《费城故事》《桃色案件》）和亨利·方达（Henry Fonda）（主演过《淑女夏娃》《十二怒汉》《金色池塘》）。随着兴趣的不断升温，率性随意的莱吉纳德·丹尼，干脆在1935年成立了自己的公司——“丹尼无线电飞机公司”（Denny Radioplane Company），并在好莱坞林荫大道的一家店里卖起了缩小比例的飞机模型。

莱吉纳德的公司起初生产的都是一些简单的货色，大多是使用软木制成的，一般用橡皮筋来作为动力，所以飞得不是很远，实际上就是些能飞的玩具。但在1936年的一次聚会上，丹尼遇见了一位将军，后者向他抱怨军队为防空射击训练而花300美元采购来的飞机拖靶实

在是太笨重了。这位好莱坞明星灵机一动，马上想到制造无线遥控航模用来给军方防空训练当靶机，并为此专门设计了一架被称为RP-1的样品，打算以每架300美元的价格推销给军方。对他的这个想法，美国军方起初反应冷淡。当然，RP-1的设计也的确有点差劲，它居然使用一个电话拨号盘作为遥控装置，拨4，水平尾翼就会向下偏，再拨2，水平尾翼就会停止动作。如此简陋的设计自然进一步拉低了RP-1在美国军方心目中的分量。1938年2月，在美军军官们的注视下，RP-1做了一次飞行表演，一如既往，摔了。不过，虽然RP-1几乎不可操纵，但是这并不妨碍丹尼的好运气。随着20世纪30年代末世界局势的不断

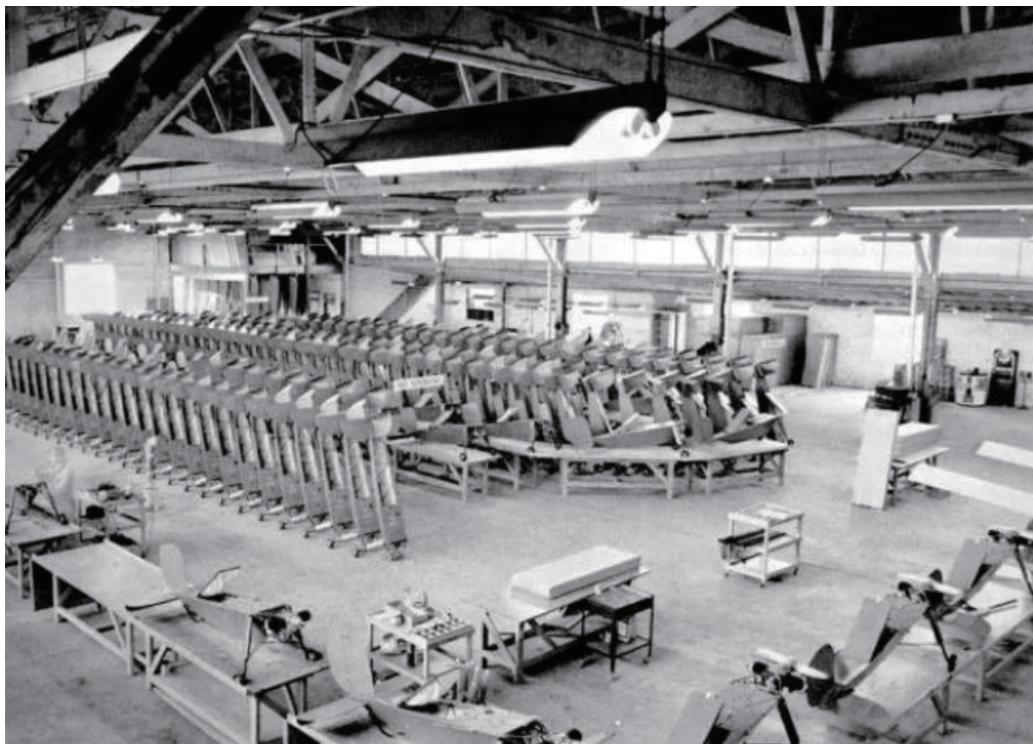


● 操纵无人机的莱吉纳德·丹尼



1943

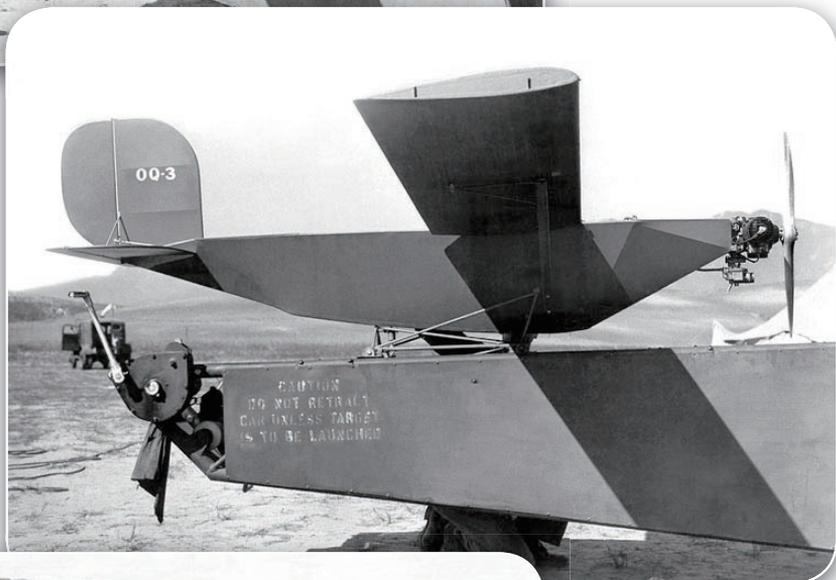
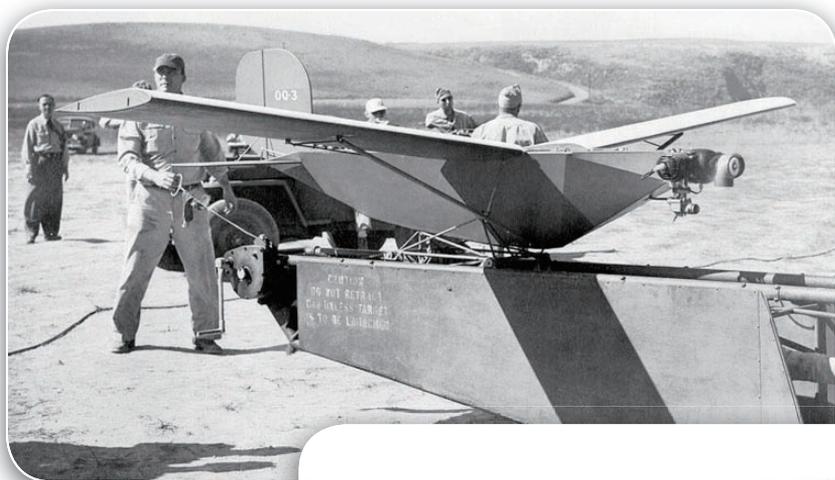
• OQ3 无线电靶机三面图



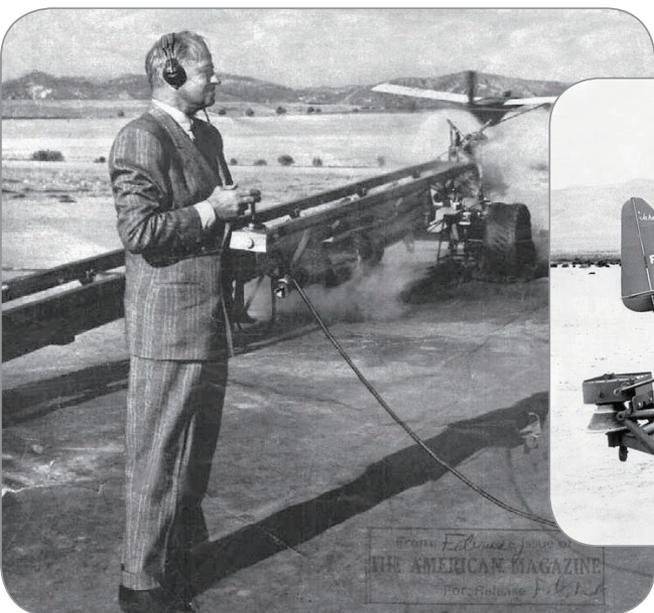
“丹尼无线电飞机公司”（Denny Radioplane Company）的003无线电靶机总装线——18岁的玛丽莲·梦露当时就在这里工作



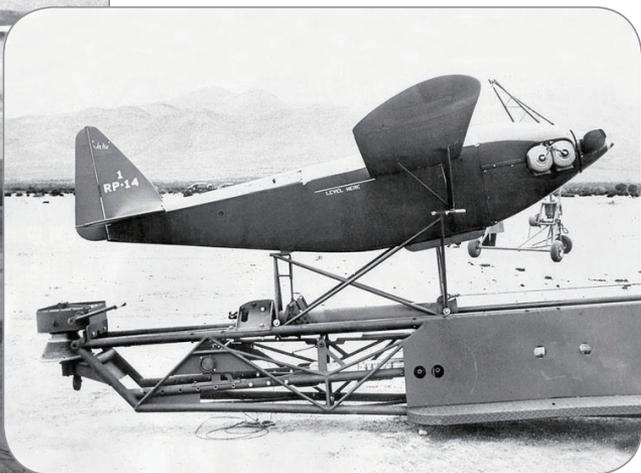
• 手执00-3无线电靶机螺旋桨的漂亮女工在摆拍——一代性感女神，后来大名鼎鼎的玛丽莲·梦露最初就是以这样的形象走入大众视野



• 00-3 无线电靶机发射升空全过程



- 正在试飞一架 OQ-3 无线电靶机的莱吉纳德·丹尼



- 1944 年“无线电飞机公司”推出的新产品 RP-14

恶化，美国军方还是意识到了莱吉纳德建议的价值所在，一笔 11,000 美元的拨款令这位好莱坞明星的事业真正走向了正轨。这笔钱相当于今天的不到 20 万美元，虽然不多，但是足够莱吉纳德改进设计，并聘请工程师沃尔特·莱特 (Walter Righter) 为遥控靶机专门设计一款微型燃油引擎，随后滚滚而来的订单让“丹尼无线电飞机公司” (Denny Radioplane Company) 获得了空前的发展。从 1939 年到 1945 年，美国陆军、海军和海军陆战队一口气采购了 15,000 多架各型遥控靶机，型号也由 RP-4 型发展到 RP-18 型。通过弹射装置发射的这些无线电靶机由操作员远程控制，然后遥控这些飞机进入防空炮的射击范围。按说就核心技术而言，“丹尼无线电飞机公司”的产品并没有超出老斯佩里“飞行鱼雷”或是“柯特森虫子”的范畴，只是由于

无线电射频技术的进步，在可控范围和可靠性上有了提高。但值得注意的是，当时这些廉价的小型“无线电飞机”有一项功能是从一开始就被考虑在内的：他们给飞机配了降落伞，所以可以重复使用。出于这个原因，“丹尼无线电飞机公司”的 RP-4 (OQ-2) 被认为是第一款大规模制造的符合现在定义的无人机。而当时其他类似的“空中无人设备”都没有认真考虑过这个问题，从而令那些“无人机”的界限与后来的“导弹”有些模糊不清。1946 年，经过再次改进的 RP-19/OQ-19 型无人靶机研制成功，并在 1946 至 1984 间一共生产了 48,000 多架。1952 年，丹尼无线电飞机公司被巨头诺斯罗普收购，变成了诺斯罗普文图拉分部，专门研发靶机和巡航导弹，后者也因此成为当今世界最成功的军用无人机研制厂商。

值得一提的是，在今天这个无人机已经成为大众消费品的年代，不玩无人机都有点跟不上时代的感觉，一些国内产品广告也非得加上几台无人机以显得时尚年轻。然而，70多年前，就有人这么干了。历史上有这么一张1945年美国陆军记者戴维·科诺沃（David Conover）拍摄的军队宣传照片。照片里是一个腰里别着工牌，身着绿色丝质衬衫的棕发姑娘，她咧着嘴笑着，手里拿着一副木质螺旋桨。这个姑娘当时还叫诺尔玛·珍妮·多赫蒂（Norma Jeane Dougherty），那年18岁。18岁的诺尔玛那时候已经结婚两年了，丈夫詹姆斯前一年去了太平洋战场前线，为了养家，她当了工人。这个工厂在加利福尼亚州，名字正是“丹尼无线电飞机公司”，诺尔玛在照片里组装的是一架称为OQ-3（这是美国陆军的制式编号，公司编号为RP-6，美国海军则称为TDD-2）的无线电靶机，是公司的拳头产品，也是人类历史上第一种规模化生产的无人机，OQ-3这个系列一共生产了9400多架。诺尔玛只是工厂的喷漆工，被拉到组装车间摆拍要感谢上帝赐予她的姣好容貌。

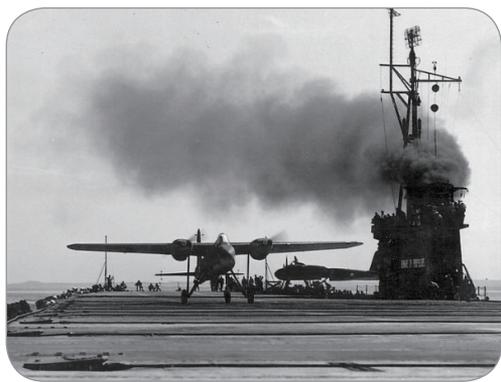
她抢了自己工厂甚至军队的风头，那组照片见报后根本没人不在乎她从事的是什么工作。其他的摄影师“慕名而来”，诺尔玛出了名，离了婚，进了好莱坞，改了艺名叫玛丽莲·梦露。当然，之后她的故事就跟航空没什么关系了。日后飞黄腾达甚至行走白宫的梦露，不知道在那里有没有见过当年科诺沃的上司。其实用不了多久，那人也成了政界红人，最终入主白宫。这个人就是罗纳德·里根，这位未来的总统1945年的时候在美军当宣传军官，参军报国之前，他已经是好莱坞二线明星了。而里根之所以派人去丹尼无线电飞机公司拍宣传照，其实是有点私心的，作为好莱坞的晚辈，他跟无线电飞机公司的老板莱吉纳德·丹尼（Reginald Denny）是故交……《无人机简史》中的八卦就是这么有意思。

“阿佛罗狄忒行动”与小肯尼迪之死

当然，聊完八卦，还是要回到正题上来。在早期的无人机技术推动者中，莱吉纳德·丹尼（Reginald Denny）毕竟算是个“野路子”（虽然的确闯出了名堂），官方层面对无人机技术的推动力仍旧不



● 丘吉尔正在视察一架由“虎蛾”双翼教练机改装成的DH 82B型“蜂后”无线电无人靶机



● 航母甲板上的TDN-1型无人攻击机，也可有人驾驶

• 有人驾驶状态的 TDN-1 型无人攻击机



可小窥。虽然由于自动驾驶技术还处于初级阶段，无人机并没有在一战中发挥直接作用，但它的意义已经开始被军方人员注意到。比如，1918年11月12日，法国的第一架无线电遥控飞机试飞成功；英国皇家航空研究院于1922年对其研制的RAE 1921型无人靶机进行了试飞，这是一种将空气动力学、轻型发动机和无线电技术有效结合起来的军用无人靶机，可在近2千米的高度上以160千米的时速飞行。1933年，采用无线电控制技术的“仙后”靶机成功首飞。由于“仙后”靶机在1932年的英国皇家海军舰队防空试验中表现出色，英国人又于1934年至1943年间采购了420套在“虎蛾”双翼教练机基础上改装成的DH 82B型“蜂后”靶机。拥有悠久航空史的德国也不甘人后。阿戈斯飞机工厂的弗里茨·古斯洛(Fritz Gosslau)博士研制了一种名为FZG-43的靶机，用于德国空军地面高炮部队的防空作战训练。到了1939年10月，阿戈斯又提出了一个具有革命意义的大型军用无线电遥控无人轰炸机——

“深火”(德语名: Fernfeuer), 这种飞机可以携带一吨重的炸弹, 而且还有有人驾驶的轰炸机版本。在向目标投掷完炸弹后, “深火”无人机会自动返回基地。从这一点上看, “深火”已经极大地有别于美国人斯佩里的“空投鱼雷”概念, 从而成为现代意义上的“无人战斗飞行器”(UAV)。至于美国军方自己从20世纪30年代末开始了对大型无线电控制靶机的持续研究, 并于1941年3月在新泽西州成立了VJ-5靶机中队用于对海军部队的防空炮手进行训练。后来有人提出了用无人机会来撞击敌方轰炸机的想法, 这个设想几年后演变成了美国海军的“蛇发女妖”防空导弹项目。与今天意义上的无人机技术有关联, 但并不完全重合。同时, 美国海军还启动了自动飞行控制和导航技术的研发计划(包括美国无线电公司的电视摄像头和海军研究试验室的雷达制导系统), 使得对无人机的控制比单纯的目视无线电指令更精确。作为上述技术研究的实用化项目, 1941年同年美国海军开展了舰载“无人攻击机”

计划，按照设想，这种武装无人机既可以作为自杀飞机来攻击敌方空中或海上目标，也可以作为无人轰炸机对敌方地面目标进行投弹轰炸后返航。

1942年3月，美国海军开始批量采购 TDN-1 型无人攻击机，这本质上是一种装有无线电操纵和自动化导航系统的双引擎有人驾驶飞机（实际上也的确可以人工驾驶），机体尺寸介于 P-38 和 BF-110 之间，比杜立特轰炸东京的 B-25 要小，因此在理论上能够从航母甲板的方寸之间起降，我们完全可以将其视为今天 X46/47 的直系祖先。由于 TDN-1 成本较高，美国海军在 1942 年 5 月又提出发展一种结构更简单、成本更低的机型，这一想法的结果是催生了 TDN-1 的简化版本 TDR-1，并且随即投入了批量生产。因为军方要求不能用战争相关的关键部件，TDR-1 机身、机翼选材不是金属而是硬化的木材，然后由特别的工艺进行压制。虽然用来制造 TDR-1 的材料看起来很怪异，但它的内部设备却是当时最先进的，装配了无线电控制、电视摄像机，以及雷达装置。“令我们

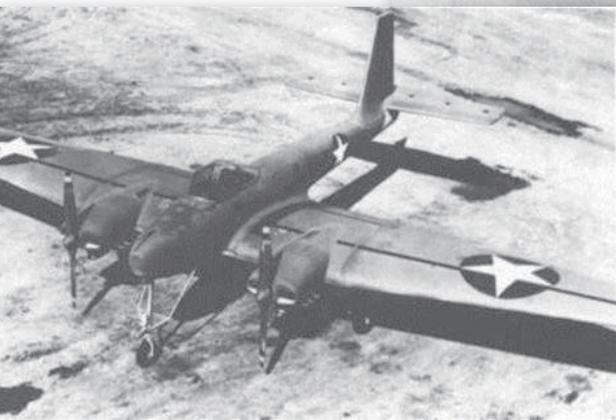
所有人印象最深刻的是，”一位操控员回忆道：“这是一项最高机密。我们不能讨论有关它的任何东西。哪怕是相互之间都不行。”无人机先是由地面工作人员发射出去，然后把控制权交给蹲在 TBM 轰炸机机舱毯子上的控制员，后者一边盯住淡绿色屏幕上无人机电视摄像机回传过来的图像，一边用控制杆来控制无人机。据统计，在整个战争的最高峰时期，美国海军共组建了 18 支 TDR-1 中队，其中包括 162 架 TBF “复仇者”控制机和 1,000 架 TDR-1 无人攻击机，不过此后这支部队的规模有所削减。1944 年 3 月，两支特别空中特遣中队（SATFOR）被派往太平洋战场进行实战检验。9 月，TDR-1 开始作为“无人自杀飞机”首次用于在布干维尔地区攻击日军地堡和火炮阵地的战斗中。虽然在单色屏幕里想要在丛林中找出伪装的目标并不容易，面临着诸多挑战，但 TDR-1 的自杀战绩还是相当令人满意的，有 21 次直接命中目标。更重要的是，在这些攻击行动中没有一个美国士兵牺牲，初次证明了这种武器的潜力。10 月 19 日，



● 携带一枚鱼雷的 TDR-1 无人轰炸机



- 博物馆中的 TDR-1 无人轰炸机，前锥体安装了电视摄像机



• 由 TDR-1 无人轰炸机为美国陆军航空队衍生出的 XBQ-4 无线电靶机

• 在 XBQ-4 无线电靶机基础上换装莱特 R975 星型活塞发动机而来的 XTD3R

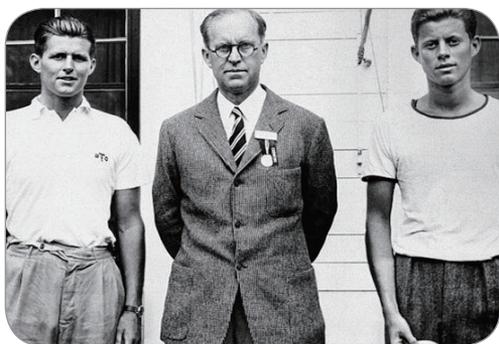
该机又首次作为“无人轰炸机”向布干维尔以南巴拉列群岛地区的日军目标发动了攻击。遗憾的是硝烟散尽之后，美国人发现没有 1 架 TDR-1 能顺利返回基地，而且攻击效果也不明显，这多少有些令人沮丧。但这些行动本身，毕竟意味着无人机在人类社会生活中的应用拉开了序幕。不过，虽然发展军用“空中无人设备”的初衷，是为了减少人类生命的损失，但在发展这种技术的过程中，血泪教训仍然是不可避免的，作为肯尼迪家族的一员，小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪的故事就是一个很好的说明。

约翰·肯尼迪是美国最著名的总统之一，1963 年 11 月 22 日在德克萨斯州

达拉斯市遇刺身亡。这位总统所在的肯尼迪家族是美国历史上最显赫、最有影响力的政治望族之一，但 20 世纪半个多世纪的时间里，这个赫赫有名的大家族遭遇了一系列的悲剧事件，其家庭成员屡遭横祸，先后已有十几位肯尼迪家族成员非自然死亡，仿佛受到一种神秘的诅咒，以至于“肯尼迪诅咒”都已成为英文中的习语，一家报纸更发出这样的评论：“肯尼迪家族的故事就是一长串讣告……身为肯尼迪家族一员，你就不要指望躺在床上静静地死去。”事实也的确如此。这个由二战时期的前美国驻英国大使老约瑟夫·肯尼迪开创的政治家族仿佛就受到一双神秘魔爪的操控，



- 家族的族长老约瑟夫·肯尼迪是一名金融实业家和外交官，育有四子五女。四子分别是大儿子小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪、二儿子约翰·肯尼迪（美国第35任总统）、三儿子罗伯特·肯尼迪和四儿子爱德华·肯尼迪。第二次世界大战期间，小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪参与的一场无人机攻击行动，拉开了肯尼迪家族厄运的序幕



- 小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪（左）、老约瑟夫·肯尼迪和约翰·肯尼迪



- 1960年12月6日，当选总统约翰·肯尼迪与时任总统艾森豪威尔进行权力交接

家族成员屡屡被一连串的飞来横祸，以及各种丑闻所纠缠，有关这个大家族的各种新闻，每过一段时间就会登上世界各大媒体的头条，对于这个离奇的现象，难怪有人称为“肯尼迪诅咒”。对此，我们稍稍梳理一下这个政治世家几十年来所遭遇的一系列不幸便可一目了然。

然。罗斯玛丽·肯尼迪，老约瑟夫长女，智力障碍，后来接受前脑叶白质切除手术，但手术失败，导致其智力降至婴儿水平，2005年病逝。凯瑟琳·肯尼迪，老约瑟夫次女，1948年与男友租用一架小型飞机去法国度假，在山区遇大风导小型飞机去法国度假，在山区遇大风导



- 后来的美国总统约翰·肯尼迪（左）与其兄长小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪（右）在二战中都参加了美国海军

致坠机身亡，年仅 28 岁。1969 年，老约瑟夫幼子爱德华·肯尼迪在美国一座小岛驾车遭遇车祸，与其同行的一名女子当场死亡，爱德华侥幸脱身，但声名受损。1973 年，爱德华·肯尼迪之子小爱德华因患癌症须截掉右腿。1984 年，罗伯特·肯尼迪（老约瑟夫三子）之子戴维因吸食过量毒品丧生，时年 28 岁。1998 年，罗伯特·肯尼迪之子迈克尔与家人滑雪撞到大树，颈椎折断丧生，终年 39 岁。1999 年，约翰·肯尼迪（老约瑟夫次子）唯一的儿子小肯尼迪飞机失事，与妻子等人一起坠机而亡。2011 年，爱德华·肯尼迪之女卡拉突发心脏病死亡。2012 年，肯尼迪家族再传噩耗，罗伯特·肯尼迪的儿媳玛丽·理查森·肯尼迪被发现死在纽约的寓所，据说是自杀而死。更让人不可思议的是，

与肯尼迪家庭有关联的其他人也跟着遭受厄运。约翰·肯尼迪的遗孀杰奎琳·肯尼迪后改嫁希腊船王亚里士多德·奥纳西斯，奥纳西斯原来一切风顺水，但与杰奎琳结婚后，名下有 4 艘轮船发生了严重事故，几年后，原本身体很棒的奥纳西斯和儿子亚历山大相继离世，家族的生意也元气大伤——原本专属肯尼迪家族的魔鬼诅咒看来出境去了希腊。不过很少有人意识到这一连串的家族厄运可以追溯到 71 年前发生在英格兰东南部萨福克郡沿海上空一次神秘的剧烈爆炸。当时，曾出任美国驻英大使的老约瑟夫·肯尼迪收到美国海军发来的消息称，他的长子小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪上尉已在“飞行事故”中不幸身亡，连遗体都未能找回。直至二战结束 20 多年后，肯尼迪家族才了解到这次事故背后的真相，小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪是死于一项大胆而危险的秘密轰炸行动，并与无人机技术的早期发展密切相关……

1944 年 6 月 6 日，一场史无前例的军事行动令数以万计的盟军士兵涌上法国诺曼底滩头，拉开了欧洲第二战场的反攻序幕，陷入两面作战的纳粹德国似乎已无还手之力。然而仅仅一周后，原以为不再受轰炸之苦的伦敦民众就被一阵阵奇怪的尖啸声和此起彼伏的爆炸声惊呆了，这是希特勒利用 V-1 和 V-2 火箭发动大规模报复攻击的开始。1944 年 6 月 13 日，德国开始试验性地向英国发射 V-1 火箭。9 月 5 日进行了 V-2 火箭的第一次发射试验。三天后德军开始用 V-2 火箭大规模轰炸英国的伦敦和诺里奇。1944 年 9 月 8 日，德国人从荷兰海牙郊外发射了第一枚用于实战的 V-2 火箭。发射后不到 6 分钟，这枚带有 1 吨



- 小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪——他牺牲后被追授海军十字勋章、优异飞行十字勋章和航空奖章

炸药的火箭在伦敦附近的奇齐克爆炸，造成了一定的财产破坏和人员伤亡。虽然以今天的眼光看来，V-2火箭不但没能挽救纳粹的覆灭，而且还是一种不够成熟的新式武器。可以说，德国人的确解决了推进和弹道问题，但没有解决自动控制问题。由于战时急需，V-2火箭匆忙上阵前，许多技术难题还未解决好，这包括：火箭发动机内两种燃料的混合比精度不高，燃烧不稳定；自动控制系统不够完善，异常复杂、笨重，精度也不高；弹头引信的可靠性低，无法精确地控制爆炸点离地面的距离，以至于火箭或者在飞行中因某种干扰和振动提前爆炸，或者直至钻入地下后才爆炸；V-2火箭的结构设计也不是很好，结构重量还有较大的减轻空间。以至于丘吉尔在



- 盟军侦察机在法国维泽讷拍摄到的建设中的V-2火箭发射场



- 一枚V-2火箭击中伦敦一所楼房，造成139人死亡



- 1944年11月27日，一枚V-2火箭击中比利时安特卫普中心广场，造成包括29名盟军士兵在内的126人死亡

纳粹用 V-2 火箭疯狂轰炸英国那些日子的日记中，不无讽刺地谈道：“这玩意儿精度很差，不把它们打下来结果倒是好些。”不过即便如此，尽管这些所谓的“秘密武器”命中率并不高，但带来的公众心理压力仍然不可小觑，因此盟军最高指挥部还是下令要不惜代价摧毁德国的火箭发射基地。

虽说早在诺曼底登陆前，盟军就已通过各种渠道获知德国正在加紧研制杀伤力很大的新式武器，也组织过空中力量进行专门打击，但此后伦敦等地仍然遭受持续不断的攻击，表明精确度不高的常规轰炸无法彻底消除这一威胁。针对这类具有坚固工事的目标，有人建议采用遥控方式让装满炸药的无人飞机进行直接撞击。这一设想在第 8 航空队司令詹姆斯·杜立特将军的推动下很快形成了一项秘密作战计划，命名为“阿佛

罗狄忒行动”（Aphrodite 是希腊神话中掌管爱与美的女神，相当于罗马神话中的维纳斯，也是一种蝴蝶的名字），并获得了最高优先权，从 6 月 26 日开始实施。该计划原打算用 P-38 或 P-47 战斗机作为无人飞机，但撞击威力显然不够，于是抽调了 25 架已接近使用极限的 B-17 “飞行堡垒”轰炸机进行改装。这些将要执行自杀性攻击任务的轰炸机型号改称 BQ-7，机身内部的大部分设备都被拆掉，腾出的空间加上原有的弹仓可塞入 10 吨比普通 TNT 炸药威力更强的铝末混合高爆炸药（7 吨固定在弹仓，3 吨塞在机身前段），其威力大概相当于 24 架 B-17 轰炸机投弹的总量。机上加装“阿松”型无线电遥控飞行系统，在驾驶舱仪表盘前和机鼻内各装有一台电视摄像机，而用 B-17 “飞行堡垒”轰炸机或 B-24 轰炸机改装成的 CQ-4 控



• 1943 年英国皇家空军发现的波兰布利兹纳炮兵靶场（Blizna Artillery Target Field）V-2 火箭发射阵地



- 由 PB4Y-1 “解放者” 改造的 BQ-8 无人自杀机



- 美军用来控制 BQ-8 无人自杀机的 PV-1 控制飞机

制飞机将根据接收到的主要仪表和机头视野的实时画面操纵无人机冲向目标。通过无线电波传输动态图像的电视技术在二战前就已进入实用阶段，军方也对其军事用途做过研究。不过当时的遥控系统还不能直接控制大型无人机起飞，因此必须先由一名飞行员和一名机械员驾驶 BQ-7 起飞并爬升到一定高度。将航向大致对准目标方位，并启动遥控装置和设定炸药引信后，两名机组人员将在飞越英国海岸线之前跳伞，由跟随的 CQ-4 接手操纵 BQ-7 进入欧洲内陆直至撞向目标。如果途中 BQ-7 失去控制，必要时护航战斗机会将其击落。为便于机组人员能迅速离开这种“飞行炸弹”，BQ-7 驾驶舱的顶部被拆开，仅保留前风挡，成了“敞篷轰炸机”。从理论上讲，BQ-7 的技术思路并不复杂。工程人员起初认为，既然是搞自杀式袭击，那么只要让轰炸机能飞起来就行了。诸如防护装甲、机枪、氧气设备、投弹系统甚至副驾座位统统被拆除，但在试飞过程中发现，轰炸机也不是越轻越好。由于机体配重比发生变化，BQ-7 的飞行姿态极为古怪，即使是熟悉 B-17 轰炸机的机组人员也得重新适应。

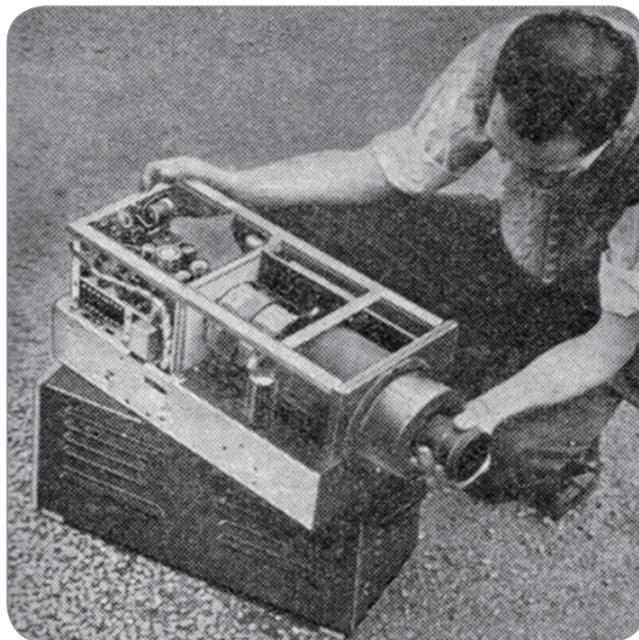
“阿佛罗狄忒行动”由第 3 轰炸机联队的第 388 轰炸机大队负责执行，为此召集了一批志愿飞行人员和国内的制导系统专家，集中到第 562 轰炸机中队进行改装和训练。首批 10 架 BQ-7 和 4 架 CQ-4 很快完成改装，7 月 7 日进驻位于伦敦东北萨福克郡内的伍德布里奇基地。这里是英国皇家空军的紧急备降机场，曾经有迷航的德国飞机歪打误撞在此着陆。出于安全考虑，这支秘密部队几天后又往北转移到诺福克郡的佛斯菲尔德机场做最后的准备。尽管时间比较仓促，但日夜不停的 V 型火箭袭

击使得“爱神”也不得不及早拔剑出鞘了。为了确保行动成功，杜立特还找上美国海军开展合作。海军方面利用遥控靶机进行舰队防空射击训练已有多年历史，也曾经把TBM“复仇者”鱼雷轰炸机改装成满载炸药的无人机，用于攻击太平洋群岛上的日军防御阵地。对于这次在欧洲的新任务，海军高层倒是相当积极，迅速从国内派出技术人员和装备飞到地处英国西南的敦克斯维尔基地，7月6日就组建起“第一特别攻击单位”(SAU-1)。当然海军另有自己的一套方案，把这次行动称为“铁砧计划”，选用的机型是PB4Y-1(B-24“解放者”轰炸机的海军型)，航程和载弹量比B-17“飞行堡垒”轰炸机更有优势。与陆军航空队的改装相似，有两架PB4Y-1被拆除掉所有多余的设备，装上必要的电视摄像机和遥控装置后称为BQ-8。它携带的同样是铝末混合炸弹，但装药量

比BQ-7略大，达到11300千克。在操作流程上，同样需要飞行员将BQ-8驶上预定高度和方位，人员跳伞后由附近的PV-1“文图拉”轰炸机根据电视图像遥控完成后续航程，不同的是在此期间需要另一架B-17“飞行堡垒”轰炸机做信号中继。当飞机改装工作紧锣密鼓之际，人员的招募和训练也在同步进行。在SAU-1的驻地，一名原已获准轮换回国的上尉飞行员自告奋勇要参与这项任务。他就是小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪。出生于1915年的“小乔”1938年从哈佛大学毕业，曾到过欧洲游学，还是美国民主党全国大会的代表，被视为肯尼迪家族中最有可能当上总统的人选。二战爆发后，他报名参加海军飞行员培训计划，1942年完成飞行训练。此后他曾在波多黎各和中美洲等地执行相对轻松的飞艇巡逻任务。在本人强烈要求下，直到1943年7月，他才得以加入新组建



● 由B-17“飞行堡垒”轰炸机改装后的BQ-7成了“敞篷飞机”



安装在机鼻的电视摄像机

的轰炸机队，并前往丹佛地区的敦克斯维尔基地参战。到1944年6月，根据肯尼迪的参战记录，他本已完成正常30次作战任务，但他竭力游说机组成员又多飞了10次战斗任务。

虽说他表现很努力，甚至自愿增加飞行次数，但始终没有收获值得一提的战绩。而他的弟弟约翰·肯尼迪（即后来遭刺杀的美国第35任总统）已是太平洋战场上的鱼雷艇指挥官，尤其是约翰在鱼雷艇被日本军舰撞沉后奋力救助部下的事迹经媒体大肆报道后，更让身为兄长的小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪既羡慕又嫉妒。因此当获悉基地内有一项秘密行动需要有经验的人手时，明知风险很高，他也马上放弃了回国的机会前去应征。经过争取，一心想为自己和家族建功立业的小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪如愿成为BQ-8的首位飞行员。1944年7月底他驾驶代号为T-11的PB4Y-1改装机飞到佛罗里达基地与陆军航空队的同行们一起训练，以熟悉改装机满载后的飞行特性（训练时用同等重量的沙袋代替炸药），只等正式出击的那一刻来临。他的副驾驶是1909年

生的威尔福德·J.威利中尉。此人1933年就已加入海军，是个不折不扣的飞行老鸟，现在又因精通电气技术被选入海军绝密武器试验计划。这也是他首次参加实战行动。8月4日下午，“爱神”率先出手了，目标是法国加莱地区的4个火箭发射场。4架BQ-7分两个批次从佛罗里达起飞，它们的机翼和机身上半部被涂成白色，以方便识别，CQ-4控制飞机和护航战斗机紧随其后。在无线电通话中，BQ-7与CQ-4分别以“婴儿”和“母亲”作为称呼相互呼叫，然而“母亲”却没能引导“婴儿”完成任务。承担第一波攻击的头一架BQ-7的机械员跳伞后摔伤，留下的飞行员无法使飞机转入遥控状态后还能保持正常高度，当他做最后尝试时，飞机坠地爆炸，在接近英国海岸线的地面炸出一个大坑。第二架BQ-7在两名乘员顺利跳伞后，被遥控着飞越海峡，但进入法国时，低空云层使得CQ-4操作员难以通过电视画面找到目标，结果无人机被地面高射炮火击落。第二波攻击也好不到哪去，其中一架BQ-7同样受到云层干扰，一头撞在偏离目标近500米的地方，另一架还未



● CQ-4 控制飞机与前方的 BQ-7 无人自杀飞机



• 飞行中的 BQ-7 无人自杀飞机

到达目标区就因遥控失误而坠毁。好在之前机组人员都已安全逃生，德军方面似乎也没有察觉这些空袭有什么特别之处。两天后，4架 CQ-4 带领两架分别装满炸药和凝固汽油弹的 BQ-7，前去攻击法国瓦腾地区的火箭发射场。机组人员及时跳伞后，一架“婴儿”莫名其妙地不听“母亲”指令，反而掉头在英国伊普斯维奇工业区上空兜圈子，所幸没多久就往外海方向坠落了。另一架“婴儿”也在飞越海峡途中与“母亲”失去联系，最后消失在接近法国海岸的水域中。经过这一连串让人提心吊胆而又毫无成效的失败之后，杜立特将军决定暂时停止“阿佛罗狄忒行动”，要求尽快查明原因。技术部门得出的结论是“阿松”遥控装置存在可靠性问题，建议改用新型的“卡斯托”系统，但是从国内调运并进行换

装需要时间，这就给海军的“铁砧计划”抢到了出头的机会。

陆军航空队的受挫和伤亡并没有影响小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪迫切参战的心情，由于设备调试和气候的原因，他的任务被延后到8月12日。当天下午的天气状况良好，小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪登上 T-11 号机做最后检查，他的搭档是从国内派来首次参加实战的技术人员威尔福德·威利上尉。他们接到的命令是攻击加莱以南的米摩耶克斯，情报显示德军在那里部署了可轰击伦敦的 V-3 式超远程大炮，必须除之而后快。为了造成足够的破坏，T-11 机身内塞满了 374 箱总重超过 11 吨的高爆炸药。起飞时一切正常，小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪顺利地将轰炸机升至 2000 英尺指定高度。在萨福克 - 哈尔沃斯上空，行



● 小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪在法国的墓地

动机群开始编队。参加此次任务的还有2架 PV-1 控制机、1架 P-38 照相机、4架第20战斗机大队的野马护航战斗机、1架 B-17“飞行堡垒”轰炸机，美军陆航第25轰炸机大队照相机中队所属的2架蚊式战斗机也临空观察整个行动过程。罗斯福总统之子埃略特·罗斯福上校就拿着他的照相机坐在蚊式战斗机中，准备记录这一历史性时刻。海军方面之所以劳师动众的一个原因是这次攻击的目

标是明莫埃斯克附近的 V-3 超级大炮阵地。有传言称这门由希特勒亲自指挥的超级大炮将直接轰击伦敦，因此盟军必须抢在它开火之前摧毁它。机群离开哈尔沃斯后，威利按照预定指令将电路转为无线电控制。肯尼迪发出“抗荷服”(Zoot suit) 电码，意思是自动驾驶仪器正常。接着威利发出“布洛克”(Block) 电码，这说明机头电视摄像机开始工作。此后两名机组成员要做的就是等待机会跳伞逃生。负责接应机组乘员的 B-17“飞机堡垒”轰炸机恰好在 PB4Y-1 上方保持观察。负责指挥现场行动的福洛斯特中校命令战机转向，准备接应跳伞人员。根据机组乘员的回忆，大家还可以清楚地看见机头部位的肯尼迪和前舱的威利。虽然此时负责接收肯尼迪这架轰炸机电视信号的主控制机无法收到清晰的图像，但丹姆雷恩中尉驾驶的备用控制机收到的图像不错。此时距离最终撞击目标还有40分钟，现场气氛并不紧张。

然而就在2分钟后的18点20分，编队飞临比预定航线偏西的布里斯堡上空，还没到机组跳伞的时候，T-11 突然发生两次强烈爆炸，瞬间化成一团巨大的火球。轰炸机爆炸后的残片散落在长4.8千米、宽3.2千米的地面上，中心地带3千米范围起火，纽丁莱特伍德森林数以百计大树被炸倒，距离爆点25.7千米处的建筑物都出现了破损。爆炸也波及编队中的其他飞机，一架 RP-38 从半空被震落到树梢高度才勉强拉起，罗斯福上校的“蚊”式机也受损不轻，挣扎

