



科技民生报告丛书

# 无人胜有人

## ——聚焦无人平台的发展与应用

中国科协学会服务中心 主编  
中国兵工学会 编著

中国科学技术出版社  
· 北 京 ·



## 图书在版编目 (CIP) 数据

无人胜有人：聚焦无人平台的发展与应用 / 中国科协学会服务中心主编；中国兵工学会编著. — 北京：中国科学技术出版社，2019.1

（科技民生报告丛书）

ISBN 978-7-5046-8226-0

I. ①无… II. ①中… ②中… III. ①智能技术  
IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 016856 号

---

责任编辑	夏凤金
装帧设计	中文天地
责任校对	梁军霞
责任印制	李晓霖

---

出 版	中国科学技术出版社
发 行	中国科学技术出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编	100081
发行电话	010-63583170
联系电话	010-63582180
网 址	<a href="http://www.cspbooks.com.cn">http://www.cspbooks.com.cn</a>

---

开 本	720mm × 1000mm 1/16
字 数	151千字
印 张	11.25
版 次	2019年1月第1版
印 次	2019年1月第1次印刷
印 刷	北京博海升彩色印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-8226-0 / TP·409
定 价	42.00 元

---

（凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换）



## 丛书策划组

总 策 划 宋 军

策 划 申金升 朱文辉

执 行 陈 光 张海波 刘 欣 唐思勤

## 本书编委会

首席专家 苏 波

主 编 于小虎

副 主 编 江 磊 安玉德 姜 彬 孙 岩 熊 伟 殷宏斌

编 委 (排名不分先后)

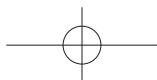
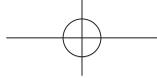
蒋云峰 曹政才 田为军 张尚盈 秦建军 宋 锐

胡 标 党睿娜 邓秦丹 许 鹏 姚其昌 许 威

梁振杰 郭建娟 赵建新 郭 亮 汪建兵 柴 汇

陶 进 朱 兰 曹 慧 刘 丹 王彦伟 丛 茜

伏 睿 王兆旭 聂建媛 张敬敏 严晓峰 崔福兰





## 丛书序

### 科技工作永葆初心 人民生活赖之以好

习近平总书记在十九大报告中指出，中国共产党人的初心和使命，就是为中国人民谋幸福，为中华民族谋复兴。“靡不有初，鲜克有终”。实现中华民族伟大复兴，需要一代又一代人为之努力。初心和使命正是激励人们不断前进、不断取得事业成功的根本动力。总书记在“科技三会”上提出，“科技是国之利器，国家赖之以强，企业赖之以赢，人民生活赖之以好。中国要强，中国人民生活要好，必须有强大科技。”这不仅是新时代对科技工作提出的要求，更是广大科技工作者投身科技事业的初心。

作为科技工作者的群众组织，中国科协自1958年正式成立以来，在近六十年的发展历程中，一直将人民群众的需求、参与和支持作为事业发展的基础。科技事业是人民的事业，人民群众的支持就是科协事业发展的根本动力，人民群众的需求就是科协工作的主要方向，人民群众的参与就是科协工作的坚实基础。在党中央、国务院的正确领导下，中国科协不断健全组织、壮大队伍，通过各级学会和科协各级组织团结带领广大科技工作者围绕中心、服务大局，在推动改革开放、实施科教兴国战略和人才强国战略、建设创新型国家方面做出了应有的贡献。

当前，中国特色社会主义已进入了新时代。随着经济社会不断发展，我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾，这对科技工作提出了新任务新要求，需要科技创新在推动解决发展不平衡不充分方面发挥更大作用，提高社会发展水平，改



善人民生活，提高全民科学素养。科技工作者更要积极行动起来，认清新时代新变化新任务新使命：让科技更好惠及民生、创造人民美好生活。科技的发展承载着 13 亿多中国人民对美好生活的憧憬和向往。科学研究既要追求知识和真理，也要服务于经济社会发展和广大人民群众，要想人