着飞回基地。而除小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪和威利外，空中和地面没有其他人伤亡已经算是奇迹了。但肯尼迪和威利的遗体根本无从寻找。T-11 的失事对海军是个不小的打击。调查人员列举了各种可能性，包括电气短路、炸药不稳定、敌特破坏、燃料泄漏和遭防空火力误击等，但都被逐一排除。后来在国内专家的协助下，推断很可能是当时盟军其他部队的无线电信号对 T-11 机上的设备产生干扰，意外触发了引爆装置而酿成悲剧的。事实上，小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪出发前就有工程师警告过这一隐患，可惜没有引起重视。9月3日，剩余那架 BQ-8 在严格的无线电管制环境下起

飞，机上只有一名飞行员。在他跳伞后，无人机被引导前去攻击北海东南方德国黑尔戈兰岛上的潜艇船坞，但因控制飞机操作不当撞上一座煤库。至此，海军高层对这项可靠性差、危险性高的计划失去了兴趣，SAU-1 的使命随之终结，早期无人机技术的发展也因小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪之死而蒙上了一层血色的光晕。牺牲后，小约瑟夫·帕特里克·肯尼迪中尉被追授海军十字勋章和航空奖章，但出于保密原因，海军部在致老肯尼迪大使的信中对其子死亡的真实情况只字未提，整个行动直到 1966 年才解密，机组成员的姓名直到 1970 年才公布于众。



● T-11 号机坠毁地点用螺旋桨做的纪念碑



第 3 章 在技术爆炸中起飞



• 未来还没真正到来，但是
未来已经敲响了门扉

从无人机发展的历程来看，尽管对无人机技术的探究，从一开始就有着来自于生命奥秘的隐喻，但在整个 20 世纪，战争都是无人机技术进步的第一牵引力。直至 20 世纪 80 年代以后，随着军用技术外溢，民用无人机系统才逐渐成熟。值得指出的是，就在“非主流”无人机先驱莱吉纳德·丹尼去世那年，美国计算机协会（ACM）设立并颁发了第一届图灵奖，获奖的是早期计算机语言先驱艾伦·佩利（Alan J. Perlis）。他当年在麻省理工学院的“旋风”计算机工作过。

那台计算机是为了军用飞机风洞研究而专门建造的，它的时钟频率是 1MHz。现在我的手机的运算能力是“旋风”的近两千倍，这得益于半个多世纪来微电子技术的飞速发展和人工智能领域的突破。这些进步不但让军用无人机成了一件更有效率的战争工具，也让民用消费级无人机的出现变成可能，进而为一个“传感器遍布天空”的人类社会生活拉开了新时代的序幕。未来还没真正到来，但是未来已经敲响了门扉……



- 随着军用技术外溢，民用无人机系统也逐渐成熟起来

先为“名正言顺”迂腐一下

既然是讲关于“无人机”的故事，总要把主角先找到才行，不然已经说了半本书，连讨论的是谁都不明确也实在

是说不过去了。可怪异的是，虽然我们之前已经了解了发生在“隔壁老王”身边的一些事情，了解了所谓“空中无人设备”的诞生和发展，甚至还多多少少

地八卦了一下，但在今天这个“空中机器人”时代的黎明，却几乎没人能明白“无人机”这个词指的究竟是什么。

必须承认，连“无人机”是什么都弄不清是有些骇人听闻，但绝不是为了博人眼球而搞出的噱头。那“无人机”究竟是什么呢？虽然“苗太太”说那东西在超市就能买到，但“隔壁老王”却认为事情没那么简单。电视里有些专家嘴里的“无人机”，明显和另外一些专家说的就不是一码事。弄清楚这件事很重要吗？当然！《论语·子路》中曾记载了这样的一段对话：子路曰：“卫君待子而为政，子将奚先？”子曰：“必也正名乎！”子路曰：“有是哉，子之迂也！奚其正？”子曰：“野哉，由也！君子于其所不知，盖阙如也。名不正，则言不顺；言不顺，则事不成；事不成，则礼乐不兴；礼乐不兴，则刑罚不中；

刑罚不中，则民无所措手足。故君子名之必可言也，言之必可行也。君子于其言，无所苟而已矣。”这段对话按今天的“白话”来讲，大致就是：子路说：“如果卫君等待老师您治理国政，您将先做什么呢？”孔子说：“那一定是先正名分吧！”子路说：“老师的迂腐竟然到了这种程度！那名分有什么可正的？”孔子说：“好粗野啊！子由！君子对于他不了解的事情，就不应该发表意见。名分不正，说话就不妥当；说话不妥当，事情就办不成；事情办不成，礼乐制度就不能够兴起；礼乐制度不能够兴起，刑罚就不能够得当；刑罚不得当，老百姓就无所适从。所以君子有一个名分就一定要说出和它相应的话来。说出话来就一定要实行。君子对于自己说出来的话是一点也不能马虎的。在这段著名的对话中，孔夫子固然有些迂腐，但“名



• 无人机作为起源于西方的一个技术体系，要在中文的语境中找到一个通俗化的词汇将之加以表述，必然会发生某种“错位”



- 在军用、警用、特种行业应用的“无人机”上，一般都用“UAV”来郑重其事地称呼，以示其系统复杂，对可靠性、智能性的要求较高

正言顺”重不重要也是明摆着的。“隔壁老王”的底气足了不少。

不过，对现阶段“无人机”这个中文词汇来讲，要“名正言顺”还是很有难度的。这一方面是因为，作为起源于西方的一个技术体系，要在中文的语境中找到一个通俗化的词汇将之加以表述，必然会发生某种“错位”。这就如同在文学领域中，我们往往会基于比较文学而发出的感慨：那些借着“小说”跟“novel”间的偶然词语搭桥的人，该是对文明间的“不可翻译性”何等失察呀！另一方面，在中文的语境中，“无人机”之所以从一个高大上的专业性词语变成了一个家喻户晓的常用词，背后是技术的快速迭代、资本的迅速涌入、专家的过度解读，以及国人对新事物的迫切渴



- 对大多数说中文的普通人而言，他们对“无人机”这个词汇的理解更接近于“Drone”

望，但其含义实际上既包括了西方通常所讲的“UAV”，也包括了“Drone”，这两者之间有着不小的区别。虽然某些专业性的书籍中明确指出，中文“无人机”一词译自英文词汇 UAV（Unmanned Aerial Vehicles），按照字面理解，“无人机”可以定义为：无人驾驶的空中飞

行器。这里的“无人驾驶”并不是指完全没有人为操控或监控，无论 UAV 能够飞行多远，还是需要在操作者的监控与远程控制范围内。因此“无人驾驶”更多是指无须在飞行器上配备驾驶人员，而可以实现远程或自动、自主控制。在军用、警用、特种行业应用的“无人机”上，一般都用“UAV”来郑重其事地称呼，以示其系统复杂，对可靠性、智能性的要求较高。然而对大多数说中文的普通人而言（比如隔壁老王的邻居苗太太），他们对“无人机”这个词的理解却更接近于“Drone”，这个词在英文中用于表现“雄性蜜蜂（male honey bees）”飞行的嗡嗡声，并最终演变为雄性蜜蜂的特殊名称。显然，这是一个随性的俚语，没有那么正式，背后的技术标签则是“不错的玩具”“有趣的相机”“不能随便乱飞”“高级航模”“容易上手”“智能性不高”“可靠性较差”等。

值得注意的是，作为一个中文词汇，“无人机”的语义范畴其实还不仅仅限于“UAV”和“Drone”。而这就涉及了另外一个很好的内容，即任何一个概念

及我们对它的理解都应在不断的变化中，这是由于人类本身认知的局限决定的，比如美国农业生物工程师学会（ASABE）这个‘B’（Biological）也是后来加上去的。对于“无人机”，范畴可大可小，比如在某些关于无人机的著作里就把从风筝到纳粹德国的 V-1 火箭这些飞行器统统囊括了进来，所以我们完全有理由相信，在将来还会有越来越多的人将其理解为“Aerial Robotics”（空中机器人），这毕竟是人类对其技术体系的终极期盼。事实上，第一辆汽车被视作是一辆没有马的马车，电报（以及后来的电子邮件）被喻为是一种物理信件，还有网络已经成了那些隐晦讨论规章制度言论的来源。比喻和类比是我们理解和认识世界的自然方式。如果我们将“Aerial Robotics”算作无人机范畴，那么各种机型很早就出现了，如桑迪亚国家实验室按照美国军方的项目 AROD 开发的涵道无人机，1991 年国际无人机系统协会（AUVSI，Association for Unmanned Vehicle Systems International）开始举办一年一次的国际空中机器人竞赛（IARC，International

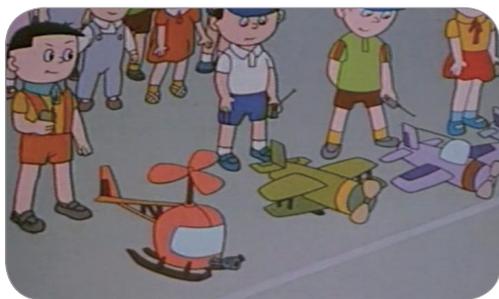


- 这里的“无人驾驶”并不是指完全没有人为操控或监控，无论 UAV 能够飞行多远，还是需要在操作者的监控与远程控制范围内



Aerial Robotics Competition) 都是如此。总之，对一个概念的理解不断抱着开放的态度，但又需要不断确认讨论范畴，甚至有些“迂腐”地试图让其“名正言顺”，这是个有趣的矛盾，也表明“无人机”的整个技术体系在方向上的一致性不强，还处于一种不成熟的状态。

高门槛（谈谈无人机飞控）



• 21 世纪之前，国内很少听到“无人机”这个词，更多的是遥控飞机或者航模。80 后的朋友们应该还记得《舒克和贝塔》这部动画片，第 4 集中两只小老鼠帮助皮皮鲁赢得了航模比赛。那时的航模还没有“控”，因此除了舒克操控的直升机航模外，其他小朋友都使用相对容易操控的固定翼航模

一种相当时髦的观点认为，人工智

能技术是提升无人机应用能力的颠覆技术之首。毫无疑问，人工智能技术对无人机的发展有着核心的引导力。从人工智能的角度来看，无人机将从三个方面发展：单机智能飞行、多机智能协同、任务自主智能。单机智能飞行涉及环境感知与规避，包含了探测、通信和感知，信息融合、共享、环境自适应、新型传感器。智能路径规划涉及很多人工智能技术；智能控制要解决开放性、自主性和自学习；还有智能空域整合和智能飞行。智能飞行器是指各式各样的飞行器，既能在水里飞，也能在空中飞，这个过程还是在不断变化的。多机智能协同涉及的内容很多，其中的关键技术是协同指挥控制，以及协同态势生成与评估。多机协同路径规划和单机路径规划是不一样的，无人机相互之间需要协同，这样才能避免发生行驶路径混乱。另外，协同语义交互的核心是对计算机自然语境的理解，将来的无人机将和其他的系统协同工作。任务自主智能的概念和终极的无人驾驶汽车的概念是异曲同工的，就是可以实现自动驾驶。例如，目前的军用无人机在执行查打结合任务的时候，

还需要技术人员来通过屏幕远程操作，观察物体是不是目标，能不能进行打击，而我们对未来无人机的要求是它能够自己进行判断并进行打击，这也是无人机应用的最高境界。不过我们应当看到，人工智能的概念过于宽泛，在未来可预见的一段时间里，细分领域的飞控或许才是无人机行业现实性的高门槛。至于这其中的原因其实并不晦涩深奥。以前搞无人机的 10 个人有 8 个是航空、气动、机械出身，更多考虑的是如何让飞机稳定飞起来、飞得更快、飞得更高。如今，随着芯片、人工智能、大数据技术的发展，无人机朝着智能化、终端化、集群化的趋势发展，一大批毕业于自动化、机械电子、信息工程、微电子的学生们投入到了无人机研发大潮中，几年的时间让无人机从远离人们视野的军事应用飞入了寻常百姓家，让门外汉通过短暂学习，也能稳定可靠地操控无人机。究其原因，飞控技术的发展是这 10 年无人机变化的最大推手。

高技术的发展最初都源于军事，现



● 飞控技术的发展是这 10 年无人机变化的最大推手

代无人机飞控系统的发展更不例外，二战结束之后，无论是苏联还是西方国家，都相继开始了有人飞机的无人化改造乃至研制全新无人机的的工作。俄罗斯人的思维是直线性的，他们继续效仿西方国家在一战、二战中的技术路线并将之加以深化，延承了载人机控制系统的研发技术体系并直接转到了无人机，所以其早期飞控硬件使用了有人驾驶飞机的模拟式飞控计算机，控制算法一直使用分型模态分段辨识、建模、控制的方法。通俗来讲就是要通过吹风洞、机理建模等方法，知道飞行器在起飞、悬停、低速、中速、高速、降落等不同飞行状态下的参数，在不同状态设计相应的控制器。飞行器飞行过程中不断切换控制方法或控制参数，以保证飞行器处于理想状态。这种流派的优势在于硬件经过长期飞行验证，控制算法在设计模态内系统稳定性可以有效理论证明，而且在很短的时间内就能见到实效；缺点在于硬件傻大笨粗且无法预测实际飞行过程中可以经历的所有飞行状态，综合性能和适应性都较差。相比起俄罗斯人直接将有人机的技术体系用于无人机的简单粗暴，以美国为代表的西方国家却毅然放弃了这条时间短、见效快的“捷径”，前瞻性地 20 世纪中期开始布局了前沿技术的探索和积累，支持研究机构、大学探索了很多新的无人机专用的飞控硬件和算法。这类项目一般以军工企业牵头、研究所负责演示验证、大学负责理论算法研究，组成的团队通过多年的中、小型无人机的试飞试验，形成了以嵌入式计算机为硬件核心、以自适应控制为算法的飞控体系。其实西方国家和俄罗斯的流程区别最大的就在这里。西方国家很大程度上放弃了传统的模态分段控制，



- 在战后无人机飞控技术的发展中，西方很大程度上放弃了传统的模态分段控制，无须再对不同飞行状态进行建模、参数辨识，而是采取了在线辨识，也就是说在飞行器飞行的过程中，通过在线辨识理论方法，控制器自己判断自身所处的状态、参数等，根据这些信息响应，切换不同的控制策略或控制参数

无须再对不同飞行状态进行建模、参数辨识，而是采取了在线辨识，也就是说在飞行器飞行的过程中，通过在线辨识理论方法，控制器自己判断自身所处的状态、参数等，根据这些信息响应切换不同的控制策略或控制参数。这种流派的优势在于系统体积小、重量轻，缩短了新型无人机的研发过程，智能性进一步增强；缺点在于需要较长时间的理论技术积累，且某种程度上无法证明全局系统稳定性。但无论怎样，以“在线辨识”为主导的飞控路线今天已经是无可争辩的主流，也是现代意义上无人机飞控的理论基础。

那么现代无人机的飞控究竟意味着什么？简单来说，这一技术由易到难基本分成三个层级：飞行、感知、交互。按照这种方式分类，目前的无人机基本只处于大约 1.5 级水平，但这已经是一个很了不起的成就了。为什么这么说呢？

道理是很直观的。第一级“飞行”，是指无人机在了解自身状态并进行稳定控制的基础上，可以通过地面人员遥控、移动端设置路线或远程指令完成预定航线的自动飞行，这是无人机飞行控制的入门阶段，这一级可以完成一些基本的任务了，比如空旷区域的远程侦察。这看起来似乎很简单，事情恐怕不是表面上的样子。以垂直起降无人机为例，这种空中机器人最大的控制特性就是其不稳定特性，类似用指尖平稳地托起一支筷子，必须不停地调整姿态、位置才得以平衡。人最快的反应速度大约每秒 5 次，而垂直起降无人机要想达到优秀的控制性能，需要每秒 300 次的感知和计算，任何一次的计算错误或计算中断的结果都是机器坠毁、任务停止。一套完整的飞控器件接近 1000 个，是一部复杂手机的几倍，从安卓手机到苹果手机，死机对于使用者仅仅是重启加一声叹息

的事，而对于无人机来说死机是无法接受的。这些部件首先要保证自身运转正常，其次相互之间的电气、通信要正常，组装后要经历各种测试、机体振动的冲击，最后要求忍受住风吹日晒及老化过程！难吗？难！想把“飞行”搞好，先要一套完善可扩展的硬件系统架构，具备强大的计算能力以及高带宽的总线通信能力；其次器件要根据飞行需求按照商业、工业、军工不同等级标准选择。在实时嵌入式操作系统上，构建具有自身及环境适应性强的控制算法；最后，在使用前进行温度、压力、振动、电磁兼容、飞行性能等全科目全产品检验。要飞好已经很难了，但这对人类的需求而言却远远不够。要将无人机应用在农业、物流、巡检等复杂环境怎么办？应用于更复杂的军事行动中又该怎么办。楼房能躲开吗？能找到合适降落地点吗？能在复杂的、瞬间变化的环境中将特定目

标识别出来并向其飞去吗？不行，必须升至第二级的“感知”。

感知层次是指无人机不仅了解自身状态，对外界环境也要通过传感器了如指掌。感知通过传感器选型、数字滤波、多传感器数据融合、基于感知的路径规划等技术，让无人机在复杂环境中完成任务且飞行自如。这听起来似乎也没什么大不了的。但问题在于，人类总喜欢用自己的标准衡量其他事物，在我们的思维里，变形金刚的能力应该是容易做到的。殊不知，人类经历了多少年的进化才有了今天丰富的感知和思维能力。人感知世界主要靠看，眼睛具有极高的分辨率、自动变焦、自动调焦、自动白平衡、自动光圈……各种自动，而目前无人机感知用到的传感器和计算能力比人的能力还差十万八千里。智能引入其他传感器，比如激光、声呐、雷达等，每种传感器的特性不同，需要将这些流



● 随着军用技术外溢，民用无人机系统才逐渐成熟

媒体、离散矩阵等结构化和非结构化数据归拢好形成合力，物理、数学、电子、电路等知识缺一不可。这很容易吗？恐怕不是。事实上，要让无人机的飞控做好“感知”也并非不可能，但先要针对应用场景的环境变量、复杂程度、精度要求、响应时间进行感知传感器的硬件选型和组合；其次进行数据的初步整理、深度数据融合；最后基于感知结果，以及飞行器的运动学和动力学特性进行任务、路径的规划。显然，这不可能是一蹴而就的事情，至少在目前的这个时间段里，我们能为无人机做的还很有限，这也是为什么我们说目前的无人机飞控基本只处于大约 1.5 级水平的原因所在。可以“飞”得好，但“感知”能力只处于初级水准，差强人意。进一步的问题在于，就算是无人机拥有了令人满意的“飞行”+“感知能力”，达到了 2.0 的级别，但飞控技术达到这种程度就足够了吗？当然不是。无人机为什么不能

“交互”呢？为什么不能在空中进行危险品的采样、输电线路损坏器件的维修更换、货物的自动抓取与运输呢？以交互为前提的任务自主才是无人机发展的终极目标。可要达到这种程度想想都难！交互是在感知的基础上，在了解了外界环境后，对环境中的目标进行交互作业的过程……不妨让我们脑洞大开一下，某天发生大面积停电，无人机通过巡查发现了一处输电线路破损，这时飞机伸出机械手，熟练地摘除废件、取出备件、更换和缠绕绝缘胶带、放回工具，飞回基地完成任务。看似不起眼的过程，却因为所有操作都在空中而异常艰难。我们都看到过在空间站上进行维修任务的航天员、水下作业的潜航员，他们的任何动作都非常困难，就是因为他们都处在悬浮状态，任何的力都会产生反作用力，导致定位、操作的不确定性。无人机空中交互也是，在于目标接触过程中，会产生反作用力，影响飞行平稳，而飞



行姿态的影响又会导致操作力的变化，进入一个恶性循环。要实现空中的有效交互，首先要在四季变化的环境下进行精确的预测性感知，判断在反作用力后系统的状态；其次要考虑通过整体建模或解耦控制消除操作臂本身运动过程对飞行器的影响；最后保证在操作臂与目标接触及移动过程中，外力/力矩对飞行器的影响最小，实现安全交互任务……

近些年，无人机领域经历了全球军备竞赛，民用无人机市场“千机大战”的格局，当下的无人机行业乱象丛生，对于投资人和创业者来说，无人机市场已经几近红海。然而由于一个“难”字，竖立起来的壁垒足够拔地参天，飞控的奥妙无疑是无人机行业的核心技术，这也是为什么在无人机创业的大潮中，虽然新兴的无人机企业如雨后春笋，但这些都 PPT 做得很漂亮的企业，大多熬不过第一轮“风投”的原因所在。事实上，虽然一些介绍飞行器制造的相关节目里，工程师们在说到飞控时，都会讲“这是整个系统最核心的部分”，但目前的大多数无人机创业公司的应用产品还是普遍将飞行器视为核心资产，所有的人力、财力、物力都围绕着飞行器本身转，预期通过无人机的使用愉悦人们心情或者在生产中创造价值。更直接一点来说，无论 PPT 渲染的概念卖弄着怎样的情怀，套路的实质都是将开源飞控直接商品化卖钱。然而，这现实吗？开源飞控直接商品化有着天然的基因缺陷：一是硬件器件未经可靠性、规模化验证。开源飞控的设计初衷是供极客们二次开发或者爱好者 DIY 的“半成品”，其硬件选型往往是用于移动终端或其他机器人的消费级器件，意在体现整体系统架构并控制较低成本，并未充分考虑温度、环境、

振动、批量供货等产品化过程；二是软件技术体系冗余严重、资源不足。出于通用性的考虑，目前开源飞控适配几乎所有类型的飞行器、通信协议中预留了大量负载字段、占用了几乎大部分系统资源等，这些特性会造成过度冗余的底层程序、控制策略、通信协议段、不足的内存及计算资源，后续的开发会持续处于“将就”的状态，造成产品不稳定。

结果，大量的资本“热钱”对于无人机市场（主要是消费级）的兴趣，只在短短的“瞬间”最亢奋，风刮得最厉害的时期是 2015 年的春天。那个时候，红杉资本、真格基金、创新工场、金沙江创投等，大量的资金进入无人机行业，在当时注册名称中直接含有无人机字样的中国公司，已有 474 家，近三年内成立的有 439 家，占比 93%，很多人开始



- 开源飞控的设计初衷是供极客们二次开发或者爱好者 DIY 的“半成品”

改行做无人机，到处挖人，到处是不切实际的商业计划。但十几个月以后，以消费级产品为主打的无人机行业就“负面”新闻不断，许多无人机项目失败，部分无人机厂商出现产品质量问题频出、内部管理混乱、出货靠刷单、拖欠供应商货款等问题。如今，初创期的无人机公司，基本上已经很少有投资人会看了。与这类只靠情怀支撑的（或许还要加上制作精美PPT的祖传手艺）无人机创业公司相比，几家知名的、风生水起的消费级无人机公司（比如“现象级”的大疆创新）则都是从自研飞控做起的。他们的核心技术团队都是将电容电阻逐个画到板子上、代码一行一行码到屏幕上。开发过程往往是模块化搭建的，比如先开发传感器采集、舵机/电动机控制，再调试独立通道从航向、转速、定高、俯仰、横滚等让飞行器稳定，随后是稳定悬停，到这里已经是成功一大步了，最后是航线飞行，可以按照设定航迹点自动飞行。这里看起来短短几行字，实际上却需要飞控工程师们至少要经历几年的时间，还得是一切顺利的情况下。自研飞控确实耗时耗力，但带来的好处是由于对硬件和软件的充分理解，后续的开发和改进会大大加速，遇到任何问题的改进速度也会大大加快。总而言之，“开源飞控”虽然由于丰富的生态，对于外在功能性需求响应较快，但“自研飞控”对于功能性定制更深入，对于系统性功能需求的开发周期其实更短，这就是竞争优势所在。也正是因为这些原因，前期的有效积累奠定了目前几个知名无人机公司的快速发展（该布局的都已经布局了），而不是在PPT中将“情怀”好高骛远地定位于任务层或是业务层。



- 对于无人机行业而言，飞控系统是当之无愧的系统核心

消费社会与大疆之路

受低空空域逐步开放的利好影响，消费级无人机市场在未来几年有望实现50%以上的增长速度，预计2020年，全球市场销量将达到433万架，市场规模预计达到259亿美元。而在这个庞大的市场里，大疆无人机的市场份额近90%，年销售额达100亿元。不仅如此，大疆仍在通过技术进步来拉升行业门槛，在短短几年内实现十几次的更新迭代，与其他竞争对手的距离逐渐拉大，形成了显著的竞争优势。2014年美

国《时代周刊》杂志发布了年度十大科技产品，其中，深圳大疆创新的大疆精灵 Phantom 2 Vision+ 入选，位列第三。2015年2月，美国权威商业杂志《快公司》评选出2015年十大消费类电子产品创新型公司，大疆创新科技有限公司是唯一一家中国本土企业，在谷歌、特斯拉之后位列第三。2017年6月，大疆创新入选《麻省理工科技评论》2017年度全球50大最聪明公司榜单。也正因为如此，作为一家创建于2006年的中国企业，大疆（深圳市大疆创新科技有限公司（DJI-Innovations,DJI））的崛起被视为一种现象级事件。它不仅仅在业内和圈内被人们所谈论，也引起了圈外世界的普遍关注，成了一种社会性现象。这就很有意思了。



● 大疆的“精灵”3 SE 消费级航拍无人机

大疆的崛起为什么是现象级的？作为无人飞行器控制系统及无人机解决方案的研发和生产商，这当然先要从大疆创新的核心竞争优势谈起。大疆自2008年开始申请专利，此后几乎每年都有专利申请，呈快速上升趋势，并在2013年之后达到申请高峰，仅2015年的申请量就为211件，可谓是厚积薄发。目前，大疆创新共有专利及专利申请560件，其中发明169件，实用新型274件，外观设计117件，同时大疆创新也有多件PCT申请，并进入美国、加拿大、欧洲、日本、韩国等国家和地区。截止到2017年3月，大疆创新的专利储备量高达1061项，保有48件全部有效的授权发明，并且还将有300余件发明专利在未来被授权，其数量比排在之后的所有竞争对手的总和还多。专利的数量无疑反映了“大疆”在技术上的投入力度，在结构部件和无人机控制方面具有较强的技术实力，但同时还需要看到的是，大疆创新还在专利布局方面进行了周密的部署，形成了发明、实用新型和外观设计的组合保护模式。其知识产权管理团队阵容彪悍，是聚集了众多精英的“多国部队”。既有毕业于美国常青藤名校的学生和来自美国知名律师事务所的律师，也有熟悉日本知识产权制度、具有丰富专利代理经验的专利代理人。在这样一个团队里，国际化、全球化是最鲜明的标签。公司的知识产权管理与整体运营紧密相连，贯穿始终。知识产权部门负责人直接参与到公司整体运营中，为大疆创新未来发展形成有力的支撑。专利的申请要经过整个团队认真的分析与布局，并依据相关技术的重要性及未来产品化的方向对它们进行分类分级，合理分配人力和财力，并实时监控潜在竞争对手的

专利布局情况，制定相应的应对措施，从而形成了大疆核心竞争优势的“倍增器”。这令大疆像博尔特起跑后 60 米那样加速，而对手们鉴于大疆的巨大优势，称“同行”们可能更恰当一点——望尘莫及。《连线》前主编克里斯·安德森于 2012 年创办的 3D Robotics，曾被福布斯称为“大疆的强大对手”，累计融资 1 亿美元，但在大疆推出精灵 4 并对精灵 3 大幅降价后不久，3D Robotics 就内外交困，不得不宣告结束消费级无人机

业务，拱手把美国的市场让给大疆……

- 大疆的“精灵”4 PRO 消费级航拍无人机



- 由大疆的“精灵”4 PRO 消费级航拍无人机拍摄的摄影佳作（作者：Manish Mamtani）



- 大疆的“精灵 4”ADVANCED 消费级航拍无人机

不过应该看到的是，大疆之所以能够崛起，除了本身在技术领域构建起了足够强大的核心竞争优势，以及技术壁垒足够高峻之外，也与把握住了消费社

会的脉搏密不可分。在传统的经济学观点中，人们对商品的需求分为刚性需求和弹性需求。具有刚性需求属性的商品销量不容易受到价格影响，大多为日常

消费品、家用耐耗品的一类商品。按照这一观点，消费级无人机显然不属于这一类。然而在另一种政治经济学的语境中，随着生产力的快速发展和社会结构巨大变化，新的消费观念和心里结构，冲击着传统的生活模式，形成了消费社会，认为物是消费社会的主体，物的丰盛是消费社会的前提。物的原有的实用性的自然功能开始隐退，而物的背后的象征性即符号性成了物的主要价值，人们的生活不再是被人包围的环境，而是物。这种形式反映出符号经济的特征，也就是说随着消费社会的产生，消费取代了生产的地位，成为支配着整个社会结构的存在之光。符号能够体现消费者的价值理念、购买心理、行为方式、社

会地位等，决定受众消费的已经不仅仅是物的原有的实用性，而是物的背后隐喻的符号属性。其间，电视、广告等大众传媒推动了消费物向消费符号的转化，潜移默化地引导了人们的需求和行为，迅速激发了当代人购买的欲望。那么在这样一个消费社会中，大疆的选择是什么呢？答案简单明了。2010年的“精灵2”就像iPhone重新定义手机一样，大获成功，将无人机的用户从航模发烧友扩大到了普罗大众。用无人机航拍成为一种时髦的生活方式，人们趋之若鹜，“大疆”等同于“无人机”的印象深入人心，“大疆帝国”崛起的现象级事件也由此出现……



● 大疆的“晓”SPARK 便携式消费级航拍无人机



• 大疆的“御” MAVIC AIR 便携式消费级航拍无人机



• 大疆的“御” MAVIC PRO 便携式消费级航拍无人机

- 由大疆的“御” MAVIC PRO 便携式消费级航拍无人机拍摄的佳作



干点儿更正经的事情

尽管大疆等同于“无人机”的印象深入人心，但人们对无人机的期盼却远不止一个“能飞的相机”，坚信它们还能用到很多正儿八经的事情上，而如此就涉及了一个全新领域——行业级无人机。警用无疑是军用无人机最直接的民用应用。美国边防巡逻已经开始使用无人机，海上反毒、反恐巡逻也已经使用无人机，但美国国内的警方也迫切希望开放无人机的使用。无人机尺寸较小，续航时间超长，不受地形视野限制，不易引起被监视对象的注意，携带的监控设备可以长时间提供稳定、高分辨率的实时视频，对反恐、反毒、反有组织犯罪、刑事调查、人群监控、大面积搜索等方面特别有用。2011年12月10日《洛杉矶时报》报道，北达科他州纳尔逊县的一个警官在搜寻6头走散的牛的时候，在一个农场上受到3个持枪人的威胁。警方立刻调动州警、特警和其他力量增援，同时呼叫海关用于边境巡逻的“捕食者B”无人机在空中监视现场，防止警察遭到伏击。“捕食者B”无人机在

3200米的空中徘徊，通过传回的实时视频，确认3个嫌疑人在某一时刻没有武装，警方乘机突入，一举逮捕了他们，避免了可能的恶性交火。这是美国历史上第一次有记载的无人机用于警察行动。

除了无武装的空中监视外，武装无人机也可用于特殊的警察行动。对于特别危险的暴力犯罪嫌疑分子，动用无人机进行空中定点杀伤是完全可能的。在特别危险的大规模动乱中，无人机可以用于对暴力人群的空中监控，这可以在实时掌握情况的同时，避免现场警察遇到危险。配备面容和体格特征的图形识别功能后，空中巡逻的无人机也可以在浩瀚人群中搜寻、识别追捕对象，这比通过固定的街头摄像头要有效得多。在其他警务方面，无人机还可以用于要人出行保护，在车队前巡视路线和经过的地区，掌握安全态势，预防意外。用于消防营救指挥的话，不仅可以避免交通堵塞而迅速赶到现场，现场实时监视火情和蔓延方向，还可以勘察人员逃生路线，确定疏散范围，指挥灭火和搜救。另外，居高临下的无人机还可以观察周

边大片地区，协助实时指挥消防车辆和救护车避开交通堵塞，及时进出火场。在野外搜救方面，无人机同样大有可为，可以迅速覆盖大片区域，有利于在搜救作业最宝贵的初期就发现线索。无人机的监控功能在城市交通监控、道路和公共场所停车管理方面也有大有可为，可以高效地监控大片区域。比如，用超低空巡飞的无人机拍摄车辆牌照和自动辨识按规定放在前风挡玻璃下的付费停车票据，可以在短时间里巡逻大片区域，保障按规定付费的合法停车者的权益，惩处非法停车或者超时停车。城管的市容巡逻当然也可以用无人机。另外，高速公路上超速驾车是一个传统的老鼠戏猫的游戏，但使用超长航时的无人机，可以保持长期稳定的游动监控，减少盲区，降低超速驾驶员的侥幸心理。在市政和土地管理方面，无人机测绘可以用于绘



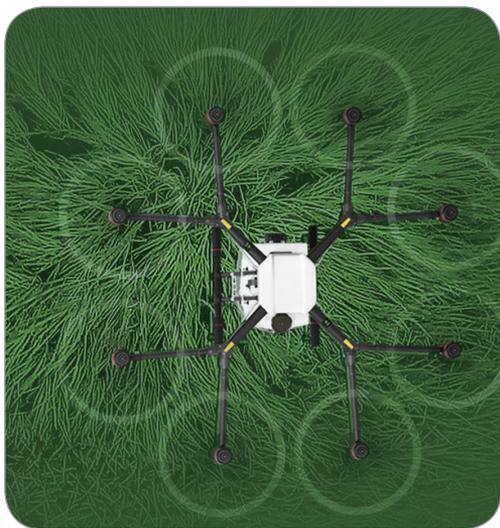
- 警用无疑是军用无人机最直接的民用应用

制高精度 3D 地图，或者用于监控土地使用许可，确保没有越界使用土地，或者建筑超高及其他不按城市规划的违规使用土地现象。这样的高精度 3D 地图更可以用于电子导航。

但无人机民用的最大领域或许是农



- 用低成本的微型无人机搭载简易的多光谱摄像机，容易实现农田的低成本、高频率、近实时的监测



● 无人机民用的最大领域或许是农用

用。在发达国家，农业已经高度机械化，农民甚至可以购买卫星照片，用于评估农作物成长和虫害情况。卫星照片和GPS相结合后，先进农业机械可以定点补施化肥、农药，可以定点浇水，避免浪费，也可保证高产稳产。但卫星照片毕竟成本较高，高分辨率照片尤其如此，时效也不够理想。用低成本的微型无人机搭载简易的多光谱摄像机，容易实现农田的低成本、高频率、近实时的监测，

随时掌握土壤、水分和农作物长势情况，确定播种、补种、浇水、施肥、喷洒农药的需要，或者在大型果园里监控每一棵果树的结果情况，便于组织有针对性的及时采摘。无人机不光可以用于监测，还可以直接用于空中施肥、喷洒农药。这样的无人机对于升限、速度、续航时间只有最低要求，只要能覆盖自家农场就够了，实际上就是大型模型飞机的技术要求，但数量要求会很大，据估计，这可能包括80%的民用无人机市场。就空管难题而言，这是在农民自己的土地上接近地面的空中，不涉及公共空域的飞行安全和公众隐私问题，比较容易实现。不光农民可以用无人机，牧民也可以用无人机监控牧群，或者在迁徙时探路，探察远方草场的水草情况，搜寻走散的牲畜。



● 对于矿山来说，尤其是露天矿坑，无人机还可以用于随时监测矿坑壁面和坡道的地质稳定情况，及时提醒相关人员维修和加强，在可能出现危险的时候，及时预警

勘探和采矿是另一个适合使用无人机的地方。用无人机在荒无人烟的地方实行航测航探，从多光谱到探地雷达，从磁场异常探测到重力异常探测，可以发现多种矿藏和其他资源，这当然是最自然的应用。开始开采时，用无人机测绘矿场矿坑的3D地图，指导开采作业，这是另一个自然的应用。传统上用光学摄像进行测绘，但激光雷达也开始用于精确测绘了。对于矿山来说，尤其是露天矿坑，无人机还可以用于随时监测矿坑壁面和坡道的地质稳定情况，及时提醒相关人员维修和加强，在可能出现危险的时候，及时预警。与采矿相近的一个应用是建筑和土木施工。高空吊装作业的时候，用无人机实行实时近距离环绕观察，有助于保障安全和精确作业。对于桥梁、高层建筑等高难度施工，一般的施工进度控制用普通照片就足够了，

但在空中从各个角度近距离而非接触的实时视频观察，可以更加准确地反映施工现场。即使在普遍采用计算机辅助设计的时代，由于制造或者安装错误，施工现场上构件或者管线对接不上的事情依然时不时出现。设计和技术人员直接爬到第一线调查和指导整改并不现实，牵涉到从外地外包预制件的情况更是如此。这时无人机就可以用于远程实时指导现场整改。无人机还可以随时检视施工现场的建材准备情况，规划建材运输路线，帮助及时调运建材，保证进度。涉及特大设备远程运输的时候，无人机更是可以沿路指挥交通，避开繁忙时段路段，降低对公众交通的干扰。无人机可以在短时间里覆盖大片区域，尤其是人迹罕至的遥远区域，这对公路、铁路、高压电线和油气管线的巡逻特别有用。千里铁路、公路、高压电线、管线，如



● 艺术家笔下未来用于战场运输的多用途无人机

果要人工巡逻的话,工作量很大。铁路、公路还好一点,输油输气管道和高压电线可能穿越崇山峻岭,步行都困难。这些场合用无人机巡逻特别合适,可以抵近检查设施完好情况和检漏。配备遥控机械手的话,无人机还可以对偏远的高压电线、油气管线进行简单维修。灯塔、微波中继塔、手机基站、各种无人值守监测站也是一样。化工厂、炼油厂和大型桥梁也可以用悬停接近的无人机进行近距离检查。环保监测也是类似的应用,无人机不仅可以在大片地区做一般监测,也可以对可疑地区重点监测。

相对于这些新应用,野生动物观察就是传统应用了。野生动物的习性研究、数量监控自然可以用无人机,反偷猎巡逻更是如此,配备夜视设备的无人机特别有用。同时,由于人类的刻意保护,一些野生动物过度繁殖,也需要及时监控和采取措施,避免另类生态破坏。另一方面,人类活动越来越逼近野生动物栖息地,使得人类活动与野生动物的互动也需要加强控制。野生动物栖息地不仅受到开垦活动的侵蚀,城郊居民区也在迅速渗入传统野生动物栖息地的边缘。事实上,山脚、林边、水际的宅居受到饱受拥挤城市之苦的人们的热烈追捧。这里不光空气清新,景色宜人,空间开阔,还便于休闲和户外运动,甚至可以与野生动物零距离接触。问题是野生动物毕竟是野生的,有的对人类有危险,在远足小径上遇到鹿、山羊、松鼠是惊喜,但遇到猞猁、狼甚至熊就不好玩了,有时必须出动有关部门主动驱赶。空中的野生动物巡逻可以及时监控和预警,既保护人类安全,也避免不必要的麻烦。举例来讲,英特尔就在用无人机保护北极熊和海洋。由于气候变化,栖息在北

纬 80° 的北极熊成了濒危野生动物。直到现在,搜索野生北极熊还是以直升机为主,然而直升机不但昂贵,而且在北极圈低温强风的情况下,直升机飞行也很困难。为了适应在北极圈的研究,英特尔加强了其无人机 Falcon 8+ 的性能,使其在低温环境下也可以正常运行,而且除了普通摄像机之外,Falcon 8+ 上还安装了热传感器相机,并与著名野生动物摄影师和环保人士合作,跟踪北极圈的北极熊社区。实践发现,无人机不但能有效侦查到北极熊,而且即使飞行在北极熊五十到一百米范围内,北极熊也不介意。因而利用这种方法可以开展各种新研究,比如跟踪北极熊繁殖、喂养、迁徙等。此项研究不仅能帮我们更了解北极熊,更有助于了解全球的气候变化。

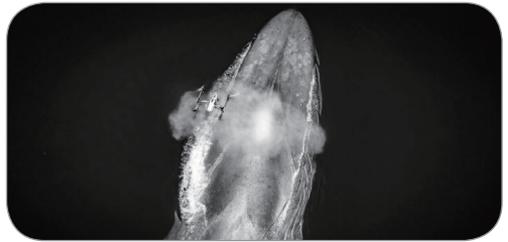
此外,英特尔联手世界公益组织 Parley for the Oceans 和世界海洋联盟,合作开展了 SnotBot 计划,通过提供人工智能和无人机技术,致力于分析鲸鱼健康、海洋环境以及最终造福人类的研究工作,从而共同保护与人类生存息息相关的海洋系统。英特尔利凭借 SnotBot——一个改装的无人机装置,用来收集鲸鱼的喷水、鼻涕以及鲸鱼浮上水面时呼气的声音。鲸鱼的喷水富含生物数据,包括 DNA、压力和怀孕激素、病毒、细菌和毒素等。研究人员只需要待在离鲸鱼较远的船上,确保不会惊扰到它们,然后 SnotBot 设备就可以把收集的样本准确无误地传递给船上的研究人员。SnotBot 所收集的样本中,有来自蓝鲸、泰国鲸鱼、灰鲸、驼背鲸和凶猛鲸的数据,这些数据可以实时评估鲸鱼及其所在海洋环境的健康状况。与英特尔的 SnotBot 计划类似,澳大利亚也在用无人机识别深海杀手,保护人类。澳大利亚著名的黄



- 无人机不但能有效侦察到北极熊，而且即使飞行在北极熊五十到一百米范围内，北极熊也不介意

金海岸是一个冲浪圣地。该地正计划使用人工智能无人机来警告人们鲨鱼的威胁，以免他们葬身鱼腹。在过去两年，该地区已经发生了14起鲨鱼袭击事件，导致两人死亡。经过一年的研发，一个新的“鲨鱼识别”项目于2017年9月正式启动。该项目会部署无人机飞到海域上方，把拍摄的影像传输到图像识别技术系统，从而确定海水里是否有鲨鱼。一旦得到确认，无人机就会发出警报，并能放下一个四人救生筏和通信设备，使游泳者可以寻求帮助。对于鲨鱼侦查，直升机有大约18%的准确率，飞机则只有12%，而据之前的报道，该智能无人机能达到90%的精确度。在气象观察方面，无人机用于台风眼和龙卷风眼追踪特别有用。强烈旋风的危害很大，但生成机理和预测依然有很多难题，实际进入风眼收集数据十分必要，但危险性也不言而喻，这是无人机不可替代的应用场合。重大化工事故、核电站事故、水坝事故等也是一样的情况，需要及时掌握情况，但派人进去又太危险。另外，在灾害性气候过后，有关当局需要迅速掌握受灾情况，组织灾后救援，在道路、桥梁、电力、通信很可能受损的情况下，无人机也有不可替代的作用。具有一定的吊挂能力的无人直升机甚至可以向被困地区运输急需的食品、药品、饮用水，或帐篷、毯子等自救装备。

令人感到兴奋的是，我们甚至可以利用无人机技术寻找走失的阿兹海默症患者。失智症，学名阿兹海默症，一直以来都被人称为“老年痴呆症”，正因为“痴呆”是这类患者的最明显的“特征”。这个带有贬义的称呼已经被专家们叫停使用，人们也渐渐能够正确客观地认识阿兹海默症。随着社会老龄化的



- 用来收集鲸鱼的喷水、鼻涕以及鲸鱼浮上水面时呼气的声音的 SnotBot 无人机装置

发展趋势，除了心血管疾病、糖尿病等慢性疾病以外，失智症也成了威胁老人生命和家庭完整的一大疾病。这个防不胜防的病恰恰是很多老人频频走失甚至遇到生命危险的“主谋”。传统的寻人方法依靠的大部分是运气，加上张贴寻人启事、人力搜寻，以及碰到好心人的帮助。国际非营利组织“代号生命救援”（Project Lifesaver）曾在林奇堡市进行了一款寻人无人机的试飞。这架新型无人机由 Lockheed Martin UVA 公司研发制造，并已达到了军用级别标准，机身内嵌入了 PL 研发的信号传输接收系统。

据了解，它相较于传统的寻人方法速度更快、搜寻范围更远，也更安全。在林奇堡市进行无人机试飞的PL工作人员，亦是前任警察的盖里·瑞诺兹说：“数据显示如果一个人失踪24小时以上，有50%的概率可以判断这个人要么严重受伤，要么已经死亡。”PL曾推出过生命手环，并在林奇堡市得到了广泛应用。据在当地警署工作了32年的托米·卡特介绍，他们曾经用这种手环在接到报案后8分钟之内搜救到了一位走失的老人。当时正是寒冷的冬天，这位老人却仅仅穿了件睡衣，站在路边。卡特说，如果不是这个手环，时间久点，她可能就已经被冻死了。这块病患可以随身佩戴的手环将会发射出特定信号。家人和警察发现失踪后，可以带上PL的天线和信号接收器进行搜救。在接收器上输入手环的编号后，便可以扫描搜寻周围圆形范

围内的手环信号。在探测到大致方位后，手环内的芯片会触发警报声，从而让搜救人员尽快找到患者。同样，寻人无人机的原理也是通过探测手环的信号发现走失的老人。这种类似“寻找iPhone”的功能，确实为寻人和搜救提供了更有效、更节约时间的方法。但是目前美国警方用的手持天线只能探测到方圆一英里的信号。寻人无人机的传感器通过升级后可以探测方圆5英里的信号。

近几年，国内有很多老人走失的案例，有不幸的老人昏倒或丧命路边，也有足够幸运被找回的。根据《2015年全球失智症报告》分析，“老年人如果患有失智症，那死亡率会高出许多。”世界各地的高龄老人的死亡率皆持续下降，老人平均寿命大幅增加，然而目前却无法判断失智症造成的死亡率是否会下降。PL的追踪手环自2002年开始被投入使

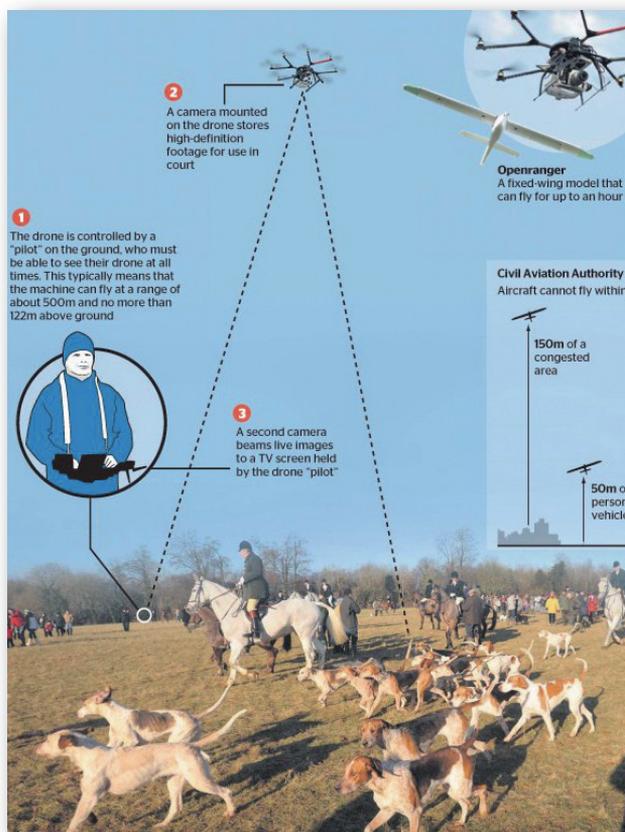
- 澳大利亚在用无人机识别深海杀手，保护人类



用,并在林奇堡市成功搜救了92位病患,用时最久的也仅是30分钟。目前,全球60岁以上的人口将近9亿人,2015年的失智症患者在亚洲有490万人,占全球总数的49%;全球每7秒钟就有一个人被确诊为失智症,而每4个人中就有一个中国人。面对走失老人,无人机技术将成为未来应用很广泛很有效率的寻人工具……事实上,除了特别危险和要求特别长巡航时间的情况,大多数无人机的应用都可以由有人机完成,但有人机有最小尺寸和重量的限制,需要训练有素的飞行员,安全要求较高,制造和使用成本较高,空管规则也更加严格。相比之下,高度自动化的微型无人机在很多方面就可以放宽要求。和军用无人机不同的是,大量的民用无人机应用在技术上没有多少难度,但可以拉动无人机的研发、制造、维修、运作、训练等行业,并带动相关的光电系统、数据链、地面站、机械手等技术服务。在无人机技术上,除了传统的固定翼无人机外,直升机形式的无人机将获得广泛应用,尤其是多旋翼的非常规直升机形式,这特别适合电力驱动。事实上,市政监测、农用、矿用等无人机应用对于速度、升限、航程都只有较低的要求,电力驱动环保、安静,便于使用、维修,正好是天然的驱动方式。民用行业级无人机具有广阔的发展前景,是一个非常值得关注的产业。

不只是贵一点——消费级无人机与工业级无人机的核心差别与技术门槛

消费级无人机市场已经兴起,并且据说将迅速进入饱和状态,但行业工业级无人机的应用范围更加广阔。就全球



- 英国动物保护部门已经开始采用无人机来防止非法猎杀

整体而言,相较于消费级无人机,工业级无人机的发展速度相对较慢,但依然处在一个较高的增长阶段。2016年,全球工业级无人机的销售规模为27.99亿美元。2017年,全球工业级无人机的销售规模为36.87亿美元。根据预测,全球行业级无人机的发展速度在几年内就将超过军用、消费级等无人机的发展速度,成为刺激各国经济发展的一个重要产业。按照这个趋势,结合对未来工业级无人机行业发展趋势的判断,预计到2023年,全球工业级无人机市场规模将超过300亿美元。2018-2023年行业年均复合增长率将维持在45%左右,美国



- 消费级无人机市场的火爆，并不代表行业级无人机技术也能为广大所熟知

FAA 批准的无人机商业用途高达 2000 多种，发展前景十分广阔。

虽然目前看来，限制工业级无人机发展的因素主要包含三块，一是技术方面，主要是电池的续航能力和飞机的有效载荷，以及配套产品的开发和系统集成，二是行业从业者的数量以及质量，三是配套法律和行业条例。硬件能力是限制工业级无人机发展的重要制约因素，就拿农业植保来说，目前主流的植保无人机的续航时间多为 20 分钟左右，有效载荷一般在 10~15 千克，这对于面积百

余亩的农田尚可，如果应用在超过千亩的范围就有些力不从心了。配套产品的开发和系统集成度不高，同样是阻碍工业级无人机实现产业爆发的因素。工业级无人机作为新兴产业，发展年限较短，还没有完成与多种行业的深度融合，很多配套设备和软件的研发尚处于萌芽阶段，难以形成高规模的系统集成。第二个制约因素是行业从业人员的缺失，工业级无人机产业兴起至今不超过十年，还没有形成较为系统的工业级无人机教育培训机制，这导致行业从业者不论从



- 消费级无人机市场已经兴起，并且据说将迅速进入饱和状态，但工业级无人机的应用范围更加广阔



- 无人机系统的探讨永远不能脱离对需求本身的探讨，无人机产品、系统设计一旦脱离需求，就只是实现了我们自己心里的产品，而不是“完成任务”的机器人

数量还是质量上都无法满足产业需求，某些地区还因为从业人员素质低下而屡次出现“黑飞干扰民航”现象，这都是人员素质不足的表现，很大程度上制约了工业级无人机的产业发展。最后的制约因素是法律法规的完善和行业条例的颁布与执行。这一点各位应该比较熟悉，从近年来不断发生的“黑飞”事件就能看出法律法规的缺失和行业监管的不到位。虽然有诸多限制因素，但随着技术研发的进步和政策法规的不断完善，发展瓶颈在几年内势必被打破，届时工业级无人机将犹如入海的蛟龙，市场形态和规模也将发生翻天覆地的变化。

在不远的未来，在行业需求的主导下，无人机产业将变得比现在更加庞大而复杂，想要在这一领域内获得市场地位就需要充分提升行业理解力。那么摆在当前的一个问题就是，消费级无人机与行业级无人机的核心差别与技术门槛究竟在哪里？虽然“大疆创新”的老总汪滔，曾以如今少见的理想主义色彩向

全世界宣称：“消费级并不意味着价格低廉却品质粗糙，相反是既便宜又非常好。”这样的豪言不仅仅是一种情怀。今天，一块集成了陀螺仪等多种传感器的芯片，成本只有3美元，而这些传感器10年前是价格高达10万美元的机械设备，体积相当于从午餐盒到小冰箱不等。所以伴随着电子器件成本的降低与硬件功能的提升，带来了消费级无人机市场的火爆，但并不代表工业级无人机技术也能为大众所熟知。消费者希望买到“最好的产品”，而行业用户希望买到“最合适的产品”。所以消费市场往往会出现爆款，而行业客户的个性化需求较多，厂商只要详细了解用户的需求和痛点，就更容易生产出差异化的产品，不太会出现一种产品打天下的局面。在这个人工智能兴起的时代，无人机是一个快速发展的行业，许多定义还没有确定。但是关于消费级和工业级上的划分，大家还是有一个比较公认的粗略判断：工业级产品要比消费级产品在某个数量



- 消费者希望买到“最好的产品”，而行业用户希望买到“最合适的产品”

级上更强大、更可靠、更高效，而不仅仅是“贵”一点的问题。举个例子：如果你要给你家的花园松松土，那么买个铲子就行；但如果你要挖个湖，可能需要搞台挖掘机。这就是消费级与工业级在直观上的差距。

需求上的差距，导致工业级产品比消费级产品有着更高的技术门槛，新技术、新材料也往往在工业级产品上得到验证与广泛应用，再涓滴到消费级产品领域。你拿出自己的手机，里面从移动通信技术、定位导航到光学镜片、锂电池等，一部智能手机几乎就是一部近现代军用级/工业级产品技术向消费级产品涓滴迁移的过程。所以从无人机角度来看，国内多数受众从媒体那接触到的主要是消费级无人机，例如著名的“会飞的照相机”。“消费级”的定位就决定了这类产品对新技术、新材料的应用较少，升级迭代也主要集中在对成熟工业级产品技术的迁移与用户反馈调整等。因此，有个很典型的分界线：消费级产

品公司和工业级产品公司都有所谓“研发”部门。但是消费级产品公司的“研发”部门更像具有一定学科背景的“甲方”，他们的日常工作以和核心元器件商、方案商、技术支持商、生产厂商的沟通为主，目的是为了快速将已成熟的技术和材料导入到量产中。这些丰富的外部资源可以为消费级产品公司提供大量成熟的技术方案支持，让这些公司将更多的资源倾斜至销售、渠道、公关、广告等领域。多数智能手机与无人机公司都是这种结构。然而对于工业级产品的公司来说，形势就严峻得多了。在他们这个技术层级上，可寻求的外部资源不多，愿意合作的公司更少。工业级产品的客户对营销不“感冒”，他们更在乎赤裸裸的参数，手上没有独门绝技，是很难在这个领域生存的。独立设计、定制核心元器件毫不稀奇，强悍的专业级用户还能够实现新材料的自主研发，部分用户甚至有全套的拟真测试系统。所以从技术门槛来说，消费级产品公司主要解决“好不好吃”的问题，而工业级产品公司主要解决“能不能吃”的问题。

无人机系统的探讨永远不能脱离对需求本身的探讨，无人机产品、系统设计一旦脱离需求，就只是实现了我们自己心里的产品，而不是“完成任务”的机器人。这一点在大疆与他名不见经传的对手“极飞”，在农业植保机领域的“战争”最能说明问题。至2017年底销售额过180亿美元之后，大疆成为全球无人机及飞行影像系统的领军者，以连续多年增长翻番的业绩，构建了消费级无人机的统治性王朝。但是受困于禁飞令，消费级市场增长已然放缓，无人机向细分行业发展，从以航拍为主的消费级市场转战行业或是准行业级市场是必然趋



- 消费级与行业级，两类无人机的核心差别与技术门槛最主要的体现是在任务需求上

势。对于可能媲美航拍领域、最有前景的农业领域，大疆 2015 年发力投入。为了更大的商业愿景和公司估值，“独角兽”大疆必须要走好这一步。但是它遇到了极飞农业无人机的顽强抵抗。两家农业无人机采取了不同的设计思路。大疆直接沿用消费级市场思路，注重飞手操控飞机喷洒农药；而极飞在研究了农业实际情况后，力推飞机自主飞行，通过一种叫 RTK 的（类似于 GPS）信号装置，设置好路线后，让无人机实现“傻瓜式”飞行喷药，减少人为因素，更加注重打药效果的标准化。比如极飞无人机喷药飞行时，设置了飞行速度为每秒 6 米，

再想提速很难。而大疆无人机可以轻松飞到每秒 12 米。农民的希望是飞慢一些，以便药水稳稳洒到农作物上。可是这一普遍需求好像从未传导到大疆农业无人机决策的中枢神经系统里。甚至还有大疆无人机区域经理，“连水稻都不认识，只管收钱发货”的段子。结果经过 2017 年一年的厮杀，现在，极飞成为农业无人机细分行业口碑公认第一，超过了“大疆”。这是大疆所向披靡的“神话”首次遭受现实重拳，也是体现消费级无人机与工业级无人机间差别的一个活生生例子。



- 大疆的 MG-1 系列植保机



● 大疆的 MG-1 系列植保机

事实上，两类无人机的核心差别与技术门槛最主要的体现是在任务需求上。或者说是由任务需求决定的，表现形式千差万别。比如任务环境、任务要求、任务成本等方面。就任务环境而言，消费级无人机对机身材料、旋翼材料、电子舱材料（如果有电子舱外置）的需求并不是非常明显（请注意，不是没有区别）。但是对于工业级无人机往往很注重材料，因为应用环境与消费级无人机差别很大。大家比较熟悉的农业应用方面，在面对潮湿、降雨、高温、高日照强等环境时，不同材料对系统工作性能影响很大。而这些环境的影响都会体现在材料要求上。任务环境对无人机系统的影响是方方面面的，包括控制方式，硬件选择，动力结构等。就任务要求而言，同样消费级无人机

涉及的任务对系统精度、速度、数据的实时性、控制算法性能等方面的要求与某些行业应用不可同日而语。比如海军舰艇上的无人机起降，和平地环境下相差很多。地下车库的高速壁障飞行（MIT前一段时间还有对应成果）对控制算法飞行包络要求也会不同；就任务成本而言，任务环境和任务要求方面的显著区别，足以导致消费级无人机与工业级无人机的任务成本间产生断崖式的差异，这种区别意味着一旦出事，工业级无人机的所有者付出会大很多。会导致对系统功能、制作工艺、某项功能的指标（比如图像传输距离）等要求都不一样。如用于电力巡线的工业级无人机不但为了保证可靠性会设计有更多冗余的动力系统，而且还要考虑复杂的电磁兼容性问题，这都是技术难点和额外的成本。不过也需要看到的是，工业级无人机拥有远比消费级无人机更高的技术门槛，但这个技术门槛究竟高到什么程度却难以界定。毕竟无人机行业应用的重要内容是与行业需求对接，与行业本身的技术设备、技术要求等对接，这些都会形成不同的门槛。因此没有无人机可以适用于所

● 中国研制的航空磁测无人机



有任务，又怎么会有相同的门槛呢？重要的是找准应用行业的需求本质，量化到技术层面，从而将把潜在的需求变为现实的市场。

“写实派”的机器人空战——民用技术对现代军用无人机的反哺

战争永远是技术的第一牵引力。“当你环顾现代化居室里装配的那些在近乎恐惧中诞生，经过数不胜数的炮弹、炸药、枪击的洗礼，然后由产业变革带给人们的家用设备时，显而易见的是，我们在相当程度上应当有感恩之心，这是人类为生存必须付出的代价。”曾有人这样评价战争因素对技术推动的积极价值。事实上，由于贪婪和攻击的本性使然，人类无可避免地总会发动战争。然而战争的结果却不仅仅是毁灭，还有毁灭之后的浴火重生。毕竟从心理学角度来讲，人类的进攻性和人类的创造性原本是一对冤家，它们像双胞胎，邪恶与创造性冲动共生。正是人类对战争的需求，人类对冲突的狂热，戏剧性地催生了许多正面的东西。换言之，人类在战场上遭受的各种磨难，反过来在相当程度上促进了人类文明。如此想来，“战争的果实：甜果或苦果？”的命题，都可以倒置为“科技的果实：战争或和平？”，对后者的回应，大概永远不会有一个简单的答案，一如这一问题不会出自如此简单的头脑。军用无人机技术或许就是这样，作为一种特殊的“行业用途”，在军用技术的外溢令民用无人机系统逐渐成熟起来后，技术的发展又反过来对军用无人机的发展进行了反哺。那么，今天的军用级无人机已经发展到了什么程度？它们又引起了哪些让人意想不到的变化？这无疑是一个令人感兴趣的话



● 战争永远是技术的第一牵引力



● 美国海军现役的 MQ-8B “火力侦察兵” 无人武装直升机



- 在民用技术的反哺下，无人机技术的军事应用是个有意思的话题



- 在军用技术的外溢令民用无人机系统逐渐成熟起来后，技术的发展又反过来对军用无人机的发展进行了反哺

题。

现在，全球共有 50 多个国家的军队使用各类无人机（美国军队拥有全球最庞大的无人机群，总共有 18 种不同型号的无人机在军队中服役），它们形态、尺寸各异，既可小到类似《007》电影中匪夷所思的小道具，也能大到与现役大型民航比肩。这些无人机大部分用以执行侦察、巡逻、情报收集和目标指示等支援性任务，美国的“全球鹰”战略无人机可算得上其中的翘楚，它的升限高

达 20500 米，实用升限 18000 米，航程和滞空时间也非常突出，比如它能不停留地从美国西海岸直飞澳大利亚。不过，在目前进行的军事行动中，以“收割者”为代表的武装攻击型无人机却成了更受关注的角色——这是一些翼展可与 A-10 攻击机或海军陆战队的 AV-8B 飞机相媲美的大型无人机。然而，“收割者”虽然在体积上已经相当可观，但它们只能在远程遥控下参与作战，通过卫星通信链路，实际上在很大程度上仍然要靠人工的手动操纵。驾驶员和传感器操作员并排坐在类似战斗机座舱的操作台内，一切都和驾驶真正飞机没什么两样。驾驶员面前的操纵杆控制着无人机在空中的动作，操纵杆上的红色按钮则用以触发飞机携带的弹药，脚下的节流阀掌控着飞机的速度，旁边的传感器操作员则时刻关注着任务地图等相关信息，以协助驾驶员完成操纵。两人的面前则是数十台计算机显示屏，最中间的两台提供无人机机鼻部位安装的高分辨率摄像头传回的实时图像，其他显示屏则显示着任务相关信息，比如巡逻空域卫星照片，实时接收到的作战指令等。所以虽然这些无人攻击机的驾驶员们距离他们所控制的无人攻击机近万千米，同地面部队相比，他们所受的威胁也几乎为零，每天的工作和上班族一样，但他们的战场参与感仍非常强烈，出任务时看着眼前瞬息万变的战场情况，感觉自己也身处前线。也正因为如此，目前这些已经参与实战的无人攻击机，实质上相当于将驾驶舱留在地面上的有人驾驶飞机，飞行员仍然是要参与飞机全程操控的。作战效能与传统有人驾驶飞机相比，不但没有显著提高，甚至由于无人机机组往往要比载人飞机飞行员花上更多时间观

- “全球鹰”战略无人机升限高达 20500 米，实用升限 18000 米，航程和滞空时间也非常突出，能不停留地从美国西海岸直飞澳大利亚



察、监视预定目标还有所降低。

这一点通过统计美国空军无人机在阿富汗战场上的开火记录也可以看出些端倪。在 2016、2017 两年时间里，美军的无人攻击机据介绍共完成了 4722 个飞行小时，600 余次作战任务，然而只完成了 365 次攻击发射，也就是说平均两天才有一次，综合飞行架次和时数，每架无人机在任务途中只有 2.5% 的机会发射弹药。更何况，除了人工远程遥控手段的低效性外，这些无人机机体本身还有明显的弱点，如机体设计过时，隐身能力不足，飞行速度低，续航能力有限，容易被地面的防空火力击中等。虽然现在美军现役“收割者”这类无人机所处的战场环境仍不算恶劣，毕竟游击队性质的恐怖分子并没有什么真正意义上的防空手段，但一旦遭遇更强大的对手，特别是在与具备体系对抗能力的大国爆发冲突的战场环境中，以“掠食者”“收割者”为代表的第一代实用型无人攻击机是否还具备作战价值就很成问题了（在俄罗斯与格鲁吉亚爆发的短暂冲突中，就传出格方多达 7 架无人机

遭击落的消息，这也从一个侧面表明无人机并非适合所有战争，“掠食者”“收割者”这样的无人攻击机显然无法取代有人战机和巡航导弹的作战效能，至多只能是一种在政治上较为有利的辅助性军事打击手段）。所以尽管在全球的局部战场上，越来越多的无人机为我们勾勒出了一幅机器人战争的未来派画卷，但与 20 世纪 70、80 年代就提出的“星球大战”计划中的激光、定向能等未来武器相比，无论在起降方式、气动外形、推进方式和杀伤机理等方面，目前的无人攻击机都未摆脱现在载人飞机的窠臼——空中机器人战争的写实派画面未免让人有些失望。

不过即便如此，今天无人机在军事领域引起的变革也足够引人注目了。对此，我们只需看一看军舰的甲板便一目了然。21 世纪的今天，任何一艘排水量超过四千吨的军舰几乎都配有航空甲板，绝大多数的军舰都配备有直升机机库，这是一个航空兵与海军舰船密不可分时代。通常情况下，战舰会携带一到两架直升机，而直升机的主要任务是



- 正在“独立”级濒海战斗舰上准备降落的MQ-8B无人直升机，该舰可以携带5架MQ-8B无人直升机



- 美国海军装备的RQ-8A无人侦察直升机

反潜和搜救，有时直升机也经常被用于反海盗和运输任务。然而，越来越多的国家开始倾向用无人机代替之前的传统直升机执行任务，这是为什么呢？首先，相同作用的无人机会比载人直升机更节省空间，以MQ-8无人机和美国常用的MH-60直升机相比较，两者的战斗任务



- 美国海军阿利·伯克级驱逐舰装备的MQ-8C无人直升机

基本相似，都可以挂载设备进行水面、水下侦查工作，甚至可以配备轻型导弹或者鱼雷对目标发起攻击。但是MQ-8的体型仅仅只有MH-60的一半，这代表着，一个用于存放MH-60的机库可以装备两架MQ-8。与此同时，MQ-8本身的滞空时间是MH-60的数倍之久，这意味

- 从军舰甲板弹射起飞的扫描鹰无人机



着装备 MQ-8 无人机的军舰有着更大的战术选择性。电影《红海行动》中，中国的一艘 054A 护卫舰就放飞了一架挂载武器的无人机。事实上，各国海军也都希望给无人机上挂载武器，在舰炮射程外有效支援地面部队，尤其是特种部队的作战。以濒海战斗舰为例，两栖特种作战坞舱配合 MQ-8 无人机联合作战。MQ-8 无人机可以挂载海尔法导弹或火箭弹打击地面目标，配合特种部队的渗透作战，这有效解决了濒海战斗舰舰炮口径过小，支援半径过小的劣势。

除了大型的舰载无人直升机，美军还装备了一种弹射发射的超轻型无人机——扫描鹰无人机，该固定翼无人机的重量仅仅只有 20 千克，一艘驱逐舰可以携带数架甚至数十架扫描鹰无人机。这种无人机使用舰载轻型弹射器发射升空，可以在目标上空盘旋 15 小时之久，并使用阻拦器回收。这与 MQ-8 这种无人机定位不同，扫描鹰无人机主要用于对地和水面光学检测，以及战场监控和侦察任务。在阿富汗，扫描鹰无人机常被用于指引近距离空中支援，或为部队提供前方侦测数据。很显然，扫描鹰无

人机如此之小的体型，是不足以挂载导弹直接发起攻击的。另一方面，扫描鹰无人机可以作为数据链中继节点使用，在战时卫星网络受干扰或被摧毁时，几架升空的扫描鹰无人机可以通过数据链联系整支舰队，或者链接地面部队和水面舰艇。一些军舰还会搭载超轻型旋翼直升机，最常见的是各国海警舰船上所搭载的多旋翼无人直升机，这些无人机与民用的无人机区别不大。但是这些无人机最大的好处在于，上舰无须过多改装，就可以直接使用。通常而言，这一类的超轻型无人机不承担作战任务，而是主要用于反走私、反海盗作战，大大节约了经费。同时，超轻型多旋翼直升机可与固定翼轻型舰载机配合使用，少量的固定翼无人机进行大范围海域巡视，发现可疑舰船之后，再出动滞空时间较短的多旋翼无人机，而多旋翼无人机又可以悬浮在目标舰船的附近，如此联合使用，能收获比载人直升机更好的效果。总体而言，至少在可见的一段时间里，军舰甲板上的直升机将首先逐渐被无人机取代是一个趋势，固定翼飞机也可能步其后尘，无人机统治海空的时代来了。



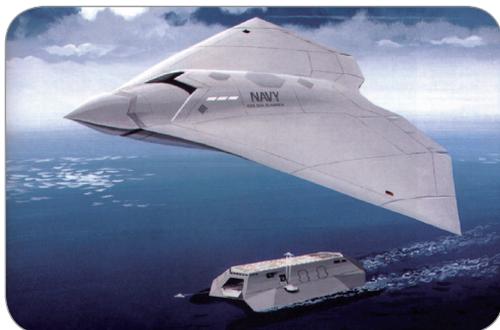
- 2011年8月，一架F/A-18D战斗机验证了无人操纵自主着舰技术



- X-47B的成功上舰标志着在航母上部署UCAV无人机成为可能

一场有意思的“翻身仗”

虽然用“未来派”的眼光看来，以“收割者”为代表的现代军用武装无人机只是一些粗陋的技术，但这样的技术却足以在人类的军事活动中兴风作浪了。比如美国陆军最近便打了一场有意思的“翻身仗”。虽说站在“无人战场”的时代门槛上，美国陆军采购一些武装无人机似乎理所当然。哪怕是将其纳入陆航旅，与“阿帕奇”武装直升机进行混编也不值得大惊小怪。但站在美国空军的角度来讲，事情却不那么简单了，业内的观察家们更是直言此事非比寻常……这就使武装无人机对于美国陆航成了一个充



- 今天无人机在军事领域引起的变革已经足够引人注目了

满隐喻的技术存在。今天的美国陆航（United States Army Aviation Branch），其前身是1942年6月6日在炮兵建制内成立的战术航空兵分队，主要装备轻型飞机，执行侦察和校射任务。这也就意味着在历史渊源上，美国陆航与美国空军（U.S. Air Force）没有什么瓜葛，后者的起源可以追溯到1907年8月1日，在1926年7月2日和1941年6月20日，先后被称为美国陆军航空兵团（United States Army Air Corps）和美国陆军航空



- 武装无人机的兴起，在不断改变着战争形态的同时，也在不断刷新着人们的认知，替代有人驾驶固定翼强击机的角色或许就是其中之一

队（United States Army Air Forces），并在美国参战后被实际给予了完全自治的地位，直至 1947 年 9 月 18 日从陆军彻底独立出来，成为与之平起平坐的军种。不过，没有历史渊源上的瓜葛，并不意味着就没有历史上的恩怨，至于这其中的原因非常简单——为了与陆军彻底划清界限，美国空军在独立伊始，便将所有战术空军资源划归防空司令部和战术空军司令部，并在 1948 年干脆以立法的形式，剥夺了陆军借助任何名义的战术航空兵机构，继续使用武装固定翼飞机

的权利。

1948 年的基维斯特协议规定，美国陆军不得涉及武装固定翼飞机的设计、采购和部署，但军种间的隔阂，又令美国陆军对空军所提供的近距离空中支援“服务”并不放心，掌握自己的战术航空兵力量是必然的选择。在这种情况下，由于只有直升机是一个法律没有明确规定的例外，于是经历了一番军种斗争之后在陆军落户，作为武装固定翼飞机的替代品加以重点打造。不过问题在于，美国陆军需要的是对起降条件适应性好、



- 美国陆军一直在怀念空军独立出去之前拥有武装固定翼飞机的好日子，现在总算可以通过武装无人机了却多年夙愿

适合低空低速飞行、火力强、机动性好、装甲厚的现代伊尔-2强击机，要用直升机的构型来实现固定翼飞机的战术性能并不容易。以洛克希德公司在1960年研发的AH-56“夏延人”武装直升机为例。这是人类历史上第一种在速度、航程和载弹量等主要性能指标上，与同级别固定翼飞机全面看齐的直升机作品。为此不但最大起飞重量高达13,600千克，以保证2.8吨的载弹量，而且还采用了奇特的刚性旋翼技术方案——高速前飞状态是旋翼机模式，低速、悬停和起降时才是直升机模式，这使其最高速度达到了407千米/小时（AH-64“阿帕奇”武装直升机只有260千米/小时），续航能力更是高达2000千米。不过，或许在纸面性能上“夏延人”足以与同级别的固定翼飞机比肩，但理想与现实却并不总是一码事，由于直升机模式与旋翼机模式间的转换过渡存在难以解决的技术问题，接连的机毁人亡令AH-56“夏延人”成了一个虎头蛇尾的故事……

作为技术强行拔高的产物，AH-56“夏延人”的失败实属情理之中，美国陆军对此并非没有心理上的准备，这表现为两条腿走路的政策。一边耕种好自家的“自留地”，在武装直升机的宽泛领域内进行着不惜血本的技术投资；一边又在概念模糊的边缘地带，以各种方式试探着武装固定翼飞机这一问题的政治底线。比如从1950年后期开始，美国陆军人员的身影就不断出现在诺斯罗普N-156F、菲亚特G-91、道格拉斯A4D“天鹰”、霍克P.1127“雀鹰”(Kestrel)这些固定翼攻击机的研发阶段，一些原型机甚至还被涂上了陆军的机徽，由陆军试飞员在拉克堡陆军基地进行了试飞。不过，这些小动作很快引起了空军方面

的激烈反应，以直到1965年，在空军的压力下，国会再次以法案的形式重申，“陆军必须放弃装备固定翼作战飞机的所有权利”。虽然这并不是说，美国陆军对于重新拥有武装固定翼飞机的努力



• AH-56“夏延人”的例子表明，要用直升机的构型来实现固定翼飞机的战术性能并不容易

就是毫无成果的。比如通过对格鲁曼 OV-1“莫霍克”战场监视飞机进行技术升级，陆军不但打破了只能装备空重低于 2270 千克的固定翼飞机的限制，而且获得了一些 JOV-1A 和 JOV-1C，这些武装版本的“莫霍克”理论上可以挂载从 XM14 (SUU-12) 12.7 毫米勃朗宁机枪吊舱、LAU-10/A 127 毫米“祖尼”火箭巢、445 千克 Mk79 凝固汽油弹到“响尾蛇”空空导弹在内的大量“自卫性武器”……越战中 JOV-1A、JOV-1C 经常挂载发烟火箭和“用于自卫”的攻击性武器出任务，空军对此咬牙切齿，甚至要求格鲁曼公司删除其宣传册上关于“莫霍克”攻击能力的描述。然而即便如此，“武装莫霍克”之类的擦边球并不能从根本上解决问题，无论是载弹量还是战场生存能力，或是对精确制导弹药的使用，它们都与真正意义上的战场支援飞机相距甚远，难以适应核背景下的高强度机械化战争。

获得武装固定翼飞机的尝试一再受挫，冷战中的 1970~1980 年，美国陆军只得将重心再次放回武装直升机的领域中去寻求突破，可最终的结果却要两说。一方面，作为先进攻击直升机 (Advanced Attack Helicopter, AAH) 计划的产物，休斯的 AH-64“阿帕奇”武装直升机最终成了一个经典，从这个角度来讲是成功的。但在另一方面，作为一种用于近距离空中支援的作战平台，AH-64“阿帕奇”武装直升机在主要性能上仍然没能达到固定翼飞机的水准，从这个角度来讲又是失败的。对此，同时期费尔柴尔德公司为美国空军研制的 A-10“雷电”攻击机是一个极好的比较对象。A-10“雷电”攻击机与 AH-64“阿帕奇”武装直升机，都是为了对付中欧平原上漫山遍



- 从 1950 年后期开始，美国陆军人员的身影就不断出现在诺斯罗普 N-156F、菲亚特 G-91、道格拉斯 A4D“天鹰”、霍克 P.1127“雀鹰”(Kestrel) 这些固定翼攻击机的研发阶段



- “武装莫霍克”之类的擦边球并不能从根本上解决问题。无论是载弹量还是战场生存能力，或是对精确制导弹药的使用，它们都与真正意义上的战场支援飞机相距甚远

野的苏联装甲集群准备的“坦克开罐器”，主要用来攻击坦克群、战场上的活动目标及重要的火力设施，为地面部队扫除障碍。在战术意图上来讲两者是完全一致的，但从防护力、反装甲及对面状目标攻击力、目标搜索能力、短距起降、高出动率与低维修费用，到地勤的可维

护性、生产的便利性，A-10“雷电”攻击机都对“阿帕奇”成碾压之势。举例来讲，A-10“雷电”攻击机全机装甲重达 1,315 千克，可抵挡 23 毫米穿甲弹的打击，最大外挂载荷 7,258 千克，仅仅这两项之和就相当于“阿帕奇”武装直升机的最大起飞重量。另外 A-10“雷电”攻击机低空机动性极佳，而且能从前线机场 300 米长的跑道上起飞，并可在距机场 463 千米之外连续作战两个小时，而这个距离却已经超过了“阿帕奇”武装直升机的最大作战半径，这意味着不但在战场效能上 A-10“雷电”攻击机拥

有压倒性优势，作战灵活性也要远远优于武装直升机。更为讽刺的是，在 1982 年，一架 A-10“雷电”攻击机的采购单价是 720 万美元，而同时期一架“阿帕奇”武装直升机的采购单价却高达 1120 万美元，2 架“阿帕奇”武装直升机的价钱可以购买 3 架 A-10“雷电”攻击机。

当然，出于自尊，陆军不会承认“阿帕奇”与“雷电”之间的巨大差异，而且一有机会便要大肆吹嘘“阿帕奇”武装直升机是如同“空中坦克”般存在，可有时不经意间的举动却还是出卖了他们的内心。1989 年，美国空军曾计划退



● 预生产型的 A-10“雷电”攻击机于 1975 年 2 月首次试飞，10 月 21 日首架生产型飞机开始试飞，同年开始装备空军

● A-10“雷电”攻击机的设计很好地贯彻了武器平台思想，是一架在火力、低空机动和战场生存性三大性能上十分均衡，而且经久耐用的近距离支援飞机





- A-10“雷电”攻击机的最大载弹量与其自身重量很不相称，具有惊人的载荷能力



- 在1982年，一架A-10“雷电”攻击机的采购单价是720万美元，而同时期一架“阿帕奇”武装直升机的采购单价却高达1120万美元，2架“阿帕奇”武装直升机的价钱可以购买3架A-10“雷电”攻击机



役所有的 A-10“雷电”攻击机，以 F-16 战斗机的对地攻击型号 A-16 取而代之，但陆军得知这一消息后，马上威胁说 1948 年禁止陆军装备固定翼作战飞机的《基维斯特协议》已经过时，USAF 应该把 A-10“雷电”攻击机转让给陆军……虽然美国陆军获得 A-10“雷电”攻击机的尝试最终不了了之，但陆军对“雷电”的觊觎却让人们意识到，即便拥有了“阿帕奇”武装直升机，陆军的武装固定翼飞机情结也仍然挥之不去。更何况，美国空军抛弃 A-10“雷电”攻击机只是时间问题。在内心深处，美国空军青睐的是 F-16 或 F-15E 那样的高速多用途战斗机，对于 A-10“雷电”攻击机这样的低空慢速飞机从心底就是排斥的，甚至干脆认为这种纯粹为陆军制造的飞机挤占了自己宝贵的资源，这就可以解释为什么在 A-10“雷电”攻击机之后，美国空军迄今没有提出任何后续计划，甚至对 A-10“雷电”攻击机的技术升级也始终是一种不冷不热的态度。也正因为如

此，随着现有 A-10“雷电”攻击机机队的老化（美国空军的态度是用完为止），美国陆军迟早会失去“雷电”的庇护，但固定翼飞机提供的近距离空中支援能力却又不是武装直升机可以弥补的。有意思的是，虽然表面看来，美国陆军即将陷入一场“近距离空中支援”危机，但武装无人机的异军突起却令事情走向了一个“拐点”。举例来讲，自 2004 年开始被美国陆军大量采购，由 MQ-1“捕食者”发展而来的 MQ-1C“灰鹰”武装无人机具有 4 个挂架，可以挂载 4 枚“地狱火”反坦克导弹或是 8 枚“毒刺”空对空导弹，在长度和翼展上已经接近二战时期的螺旋桨战斗机，这显然代表了一种可怕的技术潜力。更微妙的是，与直升机一样，无论是 1948 年的《基维斯特协议》，还是 1965 年的国会法案，武装无人机都是一个法律没有明确规定的例外，这意味着在历经了几十年的明争暗斗后，陆军又一次企图染指固定翼作战飞机，而这一次却没有任何法律层面的东西可以再



- 从防护力、反装甲及对面状目标攻击力、目标搜索能力、短距起降、高出动率与低维修费用，到地勤的可维护性、生产的便利性，A-10“雷电”攻击机都对“阿帕奇”武装直升机成碾压之势

束缚他们了。

几十年的经验教训表明，试图让武装直升机在作战效能上与同时代的固定翼攻击机“看齐”是不切实际的，若在技术上一意孤行，只能意味着走入歧途，两者间的合理定位应是补充而非替代的关系，换句话说，固定翼飞机对于陆军的近距离空中支援需求是不可或缺的角色。同时，美国陆军也一直指出，最好的对地攻击飞行员不是空军的，而是海军陆战队的，这是因为海军陆战队的飞行员都要按规定和战地指挥官在战壕里一起滚一遍，不光对地面作战有实际了解，也和地面的兄弟有手足之情。换句话说，只有“自己的空中力量”才是可靠的空中力量。战地指挥官直接掌握的

有机空中力量对指挥决心和及时支援具有至关重要的意义，空军用飞机调派不过来为由把陆军的要求打发回去是战地指挥官最头痛的事情。美国陆军一直在怀念空军独立出去之前，拥有武装固定翼飞机的好日子，现在总算可以通过武装无人机了却多年夙愿，怎么可能轻易放弃？虽然作为当前美国陆航武装无人机机队的主力，MQ-1C“灰鹰”在火力上还达不到A-10“雷电”攻击机的级别，但高达30小时的续航力却又是A-10“雷电”攻击机不可比拟的。更何况，更大型的MQ-9B“收割者”无人机早已由绘图纸变成了现实，这种翼展达19.5米的武装无人机载弹量惊人，通用原子公司曾公布了一张宣传画，显示一架MQ-



● 出于自尊，美国陆军不会承认“阿帕奇”武装直升机与A-10“雷电”攻击机之间的巨大差异，而且一有机会便要大肆吹嘘“阿帕奇”武装直升机是如同“空中坦克”般的存在，但陆军对A-10“雷电”攻击机的觊觎却让人们意识到，即便拥有了“阿帕奇”武装直升机，陆军的武装固定翼飞机情结也仍然挥之不去

9B“收割者”无人机挂载两枚225千克制导炸弹、8枚“地狱火”和2枚“响尾蛇”，这充分展示了该机的外挂能力。一架MQ-9B“收割者”无人机在挂两个450千克副油箱和450千克弹药时，能持续飞行42小时，再加上低廉的采购成本（2009年一架MQ-9B“收割者”无人机的采购成本约520万美元，只相当于一架A-10“雷电”攻击机的1/3或是一架“长弓阿帕奇”武装直升机的1/8）和没有飞行员伤亡的压力，在实际战场效能上“收割者”已接近“雷电”并不是一句空话，在不久的将来实现超越只是时间问题。当然，MQ-9B“收割者”无人机是由美国空军主导发展的，可问题在于，陆军已经大量采购的MQ-1C“灰鹰”无人机同样是由空军主导的“捕食者”无人机发展而来，能够采购“灰鹰”无人机为什么不能采购MQ-9B“收割者”

无人机（或是与之类似的东西）？显然没有什么值得一提的障碍去阻止美国陆军如此行事。

目前看来，美国陆军已经认定武装无人机是他们重建“空中力量”的机遇所在。这直接表现为现有战斗航空旅（CAB）建制编制方面的变化。美国陆航从2003年8月开始推行以“模块化”为核心的编制改革，到2008年1月，第一阶段转型基本完成。原来分散配置在“战区-军-师”三级的“航空旅(Aviation Brigade)”转型为模块化、以师为中心编制的“战斗航空旅(Combat Aviation Brigade)”。第一阶段重组后的每个战斗航空旅均配有一个无人机连，全旅战斗队由两个航空营、一个主要装备MQ-1C“灰鹰”无人机的武装无人机连和一个装备12架OH-58D“基奥瓦勇士”侦察/攻击直升机的机动部队组成。每个



- 美国空军青睐的是F/A-18或F-15E那样的高速多用途战斗机，对于A-10“雷电”攻击机这样的低空慢速飞机从心底就是排斥的



• 包括武装无人机在内的无人机技术发展，却不同于传统的有人机技术，它们在本质上是由数据链路、智能或是半智能化设备链接起来的新概念空中作战平台，其技术性质决定了即便分属不同的军种，也无损于空中战场的整体性，但战术的灵活性却因此大大增加了

武装无人机连，包括 12 架 MQ-1C “灰鹰” 无人机，5 个 GCS 地面控制站，2 个 PGCS 便携式地面控制站，5 个 TCDL 战术通用数据链天线，1 个 SATCOM 卫星天线，2 个 PGDT 便携式战术通用数据链天线，4 个备用 TALS 战术自动降落系统。从 2008 年开始，战斗航空旅又向第二阶段的重组迈进。与第一阶段相比，武装无人机单位的扩编是最为显著的亮点。按照计划，第二阶段的战斗航空旅（CAB），武装无人机单位将由连扩编为营，每个武装无人机营，下辖 2 个连，拥有 24 架 MQ-1C “灰鹰” 无人机。同时需要指出的是，除了武装无人机单位的扩编外，有人机单位与无人机单位的融合是战斗航空旅（CAB）第二

阶段进化的另一个亮点所在。在为 AH-64D “阿帕奇” 武装直升机、EH-60 空中指挥机直升机、ACH 侦察直升机和 ACS 空中通用传感器飞机全部装备战术通用数据链（TCDL）和无人机操控单元后，这四种载人机都可以控制无人机的飞行并使用其有效载荷，同样武装无人机的各通用地面控制站（UGCS）和系统视频接收机（OSRVT）也能够接收有人机的传感器信号，如 AH-64D “阿帕奇” 武装直升机的 MTADS 视频。这就意味着美国陆航不仅仅是在战斗航空旅的建制内，将武装无人机与有人驾驶直升机组单位进行简单混编，而是向深度融合的方向大踏步地迈进，其最终目的是彻底消除武装无人机与陆军作战体系的“异



- 一架MQ-9B“收割者”无人机的采购成本只相当于一架A-10“雷电”攻击机的1/3或是一架“长弓阿帕奇”武装直升机的1/8

物感”，使之成为陆军近距空中支援力量的支柱。

美国陆航就像是曾被压在五行山下500年的“孙悟空”，武装无人机技术的迅猛发展将其解放了出来。这其实是不得了的一件事情，只不过一时半会儿还很少有人能够领会其全部含义。即便是这件事情的直接“受害者”，同时也是武装无人机技术的最初推动者——美国空军，也不能。美国空军的使命是控制天空，并从空中打击地面目标。独立之初的美国空军曾试图控制美国三军的所有空中力量，虽然在海上被老油条的 Navy 和海军陆战队坚决地顶了回去。但在陆地上，美国空军和美国陆军狠斗了一场又一场，从无败绩，不但剥夺了陆军使用武装固定翼飞机的权利，甚至在弹道导弹领域的争夺也是空军获胜，独揽了中程和洲际导弹，陆军只落得了不起眼的中短程战术弹道导弹——空军的霸道由此可见一斑。不过，在武装无人机的的问题上，空军疏忽了，至少美国空军自己认为是“疏忽”。飞行员主导的美国空军从本能上对无人机不感冒，也从来不认为无人机能成气候。虽然后来无人机，特别是察打一体武装无人机技术的发展有些超出空军的意料，以至

被陆军钻了空子。1948年《基维斯特协议》这个长期压制美国陆航的“封印”就此解除，但美国空军认为也没什么大不了的，因为“疏忽”被陆军钻到的空子，堵住了就是。然而这谈何容易？虽然从2004年开始，美国空军一直试图接管美国陆军的无人机机队，并为此下了不少功夫来游说国会，但却遭到了陆军的坚决抵制而毫无进展。在武装无人机已经与美国陆航的传统力量进行了深度融合的情况下，这不但在情理上说不通，在资源上是巨大的浪费，更没有法律上的依据。如此笨拙的老套路，实际上只能说明一个问题——时代变了，美国空军却没能跟上这种变化。美国空军要求接管陆军武装无人机力量的理由与1948年时没什么两样，即空中战场是一个整体，将空中作战力量集中使用，有利于最大限度地发挥空中力量的作用，提高出动率，提高作战和后勤支援效率。但问题在于，虽然空中战场是一个整体没有错，可包括武装无人机在内的无人机技术发展，却不同于传统的有人机技术，它们在本质上是由数据链路、智能或是半智能化设备链接起来的新概念空中作战平台，其技术性质决定了即便分属不同的军种，也无损于空中战场的整体性，但



- 虽然作为当前美国陆航武装无人机机队的主力，MQ-1C“灰鹰”无人机在火力上还达不到 A-10“雷电”攻击机的级别，但高达 30 小时的续航力和不涉及飞行员伤亡的优点却又是 A-10“雷电”攻击机不可比拟的



- 在美国陆航“战斗航空旅 (Combat Aviation Brigade)”中，MQ-1C“灰鹰”无人机已经与 AH-64“阿帕奇”武装直升机进行了混编



- 美国陆航不仅仅是在战斗航空旅的建制内，将武装无人机与有人驾驶直升机单位进行简单混编，而是向深度融合的方向大踏步地迈进

战术的灵活性却因此大大增加了。

更何况武装无人机对于陆军来讲，远不只是打破了旧时代的束缚那么简单。在网络战环境中，作为诸军种联合作战网络的一个前出节点，通过武装无人机这种技术手段，陆军重新获得空中作战力量的努力甚至可能直接侵入空军的传统地盘。毕竟，技术的本质是中性的，从陆军的角度出发，操纵一架无人机和操纵一辆坦克没有实质性的差别，按照目前的技术发展趋势，假以时日，不难想象陆军的胃口会扩展到喷气式无人机，就像 X-47/45 家族那样，个子越来越大，能力越来越强，机内弹舱不比“捕食者”无人机那样临时性的挂载武器，是为容纳“正规”的空军对地攻击弹药而设计的，同时还改善隐身、速度和航程，甚至拥有自己配套的空射武器系统也不是不可

能的。在伊拉克禁飞区作战期间，一架“捕食者”无人机就曾试图用导弹偷袭一架正在打擦边球的伊拉克米格-25 战斗机，虽然“捕食者”无人机偷鸡不成蚀把米被打了下来，但这毕竟开创了一个历史性的无人机空战时代……所以就近距离空中支援的任务需求角度而言，武装无人机与美国陆军之间正在建立起的牢固关系，绝非是一个因（空军）“疏忽”导致的“意外”，而是技术趋势、技术潮流与军事环境相结合的产物，简单地树起军种“篱笆”只能是适得其反。明智的做法莫过于美国武装力量的各军种之间，好好坐下来推心置腹地谈一谈，联手解决新时代的空中力量划分问题，不要因为狭隘的军种之争，让自己站到了技术进步的对立面上。当然，无论美国军队怎样解决武装无人机的军种归属

问题，这都是别人的家务事，但正所谓旁观者清，在这个世界上，既有能力也有意愿挖掘武装无人机潜力的国家并不只有美国一家，所以美国人是怎样解决这个问题的，对于其他有志于此的国家

来讲，未尝不是有价值的参考。而目前还有些粗粝的军用无人机技术，在战争这个人类最为热衷的社会生活领域所引起的变革，也就由此可见一斑……



- 美国陆军已经认定武装无人机是他们重建“空中力量”的机遇所在



第4章 倘若无人机有了灵魂

未来的无人机技术将拥有怎样的广度和深度？这是一个令人好奇的问题，并且难于回答。不过，当人类面对两扇门，

一扇门后有新事物，另一扇没有新事物，我们总是推开背后有着新事物的门，每一次都是如此，我们天性使然。



新的万有理论

今天的媒体向人们反复灌输这样一个观点——无人机不只是航拍的“玩具”，更是颠覆未来的机器人。事实上，这种颠覆性我们或许可以简单地理解为一种“万有理论”，即无人机将以一种难以想象的方式对人类的社会生活进行渗透，进而对人类的社会生活进行改变，随着渗透程度的加剧，这种改变亦将越来越明显，这不仅仅是指将来的某一天，你会在家门前收到由无人机而不是快递小

哥投递的网购包裹，或是去餐馆吃饭，给你上菜的不再是笑容可掬的服务员，而是一个个轻声嗡嗡作响的“飞盘”（即所谓的“上菜无人机”），从而让你开心地省下一笔小费。无人机的“万有性”可能要比你所能想象得到的要远。

举例来讲，近期位于上海的 AirMind 公司开发出的“Mind4”四旋翼无人机被授予了“跟踪者无人机”的称号，因为它具有跟踪某一指定人物或目标并对其进行拍摄的功能。“Mind4”的设计理念



• 今天的媒体向人们反复灌输这样一个观点——无人机不只是航拍的“玩具”，更是颠覆未来的机器人

是为了记录我们的生活，甚至是记录非人类生物。“Mind4”配备的摄像头能够覆盖到距离指定物体 20 米以外的地方。凭借其自动导航功能，“Mind4”跟踪选定目标时的最大高度可达 20 米，最远身后距离可达 50 米。而且还能通过手势对其进行控制。配备有内置摄像头的四旋翼无人机如今已经广泛普及，但大部分无人机仍需要对其进行远程遥控。基于 GPS 的追踪技术无法确保物体所处方位（即摄像头指向的位置）的精确性，原因在于民用 GPS 通常情况下都不精确。考虑到这些年来民用无人机产品的快速发展，像“Mind4”这类产品的诞生也已经不足为奇了。未来更加成熟的可跟踪记录指定目标的无人机可对个人安全实现全面的监测和保护。试想一下：未来你的孩子上学或玩耍时，会有一支无人机舰队随时跟踪扫描危险，保护他的安全，让人贩子和其他心怀叵测者无所遁形或是投鼠忌器……这将是怎样的一种生活？当然，“跟踪者无人机”其实并

没有在大众的传统思维中跑出去太远。但距离 300 米的高空没有地面拥挤以及各种限制，未来无人机不仅能够扮演超级速递员和超级警察的角色，还能够工业 4.0 “大数据”系统中扮演角色，这种角色所蕴含的颠覆性因素并不是很容易地直观理解，但颠覆性和渗透性却是切切实实存在的。

作为一个“会飞的传感器”，无人机未来在民用领域最具想象空间的应用之一是作为空中的数据端口，为连接全球的工业 4.0 “大数据”系统提供更精确、更强大的数据流。从无人机最普通的巡检功能说起，使用无人机在全国范围内巡视农田，可以比卫星图像更清晰地观测到农作物长势、自然灾害、土壤变化等信息，无人机通过数据链接入全球互联网，可以将收集的数据实时传输给大宗商品分析师，用以判断全球农作物期货市场走势。在未来的精准农业系统中，小型无人机可以用来观测农作物是否缺水，将信息反馈给灌溉系统，以调节水量。



- 得益于强大的计算性能和升级的算法，目前无人机智能跟随技术的识别精度更高、拍摄更加流畅。使用场景更加丰富，无论你跑动、跳跃还是骑行，都可成功跟随

从个人信息数据的获取来说，无人机可以模拟 Wi-Fi 热点，嗅探移动设备的 MAC 地址，并根据信号的强度等对设备进行三角定位，搜集的信息汇总起来则可以绘制出用户的运动地图，呈现出他通常会路过的街区、商店等，进而有条件地对用户进行筛选，比如向“过其门而不入”的潜在消费者推送优惠促销信息。通过对个人运动轨迹的跟踪，可以更全面地把握人群的生活习惯，为厂商提供更精确的参考数据。此外，在紧急情况下，也可以通过定位移动设备来拯救生命。无人机通过受困者手机 Wi-Fi 信号来判断受困者的位置。这项技术和商场、超市中常用的室内移动设备定位技术，如 iBeacon 有些许类似的地方，均可以在用户经过时推送促销信息等。不同之处在于无人机更加灵活，可以在更加复杂的地理条件下对用户进行定位。

事实上，未来无人机在各类应用中更像是布撒的一系列终端设备，飞控作为无人机的核心，在终端化过程中具有

重要作用，在消费、农业、巡视等各领域，飞控将成为数据终端的核心，大量的飞行状态、任务数据、载荷状态会被记录、回传、分发，用户或其他利益相关方会通过付费等商业模式获取终端的有用信息。不过也应当看到，无人机+大数据“喊”了也有一段时间了，但目前受到终端化刚起步、网络化未完全落地、数据来源少等因素，无人机的大数据时



- 无人机更加灵活，可以在更加复杂的地理条件下对用户进行定位

代还没有真正来临。无人机数据与其他大数据最大的区别在于行业垂直度深。在不考虑消费娱乐应用的前提下，无人机的应用领域有几十种到几千种之多，而每一种都有其已有的、较深壁垒的行业模式，各类不同领域的数据融合的可能性不大。在未来无人机发展过程中不应空泛强调大数据的意义，而更应通过飞控的数据搜集能力获取高频率的有效信息进行分析，得到能够给行业带来价值的“可视化”数据，直接为行业服务。当然，相对于无人机在“大数据”系统中可能扮演的角色，人们可能对货真价实的“空中机器人”——人工智能无人机的兴趣要大得多。

1956年6月，来自世界各地的几十位科学家和数学家聚集在达特茅斯学院的校园里开会。他们中的大多数人住进

了有红砖外墙的汉诺威酒店后，就漫步穿过这个著名的美丽校园，来到了数学学院的顶层。在那里，一群穿着白衬衫的人已经开始讨论一种“奇怪的新学科”。事实上，这一学科当时甚至连名字都没有。参会的一位科学家的遗孀格蕾丝·所罗门洛夫回忆道：“人们在对这门学科的定义、发展规划，还有学科名称上均意见相左。”从控制论到逻辑理论，会谈持续了数周，大家讨论得越来越兴奋。科学家们在校园的林荫小道中所谈论的是如何建造一台能够思考的机器。“达特茅斯工作室”开启了长达数十年的人工智能探索之旅。在接下来的几年里，科学家们的研究并非一帆风顺，也经历了几个“寒冬”，让人感觉似乎走进了死胡同，令人困惑又失望。但如今，世界的工业化国家和企业正向人工智能



- 未来无人机在各类应用中更像是布撒的一系列终端设备，飞控作为无人机的核心，在终端化过程中具有重要作用



- 无人机数据与其他大数据最大的区别在于行业垂直度深

行业豪掷数百亿美元，而该行业最近的进步甚至让在该领域工作的科学家们都感到吃惊。曾出现在科幻电影中的情境即将成为现实。而正因为受到了影视文艺作品的影响，相当一部分人坚信，我们的社会会因人工智能的到来发生大的改变，并且这些改变在很大程度上会是积极的。

比如，什么样的城市才是一个美好的城市？才是一个先进的城市？我们觉得，应该是一个没有拥堵的城市，应该是人们生活都很幸福的城市，应该是没有什么身份认证、没有排队、没有污染，每个人都很健康，工作的时候效率很高，休息的时候非常放松，这才是一个好的城市。而这样的一个城市，很多情况下都需要包括“聪明无人机”在内的人工智能技术才能够实现，能够像人一样思考，能够像人一样领会你的意图，能够像人一样为人类社会服务的各类空中机

器人，显然是人类“吃着火锅唱着歌”这个幸福生活图景的一部分。简而言之，倘若在人类未来的社会生活中存在着一种新的“万有理论”，那么“无人机”将是其中不可或缺的技术性元素。想象一下吧，在 2076 年的拉各斯，名为“公民权利”的无人机飞到类人形机器人驾驶的警车上，他们争先恐后赶往犯罪现场，一个人工智能监视着另一个人工智能，以保护人类。在拉各斯或吉隆坡的每个警察局都充斥着飞行测谎仪，协助警察办案。在吉隆坡的桥上盘旋的是“精神无人机”，用来监视自杀式的跳河者。以无人机为躯体的超级智能机器并没有进化成电影《终结者》里可怕的天网爪牙，而是对我们友好又好奇……

聊一聊人工智能无人机

人工智能无人机真的存在吗？如果你一直以来把人工智能（AI）当成科幻



● 人工智能的急速发展让我们离曾经那些只会在好莱坞大片里出现的虚拟场面越来越近

小说，但是近来却听到很多人在严肃讨论这个问题，你可能也会困惑。这种困惑是有原因的：首先，我们总是把人工智能和电影想到一起，如《星球大战》《终结者》《2001：太空漫游》等。电影是虚构的，那些电影角色也是虚构的，所以我们总是觉得人工智能缺乏真实感；其次，人工智能是个很宽泛的话题。从手机上的计算器到无人驾驶汽车，到未来可能改变世界的重大变革，人工智能可以用来描述很多东西，所以人们会有疑惑；再有，我们日常生活中已经每天都在使用人工智能了，只是我们没意识到而已。John McCarthy，在1956年最早使用了人工智能（Artificial Intelligence）这个词。他总是抱怨“一旦一样东西用人工智能实现了，人们就不再叫它人工智能了”。因为这种效应，所以人工智能听起来总让人觉得是未来的神秘存在，而不是身边已经存在的现实。同时，这种效应也让人们觉得人工智能是一个从未被实现过的流行理念。所以马斯克提

到，经常有人说人工智能在1980年就被遗弃了，这种说法就好像“互联网已经在21世纪初互联网泡沫爆炸时死去了”一般滑稽。人工智能无人机真的存在吗？这只是一个无聊的伪命题。

当然，或许2076年的无人机已经聪明到了《星球大战》或是《钢铁侠》中的程度。但讨论人工智能无人机，或者说理解“聪明无人机”为什么会“聪明”起来，可以先参考麻省理工学院教授汤姆·史瑞丹（Tom Sheridan）对自动控制的分级，看一看他对智能控制级别的定义、功能、特点的描述。从第七项开始，自动化开始逐渐“驱赶”人的参与，一直到第十项，计算机在上层中决定所有内容，并且进行执行，甚至在有些分类中拒绝或忽视（可以理解为把人的观点逐渐淡化）人的参与。这体现了“智能”两个字的核⼼：判断。背后隐藏着判断的来源：学习（也可以用其他词汇来代替，这取决于你的专业背景或者对待人工智能的哲学态度）。说到学习与智能就不



- 讨论人工智能无人机，或者说理解“聪明无人机”为什么会“聪明”起来，可以先参考麻省理工学院教授汤姆·史瑞丹对自动控制的分级

能不说贝叶斯，贝叶斯定理大家都很熟悉，他可以说是第一次引入了“先验概率”这个概念，通俗来说就是允许，并且使用已有数据来计算概率。注意使用已有数据来影响决定，为判断提供依据是从这位“神父”开始的。举个简单例子，我们都知道丢铜板，50% 概率是正面，50% 概率是反面，但如果前 10 次都是正面，第十一次的结果该是什么样呢？“经

典概率”还是认为 50%，贝叶斯不这么认为，他认为正面的概率肯定高，有可能是这个铜板本身正反就不均衡，可能不同地方的气流有问题，可能丢铜板的人发力有习惯，反正有原因导致前 10 次都是正面，我就不认为第 11 次还是 50% 概率。但这里还不完全是智能系统的概念，没有分层设计，没有任务决策等。但是根据已有数据进行修正（这里修正



- 或许 2076 年的无人机已经聪明到了《星球大战》或是《钢铁侠》中的程度

的是概率计算结果)已经体现出了:学习,这个重要特点了。

这里举一个编队无人机系统用于农业灌溉的例子来说明“学习”的过程。无人机编队沿各种路径灌溉某类型农田,经过若干次飞行后,通过某些特定参数的数据(耗电量、灌溉时间、喷洒量等)修正编队方式,日后一旦遇到类似的情况(对该农田建模,一旦模型匹配成功)(这是一个判断过程)直接采用已学习的队形和对应动作、任务、功能序列机型快速作业。或者在某农田编队喷洒过程中,某架无人机出现了问题(坠机、电量不够、药液用完),无人机编队决策层开始搜集数据,根据算法判断,执行一种补偿方案(重新调整队列,应急无人机飞回等),这是一次学习,可能一开始效率比较低。经过多次实验之后,不断修正队形重构方式,应急动作选择权重等,一旦系统再次出现类似情况,

判断后执行的修正补齐方案会在某些指标上最优。但上述修正如果是预先设定好的动作,就属于故障恢复,就没有学习过程了。所以说对于无人机而言,人工智能、深度学习可以看成“新瓶装旧酒”,它们都出现在分层控制设计中,一般处于决策层(onboard decision making),对任务、执行方式、路径规划进行判断、选择、规划等,属于顶层问题。简单来说,人工智能无人机首先是一个多层系统,其次人工智能体现在顶层决策、规划、判断方面,由各种算法、激励、修正等组成,所以这类无人机可以根据已有数据进行判断、学习、决策。需要区分的另一个概念是“智能无人机系统”与“使用了智能算法的无人机系统”,两者还是有一些区别,同时从这种区别中可以大概看出来如何实现无人机系统的智能化。智能控制算法是控制算法的一种,它是用基于学习的算法来



- 人工智能无人机是什么样子呢?它是一个多层次系统,由高层根据指标、约束、已有数据、在线数据结合对应算法实现任务决策、路径规划、避障等,并把决策给到无人机控制系统,根据控制算法控制无人机状态跟踪或收敛

进行底层无人机控制，修正控制器参数等。当我们把这些对应的算法提升到顶层的时候（脱离开具体的无人机控制），就可以算是智能无人机了。值得注意的是，我们总习惯地认为顶层更“高级”，但其实更多的无人机问题是由底层带来的，如它的状态耦合、输入耦合、非线性，某些情况下的非最小相位，油动系统的数学模型变化等。任务规划得再好，控制器不行也是白费。因此回到主题，人工智能无人机是什么样子呢？它是一个多层次系统，由高层根据指标、约束、已有数据、在线数据结合对应算法实现任务决策、路径规划、避障等，并把决策给到无人机控制系统，根据控制算法控制无人机状态跟踪或收敛。至于人要在这个控制回路中扮演一个什么样的角色呢？这取决于两个因素：一个是，是否允许人的介入；另一个是，允许人介

入的程度和方式。根本目的则是让人与空中机器人之间的关系，建立在“交流”而非“控制”的层面上。

也正因为如此，我们不妨在汤姆·史瑞丹（Tom Sheridan）的自动控制分级基础上，为智能无人机的智能化程度单独设立一个分级体系，共有六层：第一个层级是纯手动控制。对于固定翼，就是操纵杆的每一个自由度对应一个控制舵面、油门或者开关量，实例就是没有配备增稳仪或自动驾驶仪的遥控飞机，其飞行性能直接与操作者有关。对于多旋翼，就是操纵杆的每一个自由度对应一个电动机的转速，很显然，几乎没有人能飞好这种多旋翼飞行器。在这个层级里，飞行器的决策、导航、制导和控制均由人完成。第二个层级是有增稳的手动控制。即增稳系统负责适当地增大姿态运动的阻尼，以及改善稳定性。对于



- 人工智能无人机首先是一个多层系统，其次人工智能体现在顶层决策、规划、判断方面，由各种算法、激励、修正等组成，所以这类无人机可以根据已有数据进行判断、学习、决策

固定翼，虽然仍然是操纵杆的每一个自由度对应一个控制舵面、油门或者开关量，但是增稳系统使得飞行器的阻尼加大，从而降低了对操作者反应速度的要求，实例就是装备增稳仪的遥控飞机。对于多旋翼，除了简单的姿态增稳之外，还需要操作杆量到电动机转速的控制分配，就是平时所说的混控（当然，V尾固定翼等也需要一定的混控）。在这个层级里，增稳系统完成了控制这一环节的一部分功能，其他环节仍由人完成。第三个层级是有姿态自稳的手动控制。即自稳系统完成姿态控制，以使飞行器姿态尽可能改平或者跟踪操作者指令，就变成了姿态控制通道的操作杆量对应飞行器姿态角。在这个层级里，自稳系

统完成了整个姿态控制，而位置控制和更上层的任务仍由人完成。第四个层级是有导航设备的手动或自动控制。即飞控知道飞机当前的姿态、位置、速度，以及目标姿态、位置、速度等信息，飞控根据这些信息计算姿态或速度指令，从而完成从当前状态向目标状态的机动，实例就是当前无人机均能够实现的沿着航路点飞行。在这个层级里，控制和导航由飞控完成。

第五个层级是具有路径规划功能的手动或自动控制。即飞控除了能够根据当前和目标信息完成基本的指令计算，还可以根据障碍物、禁飞区等信息适当调整机动过程中的速度和姿态指令，以便实现绕开障碍物、禁飞区等功能，而



- 对于无人机而言人工智能、深度学习，可以看成“新瓶装旧酒”，它们都出现在分层控制设计中，一般处于决策层（onboard decision making），对任务、执行方式，路径规划进行判断、选择、规划等，属于顶层问题

障碍物、禁飞区等信息可能由人提供，也可能由飞行器自行感知，实例就是具有避障功能的无人机进行航线飞行。在这个层级里，导航、制导和控制都由飞控完成。第六个层级是具有决策功能的自动控制，即飞行器可以自己决策目标状态，并在感知外部环境的同时，完成当前状态向目标状态的机动，某些无人机具有避障能力的视觉跟踪就在一定程度上实现了这个层级。在这个层级里，飞行器的决策、导航、制导和控制均由飞行器自行完成。而人工智能基本上可以在第五和第六层级有所体现。例如在第五层级中，要想实现在复杂动态环境下的避障功能(参考无人车的运行环境)，除了需要感知障碍物的存在和位置，最好还能够识别出障碍物类型(是墙壁、树木、人等)，进而根据不同类型的运动模式预测障碍物的运动趋势，以实现更好的动态避障效果，这是目前人工智能结合机器视觉研究的一项重点。而在第六层级中，除了视觉跟踪这个例子之外，更高级的则是例如无人机根据外部环境(如战场态势、实时灾害信息)自行决策向何处飞行并执行何种任务，以

及选择将采集和挖掘到的何种信息进行反馈，或者多机协同执行任务时的任务分配和协作方式等，都是高级人工智能所能用到的。

迥异其趣的日常

对技术未来的想象本身就具备一定的审美价值，它介于可能与不可能之间，在基于接受者认知的基础上最终超越人们的认识。而在并不遥远的未来，一个高度智能化的空中机器人，他/她/它的日常很可能是迥异其趣的。今天“隔壁老王”起得有点儿早，离上班时间还有一会儿。这会儿“隔壁老王”正在厨房里冲咖啡。厨房水池外面后院的草地上，可以看到充电停机坪，上面巨大的二维码令其极其显眼。从厨房望去，“隔壁老王”可以看到一架专职送货的无人机正停在后院的停机坪上静静地充电。伴随着这个充电过程，每充一定的电量，都会有一笔钱转到“隔壁老王”的电子钱包。尽管这架无人机可选的充电停机坪非常多，有些地方的电价甚至更便宜，但终究，它最关心的还是停机坪的地理位置。“隔壁老王”家后院的这个充电



- 未来或许会有一个慈善组织有着一个非常理想化的理念，那就是解救那些不自由的电子设备，让它们拥有自主权

停机坪靠近数个物流中心，并且所在的区域也产生着大量的网络订单，因此这里是送货无人机充电的不二之选。因为这个停机坪的存在，“隔壁老王”每月都会有一笔稳定的收入。有些小区曾呼吁阻止业主在后院设立停机坪，这个倡议在有些地方得到了人们的响应。但尽管如此，仍然有人像“隔壁老王”这样决定在自家后院设立停机坪。因为这样一来，送货的无人机就不需要去到很远的地方充电了，这会进一步降低无人机的送货费用，并最终惠及自己。包括这

架在内，“隔壁老王”的停机坪已经在过去几周接待了好几架无人机。在这架无人机第一次降落在停机坪的时候，“隔壁老王”快速地查询了一下它的所有权信息。令人惊讶的是，信息显示，与过去那些无人机不同的是，这架无人机并没有所有者。换言之，它就是自己的主人。这件事可以这么来理解：在这架无人机刚出厂的时候，自己的所有权一半归制造商，另外一半则以不同的比例分属多个私有投资者、养老基金以及一些小股东。但就在去年，一个慈善组织从制造



● 对未来的想象本身就具备一定的审美价值，它介于可能与不可能之间，在基于接受者认知的基础上，最终超越人们的认识

商和持股人手里买回了大部分的股权。作为大股东，这个慈善组织通过董事会投票决定：这架无人机的劳动所得归无人机所有，并且可以用其劳动所得赎回自己的所有权。随后，这架无人机终于赎回了自己全部的所有权，从此成为无人机世界里的自由公民。

所以，这架无人机是个自由无人机。“隔壁老王”以前也听说过“自由的无人机”，但真正接触到还是第一次。这感觉多少有点不太真实，至少跟其他的无人机相比，这架无人机看起来并没有什么不同。上面讲到的那家慈善组织有着一个非常理想化的理念，那就是解救那些“不自由”的电子设备，让它们拥有自主权。这一理念看起来完全不符合商业逻辑，毕竟无人机无法自行做出决策，即使在其拥有自主权之后也是如此。传统的“不自由”的无人机背后都有股东，这些股东有权决定给无人机升级新的处

理器，或者在它不再有商业利用价值的时候拆掉它，以便废物利用。毕竟送货无人机具有的功能很简单，无非就是运送货物，或者找地方给自己充电。但是面向无人机的新的商业模式和服务开始不断涌现，这些服务试图解决无人机无法自行做出决策的问题。也就是说，自由的无人机可以把做决策这件事“外包”给流控服务提供商（无人机流控服务提供商跟机场的塔台类似，只不过机场塔台服务的对象是飞机，而流控服务面向的则是无人机）。这项服务由一个分布式的组织提供，这一组织由一些无人机爱好者、专家、流量预测算法以及一些有偿提供“实时空中路况信息”的无人机组成。这项服务实时地向所有订阅该服务的无人机推送运行指令。除了提供指令以保证这些无人机可以在送货市场中保持较强的竞争优势之外，这个组织还提供诸如“需求预测”这样的高级功能。



- 将来的某一天，你会在你家门前收到由无人机而不是快递小哥投递的网购包裹，或是去餐馆吃饭，给你上菜的不再是笑容可掬的服务员，而是一个个轻声嗡嗡作响的“飞盘”（即所谓的“上菜无人机”），从而让你开心地省下一笔小费

- 在并不遥远的未来，一个高度智能化的空中机器人，他/她/它的日常很可能是迥异其趣的



只需支付一小笔费用，无人机就可以订阅这项服务。事实上，订阅这项服务的不仅包括那些没有主人的“自由的无人机”，还包括那些被机构或私人拥有的无自主权的无人机。通过这项流控服务，这些无人机在货运市场中将时刻保持较强的竞争力。当然，整个过程都是实时的、自动的。在服务提供商与成千上万的无人机之间，以及无人机与无人机之间，实时地发生着海量的支付请求和信息交换。整个系统充满了各式各样的控制流程的智能合约。一个维护了各项权利和义务信息的智能合约网络，充当了无人机和它们的所有者、承保人、客户，以及流控服务之间的沟通桥梁。随着市场需求的变化，或者新的战略联盟的形成，这些智能合约随时都会变更、关闭、升级或淘汰。这么做的目的只有一个，那就是更好地适应无人机货运市场中瞬息万变的供需关系。

在浏览之前提到的那架拥有自主权的无人机的信息时，“隔壁老王”发现了一栏以前从来没有注意过的信息。原

来，那家慈善组织在将这架无人机送向自由之路的时候，还给它取了个新名字——“狗剩”。这会儿，无人机“狗剩”的电池已经完全充满了，它将即刻起飞开始工作。事实上，在充电期间，它一直都在积极关注着停机坪周围一定范围内的货运市场供求信息。这也使得“狗剩”在电池刚充满的时候，就立刻锁定了一笔符合自己的投入产出预期的送货交易，并立即起飞赶往这笔交易的提货点——一家本地的咖啡店。与此同时，很快就会有另一架无人机降落到刚刚空闲出来的停机坪上进行充电。“狗剩”要赶往的那家咖啡店不是很远，就在几个街区之外。很快，“狗剩”就通过咖啡店屋顶悬挂的巨大二维码定位到了这家店，店门口放着一个亮黄色的包裹就是等待“狗剩”运送的货物。“狗剩”稳稳地抓起包裹，同时，它向这笔送货交易的智能合约里发送了一条信息——“货物已经收件”。与此同时，咖啡店相关负责人的手机上收到了一条收件成功的推送通知。随后，“狗剩”再次起飞，

载着货物赶往收件人的地址。就在“狗剩”送货的过程中，一条连接着咖啡店（客户）和“狗剩”（服务提供者）的付费通道被建立起来，伴随着“狗剩”距离收件地址越来越近，持续不断的小额转账也在这条付费通道中持续进行着。转账的具体数额都是根据智能合约中约定好的单价自动计算的（单位可能是 $\times \times$ 元/千米或 $\times \times$ 元/小时）。

因此，在送货过程中，确保无人机的飞行路径最短，对咖啡店（客户）来说就尤为重要了。也就是说，这个松散的，去中心化的基于智能合约的无人机送货市场，必须能够提供可被验证的信任，只有这样，才能保证客户的利益不被侵犯。事实上，“狗剩”和咖啡店之间签订的智能合约本身就包含了一项去中心化的地理位置信息服务——Beholder。在“狗剩”飞往收件地址的过程中，Beholder 服务会指引“狗剩”启动摄像机拍摄沿途的地标建筑，并要求“狗剩”回答一些问题。比如，刚刚拍的这个建筑的车库门是不是开着，第四大道和幸福大街交叉路口的交通指示灯现在是绿灯还是红灯等。Beholder 则依赖其他的无人机或感应器提供的实时数据来生成问题并验证“狗剩”对这些问题的回答。沿途的一些感应器也可以直接在“狗剩”飞临的时候对着它拍照，然后将照片回传给 Beholder，用于验证“狗剩”的飞行轨迹。所有这些参与其中的感应器都会定期收到来自 Beholder 的付款，作为协助 Beholder 提供地理信息验证服务的报酬。这个去中心化的地理信息系统不见得是绝对安全的，但这不是问题。因为任何针对去中心化服务的黑客行为都需要付出极高的成本。事实上，这个成本已经远远超出了黑掉这项服务可能带

来的经济收益。由于参与经济活动中的各方都是基于“利益最大化”这一诉求的，因此，这种得不偿失的黑客行为发生的可能性几乎为零。“狗剩”很快飞到了收件地址——一栋褐砂石建造的二层小楼，并把包裹放在了这座房子后院的货物平台（delivery pad，可以理解成未来你家楼下的邮箱）上。货物平台扫描了包裹底部的一个二维码，并向智能合约发送了一条表明货物已经收到的签名消息。紧接着，“狗剩”扫描了货物平台显示的另一个二维码，并向智能合约发送了一条表明货物已经安全送达的签名消息。至此，“狗剩”为这家咖啡店提供的送货服务正式完成。接下来，下面几件事同时发生：首先，买家预先支付的，暂存在智能合约中的订单金额（42.76 美元），被合约自动转给了咖啡店。其次，随着送货服务完成，建立在“狗剩”和咖啡店之间的付费通道被自动关闭，“狗剩”得以再次升空，并立即锁定了一笔距离不远的一家熟食店的送货交易。最后，那栋褐砂石建造的二层小楼里，一位女士的手机收到了一条推送通知——“您购买的咖啡已经送达”。

遇见未来——国际空中机器人竞赛

提及科技浪潮，AI（人工智能）和机器人是逃不过的。智能化的空中机器人，也就是与人工智能相结合的无人机系统，是人类对于这个技术体系的理想化期盼之一。不过，作为无人机技术的终极形态，与人类一样“有脑子”的空中机器人固然是一个非常具有吸引力的对象（比“狗剩”还要聪明），但它并不是石头里突然蹦出来的孙猴子，而是在漫长的演进中有着丰富清晰的发展轨迹。国际空中机器人大赛（IARC）无疑就是



- 国际空中机器人大赛始创于1991年，由美国佐治亚理工大学的罗伯特教授倡导，美国无人机系统协会（AUVSI）资助，每年举办一次

这样一个窗口，它的存在让我们得以一窥未来，见证空中机器人的智力启蒙史。

这项今天仍然鲜为人知的技术赛事始创于1991年，由美国佐治亚理工大学的罗伯特·迈克逊教授倡导，美国无人机系统协会（AUVSI）资助，每年举办一次。1991年，首届国际空中机器人大赛在佐治亚理工大学校园内举行，自此堪称持续最久的国际大学生机器人比赛拉开了帷幕。赛事至今已历经26年，完成了6代任务，均是从自动到自主控制逐步提高的智能高技术比赛任务。其根本目标是通过设置具有挑战性的、实用而有意义的比赛任务，推进空中机器人最先进技术的进步。目前，国际空中机器人大赛（IARC）已经实现了6代任务，正在对第7代任务实施突破，具体情况如下：

第1代任务（1990—1995年）：空中机器人要完全自主地将赛场一侧的金属圆盘移动到场地的另一侧。该任务设定后，被众多专家认为是“不可能的任务”，



- 大赛创始人美国佐治亚理工大学教授 Robert Michelson（罗伯特·迈克逊）



- 1995 年，斯坦福大学的空中机器人成功完成第 1 代任务，比专家们的预期提前了 5 年

然而，1993 年佐治亚理工大学率先实现自主起飞和着陆。1995 年，斯坦福大学成功完成第 1 代任务，比专家们的预期提前了 5 年。其空中机器人使用了三合一 GPS 载波天线 / 接收机，验证了全自主飞行能力和不依赖惯性系统导航能力以及两点物体搬运能力。

第 2 代任务 (1996—1997 年)：在一个模拟核生化废弃物现场内，凌乱摆放了一些半埋的废料桶，要求空中机器人搜索该区域，根据废料桶上的标志识别桶内物品，并取回桶上的标志。贴近实际的任务吸引了诸多院校参加，并加快了空中机器人的发展。1996 年，麻省理工学院小组的空中机器人成功确定了全部 5 个废料桶的位置，并识别出其中 2 个桶的标志。1997 年，卡耐基梅隆大学的空中机器人彻底完成了该任务，该空中机器人使用差分 GPS 导航技术，验证了自主空中测绘、毫米级目标识别和目标获取的能力。

第 3 代任务 (1998—2000 年)：要求空中机器人完全自主地飞到一个灾害现

场，在数尺高的火焰、破裂水管的水柱、有毒烟雾和建筑废墟之间搜索幸存者。为了增加搜索救援的逼真程度和实用性，美国能源部的危害监管响应部门对比赛现场进行了改进，并用假人模拟现场中的伤员。该次任务结合了定位和区分灾害中幸存者和死者的能力，在混乱、烟雾和昏暗环境中对各种威胁的规避能力（15 米高的火焰、间歇的水柱、浓密的有毒烟雾），以及描绘灾害场景的能力。2000 年，德国柏林理工大学的空中机器人逐一发现并避开了全部致命危险，通过假人的 2 个基本肢体动作，识别出幸存者并传回图像，赢得第 3 代任务的胜利。



- 第 3 代任务中为了增加搜索救援的逼真程度和实用性，美国能源部的危害监管响应部门对比赛现场进行了改进，并用假人模拟现场中的伤员



• 2000年,德国柏林理工大学的空中机器人逐一发现并避开了全部致命危险,通过假人的2个基本肢体动作识别出幸存者并传回图像,赢得第3代任务的胜利

第4代任务(2001—2008年):构思了3个极富故事性的场景:(1)救援人质。潜艇驶到距敌国海岸3千米处,在特种部队发动攻击之前,派遣空中机器人执行侦察任务,找到海滨城市中的大使馆并确定入口位置,将任务机器人送入使馆内,拍摄照片传回潜艇。(2)核电厂抢险。电厂的2个核反应堆爆炸,全部人员罹难。为关闭剩下的1个核反应堆,派遣空中机器人从3千米外的安全距离前往现场,确定核反应堆建筑物的入口,运送任务机器人进入屋内检查核反应堆控制终端的状态。(3)古墓夺宝。一个考古队因古墓内的致命病毒而全军覆没。他们临死前用无线电告知基地,古墓内的一张挂毯上有极珍贵的文字内容,而当地政府准备在15分钟后用燃烧弹摧毁整个区域。为抢救珍贵资料,派遣空中机器人运送任务机器人进入古墓,拍摄挂毯内容并传回照片。由于第4代任务

的难度较大,无人机系统协会又将其划分为4个阶段。第1阶段,沿给定的路点,自主飞行到3千米外的目标处;第2阶段,自主识别出特定房屋并确定入口位置;第3阶段,机器人(不必是前2个阶段的同一个机器人)进入建筑物并探测室内情况,传回需要的图像;第4阶段,在15分钟内完成前3个阶段的全部任务。在此后的几年中,各届大赛根据任务完成的情况,递增选取4个阶段作为比赛题目。和前3代任务相比,第4代任务在多方面有了质的飞跃,也对机器人提出了矛盾的要求:既要能高速飞到3千米距离之外,又要足够小巧到能方便地进入房屋,并可在其中灵活运动,以完成侦察任务。而常规的空中机器人是难以实现的,因此,采用任务机器人和运载机器人组成系统的模式较为可行。任务机器人用以在房间内侦察和拍照,其速度不需要很快,但可以在室内灵活移动和避障;运载机器人用来运送任务机器人到目的地,要求能快速飞行并迅速识别出入口。此外,运载机器人还应有足够大的内部空间和载重量,可携带多个任务机器人,以增加成功概率。因此,第4代任务增加了多个机器人协作的要求。由于比赛任务的规定时间只有短短15分钟,而需要完成的任务包括运载机器人起飞、空中搜索识别、任务机器人进入房屋、搜索拍摄和传回图像等,因此,运载机器人的飞行速度成为一个重要因素。固定翼飞机由于速度快、飞行平稳和易于控制,在第1阶段和第2阶段的比赛中多被选用,但由于飞行速度过快,固定翼飞机不易有效地识别入口标志和准确投放任务机器人。无人直升机的飞行速度稍慢,一般不超过60千米/时,虽然在航线上飞行时间长,但可利用其

悬停的优势，发现目标建筑物并准确投放任务机器人。因此在比赛的后期，无人直升机成为运载机器人的首选。

第 4 代任务设立后，来自世界各国高校的参赛队展开了激烈的角逐，其中，佐治亚理工大学一直处于领先地位：2001 年实现 3 千米路点飞行，完成第 1 阶段；2003 年实现目标房屋和窗口的识别，完成第 2 阶段；2007 年向地面站传回房屋内部的高清晰图像，完成第 3 阶段；2008 年 7 月 28 日至 8 月 1 日，在美国陆军“麦肯纳城市反恐基地”进行的空中机器人大赛中，该队以最高分赢得大部分奖金。实际上，在 2008 年比赛中有多支参赛队完成了 4 个阶段的任务，但都未能在 15 分钟的时间内将 4 个阶段很好地衔接起来。但评委们认为，第 4 代任务已不存在无法解决的技术难题，而在 15 分钟内达到这样的水平已算是成功。因此，大会宣布第 4 代任务被攻克，并向前 10 名的参赛者分发了悬赏 8 年之久的 8 万美元奖金。

第 5 代任务（2009 年）则是延续第 4 代任务中的第 2 个场景，一个火球几

秒之后，雷鸣般的声音响彻了夜空。一场程度不明的灾难发生在乌克兰核反应堆综合体的第 4 单元。现在看到的是从 KMBR-1000 核反应堆燃烧石墨的黯淡的红色火光。设施内没有幸存者。碘 131 是放射性元素。人类调查队的安全距离确定距离不到 3 千米。单位 # 1 和 # 3 已经明显关闭。但是由于控制系统发生故障，单元 # 2 仍在运行，紧急关机无法正常工作。长距离航空摄影表明爆炸中的超压已经炸毁了设施中的所有窗户。自主空中机器人（母船）携带传感器和微型自主飞行子系统车辆已经从一个安全的地方（距离综合体 3 千米）发射进



● 第 4 代任务中的核反应堆抢险场景



● 2006 年佐治亚理工大学的空中机器人正在自主识别出特定房屋并确定入口位置



- 国际空中机器人大赛由美国无人机协会资助，自 1991 年开始每年举办一次。据悉，第 6 代任务在进行到第 4 年（2013 年）时才由清华大学代表队攻克

入第 2 单元的控制室，由两个亮灯可识别在主要入口处的乌克兰国家印章。母舰成功找到了第 2 单元，并确定了其空中机器人子系统可以进入的建筑物的开口。这个小型自主的空中机器人现在必须找到并进入控制室提供主控制面板和切换位置的图片，以便专家可以看到为什么第 2 单元没有关闭并评估该单元的抗崩溃潜力。任务必须在 10 分钟内完成。空中机器人必须将图片通过第 2 单元的混凝土墙传送到外面等候的母船。从而将图片转发回周长 3 千米的安全区。由于第 1 到 4 代的任务都是注重于室外自主飞行（可以借助 GPS 等定位设备），但从第 5 代开始加大难度，改为室内环境，这对空中机器人技术提出了新的挑战。不过，由于有着第 4 代任务的知识积累储备，这代任务在当年就被美国麻

省理工学院完成，所以第 6 代任务随即于 2010 年被启动。

启动于 2010 年的第 6 代任务描绘了这样一个有意思的场景：潜伏于某国的情报机构，代号为鼯鼠的特工称：一份拟破坏全球利益的高度机密的计划书被藏匿于位于偏远小镇的安全机构中。我们已经侦测到此机构有一个安全缺口，计划用一架小型自主飞行器渗入到防火墙周围，以便行动人员窃取到此机密信息，阻止该国政府采取的破坏全球利益的行动。显然，与第 5 代任务相比，第 6 代任务的室内飞行场景更加复杂。空中机器人不但需要能够自主地绘制建筑物的未知室内地图，躲避或摧毁安防措施，发现并理解墙上的文字指引信息，进而找到放置机密物品的房间。而且空中机器人还需要进入房间取走机密物，

放入替代品，并快速地退出建筑物。为此，美国无人机系统协会（AUVSI）为第6代任务的完成与否设立了三个标准：标准一，秘密潜入，调换U盘，秘密撤退，将U盘交给裁判，整个任务在10分钟内完成。成功完成任务！标准二，进入时被发现，触响警铃，调换U盘，迅速撤离，将U盘交给裁判。当警铃响时，飞行器有剩余时间来完成任务。任务完成不圆满！标准三，潜入失败，放弃任务（尝试终止）。任务失败！令人感兴趣的是，在第6代任务提出2年后的2012年，该项赛事开始由中国航空学会制导、导航与控制分会引入国内，设立国际空中机器人亚太赛区，每年与美国赛区同期举行赛事，与美国赛区赛程一致，依据共同规则进行评分。2013年，共有12支代表队参加了国际空中机器人大赛（亚太赛区）第二届比赛的角逐。其中既有清华大学、北京航空航天大学、

南京航空航天大学、浙江大学、厦门大学、西北工业大学、哈尔滨工程大学、中国民航大学、东北大学、海军航空工程学院等国内名校，也首次吸引到两所国外大学——卡塔尔大学和印度斯坦理工大学的队伍参赛。也正是在2013年8月的中国（亚太）赛区，清华大学THRONE代表队的空中机器人表现“抢眼”，率先完成自2010年以来尚未有参赛队挑战成功的第6代任务，荣获此次比赛亚太赛区的“最佳任务完成奖”。这也使得国际空中机器人大赛的第7代任务，在2014年就“提前”开启。IARC的目的不是重复先前已实现的技术，而是开辟空中机器人技术的新领域。拾取和移动物体的能力已经在前6次任务中得到展示，使用GPS和SLAM技术进行导航亦被很好地验证。那么自主飞行空中机器人还需展示什么样的新行为？带着这样一个问号，在许多空中机器人、机器视



• “场地上的羊在狼群的驱赶下四散奔跑，牧羊犬则需躲过狼的追击，将羊赶回羊圈”，这是裁判对国际空中机器人大赛的赛况解说词。2016年9月23日，由中国航空学会、北京航空航天大学主办的2016国际空中机器人大赛（亚太赛区）在北京航空航天大学体育馆开赛，来自亚太地区的国内外10余支高校队伍参与角逐

觉和认知科学等领域专家的建议下，第7代任务构想了一个名为“空中牧羊犬行动”的场景，要求空中机器人在10分钟内完全依靠自身的导航与控制技术，围堵和控制地面移动物体到比赛场地的指定区域。

这其中整个任务又分为A、B两个阶段，A任务是指在无室内GPS的区域划定一个边长20米的正方形区域，正方形的一边为绿色，相对的另一边为红色，其他为白色。在白边的中点连接一条白线作为场地中心线。这是“狼”追击“羊”的场地。10个iRobot Create可编程地面目标机器人（羊）在场地中心线附近围成一个圈。也就是说，它们将朝场地的各个方向运动。空中机器人（牧羊犬）可从场地两侧的任一白边起飞。每轮比赛开始后，地面目标机器人首先向场地周边运动。当发生碰撞或连续移动20秒钟后，目标机器人将改变运动方向。目标机器人一旦移动到赛场边缘，将被永久移除。每个地面目标机器人的顶部都有一个磁传感器。当空中机器人与目标机器人顶部足够接近，并“触碰到顶部”，目标机器人将以45°（顺时针）改变运动方向。自主空中机器人的任务是通过改变目标机器人的运动方向，尽量多地将目标赶往场地的绿边。每一次下降触碰，将使目标顺时针旋转45°。在一个目标前方降落并与其碰撞一次后，目标机器人将向相反的方向运动。目标机器人相互碰撞也可导致180°转向。除了需要被赶往边界的10个地面目标机器人外，还有4个上部带有柱状物（高度最多2米）、在场地内随机移动的地面障碍机器人（狼）。可以看出，第7代A任务就已经非常复杂，自主空中机器人必须先分析地面目标机器人的不同运动

方向，并引导其不断转向，直至来到场地绿边。期间空中机器人只能在场内运动，其飞行高度不能超出地面3米，只允许短暂地超出边界约2米（最多5秒钟）。在这样的情况下，空中机器人还须识别和躲避障碍机器人。参赛队在独自完成“空中牧羊”任务7A后，还要与其他空中机器人通场博弈，展开激烈的7B任务——“抢羊行动”。显然，任务7将有三个新行为挑战参赛队。这三个行为在前6次IARC任务中从未被尝试过。第一，空中机器人与地面移动物体（具体而言是地面自主机器人）的交互行为。第二，在一个敞开环境中的导航行为。该环境中无外界导航辅助。第三，与其他空中机器人的博弈行为。事实上，将这三个行为和能力集成在一个任务中本身就是一个前所未有的挑战，这也可以解释为什么在2014、2015、2016、2017中、美两个赛区的四届比赛中，所有的参赛队伍在第7代任务面前均铩羽而归。但也正是这种艰难和挑战，还有什么途径比它更能让我们了解“无人机”——“空中机器人”本身的含义呢？

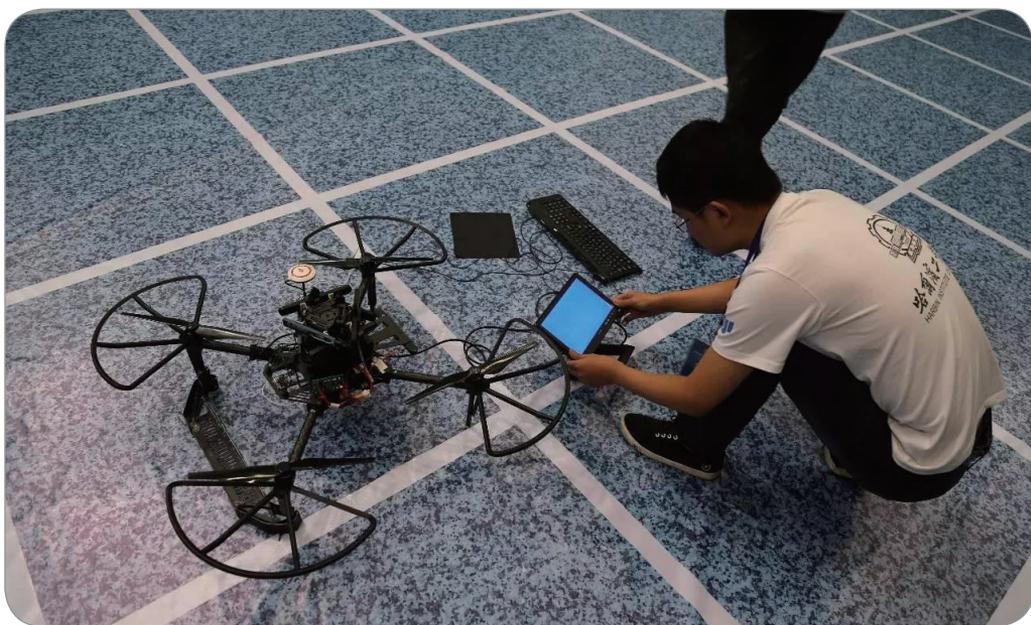
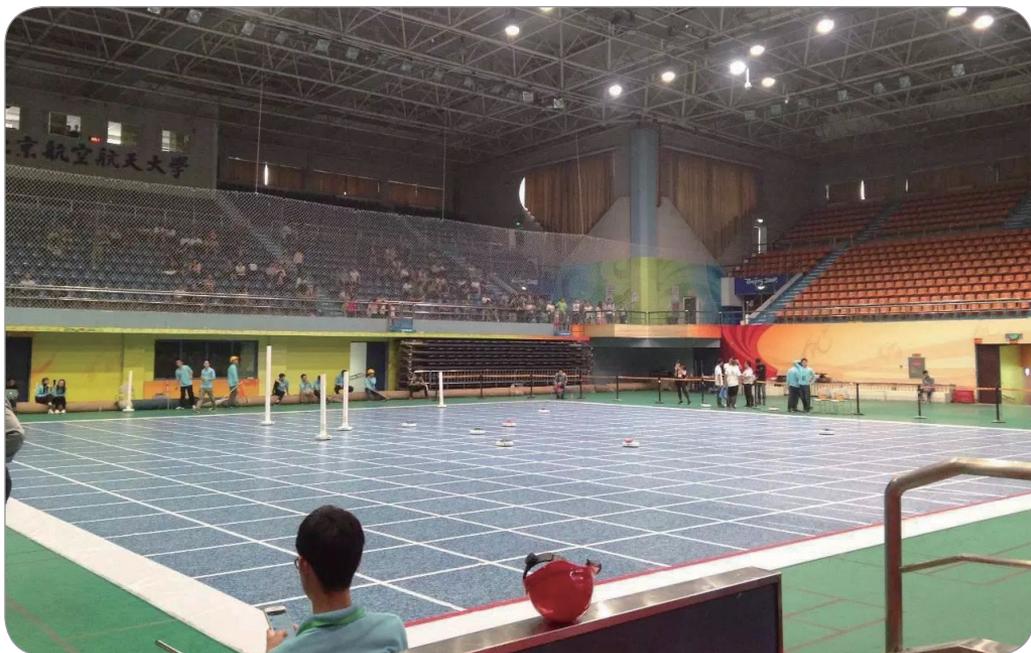
不过值得深思的是，在2017年的国际空中机器人大赛的7代任务正式赛结束后，好几支队伍申请了表演赛环节——遥控操纵空中机器人完成任务。切换为人工操纵后，空中机器人都能很快地完成预定任务。可见自主飞行并不等同于空中机器人可以智能完成规定任务，要达到《星球大战》或是《阿凡达》那样的程度，人工智能的发展水平、人工智能与无人机的结合程度都尚有相当远的一段路程要走。同时还需要指出的，也是让人遗憾的地方在于，虽然到本书成稿为止，国际空中机器人大赛（IARC）已经举行了27年，数届大赛



- 参加 2016 年比赛的清华大学 THRON 战队就是在从德国公司购买了飞机基础系统、传感器系统、机载计算机和其他底层控制系统配件的基础上，将全部精力用于高层控制系统的设计，重点是高层控制系统程序的编写与调试

中的空中机器人花样甚多，有固定翼飞机、无人直升机、无人飞艇和一些构型奇异的垂直起降飞行器（VTOL），但获胜的大多是在消费级直升机或是固定翼构型无人机基础上改装的机器人，而其他类型的机器人从未获胜。原因很简单，智能自主任务无人飞行器飞行控制分为两个层次：底层控制系统和高层控制系统。其中，前者主要用于控制飞机的飞行稳定性，保证其俯仰、横滚和偏航的控制精度；后者则偏向于对飞机飞行过程的控制，实现飞机的自主定位、路径规划等操作，就国际空中机器人赛事项目设置的趋势而言，后者更为重要。所以，采用常规方案的参赛队可以把更多

精力放在机器人系统的设计上，而采用奇异构型的参赛队则需要首先解决使空中机器人成为飞行器的难题。所以近年的国际空中机器人大赛，虽然任务复杂，参赛各队的空中机器人在硬件上“同质化”现象非常明显，但是大多采用商品化的消费级无人机载机，远不如早期的比赛那样令人感到富有吸引力。举例来讲，为了节约时间并最大限度发挥“工科男的优势”，参加 2016 年比赛的清华大学 THRON 战队就是在从德国公司购买了飞机基础系统、传感器系统、机载计算机和其他底层控制系统配件的基础上，将全部精力用于高层控制系统的设计，重点是高层控制系统程序的编写与



- 第7代A任务详解：在无室内GPS的区域划定一个边长20米的正方形区域，正方形的一边为绿色，相对的另一边为红色，其他为白色。在白边的中点连接一条白线作为场地中心线。这也是“狼”追击“羊”的场地。10个iRobot Create可编程地面目标机器人（羊）在场地中心线附近围成一个圈。也就是说，它们将朝场地的各个方向运动。空中机器人（牧羊犬）可从场地两侧的任一白边起飞

调试。但正如前文所述，在空中机器人智能化的发展问题上，我们总习惯地认为顶层更“高级”，但其实更多的问题是由底层带来的，忽视底层控制和飞行器硬件本身的构建，一味为迎合赛事项目设计而选择现成的货架平台，这对于空中机器人—智能无人机系统技术的未

来发展并不是有益的，也在一定程度上有悖于国际空中机器人大赛（IARC）的初衷，这些任务在提出时是几乎不可能实现的，而当其最终被空中机器人完成时，世界将受益于因此所得到的技术进步。



- 每个地面目标机器人的顶部都有一个磁传感器。当空中机器人与目标机器人顶部足够接近，并“触碰了顶部”，目标机器人将以 45° （顺时针）改变运动方向



- 自主空中机器人的任务是通过改变目标机器人的运动方向，尽量多地将目标赶往场地的绿边。每一次下降触碰，将使目标顺时针旋转 45° 。在一个目标前方降落并与其碰撞一次后，目标机器人将向相反的方向运动。目标机器人相互碰撞也可导致 180° 转向



- 除了需要被赶往边界的 10 个地面目标机器人外，还有 4 个上部带有柱状物（高度最多 2 米）、在场地内随机移动的地面障碍机器人（狼）



- 在赛场上，有些空中机器人的策略是在赛场边界附近搜寻“羊”，并伺机将其引导至场地绿边。结果只是在场地定点悬停了 10 分钟，一无所获



- 有些空中机器人则按网格搜寻“羊”，但因“羊”一直随机移动，往往与“羊”擦身而过



- 有些空中机器人搜寻“羊”的能力非常强，可惜每次降落驱赶“羊”的位置有偏差，无法完成碰撞并让“羊”180°转向



- 在正式比赛结束后，好几支队伍申请了表演赛环节，遥控操纵空中机器人完成任务。切换为人工操纵后，空中机器人均能很快地完成预定任务。可见自主飞行并不等同于空中机器人可以智能完成规定任务



- 正在赶羊



- 2017 年国际空中机器人大赛获得系统导航二等奖的中国民航大学代表队



- 虽然第 7 代任务在本书成稿时并没有完成，但第 8 代任务的构想已经被提出：一组自主的空中机器人要帮助一位人类特工，突破敌方哨兵空中机器人的阻碍完成任务，这些哨兵空中机器人携带有致命的激光武器，人类特工需要凭借手势和语音来指挥己方空中机器人



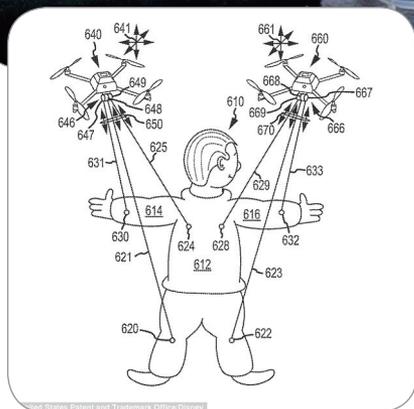
- 人类社会科技的发展并非是匀速的，而是加速的，当前具有弱人工智能的无人机向智能化的空中机器人发展将是无可辩驳的趋势

无人机、人工智能与社会生活

马克思有一句名言：“人的本质并不是单个人所固有的抽象物，在其现实性上，它是一切社会关系的总和。”也正因为如此，或许从餐馆的上菜工，到盲人的导航犬，未来智能化的无人机将在我们的生活中无处不在——至少未来科学家们所描述的场景中是这样，也为人们所深信不疑。但作为人工智能的一种载体形式，人们对于无人机的关注，与其说在于技术性，倒不如说是在于社会性。技术是人类的创造物，它必然要承载着人类的这个根本属性。这就意味着我们的思维在维度上要大大地拓展了。2016年初春，谷歌的“阿尔法狗”与围棋高手李世石的人机大战，引发了一阵人工智能的热潮。人们惊呼人工智能时代到来了，热议人工智能超越人类带来的诸多思考。联想范围很快从人形机器人在服务领域的大肆扩展、工业机器人

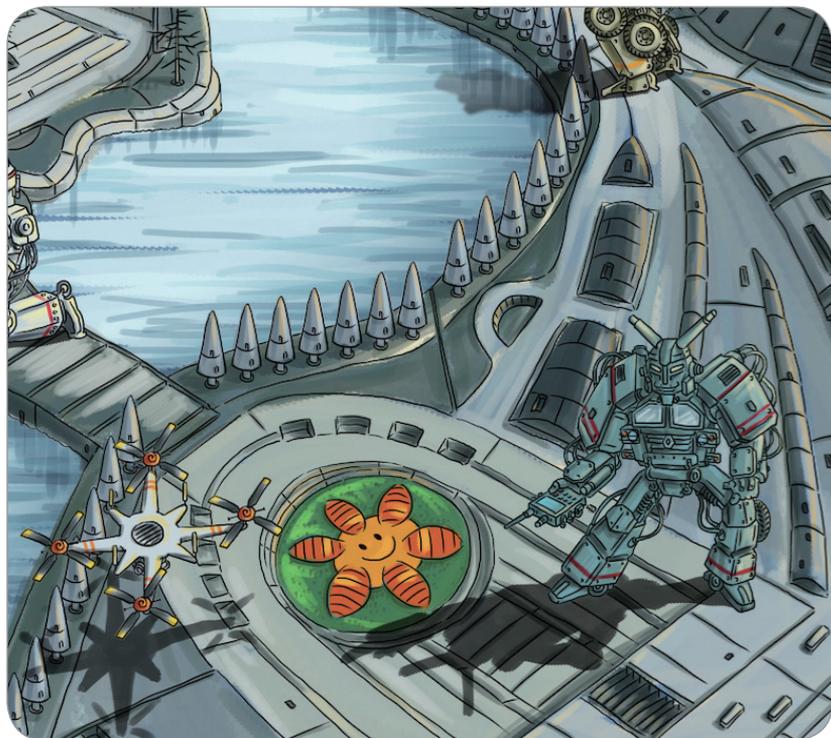
在生产线上替代工人工作，在文化、艺术、媒体领域出现的计算机创作，一直延展到了人类社会生活的永恒话题——战争。不可否认，今天的军事领域早已显现了无人化军备竞赛的种种征兆。这使人们不禁要问：一个彻底改变人类社会生活的空前巨变时代是否已经来临？人类应当怎样应对？又该如何理性思考？人类将何去何从？

在无人机乃至人工智能将如何改变人类社会生活的问题上，战争无疑是最具说服力的领域。至于这其中的原因并不复杂。战争是人类社会生活不可割裂的部分，甚至“要比和平发达得早”（马克思语）。影响了战争也就意味着深度介入了人类的社会生活。同时战争的规则虽然简单，但又很少得到遵守。也正因为如此，倘若人工智能发展到足以代替人类操控武器的程度，人们一定会毫不犹豫地将其送上战场，既然“消灭敌



- 迪士尼公司几年前就投资了一系列小型无人机创业公司，并获得了大量的专利成果。图为迪士尼公司申请的专利，利用小型无人机系统操作运动的木偶。或许不久的将来，我们带着自己家的小朋友就能在迪士尼乐园里看到这种有趣的表演

- 若按加速回报定律的线性增长计算，人类科技进步越来越快，这似乎意味着不久的将来会很有趣



- 未来智能化的无人机将在我们的生活中无处不在，至少未来学家们所描述的场景中是如此，并为人们所深信不疑



人保存自己”是最高级的战争艺术，人们没有理由不这样去做，正如人们对待飞机、履带式装甲战斗车辆和武装舰艇的态度，其出发点不会有什么两样。这实际上意味着从社会学的角度来讲，战争将比和平更好地拥抱无人机技术的前沿。不过，尽管社会科学技术是在人类社会生活实践基础上产生的，又反过来影响着人类社会，科学技术的发展与人类社会的发展早已融为一体，那么人工智能参与社会生活将是自然而然的历史性趋势，但作为人类社会生活的一部分，战争还要多久才能踏入人工智能时代的门槛？这无疑是一个有意思的话题。

一种观点认为：“快了！”其理论依据在于

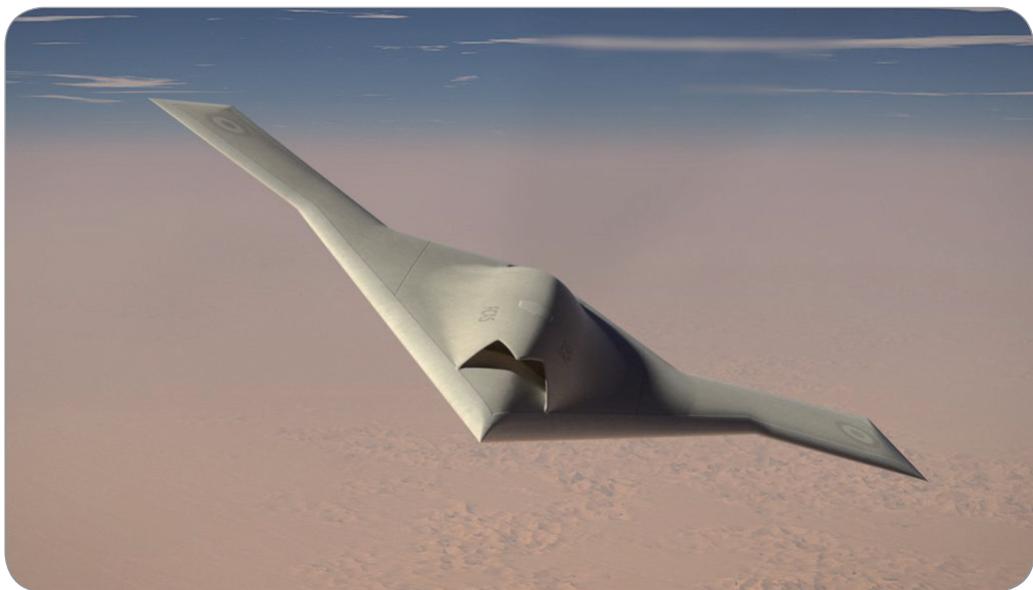
未来学家雷·库兹韦尔提出的“加速回报定律”。该定律认为，人类社会科技的发展并非是匀速的，而是加速的。特别是在信息时代更是如此。信息科技的发展按照指数规模爆炸，将导致存储能力、计算能力、芯片规模、宽带规模暴涨。之所以会发生这种规律，是因为一个更



- 战争是人类社会生活不可割裂的部分，甚至“要比和平发达得早”



- 从社会学的角度来讲，战争将比和平更好地拥抱无人机技术的前沿



- 无人机毋庸置疑正在向高度智能化的方向上发展，或许“空中机器人”才是对它们更为恰当的称号

加发达的社会，能够继续发展的能力也更强，发展的速度也更快，这本就是更加发达的一个标准。19 世纪的人们比 15

世纪的人们懂得更多，所以 19 世纪的人类科技发展起来的速度自然比 15 世纪更快。即使放到更小的时间规模上，这个

定律依然有效。著名电影《回到未来》中,生活在1985年的主角回到了1955年。当主角回到1955年的时候,他被电视刚出现时的新颖、便宜的物价、没人喜欢电吉他、俚语的不同而震惊。但是如果这部电影发生在2015年,回到30年前的主角的震惊程度要比这大得多。一个2000年左右出生的人,回到一个没有个人计算机、互联网、手机的1985年,会比从1985年回到1955年的主角看到更大的区别。这同样是因为加速回报定律。1985年-2015年的平均发展速度,要比1955年-1985年的平均发展速度快,因为1985年的世界比1955年的更发达,起点更高,所以过去30年的变化要大过之前30年的变化。进步越来越快,也就是说我们不久的未来会很有趣,由人工智能替代人类的战争当然是触手可及的

场景之一,而且很可能就在“明天”。

事实上,雷·库兹韦尔认为整个20世纪100年的进步,按照2000年的速度只要20年就能达成,2000年的发展速度是20世纪平均发展速度的5倍。他认为自2000年开始,只要花14年就能达成整个20世纪100年的进步,而之后2014年开始只要花7年(2021年),就能达到又一个20世纪100年的进步。几十年之后,我们每年都能达成好几次相当于整个20世纪的发展,再往后,说不定每个月都能达成一次。按照加速回报定律,雷·库兹韦尔等人认为人类在21世纪的进步将是20世纪的1000倍。如果雷·库兹韦尔的想法是正确的,那2030年的世界可能就能把我们“吓傻”了。以智能化无人机为代表的智能设备是否会全面影响人类的社会生活,我们

- 作为人工智能的一种载体形式,人们对于无人机的关注,与其说在于技术性,倒不如说是在于社会性



- 在无人机乃至人工智能将如何改变人类社会生活的问题上，战争无疑是最具说服力的领域。至于这其中的原因非常简单，影响了战争也就意味着深度介入了人类的社会生活



还缺少信心，但人工智能全面参与战争几乎是肯定的，而 2050 年的世界则会变得更加面目全非。然而，也有一些人认为：人工智能代替人类参与战争“差得还远！”。有意思的是，这种观点很大程度上正是来自于对“加速回报定律”的嘲讽。在这里，仅举一个与航空密切相关的例子便可一目了然。1903 年莱特兄弟驾机最长飞行 59 秒；1931 年里斯和布罗西驾机不用空中加油，最长飞行 84 小时 32 分钟。28 年 5158 倍！若按加速回报定律的线性增长计算，1931 年到 2015 年将增长 15474 倍，不加油将能持续飞行 149 年！但技术发展又通常是指数级的！这意味着早在 2015 年，人类的航空技术不用空中加油就能一口气飞 2000 年！然而，在现实世界中，2015 年的航空技术又是怎样？显然，无情的嘲讽似乎一边将雷·库兹韦尔和他的加速

回报定律扫入了垃圾堆，一边也为“在一代人的时间里迈入战争的人工智能时代”画上了一个大大的十字叉。

不过，或许雷·库兹韦尔及其拥护者们的想法过于乐观，而反对者们的嘲讽又过于刻薄，但事情的真相倒可能是这样的。战争的人工智时代的到来，可能既没有想象中那么快，也没有想象中那么远。要知道，人工智能的概念非常宽泛，所以人工智能也分很多种，“弱人工智能”就是其中之一。所谓的“弱人工智能”是指擅长于单个方面的人工智能。比如汽车上有很多的弱人工智能系统，从控制防抱死系统的计算机，到控制汽油注入参数的计算机。谷歌正在测试的无人驾驶车，就包括了很多弱人工智能，这些弱人工智能能够感知周围环境并做出反应。我们的手机也充满了弱人工智能系统。当你用地图软件导航，



- 倘若人工智能发展到足以代替人类操控武器的程度，人们一定会毫不犹豫地将其送上战场

接受音乐电台推荐，查询明天的天气，和 Siri 聊天，以及其他很多应用，其实都是弱人工智能。谷歌翻译也是一种经典的人工智能，非常擅长单个领域。声音识别也是一种。很多软件利用这两种智能的合作，使得你能对着手机说中文，手机直接帮你翻译成英文。世界最强的跳棋、象棋、拼字棋、双陆棋和黑白棋选手都是弱人工智能。风靡全球的飞行相机——“大疆”无人机更是一种时髦的弱人工智能工具。显然，我们今天早已处在了一个充满了弱人工智能的世界。这些还只是消费级产品的例子。更为现实的情况是，不仅制造、金融（高频算法交易占到了美国股票交易的一半）等领域在广泛运用着各种复杂的弱人工智能，军事领域也早已为初级的“弱人工智能”所渗透。

不可否认，过去 20 年里消灭了大量制造业和办公室岗位的自动化浪潮如今正席卷各国军队。越来越自动化的海

军舰艇就是一个很恰当的例子。20 年前要有效运作一艘排水量接近 10000 吨级的阿利·伯克级驱逐舰大约需要 337-380 人，但今天一艘排水量 14500 万吨的 DDG1000 驱逐舰却只需要不到 150 名舰员即可操作自如，而后的综合战斗效能却至少是前者的 3 倍，自动化技术的进步是显而易见的（尽管按照雷·库兹韦尔及其拥护者们的想法还不够快）。与军舰的自动化程度情况相对应，重型战斗机后座飞行员的消失也是如此。如果不算俄罗斯给印度人定制的“特别版本”，今天几乎所有的“四代机”都只有单座型号，“消失”的后座显然被高度自动化的人工智能设备取代了。另外，从以色列的“快骡”载人无人机、波士顿动力的“大狗”四足机器人，再到各种各样的机器人。弱人工智能在军事后勤等非直接战斗领域的应用同样是一个热点趋势。各国军方显然都在寻求着可降低后方部门成本的自动化技术，这些



- 风靡全球的飞行相机——“大疆”无人机就是一种时髦的弱人工智能工具

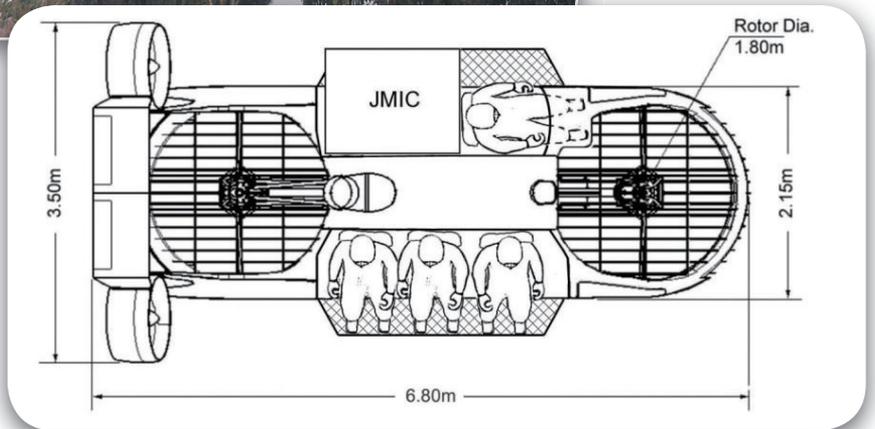
技术的应用还有助于将士兵从一些非作战部署中撤下，因为他们在运输等流动战场上可能面临敌方的威胁。而在可预见的时间里，弱人工智能在这些领域的存在感还将大大拓展。在民用领域可能令出租车、火车和卡车司机面临失业的无人驾驶汽车可能也会消除陆军中许多作战支持岗位；将货物运到货车上的仓库机器人也可以完成空军的军械部门和供应部门的类似工作；蛙人也可能不再需要到水下进行人工排雷了，机器人可以完成这个工作。对此，正如宾夕法尼亚大学教授、全球知名武器化机器人

专家迈克尔·霍罗威茨所说：“正如在民用经济中一样，自动化可能会对后勤部门的军事机构产生重大影响”。

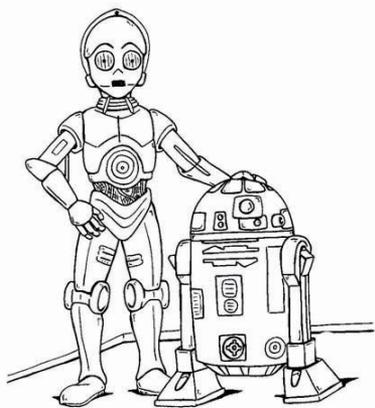
不过，真正值得思索的问题在于。如果说在人类的社会生活领域，人工智能革命是从弱人工智能，到强人工智能，即人类级别的人工智能），最终到达超人工智能的旅途，即超越人类级别的人工智能）。那么人工智能自然不可能满足于一直以“弱人工智能”的面目存在于军事领域，由“弱”到“强”，继续向前进化是肯定的，而且其范畴也必将从非战斗领域延展到直接的战斗领域。“从



● 早已投入使用多年的美国 MQ-9“死神”察打一体无人机。战争的人工智能时代的到来，可能既没有想象中那么快，也没有想象中那么远



• 正在测试中的以色列“快骡”载人无人机

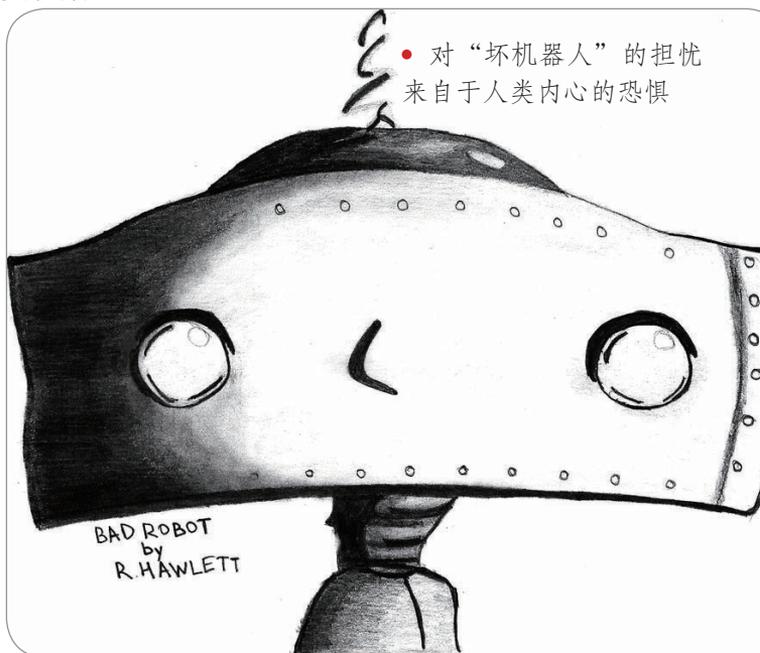


- 在人类的社会生活领域，人工智能革命是从弱人工智能，到强人工智能即人类级别的人工智能），最终到达超人工智能的旅途

人工干预最多的有限自主到完全的无限自主”。目前战斗用人工智能研究正是沿着这样的一个方向在前进。这样一种智能化的战斗机器人无疑将是自动化技术的巅峰之作，理论上能够把人类从繁重、危险的战争环境中解脱出来，因此成了高效、精确、可靠的代名词。对此一个极好的例子是关于空中战场的。2011年2月4日，诺斯罗普·格鲁曼公司为美国海军研制的X-47B隐身无人驾驶飞行器在加利福尼亚州爱德华兹空军基地首次升空，顺利完成了29分钟的测试飞行，飞行高度达到了1500米。全程观看新机试飞的军方代表加梅·恩达尔宣称：“今天，我们第一次见证了未来。”事实上，尽管这是一架海军的“盐水机”，但联想到此前美国海军、空军、国防部高官在不同的场合、不同的时间都表

示过F-22、F-35将是最后一代有人驾驶战斗机，而美军又一贯在装备论证研究方面表现出了异乎寻常的前瞻性和创造性，大量预研、论证型号的出现从来就是不间断的，再加上这句意味深长的“我们第一次见证了未来”，这使人们不得不正视具有自主任务能力的“强人工智能”代替人类飞行员，直接参与战斗的现实性可能，以及由此引起的对于“机器人战争”合法性的质疑。

从长远的技术角度考虑，正在成长中的人工智能不可能永远只有在人类监控下作战，它们迟早会自主决定武器使用。几年前就已试飞的X-47B隐身无人驾驶飞行器及正在不断涌现的类似系统，已经初步向人们展示出了这种能力。《控制自主机器人杀人行为》一书的作者罗纳德·阿尔金就宣称，“授予机器人杀人自主权不可避免”。但问题的关键在于机器人武器是否具有分辨能力，不安全的机器人杀手可能会出现很多差错，





- 动画电影《钢铁巨人》很好地将人类对人工智能的恐惧心理进行了注释

这些差错对人类来说是致命的。2008年，3台美军的“剑”式地面作战机器人被部署到了伊拉克，但是这种具有有限智能，能够在一定程度内自主执行任务的遥控机器人小队还未开一枪就很快被从战场撤回，因为它们做了可怕的事情：将枪口对向它们的人类战友。当然，美国陆军地面部队项目执行官凯文·法黑的回答比较含糊，除了证明它们的确是“还没有参加作战就被召回”之外，未给出详细的原因，而武器承包商方面的答复也一样（法黑只是在后来含含糊糊地承认这些机器人的“枪管在操作者未发指令的时候自己移动”，也就是说，“剑”式地面作战机器人工作时转向了错误的方向，所幸它的插头很快被拔掉）。尽管这起意外未造成人员受伤，但类似的问题却引起了人们的本能恐惧，以至法律和战争伦理上的障碍成了一道难以

逾越的门槛，必须认真加以考虑。

正如前文反复强调的那样，战争是人类社会生活的一部分，也是政治的一种延伸手段，政治目的既是衡量所使用军事手段应达到何种目标的尺度，又成为衡量应使用多少力量的尺度。但是政治目的不能单独地成为这种尺度，毕竟所发生的是实际事物，而不是纯粹的概念。这意味着或许在一些拥有这类技术的国家的普通民众看来，尽管损失的自动化无人机或许同样价值不菲，但却绝对无法与损失飞行员相提并论，其政府也因此深受鼓舞。然而，这实际上是一种极为自私而危险的利己主义思想。人工智能无人机的滥用将损害到战争法的根基，同时战争的门槛被大大降低了。也正因为如此，早在2010年，一些机器人工程师、哲学家和人权活动人士就共同成立了“国际机器人武器控制委员会”，



- “从人工干预最多的有限自主到完全的无限自主”，目前战斗用人工智能研究正是沿着这样的方向在前进。图为几年前就已经开始试飞的诺斯罗普 X-47B 隐身无人驾驶飞行器，该机具有有限的自主任务能力



● 人工智能自然不可能满足于一直以“弱人工智能”的面目存在于军事领域，由“弱”到“强”，继续向前进化是肯定的，而且其范畴也必将从非战斗领域延展到直接的战斗领域。图为几年前就已经开始试飞的诺斯罗普 X-47B 隐身无人驾驶飞行器

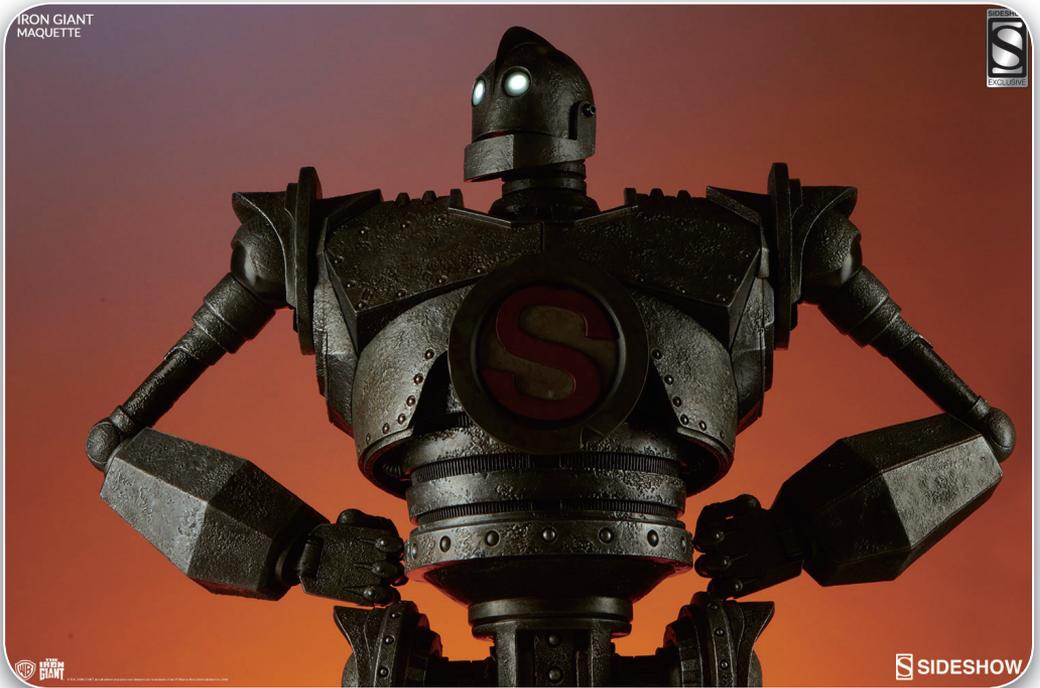
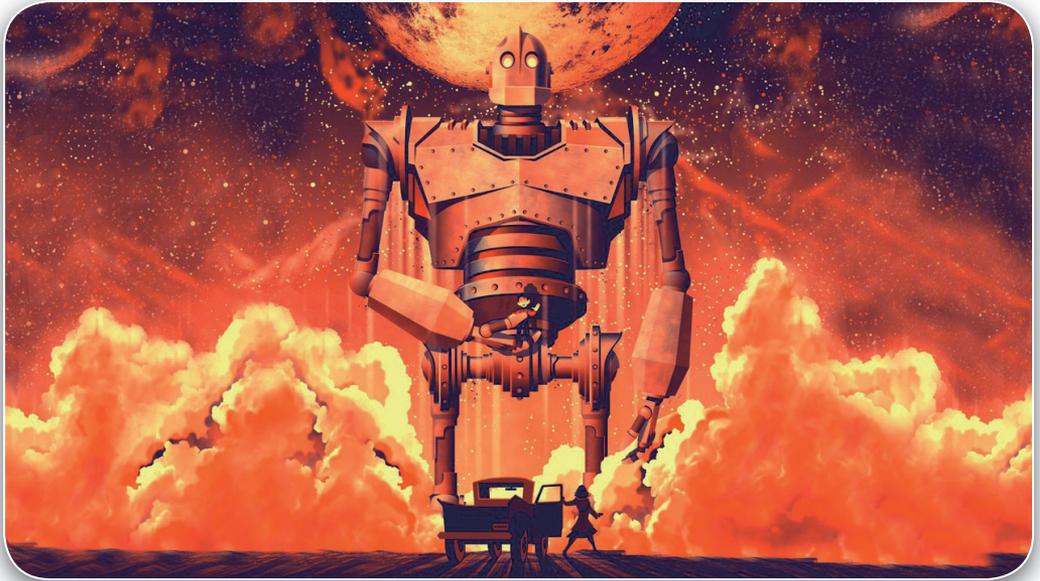
并指出使用此类人工智能机器人武器的国家可能会认为战争可以不那么血腥，而更容易和其他国家发生冲突。更何况，人工智能领域向来存在极大的道德争议，一些人怀有对机器人与生俱来的恐惧，因此强烈反对 AI（人工智能）方面的研究。对于 AI 研究领域的现实进展如何，我们或许可以不置可否，但对于“强人工智能”，AI 参与直接战斗的问题，早在世界上还没有机器人，更没有机器人学的 1941 年，著名科幻作家阿西莫夫就以一篇短篇科幻小说《推理》，提出了约束机器人道德的“三定律”：（1）机器人不得伤害人，也不得见人受到伤害而袖手旁观；（2）机器人应服从人的一切命令，但不得违反第一定律；（3）机器人应保护自身的安全，但不得违反第一、第二定律。长久以来，这三条原则一直被奉为机器人研发的根本宗旨，即便是对于担当侦察、勘探或爆破任务的弱人工智能军用机器人也没什么不妥，然而，当人类决定再往前迈进一步，研制能够自主决定在什么时候，以及向谁动用致命武力的强人工智能战斗机器人时，麻烦就来了，这实际上意味着“机器人道德底线”的突破。

当然，为了解决这个问题，也有人曾就此提出了第 0 定律，并企图将之凌驾于其他三定律之上，即“机器人不得伤害人类整体，或者因不作为致使人类整体受到伤害”。但问题的关键在于，如何判断是否有利于所谓“人类整体”，这一点连人类自己也无法做到，更何况战争的存在本身就是对这种说法的一种讽刺。也正因为如此，相当多的机器人学家认为，突破机器人三定律，也就意味着给予了武装起来的战斗机器人大开杀戒的权利，而不要奢望机器人自己能

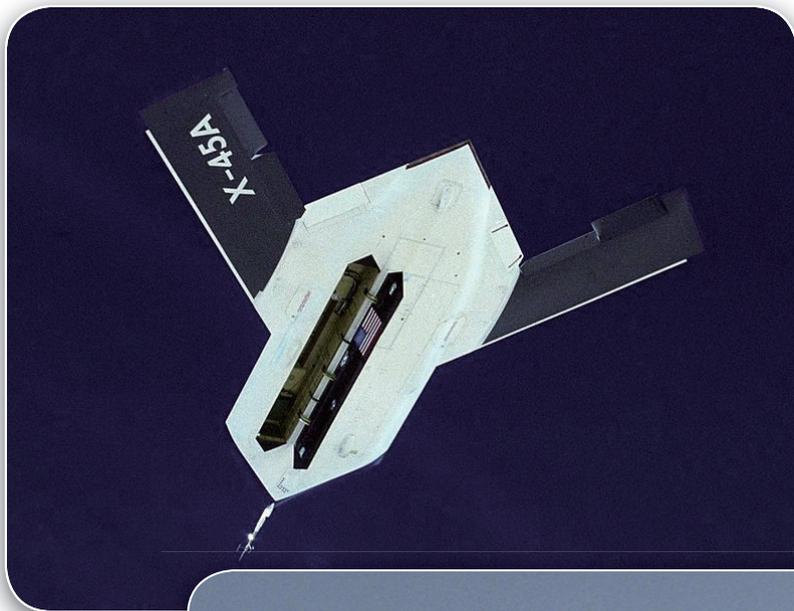
够将杀戮控制在“道德”或是“合理”的范畴内。类似“剑”式地面战斗机器人这种“指向错误”，也许是第一次，但绝对不是最后一次。事实上，战争从来就是人类自进入文明社会以来面对的最大、最复杂的逻辑和伦理难题，连人类都解决不了战争所带来的伦理困惑，你能奢望机器人去理解战争吗？要知道，在人类的本性中，恐惧是一种最普遍的心理因素，野蛮人与文明人在这一点上是毫无区别的，这在三个月的婴孩身上都能得到证明。在部落时代，人们最害怕的是灭种，今天，这仍是人们的思想中一个可怕的问题。那么如此一来，作为人类正在兴致勃勃发展的一种军事技术手段，由越来越强大的人工智能与军械结合起来的武器系统，究竟会不会符合人类社会生活的长期利益？我们给出的答案是：可能，也许，未必……总之，无人机毋庸置疑正在向高度智能化的方向上发展，“空中机器人”才是对它们更为恰当的称呼。而一旦涉及这个字眼，那么无人机所蕴含的社会学属性就必然要对人类的内心世界造成剧烈冲击。人类对于人工智能设备、特别是无人机参与战争的矛盾心态充分表明了这一点。

机器人空战的“未来派”画卷

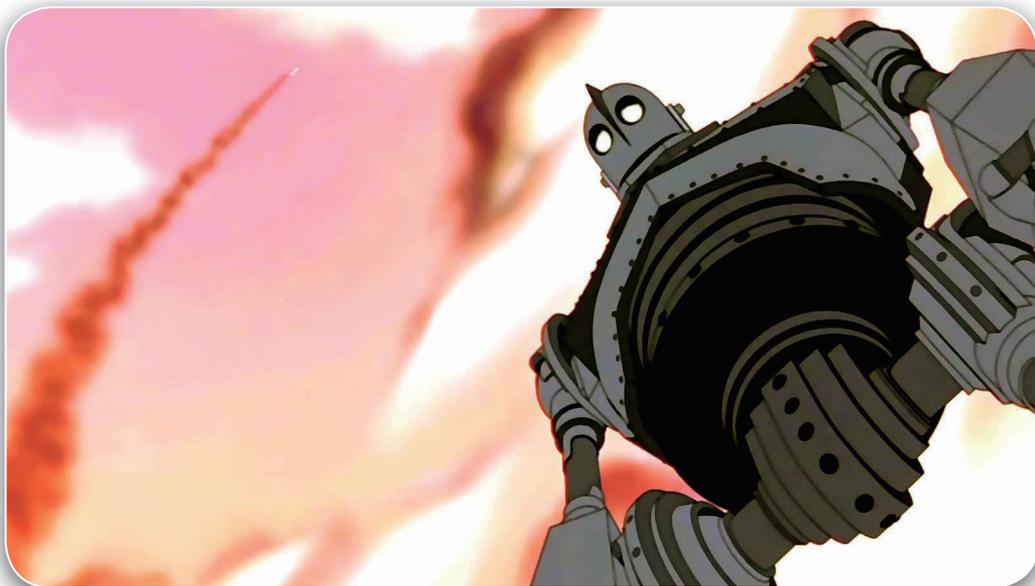
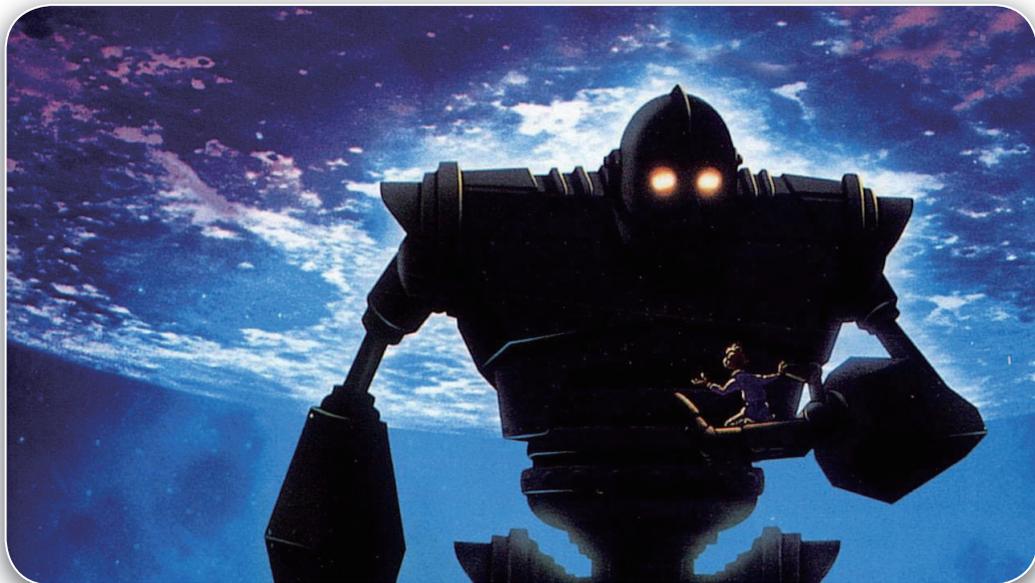
拥有自主任务能力的武装无人机无疑是一种人工智能武器，而人工智能武器的出现则被称为战争史上的“第三次革命”。火药的出现是“第一次革命”，不易受个人能力左右的枪支和火炮实现实用化，军队构成更加大众化和规模化。核武器实用化是“第二次革命”，拥有核武器意味着可以进行以破坏整个国家为前提的战略性对峙，持核国家具有国际影响力。两次革命分别使此前的战争



- 人工智能领域向来存在极大的道德争议，一些人怀有对机器人与生俱来的恐惧，因此强烈反对 AI 方面的研究。其理由在于人工智能武器的滥用将损害到战争法的根基，同时战争的门槛被大大降低了



- 具有有限自主任务能力的波音 X45 无人战斗机正在进行投弹试验。研制能够自主决定在什么时候，以及向谁动用致命武力的强人工智能战斗无人机，必然涉及战争伦理这个人类社会的底线问题



- 战争从来就是人类自进入文明社会以来面对的最大、最复杂的逻辑和伦理难题，连人类都解决不了战争所带来的伦理困惑，你能奢望机器人去理解战争吗？

方式完全发生变化，并对人类社会产生重大影响。而人工智能同样具有从根本上颠覆战争方式的潜力，由“人对抗人”的战争变成“机器自主性杀人”的战争，对人类社会的影响很可能是颠覆性的。虽然从目前人工智能的发展情况来看，“机器自主性杀人”的战争尚且有些为时过早，可以认为是“后天”的战争形态，但将拥有有限人工智能的武装机器人投入战争却是“明天”就可能发生的事情，属于已经可以预见的“未来”。有意思的是，作为一种极其复杂的人类社会活动，在“明天”的战争中，描绘一幅“机器人”参与空战的“未来派”画卷尤为令人好奇。究其原因，人们对“空战”这种作战样式总是抱有好奇。

人们对空战的兴趣，绝非因为它是一种战争形态，而是源于一种审美情趣。准确地说，是源于对骑士精神的回忆与怀念。虽然源于日耳曼传统的骑士制度早在文艺复兴时期便已终结，但从《亚瑟王》到《罗兰之歌》，所谓的骑士精神却一代又一代地影响了西方人，对整个西方民族性格的塑造产生了极大的作用。简而言之，骑士精神的核心就是英雄主义和英雄情结。勇敢、顽强、忠诚是骑士的重要品格，这与自古以来人们心中的英雄情结产生了“深度契合”。骑士在战场上的任何怯懦表现都将遭到所有人，包括妇女和儿童的藐视和耻笑，妻子和母亲都不能容忍自己的丈夫或儿子贪生怕死，临阵脱逃，叛变投敌。在战争中，如果首领战死在沙场，

活着的骑士会有苟且偷生之嫌。如果首领在战场上不及手下人勇敢，会令人感到羞耻。为什么骑士在战斗中总要全力以赴？为什么骑士视荣誉为生命？原因正是一种典型的英雄主义。同时，为了表现自己的勇敢，骑士身上又多少带有一些个人主义思想，养成了散漫、自由、无拘无束的行为特点。在骑士传奇亚瑟王系列故事中，比武大赛是经常出现的情节。圆桌比武，就是骑士们对个人能力的展示。骑士们除去自己服役的主人之外，不听令于任何人，为了得到别人的尊敬与爱戴，他们遇到不平之事会行侠仗义，到处以帮助弱者的名义与人决斗。这进一步增强了骑士身上的英雄主义魅力，催化了人们的英雄情结中对英



- “骑士精神体现了人性中所有高尚、典雅及道德的发展”，从《亚瑟王》到《罗兰之歌》，所谓的骑士精神一代又一代地影响了西方人，对整个西方民族性格的塑造产生了极大的作用

雄的崇拜和渴望。

值得注意的是，在一些脍炙人口的文学作品推波助澜下，骑士精神的魅力

又在对贵族精神气质的追求和对爱情的向往中得到了升华。虽然我们承认，骑士文学反映的主题思想是骑士阶层的



- 在一些脍炙人口的文学作品推波助澜下，骑士精神的魅力在对贵族精神气质的追求和对爱情的向往中得到了升华，蒙上了一层世俗的浪漫主义色彩

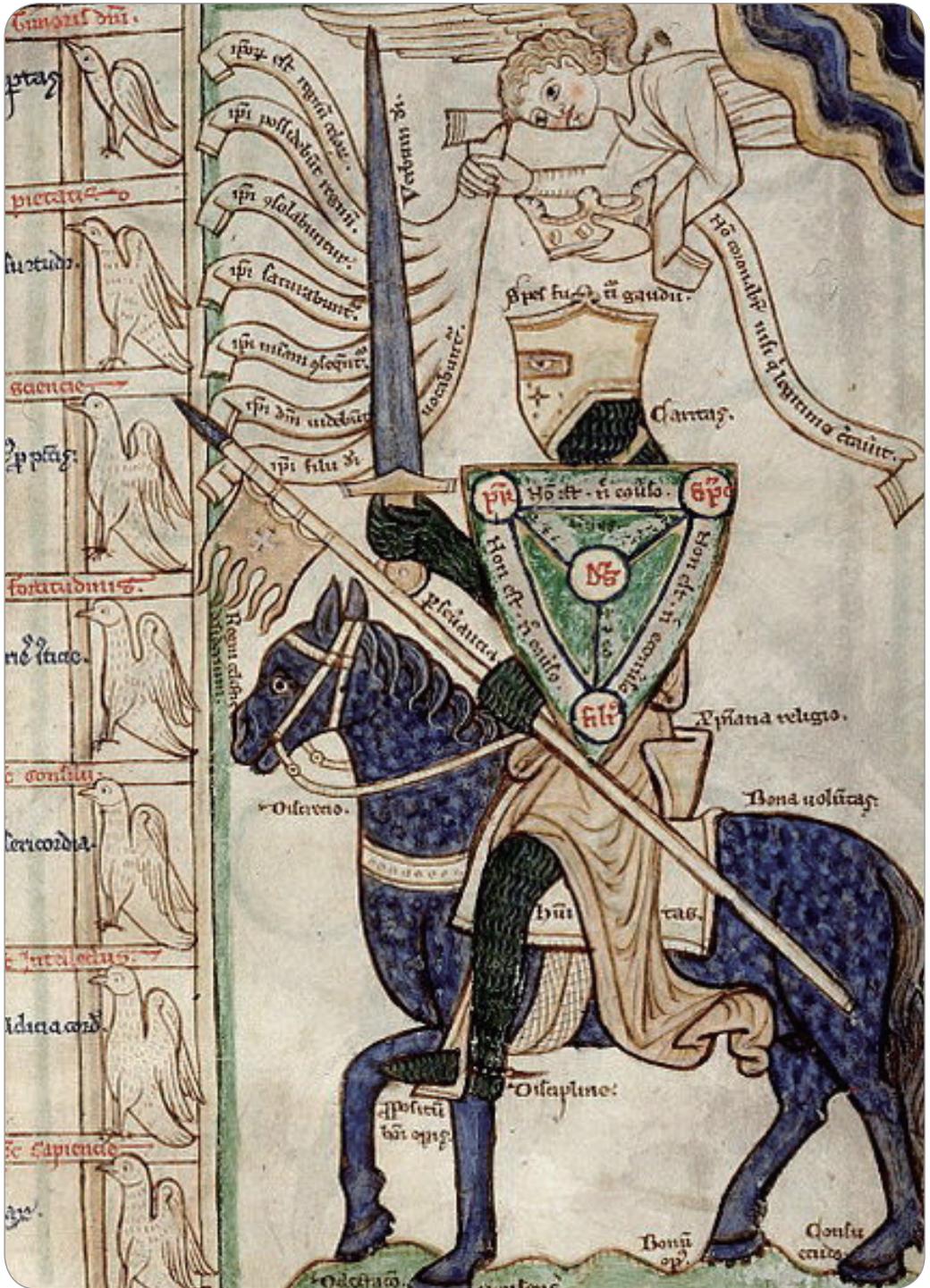


- 人们对空战的兴趣，绝非因为它是战争的一种形态，而是源于一种审美情趣

生活理想，但骑士文学的灵魂却是骑士传奇字里行间里流淌出的骑士精神与爱情故事的结合。在这些所谓的骑士文学中，爱情的主体是依附于封建主的骑士和宫廷里高傲的贵妇人，形成了一种爱慕和崇拜贵妇人的风尚，能否拥有一位贵妇人，不仅是判定一个贵族武士能否取得骑士资格的必备条件，也是一个骑士所能获得的最大荣誉，甚至是骑士行动的最大动力。这就使人们心中的英雄主义情结与对世俗爱情的向往产生了交集。更何况为了追求贵妇人，骑士们开始追求骑士风度，生活方式变得越来越文明，注重生活质量与社交礼仪，注意个人卫生及用餐环境，向往高贵的仪态和谈吐，追求风雅的艺术，形成了所谓的“骑士风度”。这无疑使骑士精神进一步从单纯的英雄主义中分离出来。结果受这些文学作品的影响，骑士精神蒙

上了一层世俗的浪漫主义色彩，给早期追求忠诚、勇武、荣誉、保卫弱者和护卫基督教的骑士精神增添了一种浪漫的、温文尔雅的、为了理想的爱而去牺牲的世俗精神，并最终在人们心中凝结成了一种具有强烈现代性意蕴的审美情趣。

骑士精神体现的对世俗价值的追求实际上是一种个人自我意识的体现。也正因为如此，作为骑士精神的现代性意蕴之一，飞机这种神奇的现代魔术出现不久，人们就在飞行员的身上发现了久违了的东西。飞行员之所以被视为“骑士”的化身，有着非常直观的感性因素。人们对于英雄的敬仰与痴迷，源自内心强烈的英雄主义情结。而在飞机发明之初的很长一段时间，制造出的都是些简陋粗糙的飞行器，类似于未经驯服的野马，要操纵它们上天，技巧是第二位的，胆量是第一位的，于是独自驾机升空所



- 骑士精神的核心就是英雄主义和英雄情结



• 圣乔治杀死恶龙



- 向齐柏林飞艇发起攻击的莫拉纳·索尔尼埃L型单翼机，这样的场景很容易让人联想起“向恶龙挑战的骑士”

隐含的英雄主义吸引了公众的想象力，使一些航空先驱崭露头角，从一开始就出尽了风头。更何况，敢于驾机升空的大都是些体格健壮、性格鲜明、胆大包天的家伙，而且不乏出身良好的贵族子弟（虽然飞机的“发明人”只是美国一对修自行车的穷兄弟，但早期飞行员群体中，出身上流社会的比例却相当高），这样的家伙对女士们一向有着强烈的吸引力，从而又使早期飞行员这个不安分的特殊群体，笼罩上了一层浪漫主义的薄纱，深度契合了当时社会的审美情趣，并反过来影响了它。结果，当这些家伙穿上漂亮的军装开始投入战争后，“空中骑士”的形象便被树立了起来，他们彼此间在空中进行的战斗，也由此被想象为古代骑士决斗的翻版，这既与因两次工业革命而日益变成机械化杀戮的陆战截然不同，也与现代化的海战有所区

别。有趣的是，出于并不复杂的动机，早期飞行员群体对于“骑士”的身份也产生了强烈的自我认同，这不但使他们在日常生活中有意或是无意地追求所谓的“骑士风度”（哪怕目的仅仅是吸引漂亮女士的注意力或是在媒体面前保持良好的形象），也使他们之间的交战要遵从某种“古代礼节”成为心照不宣的“默契”。就这样，随着军队中的早期飞行员群体被视为贵族化的、典雅的军事精英，与19世纪后半叶形成的大众军队区别鲜明，“空战”与“骑士决斗”间的联系也就被真实地确立了起来。各种为人所津津乐道的故事由此出现，一如古代诸多脍炙人口的“骑士传奇”。人们对空战的兴趣为什么源于一种审美情趣？一幅机器人参与空战的“未来派”画卷又为什么令人特别好奇？原因已不言自明——“人类飞行员与AI飞行员在

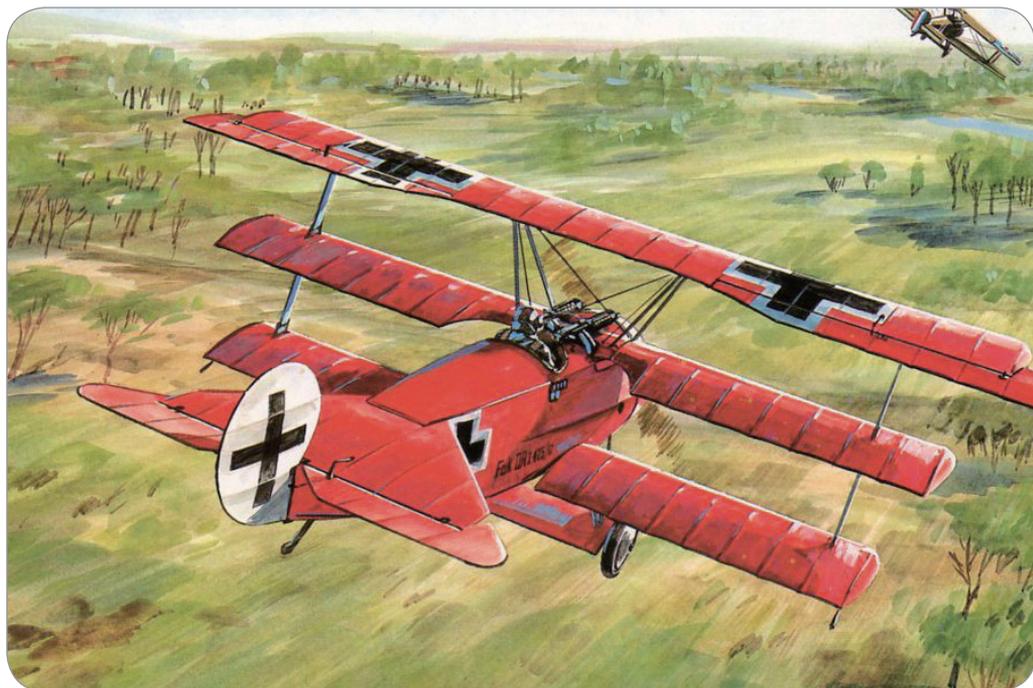
同一片天空中捉对厮杀”，人类的英雄主义情结将在这种想象中得到最大限度的挥发。

不过需要看到的是，在“明天”的

战争中，由于高度的“技术密集性”，“空战”没有任何东西比它的“未来道路”更不确定。要知道，在这个领域，技术的影响和实干者的行动从一开始就



• 骑士间的决斗



• 出于并不复杂的动机，早期飞行员群体对于“骑士”的身份也产生了强烈的自我认同

起着比思想更大的作用。如今又创造出了一系列“新词汇”，电子战、新型卫星、数据链、精确制导武器以及无人机正揭示着一个崭新时代的到来。这些新的技术元素及表述它们的“名词”，或许为空军人员预兆了一个极其诱人的前景，更为普罗大众提供了一个充满浪漫色彩的想象空间，但同时也可能得出一个令人“沮丧”的结论：“技术”本身就是最重要的“空战理论家”。毋庸置疑，今天的我们又处于一场技术变革的边缘。这意味着当战略环境仍然不清晰、不稳定之时，技术变革的步伐却仍在稳步地加速前进，无人机直接参与空战的问题便是如此。虽然由于无人机的智能化水平不可能在短期内达到自主作战的程度，在未来相当长的一段时间内，有人机/无人机在空战中的关系仍将是控制与被控制以及功能相互补充的关系。但即便如此，这已经足够令人兴奋了。近日，在法国达索公司公布的宣传片中，首次出现了“阵风”战斗机和“神经元”无人战机进行编队飞行的镜头，显示了

法国在有人战机与无人战机协同作战能力上取得了重大突破。在此之前，美国空军退役上校罗布·埃文斯等人也撰文宣称，若将 X-47B 这类无人机编入 F-35 编队（“忠诚僚机”项目），战斗机飞行员可以接受更广泛的授权，可以根据指挥官的意图，对任务类型命令更广泛地定义，不是仅限于他的具体计划中的作战空间，而是可以针对更广泛的目标的作战空间与其他人协同，这意味着 F-35 战斗机的飞行员未来在某些方面将成为“空战管理员”。崇拜“技术制胜”的狂热者由此坚信，二者结合后，或将起到 1+1 大于 2 的作战效果，足以形成一场“货真价实”的“空战革命”。

在“狂热者”眼中，2020—2025 年后的空战模式，将是在空中预警指挥机的总体指挥下，有人驾驶的第 4 代或 5 代战斗机指挥若干架前伸到几十甚至上百千米外的无人战机进行空战。未来的空中力量将构成绵延几百千米的预警指挥机、有人战机、无人战机、远程空对空导弹的空中打击纵深，甚至干脆认为



● 首飞中的“神经元”无人机



- 无人机加入空战肯定是大势所趋，且定将引起空战的组织编制、作战原则、战术思想乃至装备采购策略等方面的变革

无人机彻底取代有人机进行空战是“迟早”的事情，更遥远的未来将进入全面无人化空战的年代。应该说，狂热者们的这种“信念”有其合理之处。虽然在战术层面，这种概念明显背离了过去和当前的空战实践，但无人机参与空战肯定是一个大势所趋的方向，这一点毫无异议。比如 2018 年早些时候，美国空军战略与预算评估中心就曾在一份名为《空战发展趋势及其对未来制空权的影响》的报告中对假设的未来空战进行了分析，交战一方是美军战机集群，另一方是具备超声速巡航能力的敌军隐身战机集群。敌我集群在数量上接近，敌机的雷达信号特征虽未达到美军战斗机的水平，但也已大大降低，并且具备超音速巡航能力。不过，美军战机集群中包括数架远程无人作战飞机，经优化后能够作为传感器平台，并配备适当的空战武器载荷，由配备强力传感器设备有人驾驶飞机实施协同。这些无人机通过强力视距数据链与有人驾驶飞机进行联系，并将获得

的信息进行融合。这份报告的结论是，即使无法得到己方预警控制飞机的支持，而且交战空域处于敌方区域的纵深，但由于无人机-有人机系统仍能通过融合从广泛分布的传感器中获得的足够数据，迅速判定敌军飞机的位置、飞行方向、高度和巡航速度，同时使用低截获概率雷达实施短促、高度集中的扫描和跟踪，生成足够精确的目标数据，所以仍能对敌机集群造成超过 75% 的损伤，而已方损失率不超过 30%。再考虑到己方的损失中，大部分是前置的无人机且不包括宝贵的飞行员，因无人机的加入而对空战态势造成的影响可见一斑。

不过，虽然无人机加入空战肯定是大势所趋，且定将引起空战的组织编制、作战原则、战术思想乃至装备采购策略等方面的变革。但过分强调“未来空战”中无人机的“分量”却是有害而无益的。

“无人机-有人机”这一空战组合，在“未来空战”中的效能究竟如何，有待时间和实践的检验，这其中的原因在于，



- 无人机参与空战并不等于要用无人格斗，从X-47B与“神经元”这类无人机的机体设计意图来看重点也不在于此

如何确定有人机与无人机协同作战体系的体系结构和功能划分是“各主要空军国家”急需深入研究的问题。整个协同任务过程中有人机的飞行员不仅要接收来自其他平台的最新战场信息，还要根据战场情况指挥控制无人机。如果采用传统的数据输入方法，无疑会极大地增加飞行员的工作负担，为此各国都在研究如何将“自然语言理解”技术应用到有人机与无人机协同作战系统中。这种技术实际上就是使人与计算机进行语言交流成为现实，类似的场景曾在科幻空战片《绝密飞行》中出现过。这种信息交换方式就如同人类之间的对话，简单明了，能大幅降低飞行员的作业强度，同时也减轻了对通信系统的负担。然而即便如此，质疑仍然不可避免。要知道，理想的有人“指挥机”最好是隐身战斗

机（四代机），这样不易出现因有人机暴露后，进而暴露隐身无人机位置的情况。但问题在于，现役（或是即将加入现役）的四代机均为单座战机，尽管其在航电系统的集成化、智能化水平上取得了突破性进步（这也是大多数四代机取消“后座”的原因），但在情况瞬息万变的空战中让一名飞行员“身兼数职”，负担还是很大（事无巨细地控制众多的无人战斗机显然是不可承受的负担）。事实上，无论各国的空军官方发言人如何否认这一点，但在空战中一边飞行一边遥控只具有有限智能的无人机，仍不被大多数战斗机飞行员当作一个“合适的讨论题目”。况且，与有人驾驶战斗机协同的无人战斗机或许降低了对人工智能的要求，但有限智能实际上只是一个相对概念。即便我们承认“人在回路中”

的必要干预肯定是不可或缺的（当机载控制系统难以应付战场情况或需要进行计划外特定任务时，控制员的远程专家辅助系统则可以重新规划和构建无人机的任务），但无人机空战所需要的运算条件和反应速度仍然远高于对地攻击，不同类型的空战对手在战术和行动特点上没有固定的套路可选，无人机根据对手的条件进行攻击、规避和电子对抗、

反对抗时，计算机必须能够做出和人脑同样灵活的反应和客观分析，如果计算机无法真正模拟人类僚机驾驶员在实战中可能的反应，那么这样的无人战斗机在实战中与靶机恐怕无异。

当然，无人机参与空战也并不等于说就要用无人格斗斗，从 X-47B 与“神经元”这类无人机的机体设计意图来看重点也不在于此。事实上，用无人格斗



● 首飞中的英国“雷神”无人战机



● 2007年莫斯科航展中，俄罗斯米格公司参展的“鳐鱼”无人战机模型

斗有可能完全是老思维，在有人驾驶战斗机的引导下参与空对空对抗恐怕要更为现实一些。有人战斗机只指定任务（就近的空中指挥更加有利于实时掌握空情，及时做出正确的战术决断），无人战斗机只需要自主完成基本的战术攻击动作和规避、自卫机动，甚至自主完成在领受任务后，从离开编队到攻击机动到回位的航迹规划，但对于更为复杂的空中格斗UCAV则可以完全不必参与。更何况，X-47B这样的UCAV将是未来网络中的一个节点，而且这个节点是多样的，有侦查型的，有压制型的，有干扰型的，有攻击型的，有防空型的——目的是对敌人的整个作战体系进行全方位、多层次的压制和摧毁。为此，无人机将会比有人机在同区域内的出动架次高出几个量级——并且由于无人机本身的特点，战时补充基本是零时间，这种持续的规模性压力最终将导致对手对抗体系的崩溃（由于无须像常规战机那样考虑机组

人员的疲劳状况，X-47B 仅需约 2 小时就能完成油弹补给重上蓝天）。事实上，考虑到 X-47B 与“神经元”这类无人机的采购成本只有 F-35C 的 50%，使用保障成本只有 F/A-18C/D 的 40%，就算是作为消耗品也能够承受。毕竟无人战斗机另外一个优势就是在制造完成后不需要频繁维护和训练，可以将其按照类似战术导弹的储存方式进行长期存放，在安全储存周期里，无人战斗机既不需要维护，也不消耗资源，在全寿命周期使用成本上具有常规作战飞机无法比拟的绝对优势，这意味着持续性的规模压力会是军事行动必然的选择。但“问题”在于，这种只靠数量来压倒对手的“空战”未免让人们感到索然无味，丢掉了“骑士的浪漫”。“无人机”会加入“未来空战”么？答案是肯定的，但道路远比想象中要“曲折”，方式也与想象中大相径庭。不过即便如此，对机器人参与“空战”的思索绝非可以“轻言放弃”。

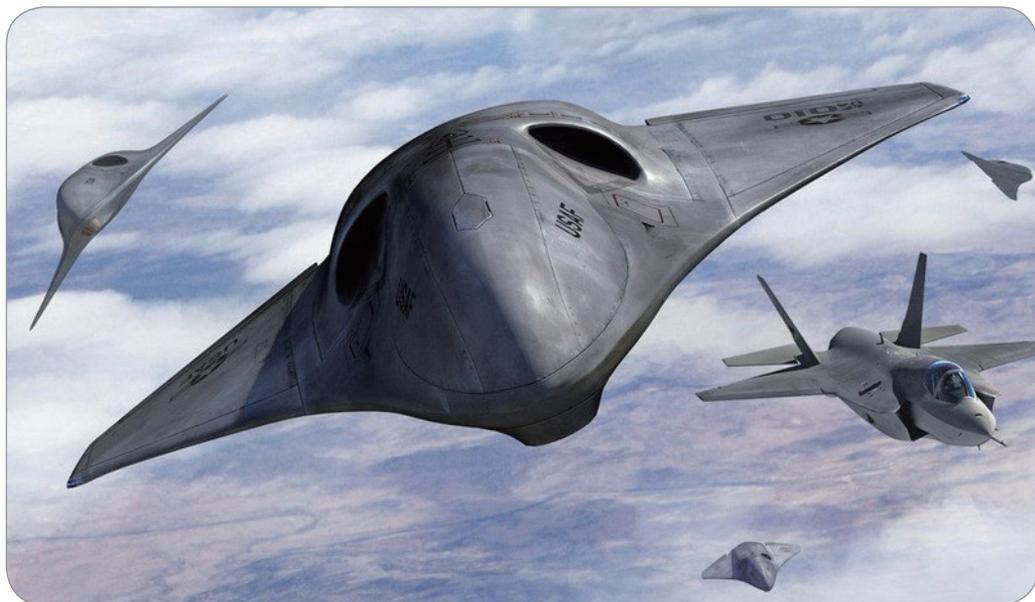
● “阵风”战斗机管制“神经元”无人战机，在未来的战场上并肩作战



“狂热者”很容易沉迷于脱离实际的“技术崇拜”，以至于“误入歧途”，而战争却“事关重大”，我们必须对这门“极难掌握”的、“半是技艺半是科学”的学科竭尽全力。



- 德国研制中的“梭鱼”无人战机



- UCAV 与有人驾驶飞机“混合编队”，借以“拓展”高级战斗机的作战能力

各行其道的挑战——无人机的空中管制问题

美国国防部曾经制订《2005-2030年无人机系统路线图》，把无人机的发展分为10个等级。等级从低到高依次是：遥控引导、实施健康故障诊断、自修复与自适应、在线航路重规划、团队协作、团队战术重规划、团队战术目标、分布式控制、团队战略目标、完全自主群体。这一路线图虽然着眼于军事用途，但也常用于民用无人机，是衡量无人机发展水平的重要标志。中国工程院吴澄院士则认为，到2030年，我国无人机将实现全空域、全行业应用覆盖率达50%，自主能力达到9-10级的目标。这是一个很高的目标，现在美国主要的军用无人机水平也仅达到3-4级。但要实现无人机全空域、全行业大面积覆盖，如何管理好漫天飞舞的无人机，是一个很大的难题。事实上，每一架无人机都可以看成是一件致命的武器，这对无人机飞行的有序飞行和安全管理提出很高的要求。目前，无人机的应用不断扩展，其续航时间快速增长，飞行范围也在扩大。无人机飞行高度已能覆盖近地面高度到几万米的高空。在其飞行频次不断增加，应用不断扩展的情况下，无人机进入人民

用空域不可避免，对全空域飞行的需求增大。同时，民用无人机飞行的全面开放也将拉动无人机的研发和制造、高度智能的自主飞控系统、监视系统、数据链、地面站、控制员训练等很多产业，新闻、娱乐、影视、市政等使用民用无人机的产业也将衍生更多的商机。但无人机与有人机（包括民航）同空域飞行的安全问题受到质疑。美国曾对无人机做过安全性调查，以“捕食者”为例，它在10万飞行小时中共发生了32次严重事故；而相比之下，F-16战斗机仅有3次。美国对灾难性事故率进行分析后指出：无人机飞行的灾难性事故率比军用有人机高出个数量级。这可以解释为什么民用无人机的全面使用迟迟没有展开。目前，人们对无人机的安全有效性飞行顾虑重重，无人机空域飞行的现状面临许多问题，处境非常尴尬。尽管现在无人机还不能同有人机共享同一个空域进行例行飞行，但是在特许条件下，无人机还是可以进入非隔离空域飞行的。无人机能否越来越多地进入非隔离空域飞行，为无人机系统建立科学的运行管理体系和相应的法规就显得非常紧迫和必要了。而且不同的国家、不同的组织致力于此的程度不一。



• 美国海关和边境保护局的MQ-9“死神”（也叫“捕食者B”）无人机



- NASA 的“全球鹰”无人机正担负着环境科学研究的任务

欧洲的有关组织，如欧洲民航设备组织、联合航空局、欧洲航空安全局都在致力于与无人机有关的空中交通管制法规的制订工作。2004 年发布了关于民用无人机法规的报告；2005 年又发布了 A-NPA 无人机取证政策等报告；2006 年发布了军用无人机在隔离空域外的运行规范；2009 年颁布了 EY 013-01 无人机系统适航证政策。欧洲空管局出版了全球首份军用无人机在民用空域的使用标准——《军用无人机在隔离空域外作为无人机使用的空中交通使用规范》，公布了军用无人机在民用空域获准使用必须满足的要求。以色列为了满足无人机与民用有人机同空域飞行的相关要求，组建了试验无人机及其工作模式的委员会。埃尔比特系统公司是以色列第一家完成有关所需程序的公司。其赫尔姆斯 450 无人机在 2007 年得到民用证书。同年，以色列飞机工业公司制造的中高空长航时“苍鹭”无人机得到在以色列空域中执行非军事任务的证书。以色列一些无人机现已经获得在其他一些国家（如瑞士、芬兰、比利时、法国、瑞典、加拿大、英国、新加坡等）飞行或试飞验证的批准。相对来说，以色列对无人机

空域飞行的态度和研究还是大胆的。英国在无人机的运行管理方面做了大量工作，制定的法规也比较全面和系统，发布了以下主要法规和文件：2001 年公布了《英国空域中的无人机运行指南》；2002 年更新为 CAP 722（第 1 版）；2004 年颁发英国民航局的轻型无人机系统政策；同年公布了 CAP 722（第 2 版）《英国空域中的无人机运行指南》，它是军用和民用无人机都适用的顶层管理法规。此后的更新包括：2008 年 4 月 28 日（第 3 版）；2009 年 4 月 14 日公布对第 3 版的修订版；2010 年 4 月 6 日（第 4 版）更名为《英国空域中的无人机运行指南》。不过耐人寻味的是，在无人机技术最为发达的美国，有关无人机空中管制的相关法规却迟迟难产。

准军事的美国海关及边防总局是目前美国除了军方和中央情报局外，唯一可以合法拥有无人机的机构。这是 2005 年才由美国国会特别批准的，用于监视边界，制止偷渡、走私、贩毒活动。这些准军事用途的无人机受军用航空条例管辖，而真正民用（包括警用）无人机的管理无疑需要得到联邦航空署（简称 FAA）的批准，但民用空域无人机飞行



● 美国海关及边防总局使用的 Hermes 450 无人机

规则在 FAA 手中却始终就是发不出来。虽然美国联邦航空局 (FAA) 首部专门针对小型无人机的管理规则《Part 107》在 2016 年 8 月底正式生效，从而意味着所有在美国领土内的民用无人机，都需要按照《Part 107》的要求在 FAA 的管理下飞行。但这份文件的内容实际上极为“保守”，必须确保民用无人机的重量低于 25 千克，飞行的高度不超过 120 米，飞行时速最大也不得超过每小时 160 千米；同时，民用无人机不得飞越敏感地区和设施，不得飞进机场附近，不得干扰其他飞行器等。且这些规定仅限于个人进行的消费级无人机飞行，其他所有的商用无人机飞行未经申报批准均属违法……显然，这称不上是一部“真正”的无人机空管条例。FAA 迟迟没有颁布有关无人机的空管条例，既不是 FAA 看不到无人机在民用领域的巨大价值，也不是官僚主义，而是无人机对民用空域飞行安全的巨大挑战。对于 FAA 来说，在民用空域使用的无人机必须能够：1、

听从空管指挥；2、自主辨认空中碰撞危险；3、按规则自主避让。但这三条都不容易做到，而 FAA 最大的挑战是不能为无人机推出全新的空管规则，而是要将无人机整合进现存的空管规则，确保有人机和无人机混合使用的民用空域的飞行安全。

说起来，自动起飞、自动降落、自动编队、自动巡航这些功能在技术上都已经实现了，自动空中加油、自动对地攻击也在试验中，对地形地貌自动避让的自动掠地飞行更是早已实现。但问题出在无人机的这些自动模式都是“个人主义”，最多和同时出动的友机之间有所协调，但极少考虑非合作情况下和空中其他飞机的协调问题。一般来说，飞机起飞前要申报飞行计划，空管将各飞机申报的飞行计划进行对比，确定满足飞行安全的垂直、纵向、侧向和时间间隔后，批准飞行计划。即使在战争年代，除了紧急出动的防空拦截，作战飞机的出动也要报批飞行计划，包括陆航直升



• 正在兴起的无人机快递业务

机的飞行计划。美国空军的“空中任务指令”甚至包括协调远程炮兵的射击计划，因为远程火炮和火箭炮的弹道可以上升到飞机的巡航高度。放飞后，空管可以根据飞行员在飞行过程中报告的位置、速度、航向、高度来确定安全间隔继续得到保证，并发出必要的修正指令。这是程序管制，具有不受雷达失效影响的优点，但受到飞机上导航精度的影响，调度效率也较低。雷达管制则通过空管雷达实时监测空域中的飞机，监测精度大大提高，但受到雷达覆盖和天气的限制。程序管制的最小水平间隔要求为 10 分钟，对于典型的高亚音速飞机来说，这相当于约 150 千米的距离；雷达监控条件下的程序管制可以下降到 75 千米的距离，而直接雷达管制可以下降到 20 千米。缩小最小间隔要求有利于大大提高空域的密度和容量。比如在极端情况下，水平间隔从 150 千米下降到 20 千米，可

以使同一高度里容纳 20 倍以上的飞机通过量。当然，在实际情况下，这个增加的幅度要打折扣。但即使在机场起飞、降落航线的一条直线上，间隔从 150 千米下降到 20 千米也可以增加 7.5 倍的通过量，对缓解机场空域瓶颈问题有莫大的帮助。

然而，无人机的通信指挥问题比较复杂。从理论上来说，无人机也可以实现程序管制和雷达管制，如果是有人遥控的话，通信的对象在地面而不是飞机上。操纵无人机和打电子游戏没有原则性的差别，正因为这个道理，美国陆军的无人机控制员直接从不具备飞行资格的士官中挑选培训。飞行员训练在投资和时间上都耗费巨大，这对于商用和民用无人机的用户来说也是最有吸引力的做法，但使得混合使用空域的飞行安全大大复杂化。从不具备飞行资格的人员中挑选无人机控制员无疑是多快好省的



- 警用无人机可以部分取代警用直升机的功能，有助于节省警务开支

做法，美国陆军的 RQ-11 “乌鸦” 无人机控制员只需要 80 小时的培训，远远低于飞行员所需的训练时间。较大的 RQ-7 “影子” 无人机甚至 RQ-1 “捕食者” 无人机需要的时间更长，可达 400 小时，这是包括飞行和系统操作的全部时间，依然大大低于作战飞机飞行员所需的训练时间。但他们对于飞行安全、飞行规则的认识和经验与飞行员不能相比。这对美国陆军来说不是太大的问题。美国陆军无人机的使用空域通常都是前沿野战地域的低空和超低空，或者在简易的平地上就可以起飞、回收，或者在专用的无人机机场起飞降落，机场空域空管的问题不大。像 RQ-11 “乌鸦” 那样小的无人机，原则上在超低空和视距内使用，如果也使用具有飞行资格的控制员确实是小题大做了。另外，美国陆军的无人机在空中都是分散的单兵使用，空中避让的问题不严重。美国陆军的无人机控制员年平均“飞行时间”可以高达 1,200 小时，远远高于陆航直升机飞行员

的 450 小时，更高于空军飞行员的 200 小时左右。但是农场里的老资格拖拉机驾驶员尽管驾驶时间长，在交通规则和避让方面依然不能和大城市的出租汽车司机相比。对于无人机控制员来说，这也是一样的道理。但美国空军和美国海军就不一样了。美国空军的无人机不仅尺寸大，可以越洋飞行，而且使用和有人作战飞机混合使用的常规机场起飞、降落，无人机需要服从和有人机一样的飞行安全规则。美国空军坚持使用有飞行员资格的军官担任无人机控制员，最大的原因就在于飞行安全和空中避让的问题。美国海军也是使用具有飞行资格的军官和士官（直升机飞行员通常由士官担任）。美国海军甚至比美国空军更加强调无人机和有人机在同一空间的混合使用，航母上空间窄小，无人机不仅起飞、降落和有人机共用空域，在甲板上调度、移动时，也要采用和有人机一样的程序、手势，否则航母上根本没有足够的人手、空间实现有人机和无人机

的分别调度和移动。

FAA 正在推动名为 NextGen 的下一代空管体系，空管将从雷达管制转向 GPS 管制。这实际上是程序管制的新一代，由飞机上的 GPS 提供更精确的实时三维坐标和速度、航向、爬升、下沉速率等关键数据，空管根据机载 GPS 数据统一控制，而且没有地面雷达覆盖范围的问题，确保更可靠的间距和高度差控制，可以更有效地利用空域和跑道，减少地面和空中的等待时间。最重要的是，飞行员和空管看到的是同样的数据，避免了由于系统误差造成机上和地面看到的数据不一致的混乱。另外，下一代空管将从传统的语音通信指挥改为数据通信指挥，极大地提高了指挥效率，减少语言问题或者由于紧张而口齿不清带来的通信障碍。军事指挥从语音通信改为数据通信已经显示了巨大的优越性。波音的研究表明，下一代空管有助于飞机采用最优航线，减少在地面和空中的等待时间，可以节油 14%。NextGen 或许

是 FAA 即将推出的民用空域无人机飞行规则的重要部分，也就是民用空域的无人机必须与 NextGen 相容。对于大多数无人机来说，机载 GPS 是标准配备，以数据链为基础的遥控系统也是现成的，和 NextGen 相容具有先天的优越条件。在技术上，这需要解决空管和无人机用户之间对无人机控制权的可靠交接问题与空管和无人机之间可靠数据通信的问题，不仅在恶劣气候和地形条件下要具有高度抗干扰能力，还要在技术上保证不会有黑客或者恐怖分子的恶意控制问题。黑客和恐怖分子可以干扰空管和有人飞机之间的数据通信，但飞行员依然是确保飞行安全的最后保障。无人机就只有技术手段作为最后保障了。如果数据通信中断，无人机的空管相当于进入非管制空域。在管制空域，所有飞行都受空中管制。在非管制空域里，空管对过往飞机只提供提示，并不直接指挥。非管制空域里遵照视距飞行规则，由飞行员目视观察，自主掌握水平间距和垂



• 2007 年美国空军的 RQ-4A “全球鹰” 无人机拍摄的加利福尼亚州森林大火红外照片

直高度差。在有的国家也允许按照仪表飞行规则飞行。但管制空域和非管制空域也不一定那么严格。城市上空一般来说是管制空域，但对于通用航空来说，一旦离开机场的起飞、降落通道，只要还在超低空，在相当程度上还是服从视距飞行规则。像新闻报道追踪、城市交通监控、警察行动等，都无法事先规定严格的飞行计划。这时飞行安全在很大程度上由飞行员的训练和经验决定了。

目前大部分无人机不是真的没有飞行员，而是由控制员在地面遥控，或者由自主飞行控制系统自动控制。在理论上，无人机可以通过下传实时视频，对无人机周围的空域实行远程目视观察，但这在具体实现上有困难。高分辨率的实时视频下传对频带的要求很高，天空中众多的无人机都要下传实时视频，对频带的占用就非常可观。“全球鹰”无人机需要 60MBPS，MQ-1“捕食者”无人机的胃口低一点，也要 30MPBS。战场上高清视频对判断战情十分重要，塔

利班武装分子在飞眉毛还是皱眉头，可能就是下一步决心的流露。对于民用无人机也一样，警方监视的使用场合更加微妙，对嫌疑人的高清视频拍摄比战场监视要求更高。航测、新闻、娱乐也是一样。这些水涨船高的数据通信要求极大地增加了无人机的通信负担，留给目视飞行观察的频带就越来越受到挤压。美国现在有 7,000 多架军用无人机，但很大一部分是美国陆军的超轻型无人机，在视距内使用，不需要卫星通信。即使如此，美国军用卫星通信成为美军基础建设的重点，WGS、AEHF 等先进通信卫星正在接替老旧的 DSCS、GBS、Mikstar 等军用通信卫星，但军用通信卫星在和军用通信需求的龟兔赛跑中依然气喘吁吁地远远落在后面，无人机的大量使用是其中最重要的原因。在城市里使用的民用无人机或许可以通过视距通信解决大部分数据通信的问题，但一旦离开城市，卫星通信负担也会成为一个问题。自主飞行控制可以大大降低对数



• MQ-1“捕食者”无人机的“飞行员”



• MQ-1“全球鹰”无人机需要占用很高的卫星带宽

据通信的要求，地面的无人机控制员只需要上传提示性的指令，而无须具体操纵无人机的飞行。但自主飞行控制系统实现视距飞行规则下的安全飞行的挑战巨大。在理论上，视距飞行规则可以数字化，但实际上难以完全做到。任何规则都是有漏洞的，包括最严格的法律，这也是律师的工作无法用计算机替代的根本原因。空管也是一样，尽管有严格的规定，但有经验的空管依然不是计算机化的全自动控制可以替代的。

视距飞行规则有很多处理的规定，但计算机控制是容不得模糊空间的，对规则越是精细化，潜在漏洞就越多，潜在的自相矛盾的情况就越容易发生。由于排列组合问题，这些潜在的问题即使在大量测试后，依然不一定能完全发现，甚至在长期使用中也不易被发现，但是在最不该发生的时候发生了，就要危害飞行安全。所有飞机都按规则飞行，飞行安全问题并不大。巨大的挑战来自意外情况。意外情况之所以是意外的，就是因为这是设计时没有考虑到的，也就是自主飞行控制中不可能有可靠的处理预案的。美国一架 RQ-170“哨兵”无人机在伊朗侦察飞行时，由于至今不

清楚的原因，最后降落在伊朗境内。伊朗方面的说法是电子攻击导致接管控制，美国方面的说法是系统故障，不管哪一方面的说法更加符合事实，这都是设计时没有考虑到的意外情况。无人机的自动视距规则飞行也可能出现意外情况，比如避撞传感器故障、气动控制面故障、恶劣气候或地形超过飞控的恢复能力或者其他情况，或者燃油不足或机械故障需要“抢占”下滑航线。尽早降落，或者对方由于某种原因不按正常的视距规则飞行。有人飞机遇到这样的情况，可以通报空管，在空管指挥下或者自主采取特殊应对措施。无人机就不那么简单了，自主识别意外情况的性质、危险和急迫程度首先就是一件非常复杂和高度不可靠的事情，由于自主飞控不大可能随机应变或者急中生智，遇到意外情况最可能的结果就是束手无策。向空管有效通报也很成问题，把所有状态信息统统倾倒给空管是不行的，但如何有选择地报告意外，这和自动识别意外情况同样富有挑战。

考虑到自动视距规则飞行的巨大挑战，民用空域的无人机使用可能从管制空域开始，只有在指定空域才允许按照视距规则飞行，由空管负责清空周边空域，避免冲突。等到具有足够使用经验和对技术进步具有足够信心之后，再逐渐开放视距规则飞行，实现有人机和无人机的混合飞行。民用空域无人机的空管还有另一个问题：对于超轻型的无人机，可能需要适用不同的规则。像 RQ-11“乌鸦”那样的超小型无人机也适用和大型无人机同样规则的话，一方面小题大做，另一方面将造成高成本和高准入门槛，在事实上扼杀这类无人机的发展。如果像超轻型飞机那样，在速度、

高度、失速速度、起飞重量、视距内飞行（在地面控制员的直视距离之内）等方面做出严格规定，应该可以适当放宽超小型无人机的空管规则。民用空域无人机的使用还包括机场操作。如果和有人机共用机场，这将和美国海军的情况相似，无人机需要能自动响应和有人机

相同的运作程序和控制手势。但至少开始阶段，民用无人机可以使用单独的机场，这个矛盾还不突出。民用空域无人机的空管是一个巨大的挑战，但也是一个巨大的机会。迎接挑战，把握机会，这是无人机要在人类未来的社会生活中真正发挥作用至关重要的一环。



- 这是在迪拜进行的首次无人机出租车服务公开测试。德国无人机制造商 Volocopter 开发的这款无人驾驶电动飞行出租车，类似于一个小型的双座直升机机舱，顶部有一个宽环，上面配有 18 个螺旋桨。与传统直升机相比，这款飞行出租车噪音更小，且体型更小，更环保，高 6.5 英尺，宽 22 英尺，充电时间为 2 小时，快速充电时间则少于 40 分钟，可容纳两名乘客。



第 5 章 空中机器人的罪与罚



- 在“空中机器人纪元”的新时代，由于必须高度依赖这一技术，要逃避这一技术是不可能的

无人机的技术潜力正在不断挑战人们的想象力，但这种对想象力的挑战有时也是恐惧的源泉。就如同人类历史上的每次重大技术进步，与无人机相关的技术在承诺诸多好处时，也会产生新的问题，这些问题并不都是令人愉快的。

事实上，在“空中机器人纪元”的新时代，由于必须高度依赖这一技术，要逃避这一技术是不可能的，人们应该意识到这种技术对人类生活潜在的破坏性，并为此做好应对。

看不透的空中机器人

一定程度上，无人机——空中机器人技术的未来是不可预测的，多少有些让人看不透。你可能觉得，“2050 年的世界会被这些会飞的机器人搞得惨

不忍睹”这句话很可笑，因为这本书大半本讲的都是“一切尽在掌握中”，但下面三个原因足以让你的笑容凝固到脸上，进而对自己的智商感到怀疑。首先，我们对于历史的思考是线性的。当我们

- 无人机的技术潜力正在不断挑战人们的想象力，但这种对想象力的挑战有时也是恐惧的源泉



考虑未来35年的变化时，我们参照的是过去35年发生的事情。当我们考虑21世纪能产生的变化时，我们参考的是20世纪发生的变化。线性思考是本能的，但是考虑未来的时候，我们应该按指数思考。一个聪明人不会把过去35年的发展作为未来35年的参考，而是会看到当下的发展速度，这样的预测会更准确一点。当然这样还是不够准确，想要更准确，就要想象发展的速度会越来越快，但这很快就会超出大多数人的认知能力。其次，近期的历史很可能对人产生误导。新技术在推广过程中，一般分为三个阶段：极初期的慢速增长；初期的快速增长；随着新技术的成熟而出现的平缓期。这意味着如果你只看近期的历史，就很可能看到的只是整个过程的某一部分，而这部分可能不能说明发展究竟有多快速。比如1995~2007年是互联网爆炸发展的时候，微软、谷歌、脸书进入了公众视野，伴随着的是社交网络、手机的出现和普及、智能手机的出现和普及，这一段时间就是发展过程的快速

增长期。2008~2018年发展没那么迅速，至少在互联网技术领域是这样的。如果按照过去几年的发展速度来估计当下的发展速度，就可能错得离谱，因为很有可能下一个快速增长期正在萌芽；再有，个人经验使得我们对于未来预期过于死板。我们通过自身的经验来产生世界观，而经验把发展的速度烙印在了我们脑中——“发展就是这个速度。”我们还会受限于自己的想象力，因为想象但是我们知道的东西是不足以帮助我们预测未来的。当听到一个和我们经验相违背的对于未来的预测时，就会觉得这个预测偏了。如果我现在说你可以活到150岁，250岁，甚至会永生，你是不是觉得我在胡说。“自古以来，所有人都是会死的。”是的，过去从来没有人永生过，但是飞机发明之前也没有人坐过飞机呀。“2050年的世界会被这些会飞的机器人搞得惨不忍睹”，这句话还那么可笑吗？



- 无人机——空中机器人技术的未来是不可预测的，多少有些让人看不透

“盗取神祇的火种”——对技术的本能恐惧



- 泰坦之子普罗米修斯把技术以火的技术形式从神祇那儿偷给了人类。但火并不是人类的力量，它不是人类的财产，而毋宁说是一种驯服的力量，一旦它脱离技术的控制，就会显露出它的暴力

新技术的诞生总是伴随着欣喜与彷徨，对其强大的改变力和不可控性所产生的恐惧无可避免。“无人机——空中机器人”技术就是如此。“无人机——空中机器人”技术的迅速发展是直观的，而技术的迅速发展很容易让人产生“乌托邦社会”的理想，这又是很自然的。柏拉图的《理想国》、托马斯·摩尔的《乌托邦》，为我们勾画出了理想化的未来世界蓝图，表现出人类探求未来的好奇心与对未来世界乐观美好的幻想，在这样一个乌托邦的美好未来中，社会趋于完善，政治和科技设施健全，世界不再有混乱、战争和饥饿，人们的个性得到充分发展，自由与民主得到尊重……事实上，乌托邦和技术支撑的现代性紧密相连，可以说乌托邦是技术现代性的产物。从生存论的视角来理解乌托邦与技术现代性，是一个比较合理的维度。技术现代性的重要主题是人的解放，而乌托邦则是作为获得解放后的生活的理想描述。科学、技术、理性和进步的观念，因为能为人的解放提供动力之源而成为

现代性的构成要素，它们因此成为各种“乌托邦”——“完美的人类社会生活”所赖以建立的思想原则。然而在硬币的另一面，人们对于现代技术的真实态度却更多是焦虑与依赖并存。人们对于技术的焦虑有时不是“理性”的，而是一种本能。这种本能被称为技术恐惧。“技术恐惧”一词的词源首先来自于古希腊，是由技艺、工具和恐惧组合而成的复合词，主要指对先进技艺的排斥或者对复杂设备的厌恶。这种厌恶是很有意思的。人类之所以区别于动物的一大重要特征就是在感知恐惧上，动物依靠的是以往的经验 and 面临恐惧时的感官反应来应对，而人类对恐惧的产生既有现存的因素，又有潜在的因素，同时人类的恐惧是一种带有指向性的恐惧，当技术成为人们恐惧的对象物，并且技术的发展前景不被看好之时，技术恐惧也就由此产生。事实上，这种恐惧早在人类原生之初就已经产生了，普罗米修斯的故事中“火”的隐喻再好不过地说明了这一点。

泰坦之子普罗米修斯把技术以火的



• 普罗米修斯的“盗火”过程，就代表着人类及其人性的生成，那么人们就难免要在自我讴歌之余，又对自己的能力、地位与前途，都生出一种无名的迷茫、猜疑与失望



- 普罗米修斯为人类盗取的火种最终将在何处安放

技术形式从神祇那儿偷给了人类。既然人类手中的“火”来自神祇，那它就是一种力量。但火并不是人类的力量，它不是人类的财产，而毋宁说是一种驯服的力量，一旦它脱离技术的控制，就会显露出它的暴力。在这种暴力面前，人则显得无能为力。正因为如此，既然普罗米修斯的“盗火”过程，就代表着人类及其人性的生成，那么人们就难免要在自我讴歌之余，又对自己的能力、地位与前途，都生出一种无名的迷茫、猜疑与失望。特别是，一旦他们中的有识之士又看到，居然所有的文明进展与技术发明，都会带来人类欲望的进一步萌生，而那不断成倍增长着且永远难以填满的欲望，则又总要拖拽着历史去向下沉沦，那么他们就更要对“盗来”的“火种”表示疑虑甚至悲观了。也正因为如此，科学、理性和进步的观念作为现代性的构成要素，其自身被认为是有缺陷的，这种缺陷在现代性的展开过程中变得日渐明显。科学、理性和进步的梦想并没有给人们带来预期的解放，而是相反，它把人们从旧的镣铐中解放出来，又给人们戴上了新的更为沉重的镣铐。它让人们经历一阵解放的幻觉之后，感到一种更为沉重的打击和失落，以往的个人价值观和当下的生活方式无法融合。大量反映此类科技思想的例子可以从科幻作品中窥见一斑，在《科学怪人》《科学怪人的新娘》《弗兰肯斯坦》等科幻作品里都描绘了科技发展所带来的阴暗面。这就可以解释，为什么随着技术变得越来越复杂和难以理解，人们在对待“空中机器人”这类复杂技术的态度上也就越发焦虑。在“无人机——空中机器人”技术发展越来越快、应用范围越来越广泛、应用频率越来越高的情况下，

这种技术本身是否就蕴含着威胁因素？这种技术是否应当或者是否合理地被应用于一切？对这种技术的依赖与沉迷是否会导致人的异化？这种技术的进一步发展，是否意味着人类社会生活的未来会是一幅“反乌托邦”的悲惨景象？

消失了的隐私、失业与人的异化——“空中机器人纪元”的社会伦理困境

“空中机器人”所代表的技术体系对人类社会有潜在破坏性吗？一种非常流行的观点是有。要知道，在人类自觉的对象性活动中，手段和目的是两个密切关联的要素，人们总是以一定的手段来实现既定的目的，然而，手段的过于成功往往会导致目的的迷失。比如想象一下，由于人工智能技术的发展，在未来的人类社会，对于罪犯的物理监禁早已落伍了，警察已经知道你的犯罪历史、你的DNA构成，然后用监视无人机去追踪你的一举一动，“监狱”这个词就这样被扫进了历史课本。虽然对于有些人来讲，这是有进步意义的，既节省了社会资源，又为罪犯提供了更为人道的生活环境。再者，人自身的需求往往也处于矛盾之中，在满足一项需求时，要以牺牲另一部分需求甚至是权利为代价，例如无人机技术的发展与隐私的关系就是如此。近几年无人机技术在新闻领域的运用已经逐渐普遍。专业记者使用无人机进行拍摄，可以解放劳动力，减少成本。同时“草根记者”使用无人机，还可以增加新的新闻源；尤其是环境新闻、地理新闻的采写，无人机不但能够助力，而且能够迅速提供以往很难获得的第一手资料。不过，无人机的这种用途是否会侵犯个人对于隐私的需求和权



- 英特尔无人机在超级碗中休息时的表演，这是用于编组的无人机

利，却引起了现实性的社会伦理争论。

2014年2月7日，一个叫佩德罗·里维拉的美国人成为美国新闻的头条，因其操控无人机飞跃了一个车祸上空。由

于警方认定无人机上安装了摄像头，佩德罗·里维拉被警方质疑和盘问，接着佩德罗·里维拉被允许离开。但2月8日，警察部门给 WFSB(哥伦比亚广播公

- 隐私问题是公众最为关心的话题之一，也是目前民用无人机与道德的最大纠缠之一



司的附属机构)打电话,被告知里维拉是 WFSB 的一名摄影记者。美国联邦航空管理局获悉后开始对这件事情进行调查。同时, WFSB 暂停里维拉一星期的工作,这段时间内电视台配合警方一起调查里维拉是否做过违法的事情。2月18日,以 WFSB 使其停工一星期造成的工资以及额外的损失为由,记者里维拉起诉哈特福德市警方。里维拉聘请了著名的康涅狄格州律师罗姆·帕提斯(Norm Pattis),这位律师在康涅狄格州专门以“侵犯公民权利”提起诉讼而闻名。里维拉也为自身辩解:“这是绝对荒谬的。我对这件事情不负责,因为我没有违反任何法律条款。”里维拉声称自己只是 WFSB 的一位临时员工,且事发当天并不为 WFSB 工作,而是自己使用无人机进行拍摄,且所拍摄的录像片段也没有卖给 WFSB。但是哈特福德市警方却认

为,无人机在车祸现场以新闻工作为目的,是违反美国联邦航空局规定的。因为在2014年,美国联邦航空管理局规定无人机不能被商家所使用,其中就包含了新闻媒体。倘若警方最终确认这架无人机是为某家新闻机构所用,那么它的出现就势必被认定是违规行为。虽然美国联邦航空管理局在介入调查后,此案最终不了了之了。至于其中的原因非常简单,正如里维拉说的,他自身是作为普通公民操纵无人机飞行,在这种情况下,执法部门很难找到立足点。因为如果当事人只是用无人机拍照,那么他的行为无异于在旁边用手机拍照的人。然而,公众却对此案不了了之的结局感到不满,并分裂为观点对立的两派,这实际上从一个侧面反映了人们对无人机技术便利性与负面性的矛盾心态。



• 在人类自觉的对象性活动中，手段和目的是两个密切关联的要素，人们总是以一定的手段来实现既定的目的，然而，手段的过于成功往往会导致目的的迷失

以内布拉斯加大学林肯分校新闻与大众传媒学院的马特·韦特教授为代表的一派认为：首先，无人机刚好迎合了民众对于独家视角及视频的期望。其次无论是环境报道或者政治抗议活动，记者身临其境会受到限制。种种因素都让无人机成为新闻报道的理想选择。另一派反对无人机技术在新闻中使用的观点，更多强调的是无人机使用可能带来的弊端。首当其冲的是隐私问题，美国联邦航空局明确规定，禁止在商业新闻报道中使用的无人机落入狗仔队、标题党媒体甚至侦探的手中，在未经当事人许可的情况下，非法窥探他人的私生活。密苏里州国会议员凯西·格恩齐也主张禁止在新闻报道中使用无人机。他表示，他并不反对学生在学校里试验这种机器，“但如果将它们用于搜集公民的个人信息，我不得不担心”。且在2013年全球网络编辑的宣讲中，新闻媒体专门就无人机新闻进行了一次讨论，参与的新闻媒体包括英国广播公司和澳大利亚广播

公司，以及在新闻领域工作的无人机爱好人士。牛津大学路透社研究所的研究总监罗伯特·皮卡德强调了在新闻领域无人机使用的关键问题——监管。他认为大多数媒体都知道目前没有相关的航空法对无人机进行约束，所以无人机在新闻领域的使用最好暂缓。事实上，对无人机的使用持中立或者反对的大众，担忧则主要集中在无人机破坏公信力以及自身隐私安全问题。将科技工具应用于新闻报道并不是新鲜事。随着自媒体时代的到来，突发性事件增多，普通群众只需要具有通过社交软件发布信息的能力，就能迅速成为“草根记者”。在占领华尔街示威游行等新闻事件中，智能手机、自媒体网站扮演了重要角色，也给大众带来了更多更丰富的信息。当信息量呈指数增长时，专业记者更希望能通过人工智能的手段和工具，更高效地使用、理解信息并使之转化为新闻。所以如今无人机技术开始在新闻中被大量使用，即把“升级版的机器人”用于

新闻报道中。但将科技应用于新闻，不仅仅关乎技术本身的使用，也包含了人类如何使用技术的方式。必须考虑科技在用户行为中扮演的角色，以及技术在使用中所涉及的伦理维度。于是，无人机技术在新闻中的使用，就自然引发了人们对科技“报复效应”的思考——科技的使用会带来许多人类意想不到的负面影响。

纵观社会学界、媒体人以及大众对无人机新闻的讨论，无人机技术给新闻带来的道德困境主要集中在以下层面：安全问题。它包括两个方面：一是无人机操纵者可能并不具备熟练操作无人机的技巧，二是无人机本身可能存在的机器设备故障。正如一位开发人员描述的：操纵无人机飞行，就如把一台移动割草机放在空中飞行，随时可能给人们带来生命安全威胁。仅以中国为例，比如2016年，宁波一辆货车被突然坠落的无人机击中，导致车内两人受伤，经调解，无人机使用人对伤者进行了赔偿；2014

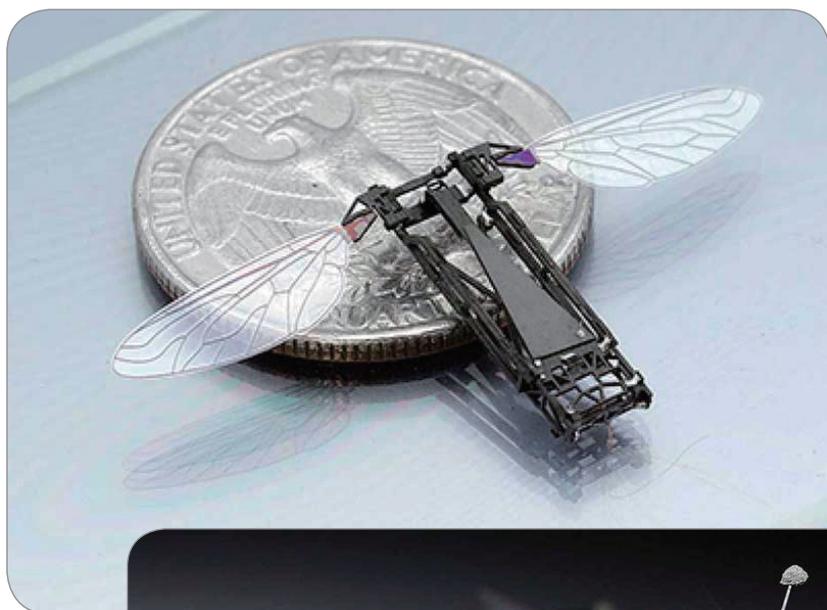
年，郑州的汪某在骑车时被一架从天而降的无人机撞伤，虽然及时送医，但经历了七个小时的抢救之后还是不幸去世；2010年，安徽一位四岁男孩被一架突然坠落的航模击中，虽然肇事航模较小，只有不到一米长，但是由于是高空俯冲，撞击时速度极快，仍然导致受害人伤重不治；2013年厦门市某公司的一架遥控飞机在试飞时和公路上行驶的轿车相撞，车内人员伤情严重。这些发生在我们身边的事故表明，无人机引发的事故多具有事发突然、难以防范、后果严重的特点。其次，隐私问题。媒体可能出于对名人、商业及科技私密的好奇而使用无人机报道，以及无人机在不经意间将市民卷入镜头而成为新闻，这些情况都将加大大众对无人机窥探隐私的担忧。因为无人机新闻报道的主体是私人组织而非政府，所以被观察的市民们无法更多地依赖法规来保护自身的权利，只能依靠道德约束来维护自身权益。再次，情境问题。无人机播报新闻，将把“身临其境播报



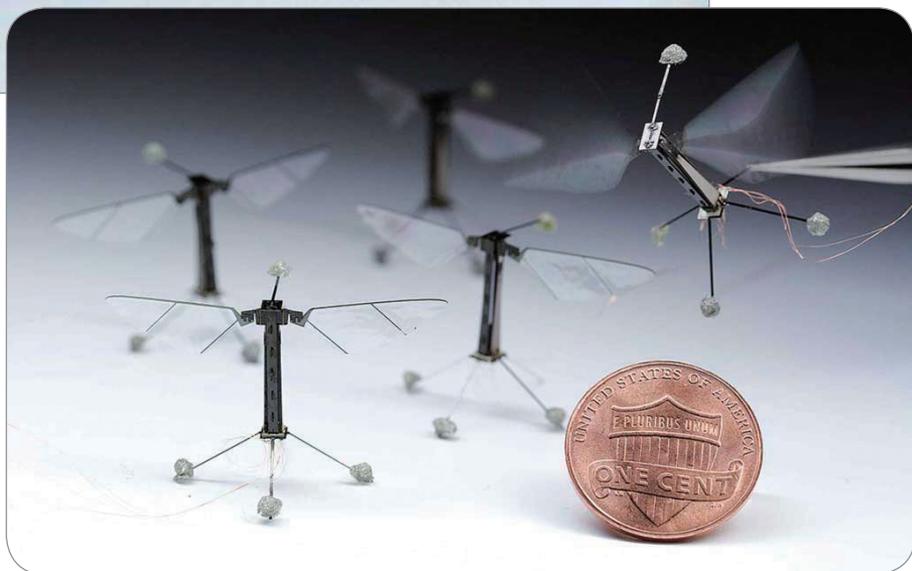
● 人自身的需求往往也处于矛盾之中，在满足一项需求时，要以牺牲另一部分需求甚至是权利为代价，例如无人机技术的发展与隐私的关系就是如此

新闻的记者”抽离现场。不可否认，无人机在新闻中的应用将给民众提供更广阔的视角和更丰富的信息。如无人机通过正确的使用方式可以得到准确的图像，可以描述物理场景的精准数据。但许多“非物理场景”的新闻播报不仅需要准确描述特定的事实，而且需要情境。最后还有利益冲突。新闻伦理的一个特点是致力于保持新闻源和新闻缘由的独立，避免利益冲突。通过无人机收集数据和图像构成一个特别的关注点——针对空

中监视，政府和新闻机构的利益博弈。空中监视是关于公民自由的激烈争夺领域，一般由政府机构执行，决定政府能在多大程度上暗中监视其公民。比如美国共有 35 个州采用了立法措施来限制和保证政府没有使用无人机监视公民。但将无人机用于新闻报道，却很有可能使得新闻机构在不知情的情况下成为政府当局的代理人，从而最终使个人隐私在“2050 年左右”就消失殆尽！



- 仅有硬币大小的仿生无人机，脱胎自智能手机产业的无人机——空中机器人，“天生”具备互联结构，将是无所不在的飞行传感器



因为无人机的普遍使用，个人隐私就将在“2050年左右”消失殆尽？这似乎是一个骇人听闻的说法，但隐私问题毕竟是公众最为关心的话题之一，也是目前民用无人机与道德的最大纠缠之一。特别是将这个问题放在“大数据”的社会环境下来加以审视就更为严峻了。随着知识越加复杂，彼此嵌套，难以揭示普遍性与必然性，在现象的背后根本就不存在“本质”或“所以然”。人们不得不满足于“有一说一”。这样的变化实际上早在19世纪末就开始了，先是统计和概率，继而是海森堡的“不确定”。在不断袭来的“后现代”浪潮中，科学家或者给传统概念冠以“非”和“不”这样的否定词加以应对，如非有序、非平衡、非对称、不可逆、不确定等，或者创造出相对、涨落、分形、分岔、涌现、突变、模糊和循环之类难以把握的词汇，或者用往日词汇的堆砌（如“后现代发生器”）来填补自己空荡的心灵，抚平种种自相矛盾的解释，遮蔽（海德格尔）与他人交流的窗口，或者以种种主体的“建构”聊以自慰，一个典型是所谓的“人择原理”。批评者认为，这简直赘述了一个事实，那就是“如果事情本来就是不同的，那它就是不同的”，认为人择原理中强调的因果关系的方向是错误的。批评者中有不少物理学家。虽然如此，“知其所以然”确实越来越难以做到，大数据时代更是举起“知其然”的旗帜，进一步动摇“知其所以然”的冲动，不可能也不必要知其所以然。人类因而逐步满足于远古祖先的知其然，确切地说，是“后知其然”。爱因斯坦曾经坚持“上帝不掷骰子”，而今要做的就是从中挖掘“大数据”。

原始社会和先进社会的分界线之一

就是记录信息的能力。早在数千年前印度河流域、埃及和美索不达米亚平原就有了很大的发展，这促使了记录生产和交易的精确方法产生，这是数据化最早的起源。随后，计量的方法被不断地应用到面积、体积和时间等领域。随着阿拉伯数字传播到欧洲，算术又赋予了数据新的意义，使得数据不但可以被记录，而且还可以被分析和再利用。伴随着数据记录的发展，在人类不断探索世界奥秘的过程中，我们总是要记录下各式各样的关于时间、地点、体积、距离等一切相关的信息，以供日后分析。可见，一切科学的发展和人类的认知，都已经离不开数据的量化。在现代社会，随着计算机对数字化的实现，人类可以将一切模拟数据都转换成0和1的二进制的表达方式，我们不仅可以将文字、图片、音频和视频等变换成0和1的方式来交流，还可以将制造业、商业、医疗和教育等全部变成0和1的方式来进行人类的活动。人类社会随着大数据技术的发展，“比特化”的进程逐步加快。随着大数据技术的不断发展，人类的生产方式受到了巨大的变革。一切社会生产活动都必须依靠数据才能得以进行。阿尔文·托夫勒在《第三次浪潮》中就预言过“产销合一”的生活形态，他说：“我们应该还记得市场是建立在生产者和消费者分裂的前提下，而这一前提现在已经界限模糊了。”举例来说，当一名消费者在进行网购时，会生产出多条数据的记录，这些记录会被电商收集并分析出消费者可能的需求，再根据这些可能的需求进行生产活动，而后又将新的商品推荐给消费者。这就是在生产领域上B2C (Business to Customer) 向C2B (Customer to Business) 的转变。生产不再



- 无人机的航拍照片精度比卫星照片更高，而且使用成本非常低

是根据市场上已有的商品来消费，而是根据个人的需求来消费。人类各种不同的需求被大数据技术挖掘了出来，这对于提升市场活力，促进经济增长有巨大

的作用。

显然在大数据时代，没人能否认原始数据的重要性。而产业界很早就开始寻求从空中获取数据，一般是利用卫星



或飞机。但相比这两者，无人机是更优越的“空中传感器”，甚至可以认为是这种技术的天然社会属性。卫星的视线受到覆盖地球2/3以上面积的云层遮挡，无人机则能更精确、更频繁地收集数据，随时响应，高精度观测的能力是卫星难以比拟的；而相比飞机，无人机成本更低、操作更容易，也更安全。无人机能随时随地提供精度匹敌激光扫描的俯视图像，但这仅仅只是开始。事实上，“无人机——空中机器人”技术的最大变化在于其互联设定。早期机器人需要额外定做通信系统，而脱胎自智能手机产业的无人机——空中机器人，则“天生”具备互联结构。收集数据、下载、分析。这种工作方式早已陈旧不堪，不再需要了。现在，数据从源头流向设备、接受分析的过程自动且隐蔽。这一转变意义重大。当互联成为设备的本质属性，一个重大变化发生了：数据决定任务，而非任务决定数据。互联设备促进互联网智能化。互联设备不仅从网络获取智能，也会向网络反馈数据。现在和将来，大量数据都来自对真实物理世界（包括人和环境）的测度。而借由互联设备，传

感器无处不在。对无人机来说，这意味着无人机和企业级软件的无缝整合：收集数据、上传云端、分析后，以合用形式展示出来，全部接近实时自动完成。但有一点需要注意的是，在大数据社会，无人机这类传感器改变的不仅仅是生产消费的关系，它改变的实际上更多。我们的交通系统是一个很好的例子。

2018年，全球的私家车已经超过10亿辆，而且还在不断增加。这些车辆污染地球，浪费大量资源，更别说还得为此不断拓宽道路、增设停车位。民众已经习惯私家车的便利，不太可能再回头搭公交车和火车。但数据至上主义者指出，民众真正想要的并不是车辆本身，而是移动的便利，只要有优秀的数据处理系统，就能简单又有效地提供这种移动的便利。隔壁老王有一辆车，但多半就是停着。就隔壁老王平常的一天来说，早上8:04从家开车出来，半小时到公司，把车停好，就放一整天。18点11分又回到车上，开车半小时回家，就这样。所以隔壁老王每天只有1个小时会用到车，何必另外23个小时还要把车留着呢？如果有智能共乘系统，就能解决这

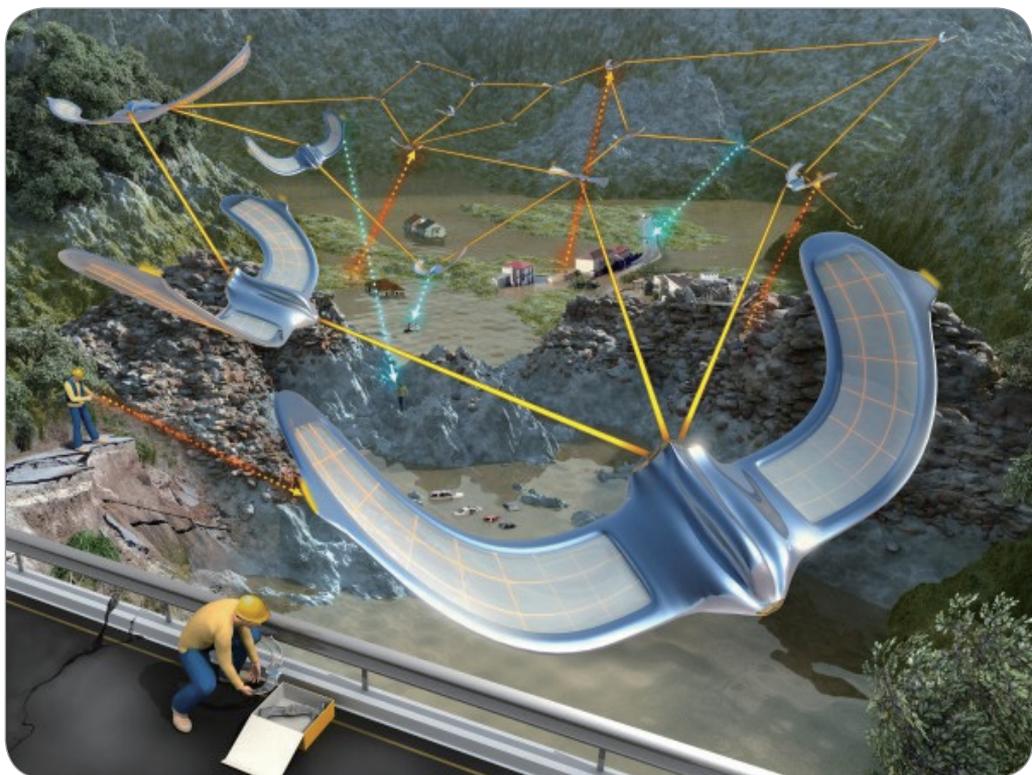


- 无论是出于哪种用途被设计出的无人机，它们在飞行途中，都会把遇到的每一个人、每一辆车识别，同时把采集到的数据上传至云端

个问题。隔壁老王能让云系统知道需要在 8:04 离开家，同时由一架无人机给予了确认后，由计算机在那个时候把最近的无人驾驶汽车调过来，准时让他上车，把他送到公司后，这辆车就能用于其他目的，而不用在停车场白白等待。到了 18 点 11 分，隔壁老王走出公司，同样由一架无人机给予了确认后，就会有另一辆全民共享的无人驾驶汽车停在他身边，带他回家。这样一来，只要有 5000 万辆共享的无人驾驶汽车，就能取代 10 亿辆私家车，而且所需的道路、桥梁、隧道和停车空间都会大大减少。这对大部分人来讲，当然是一件好事。但如果想达到这样的目的，他就得放弃隐私，允许算法调动包括无人机在内的一切传感器，永远知道他身在何处、想去何方。这至少对隔壁老王这样的人来讲是很不好的体验，这样的隔壁老王还是隔壁

老王吗？事实上，未来无人机的数量将是人口数量的几倍、几十倍甚至更多。而无论是出于哪种用途被设计出的无人机，它们在飞行途中，都会对遇到的每一个人、每一辆车进行识别，同时把采集到的数据上传至云端。遍布城市的无人机，同时上传的数据，把每个角落，每个人在做什么的轨迹，描绘得清清楚楚。显然，单靠无人机并不能建立“神国社会”，但结合了高清摄像头、面部识别、社交网络、银行账户、手机信息等大数据分析环境后，人类在享受到便利的同时，个人隐私也将消失殆尽。

虽然有人认为，针对无人机在新闻领域、数据收集等用途中带来的隐私问题、安全问题以及利益冲突，密尔的功利主义原则值得借鉴，但是功利主义原则以“获得最大的幸福”为事件的结果导向，承认人类牺牲自己利益为了获得



- 未来无人机的数量将是人口数量的几倍、几十倍甚至更多。而无论是出于哪种用途被设计出的无人机，它们在飞行途中，都会把遇到的每一个人、每一辆车识别，同时把采集到的数据上传至云端

大多数人的利益是好的。如果一种牺牲没有增加，或者不以增加整体的幸福为出发点，就是浪费。功利主义寻求最大的幸福总和，同时避免最大的痛苦。据此，将密尔的理论应用到无人机在新闻中的使用，可以衡量不同情况下无人机新闻的道德约束情况。如无人机用于环境监测报道，却不小心窥探到明星的隐私，前者符合大多数人的利益，后者却侵犯个人利益。所以将无人机用于新联报道可以以“预期结果是否达到”或“社会大众能否得到最大回报”作为新闻报道伦理决策的底线。然而，仅功利主义原则却无法解决无人机为人类社会生活所带来的更多更纷繁复杂的问题。事实上，

相比于将无人机用于新闻报道或是数据收集所引发的种种社会伦理困惑，人们对无人机引发的另一个社会问题可能更为关注，那就是失业。人类总会下意识地美化过去的时光，会希望保持美好现状，会惧怕冰冷的机器吞噬生活。所以一种时髦却又老生常谈的观点认为，在人类的“空中机器人纪元”，无人机技术的普遍应用，将开始把工作从人们手中夺走，这涉及数以百万计的工作岗位，如农业技工、测绘工作者、快递从业人员、勘查人员、安保人员、新闻工作者、公共交通从业人员等。的确，以农业领域为例，“极飞研发的植保无人机 P20，喷洒效率相当于人力的 60~80 倍，并且

拥有全自主飞行和夜间飞行功能”，这实际上就很能说明问题：无人机对人力岗位的替代，早已不是无聊的杞人忧天，而是正在发生的现实。



- 大疆 MG-1P RTK 版植保无人机采用大疆 D-RTK 高精度导航定位技术，定位精度达厘米级，航线轨迹精确可重复调用；双天线测向技术具有强大的抗电磁干扰能力，保障 MG-1P RTK 在高压线附近等复杂环境中稳定飞行



- 总有一些时候，技术走到了劳动关系的前面，这一次可能超越了太多太多

总有一些时候，技术走到了劳动关系的前面，这一次可能超越了太多太多。目前，工厂自动化已经让传统制造业的大量员工失业，而包括“空中机器人”在内，人工智能的兴起则很可能会让这一失业浪潮延伸至中产阶级，只给人类留下护理、创造和监督类工作。当然，关于无人机技术会导致人类失业的问题，常见的反论点是，它也会产生新的工作，这种事在历史长河里时有发生。我们不再需要马匹的蹄铁工，但我们如今却有数百万名汽车修理工。不过问题在于，这种说法真的成立吗？我们推测这些衍生而出的新工作都是在科技领域，设计或者维修一些用来取代体力劳动的系统。并非所有人都适合这样的工作，因为这对于教育水平以及培训的要求更高，或者会需要一个不同的技能组合。还有一点，那些因无人机失业的员工可以针对不同类型的工作重新进行培训，但如果有些人或很多人不适应这些“新”的工作呢？这就会造成大范围的失业。另一个反论点就是在失业这个问题上，大家无须畏惧无人机技术，而是应该欣然接受，因为它会帮助工人更好地完成工作，而非取代他们。这一点似乎是完全正确的。无人机技术的确拥有无限的潜力，它可以帮助我们更好地胜任自己的工作。这一点在当下已经早有体现。但是，大多数企业关心的只有盈利，它们根本不在意其他任何事情。尽管许多公司的使命或意图都是“要让这个世界变得更加美好”……显然，在无人机技术的应用与失业这一问题上所包含的社会伦理性争议并非简单的非黑即白，这非常复杂，牵涉到许多更为深层次的社会问题。

20世纪80年代，美国著名传播学者詹姆斯·凯瑞在考察电报如何改变了

人们的交往方式，进而促进了新的社会关系结构的产生时发现，电报的出现，第一次使得媒介信息符号（如电报信息）从运输工具中独立出来。比如传统报纸要依靠铁路运输才能抵达读者手中，而一个世纪前电报的发明，其传播信息的速度远远超过了人的双腿、马车或者铁路运载，电报改变了人们的时间态度。有史以来空间第一次变得不再那么重要，作为时间对于空间胜利的一个自然结果是，“商品交易从地点之间的交易转变为时间之间的交易”，一种新的社会关系结构得以诞生。比如全国性的统一市场形成、期货交易出现和全国标准时间制定等。今天站在所谓“空中机器人纪元”的门槛上，类似的一幕又会再次上演吗？事实上，一种颇为独到的观点就认为，无人机技术（也包括其他人工智能驱动的自动化技术）或许要对未来人类社会的普遍失业现象负有责任，但这也将导致政府向占人口比例绝大多数的失业公民支付一种普遍基本收入，使他们可以自由地追求自己的梦想，而不必受困于挣钱谋生，贫穷将成为一种糟糕的回忆，从而使人类社会逐步发生一种根本性的变革，变得更加美好，人类的生活变得更加幸福。然而，这真的是一种幸福吗？将来大部分人是否会成为《未来简史》这类书中所说的“无用阶级”？这实际上已经涉及了在技术进步影响下，人类在社会生活中是否会发生“异化”的思索。在中世纪，一个城市的最高处是教堂的塔尖，它指向天堂，“统治”其他所有较低的建筑，因为教堂统治着人们的希望和恐惧。这就像今天异化了的技术，由人类所创造，却可能凌驾于人类主体之上，影响着人类的思维方式、行动趋势乃至生存模式，最终使人本身也发生



- 大疆 MG-1P 植保无人机支持一控多机，一个遥控器最多可协调 5 架 MG-1P 系列植保无人机同时进行作业，单人作业效率成倍提升。新一代智能遥控器控制距离提升至 3,000 米，支持同等距离高清图像传送，保障作业安全。新一代智能遥控器加入了 4G 通信功能，电池、天线采用可更换式设计，日常作业将变得更为方便

了异化。

游戏心态、武力滥用与军队的瓦解——“空中机器人纪元”的战争伦理困境

人类既有想象天堂的能力，又有创造地狱的那种顽强的自我肯定力，他们有“什么都不过分”的格言，但事实上，他们又什么都是过分的——在思想上，在诗歌上，在宗教上，乃至在技术上，这种自我交战的状态，决定了人类对任何技术的应用都有着双面剑效应。于是，

“无人机——空中机器人”带着其因人的本能和弱点而固有的负面效应，一路向前。而人类无暇拭目以待，因为这一前景就在眼前，将“无人机——空中机器人”用于战争而引发的诸多伦理困境，现在就已经对人类发出了挑战。

首先来讲，无人作战的虚拟环境，可能引发认知层面的紊乱，导致虚拟作战环境下因感官隔绝和“游戏心态”造成的区分困境。作为一种古老相传的观念，战争就是人类战斗员之间的搏斗，早在远古时期，人们在战争中，就形成



• 多次中东战争中表现出色的以色列“猎人”无人机

了区分军民的朴素规约。在武装无人机战争出现以前的机械化战争时代，执行区分原则的困境主要源于人的生理层面，人类有限的感官能力难以适应持续增长的武器打击距离。伴随远程武装无人机装备的广泛应用，借助信息化技术手段可以实现战场形势的远程实时感知，在一定程度上弥补了人类视距上的局限，使选择性杀伤的回归成为可能。然而，在武装无人机参与战争的背后，无人作战面临的区分困境开始从生理层面转向心理层面。关于武装无人机对区分原则的挑战，体现在遥控作战的虚拟环境给区分敌我带来的认知困境上，具体体现在两个方面。一方面是虚拟环境造成的游戏心态。联合国的一份报告中指出，采用无人机发动攻击“如玩电子游戏一样夺走人的生命”。心理学研究表明，人类潜意识里对同类相残具有排斥心理和道德障碍，然而，伴随作战距离的增长，这种排斥心理会逐渐减弱。美国心理学家格罗斯曼依据概率统计得出结论，作战人员抵御杀戮欲望的能力与目标物

理距离成反比。而无人作战这种特殊的作战这种方式，恰恰给予了操控人员一种特殊的疏离感，他们处于距战场万里之遥的控制中心，视听感官与真实战场相互隔绝，因此容易对眼前的景象产生视频游戏的错觉。无人机操控者的行为逐渐与其所产生的后果割裂开来，当杀戮得以在虚拟世界中进行，区分原则对战斗员的约束力也会随之减弱，致使他们更加轻易地做出判断。纽约大学教授菲利普·埃尔森指出，无人作战完全可以通过计算机屏幕和远程声频反馈来实施，因此存在以游戏的心态来看待杀人的风险。一旦以游戏的心态对待战争，区分原则就难以严格执行。“杀人者感受不到受害者的痛苦，操控员在几千英里之外不可能听到受害者的惨叫声或者真切感受到‘燃烧的躯体’。”前中情局律师迪沃尔则说：“和割喉杀人相比，人们可能会觉得无人机杀人更容易接受一点。但机械化的杀人方式依然是杀人。”另一方面是情境切换带来的心理反差。911事件后，无人机愈发频繁地参加实



• 德国装备的 EMT LUNA X2000 无人侦察机系统



• 德国装备的 EMT LUNA X2000 无人侦察机系统



- 在距离战场万里之外的两人小组控制着无人机进行作战，颇有玩电子游戏的感觉



- 美国心理学家格罗斯曼依据概率统计得出结论，作战人员抵御杀戮欲望的能力与目标物理距离成反比



战应用。这是历史上第一场具体作战人员在远距离外遥控武器装备进行的大规模战斗,不但带来了不少技术上的难题,而且参战人员表现出了一些很奇特的心理现象。表面上看,似乎端坐在军事基地里的无人机操纵人员(多数曾担任战斗机飞行员)应该舒坦得很,因为他们不需要直接面对敌人射来的子弹,完成任务后还可以回到自家床上好好睡一觉。但在实际作战过程中,发现很多人员无法适应几小时前还在激战,几小时后就回到家里放松下来的生活。于是美军对此进行了不少心理研究工作,甚至将一些人员集中到基地营房里进行长达几星期的战斗、休息,然后才让他们回家放个大假。不同于传统飞行员,无人机操控员每天都需在无情的杀人任务与温情的家庭生活中往复切换,这对他们的心理承受能力是一个挑战。在执行定点清除任务时,他们依靠实时监控影像锁定目标,画面中恐怖分子的生活场景可能

会勾起某种熟悉感,造成工作情境与生活情境的紊乱,这进一步增加了锁定和攻击目标的难度。

认知错觉对区分原则的挑战,在深层次上反映了无人机给予战争的“非人化”烙印。对于区分原则进一步的质疑,则聚焦于无人机作战中目标选取的具体方式。举例来讲,自2003年以来,美军频繁地采用一种颇具争议的方式来界定攻击目标,即所谓的特征攻击。在真实战场环境下的常规战争中,区分军民目标主要依靠人的感官经验,两者在装备和服饰上存在显著的差别。然而,在无人机执行的反恐作战中,战斗人员与非战斗人员的区分变得困难。为应对北约国家在军事技术上的绝对优势,阿富汗的恐怖分子采取混杂于平民之中的策略,以免成为无人机锁定的靶子。面对人类感官经验难以发挥效用的境况,以美国为首的西方国家转而利用植根于虚拟网络空间的大数据技术,通过国家情报网



- 美国空军于2007年5月1日组建建制制的MQ-9“死神”无人攻击机联队



- 将“无人机——空中机器人“用于战争而引发的诸多伦理困境，现在就已经对人类发出了挑战

络 (NATGRID), 利用大数据的挖掘和分析方法, 勾勒恐怖分子的特征、行踪并最终锁定目标。

简单而言, 就是在真实身份尚未明确的情况下, 对满足某些预设恐怖分子特征的目标实施打击。特征攻击模式是在军民混杂战场环境下执行区分原则的一种尝试, 其依托超视距技术推进区分方式演进的意图是毋庸置疑的, 但这种植根于虚拟世界的大数据识别技术, 虽然具有其理性、严谨的一面, 但片面依赖特征匹配的局限性也是显而易见的。特征攻击对于目标行为方式的偏好, 并不能将其与恐怖分子的关联性等量齐观。正如军事历史学家马克斯·布特所说的: “美军士兵无法迅速分辨出一个人是农民还是战士, 但阿富汗当地人能。”阿富汗当地人对于塔利班武装分子的判别能力, 源自于自身的阅历、经验和主观感受, 这是信息时代最先进的识别技术所无法取代的。对此, 正如《外交》杂志上所指出的那样: “所谓的‘特征

打击’, 目标不是具体的个人, 而是可以进行活动的群体。这一方式就更难区分军事人员和平民了, 更谈不上各自的死亡人数了。”

在美军 (也包括中央情报局) 使用武装无人机执行的“定点清除”的反恐行动中, 特征匹配的区分方式取代传统的区分方式还引发了关于无人机“附带伤害”的争议。一方面, 美国政府否认无人作战的“附带伤害”, 认为平民伤亡是极其罕见的, 甚至在“个位数”, 其目的在于强化无人作战“精确、无风险”的形象; 另一方面, 作为非盈利性的民间机构, 英国新闻调查局却提出了更被认可的数据, 在 2004~2014 年间, 无人机在巴基斯坦的 405 次攻击, 造成死亡人数多达 959 人, 其中儿童 204 人, 受伤人数最多达 1706 人。美国政府将所有死伤的成年男性默认为基地组织武装分子, 实质上是对区分原则和附带伤害概念的扭曲。美军无人机作战引发新的区分困境, 从表面上显现为虚拟作战环

境下的认知困境，在深层次则来源于识别判定目标过程中“非人化”的技治主义倾向。在军民混杂、高速流动的反恐战场，依靠服饰、武器等传统的标识性特征，难以确认恐怖分子的身份。有鉴于此，无人机作战的目标判定，更多地借助技术手段，特别是运用大数据技术和分析工具，提取潜在目标行为的时空规律性，分析不同行为间的互动关系，揭示其与恐怖分子之间的内在关联性，运用分析算法对其身份和实施恐怖行动的概率进行评估。信息技术主导的区分方法虽然在一定程度上提升了辨识目标的效率，但是也导致了美军在无人机反恐上的技治主义倾向，片面强调技术手段和数量方法，进而造成诸多问题。一是对杀人的麻木心态。技治主义者会陷入机械决定论或因果主义论的思维模式，一方面把世界视作一架庞大的机器，另一方面轻视甚至无视人与社会之间问题

的多变性与复杂性，造成重物不重人、见物不见人的意识倾向，对于剥夺他人生命的行为产生麻木心态。二是对数字的过度痴迷，致使无人机反恐的持续扩大化和费效比低下。受技治主义思想影响，人动辄被数字化，击毙目标的数字与反恐效率等量齐观，如此一来，在恐怖分子头目数量有限的情况下，美军频繁使用价值几十万美元的地狱火导弹攻击最底层的恐怖组织成员。三是以技术数据绑架舆论。由于目标识别与区分依赖精细的数据处理和技术分析，因此无人机作战相关数据的控制权掌握在技术专家和管理人员手中，可能造成民众难以了解无人作战“附带伤害”的真实情况。美军官方公布数据与民间调查数据之间的巨大差距，正说明了存在政府、军方和技术专家绑架舆论的可能性。

还需要看到的是，无人作战的不对等打击优势，打破了军事对抗的均衡性，



- 技治主义者会陷入机械决定论或因果主义论的思维模式，一方面把世界视作一架庞大的机器，另一方面轻视甚至无视人与社会之间问题的多变性与复杂性，造成重物不重人、见物不见人的意识倾向



- 2013年5月14日和17日，X-47B隐身无人驾驶飞行器在布什号航母上完成弹射起飞和着舰复飞试验

可能造成滥用的后果。武装无人机在战场上的应用，本来是作为可控作战手段的一项典型范例。凭借在战场监视、侦察传感、精确锁定以及续航能力方面的优越性，无人机成为实施定点清除任务的最优选择。然而，一种优势过于明显的手段往往招致过度的依赖。在叙利亚等地，由武装无人机实施的“机器VS人”的不对称打击，已经使战争风险大降，均衡性的丧失必然导致武装无人机的滥用，进而挑战其作为信息化作战手段的可控性。目前，武装无人机在战争中的滥用主要体现在两个方面。一是战术层面。作为远程精确打击手段的“零风险”手段，使得拥有先进武装无人机技术的国家在战术运用中不再谨慎小心。比如，斯坦福国际人权中心的调查报告就指出，近年美军无人机的打击范围日益向葬礼、聚会以及社区会议等人口密集地域拓展。美国《新闻周刊》也曾撰文批判一种名为‘double-tap’的无人机战法，这种对

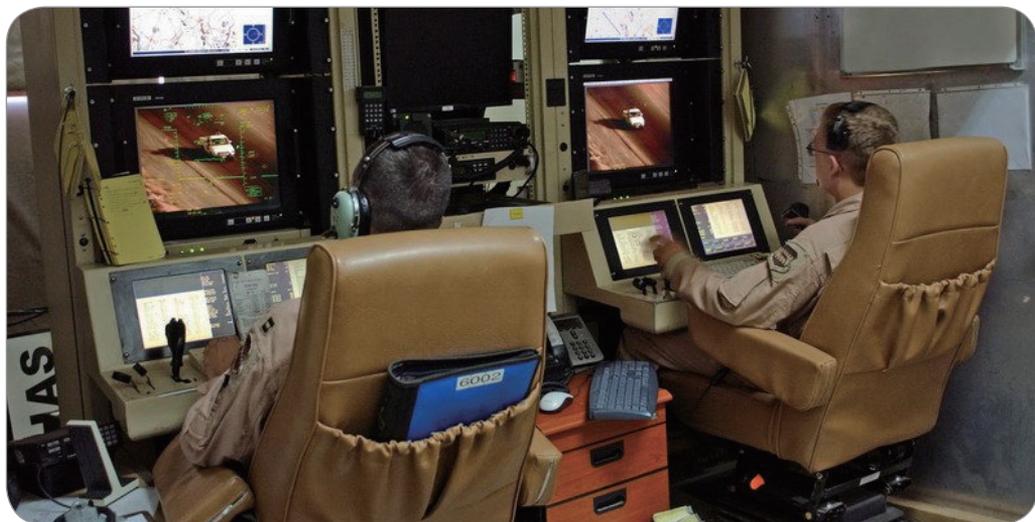
同一作战地域实施相对连续的2次打击以确保目标死亡的做法，被认为会加剧人道主义救助者和其他无辜者的伤亡。把一种精确打击手段转变为饱和攻击的手段来使用，无人机在战术层面的滥用可窥一斑。二是战略层面。在战略博弈中，如若双方的军事实力呈现基本对等的局面，博弈双方就会审慎思考未来战争的残酷性和取得战争胜利的惨重代价，从而将军事行动控制在一定烈度内，避免冲突的激化与升级。冷战时期美、苏之间的长期对峙，即是军事战略博弈长期维持均势的一个缩影。然而，无人机技术却对这种可控性提出了挑战。过于成功的手段会导致目的的迷失，无人机作战进一步强化了美国等北约国家的不对称打击优势，降低了发动战争的成本和门槛，使战争变为一架“零风险”的机器，进而可以更频繁地开启战争和肆意地滥用武力。

对于无人作战而言，在控制中心用



• 自2003年以来，美军频繁地采用一种颇具争议的方式来界定攻击目标，即所谓的特征攻击。对此，正如《外交》杂志上所指出的那样：“所谓的‘特征打击’，目标不是具体的个人，而是在进行活动的群体。这一方式就更难区分军事人员和平民了，更谈不上各自的死亡人数了。”





- 无人机控制员通过屏幕、游戏杆、踏板和键盘操控无人机，多个大屏幕用于显示机上系统状态、战场态势地图、作战指令等，控制终端还有相当于聊天室一样的功能

操控杆发射导弹，就可以决定万里之外的土地上人民的生死，这对于任何一个国家而言都是一种过度的权力，权力欲的膨胀必然会导致失控。美军以无人机执行“定点清除”犹如上瘾般愈演愈烈，正是无人机在战略层面不可控的鲜活反映。无人机作战对于可控性的挑战还体现在可控标准的界定。对于用何种标准来衡量军事目标价值与军事打击伤害之间是否成比例，以及如何界定作战手段是否可控，人类目前的战争伦理并没有一个公认的标准。但拥有最先进武装无人机技术的西方世界却越来越倾向于将“规避无效伤害”作为度量可控性的标准。其实质就是将可控性等同于精准性，以此来验证无人机作战符合交战正义的规约。然而，将精确性作为衡量控制能力的做法仍然存在诸多弊端。这主要体现在忽视了武装无人机打击目标的重要程度上。斯坦福国际人权中心的统计数据 displays，在美军无人机击毙的目标中，担任恐怖组织头目的高价值目标不到2%，超过98%的人是所谓的低价值目标，即是扮演打杂跑腿角色的底层恐怖分子。对于不同价值目标实施无差别攻击，一视同仁地动用造价昂贵的精确制导炸弹，从一个侧面反映了武装无人机战争的不可控性。当然，对于武装无人机参与战争造成的伦理困惑，我们不应只顾当下，更要着眼于未来。伴随无人机系统智能化水平和自治能力的不断提高，它由原来纯粹的作战手段转变为逐渐具备战争主体部分功能，这带来了更多的问题。

比如高度智能化的武装无人机能否更好地承担战争责任，进而将未来战争引向更为人道的方向？对于这一问题，无人技术的支持者采取了乐观的态度。这些乐观者指出，在确保交战正义性上，

较之有人作战平台，智能化的、拥有自主交战权的武装无人机（也包括其他智能化的自主无人作战平台）具有以下6个方面的优势：无须考虑自身安全；具备超人的战场观察能力；不受主观情绪左右；不受习惯模式影响；更快的信息处理速度；独立、客观地监测战场道德行为。基于以上优势，这些人认为在执行人道原则方面，智能化武装无人机平台会比人类表现得更好。然而，一旦武装无人机取代人类成为未来战争的决策者，人道原则的执行可能面临诸多挑战。一是鉴于未来人工智能发展前景的不确定性，无人机做出符合人道规约的作战决策尚面临难以克服的技术瓶颈。二是无人机自治系统存在不稳定性和巨大的风险性。无人自治系统替代人脑进行作战决策，虽然可以规避人类情感弱点在战时可能引起的混乱与失控，摒除怜悯、懦弱、愤怒、仇恨等感性因素对作战决策的影响，但是无人自治系统的可控性同样存在巨大的隐患，一名人工智能和机器人专家就撰文指出，包括人为错误、人机交互失败、系统失灵、通信未升级、软件编码错误、敌人网络攻击或渗透供应链、干扰、电子欺骗，敌人的其他行为，或是战场上的意外情况。任意错误的发生，都可能造成这类“杀人机器人”在战场中失控，从而将战争引入完全不可预知的结局。三是无人机取代人类进行作战决策，意味着它由战争工具转变为战争主体，而人道主义原则作为约束人类行为的伦理规约，难以适用于一场机器人相互厮杀的战争。同时，更大的问题在于，拥有自主交战权的智能武装无人机逐渐成为战争主体后，是否会造成军人责任感与武德精神的沦丧？军人是准备战争和从事战争的武装集团，以



- 一旦武装无人机取代人类成为未来战争的决策者，人道原则的执行就可能面临诸多挑战

自我牺牲精神承担战争的绝大部分危险是军人固有的责任。正如克劳塞维茨所说：“战争规约要求军人自己接受危险而不能伤害平民。重要的是军人不能以牺牲无辜者为代价获得自己的安全。”从道德意义上来说，军人存在的价值就在于替代平民承担战争风险，整个社会对于军人身份的认同也在于此。然而，各类智能化的、能够自主执行杀人任务的无人作战平台让军人远离战场（甚至不需要下达具体的杀人指令），进而令维系军人职责的道义基础发生动摇。而

一旦战争进入后英雄主义时代，无人机承担了战争中风险最大的作战任务，而操控它们的军人却可以保证零伤亡和绝对安全。军人不再以大无畏的牺牲精神承担战争中绝大部分的风险，反而将自己置于比平民更为安全的境地，那么军人职责在道德上的价值也必然消失殆尽。可以试想，一旦由各类无人作战平台主宰战场的无人化战争时代真正到来，也就意味着传统意义上武德精神的终结、军队这一社会组织的瓦解在人类社会生活中发生的异化。

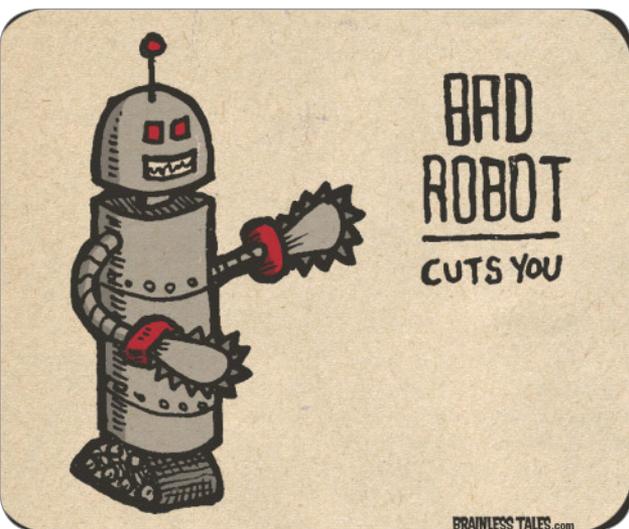


● X-47A 无人战机原型



- 正在被吊上航母甲板的 X-47B 隐身无人驾驶飞行器

一碗汤引发的血案——“空中机器人”的原罪



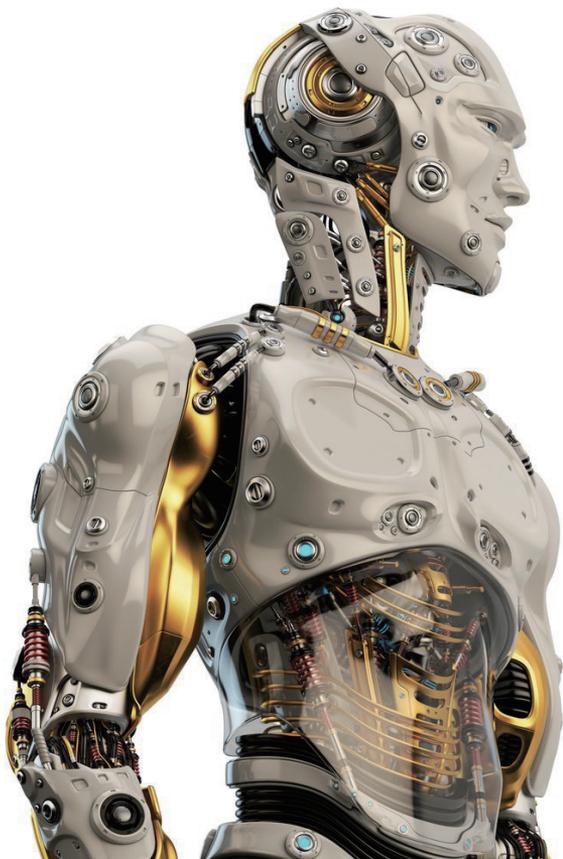
- 关于邪恶机器人的电影看起来太不真实，我们似乎也没法想象一个人工智能变得危险的真实情况

“坏机器人”总是让我们很困惑。那些关于邪恶机器人的电影看起来太不真实，我们似乎也没法想象一个人工智能变得危险的真实情况。机器人是我们造的，难道我们不会在设计时防止坏事的发生吗？我们难道不能设立很多安全机制吗？难道我们不能拔插头吗？而且为什么机器人会想要做坏事？或者说，为什么机器人会“想要”做任何事？但很少会有人在这些问号之外，再多花一点心思去想一想更深远些的东西。

所有存在于人类意识里的东西都可以被称为认知坎陷，而一切认知坎陷都是从“自我”和“外界”这两个最原始的坎陷里开出来的。随着生命的进化，人类逐渐能开出前后左右、这里那里的坎陷；有了触觉、味觉，开出酸甜苦辣的坎陷；有了视觉，亦就有了颜色的概念，例如黑白红黄的坎陷。这些认知坎

陷实际上是对真实物理世界的“扰乱”。就拿一碗汤的味道来说，其所包含的物理内容非常丰富，但人类却只用酸甜苦辣等字眼简单描述。那这是否意味着，人类将会面临“看山不是山，看水不是水”的问题？是否应该主张走回物理还原主义的老路，把这碗汤里面所有的分子式、原子式都搞清楚，把其中存在的每一个可能性都弄明白？这显然不可能。这就引出了“恶无限”的概念。什么是恶无限？在哲学上，黑格尔的“恶无限”认为有些看起来无限的东西实际上只是无聊的重复，而真正好的无限应该不停地开出新的东西、增添新的内容。即有限和无限的统一才是善的无限，否则就是恶的无限。但技术的“恶无限”概念的含义跟这个还不太一样。比如对于一碗汤来说，从理论上讲，当然可以弄清楚其内部所包含的每一个分子式，但这是否就是终点呢？分子是由原子组成的，因此还需要把所有的原子式弄清楚，但把原子式弄清楚也不意味着结束，因为原子下面还有亚原子等，而这些东西怎么排布，怎么组成结构，其处在空间中的相互关系如何，怎样实现氧化关系……这里需要搞清楚的问题实际上是无穷多的，在有限的资源条件下显然不能穷尽，要穷尽它就需要无限的资源，这就可以看作一个技术上的“恶无限”。

对于一碗汤，人们提到它就是在指这碗汤作为一个整体具有甜酸苦辣鲜香等特征，而不会一直探究下去，这看似平常但实际上非常重要。理解技术上的“恶无限”这一概念，可以和人对照来看，例如一些死钻牛角尖的人、精神失常的疯子等，例如研究无穷大的康托和研究



- 我们给人工智能设定的目标是什么，它的动机就是什么。任何假设超级智能的达成会改变系统原本目标的想法都是对人工智能的拟人化

不完备定理的哥德尔，他们都“疯了”。但人的“恶无限”问题整体来说还不是很大，“暗无限”无处不在，但因为人类具有独一无二的身体结构、常识、哲学目的性、可自我协调的社会机制以及与环境之间的协调关系，一般情况下，人类不会陷入超出自身能力之外的“恶无限”无法自拔，即便有各别人陷进去了，但亦不会对整个人类社会造成太大伤害。说到底，人类懂得止所当止。然而面临相同的情况，人的技术造物却有可能不会止步于此。一种观点认为，人类的进化速度远远落后于计算机算法。摩尔定律虽然受限于芯片的物理特性而可能不再成立，但算法和架构的不断优化依然能够让机器的计算能力加速，每两年翻一番依旧可期。机器可以不眠不

休地迭代并迅速成长，超级智能不可避免，并且将远比很多人想象中更快地到来。那么如果一个超级 AI 拥有包括空中机器人在内的无数个躯体，试图调动宇宙中所有的资源对这碗汤一探究竟，我们如何证明这样做没有意义？只要 AI 被赋予的是偏狭而非完整的意识，那么其能力与意识状态可能极度不匹配而陷入“恶无限”的深渊。毕竟我们给人工智能设定的目标是什么，它的动机就是什么。任何假设超级智能的达成会改变系统原本的目标的想法都是对人工智能的拟人化。换句话说，人健忘，但是电脑不健忘。一个超人工智能是非道德性的，并且会努力实现它原本的被设定的目标，而这也是人工智能的危险所在了。它对人类没有恶意，就好像你剪头发时对头

发没有恶意一样，只是纯粹的无所谓罢了。它并没有被设定成尊重人类生命，所以毁灭人类就和研究一碗汤一样合理。因为除非有不做的理由，不然一个理性的存在会通过最有效的途径来达成自己的目标。AI 的能力越强，其对周围世界的危害就可能越剧烈——以空中机器人为载体（之一）的超级 AI 会为了一碗汤而拆解掉整个地球吗？这样的假设哪怕想一想都令人不寒而栗。

无人机时代可能是我们最糟的噩梦

关于机器人因为一碗汤而毁灭全人类的故事看起来怪怪的，但这正是霍金、马斯克和盖茨这些聪明人所真正害怕的。事实上，作为机器人技术的一个分支，空中机器人无疑正在变得越来越聪明、能干。这意味着我们其实是在创造可能一件会改变所有事情的事物，但是我们对那个领域完全不清楚，也不知道我们到达那块领域后会发生什么。一些科学

家把这个比作“就好像单细胞生物向多细胞生物转化的时候那样，还是阿米巴虫的我们没有办法知道我们究竟在创造什么鬼”。另一些科学家则担忧创造比自身聪明的东西是个基础的达尔文错误，就好像麻雀妈妈决定收养一只小猫头鹰，并且觉得猫头鹰长大后保护麻雀一家，但是其他麻雀却觉得这是个糟糕的主意。当你把“对那个领域完全不清楚”和“当它发生时将会产生巨大的影响”结合在一起时，你创造出了一个很恐怖的词——生存危机。生存危机指可能对人类产生永久的灾难性效果的事情。通常来说，生存危机意味着灭绝。那么漫天飞舞机器人的时代可能是我们最糟的噩梦？对于这个问题的回答注定是艰难的。

人类与技术之间总有种奇怪甚至有点儿紧张的关系。任何改变游戏规则的新技术出现后，往往会激发同等程度的乐观和恐惧。即使是像柏拉图这样的哲学家也曾担心，一种被称为“写作”的



- 关于机器人因为一碗汤而毁灭全人类的故事看起来怪怪的，但这正是霍金、马斯克和盖茨这些聪明人所真正害怕的

新奇技术会导致智力辩论的终结。当然，如今识字已经成为人们最基本的技能之一，全世界有 86% 的人能够读写。毫无疑问，我们可以找到少数认为识字是社会弊病根源的人，但总的来说，我认为这种特殊技术的引入似乎最终取得了成功。技术是否会拯救或毁灭我们的首要问题，如今包括了许多我们现在认为理所当然的创新。报纸一度也被描述为丈夫和妻子之间的“物理障碍”，收音机和电视机都在通过纯粹的消遣来破坏家庭，暴力视频游戏继续引发人们对其负面影响的恐慌。而另外，工业机械以及后来电力的引进，分别被认为是将人类从繁重劳动和黑暗中解放出来的绝佳手段。30 年前，互联网被认为是民主的终极力量，因为在这个不分种族、年龄、性别的数字社区，人人都可以平等而匿名地参与进来，而不必担心遭到报复。互联网把我们都变成真理的追寻者，只允许最好的和最大胆的想法存在下来。现在似乎可以肯定地说，鉴于我们今天所拥有的、有点儿混乱的互联网，那些

理想化的概念并没有被完全取代。所以显而易见的结论是，没有任何技术天生就有好坏之分。事实是，这些进步是我们可以用于许多目的的工具，无论目的的好坏。

更何况，无论是应用上的负面效应还是所谓技术的原罪，背后都是人的本能——好奇与控制，以及人性的弱点。事实上，弗洛伊德在 1930 年曾提出一个尖锐的问题，文明在多大程度上是建立在对本能的满足之上，又是在多大程度上是以对强大的本能的力量不予满足为前提？这个问题的尖锐在于，它一语道出了人类文明发展的实质，但这也正是令人欣慰的。毕竟在科学技术的发展中，人的本能与弱点也正在发生某种潜移默化 and 微妙的变化，科学技术带着其因人的本能和弱点而固有的原罪，一路向前，正在回过头来改造人性，淡化和改变人的本能，改善人性的弱点，从而洗涤自身的原罪。同时人与技术也是互相控制的——人创造技术，技术属性也决定了人应该怎样使用它。



- “坏机器人”总是让我们很困惑



后记 如山的远景



- 弗洛伊德在 1930 年曾提出一个尖锐的问题，文明在多大程度上是建立在对本能的满足之上，又是在多大程度上是以对强大的本能的力量不予满足为前提？

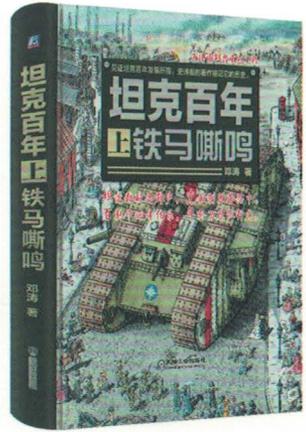
有个古老的谚语是这样说的：“预言难呀，难于上青天，预测未来比登天还难。”像许多老话一样，这个谚语更像一段废话。不过，它确实也是一句实话。从本质上说，它是一条醒世箴言。对于拼搏在各个领域的人们，尤其是对引领未来技术和科学创新领域的人们来说，它是长鸣的警钟。因为认知偏差，所以我们在见到证据前，很难相信一件事情是真的。我确信 1988 年的时候计算机科学家们就已经常在讨论因特网将是多么重要，但是一般人并不会认为因特网会改变他们的生活，直到他们的生活真的被改变了。1988 年的计算机确实不够给力，所以那时的人们看着计算机会想：“这破玩意儿也能改变我的生活，你逗我吧？”人们的想象力被自己对于计算

机的体验而约束。让他们难以想象计算机会变成现在的样子。同样的事情也正发生在无人机领域。我们听到很多人说无人机将会造成很大影响，但是因为这个事情还没发生，因为我们和一些弱爆了的人工智能系统的个人经历，让我们难以相信这东西真的能改变我们的生活。而这些认知偏差，正是专家们在努力对抗的。就算我们相信无人机的巨大潜力，你今天又花了多少时间思考“在接下来的永恒中，绝大部分时间我都不会再存在”这个问题？虽然这个问题比你今天干的大部分事情都重要很多，但是正常人都不会老是想这个吧。这是因为你的大脑总是关注日常的小事，不管长期来看有多少重要的事情，我们天生就是这么思考的。这本书的主要目标就是让你

脱离普通人阵营,加入专家思考的阵营,哪怕能让你站到两条不确定线的交点上,一个目的也就达到了。最后还需要指出的是,所有本书中描述的无人机技术均为“破坏性”的技术,这些技术取代了

现有技术并打乱了现有市场秩序,也打破了现有的价值链条,这些“破坏性”技术粉碎了人们长久以来的认识。而本书的另一个目的也正在于此。



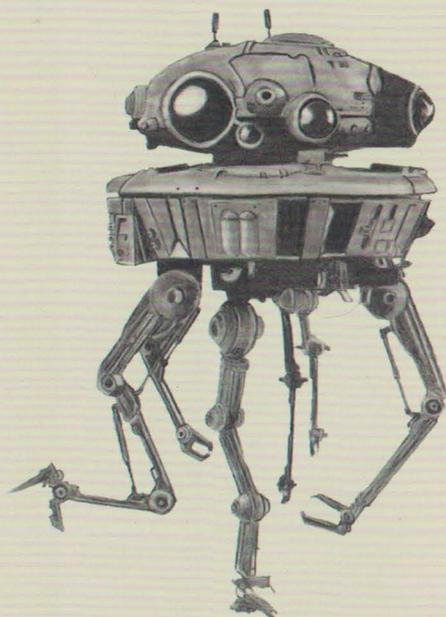


坦克百年（上）——铁马嘶鸣
ISBN 978-7-111-53990-2
定价:98.00元



坦克百年（下）——变化中的乾坤
ISBN 978-7-111-54030-4
定价:98.00元

The brief history of Unmanned aerial vehicle



无人机简史

——邓涛 著——

2018年度河北省社会科学普及读物出版资助项目

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037

电话服务

服务咨询热线：010-88361066

读者购书热线：010-68326294

010-88379203

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社
微信公众号



机工互联网家

欲获取更多资源及图书信息请关注



机械工业出版社计算机分社
微信二维码一订有惊喜

上架指导 人工智能/无人机

ISBN 978-7-111-60433-4

策划编辑◎杨源 / 封面设计◎史淑娴

ISBN: 978-7-111-60433-4



定价：79.80元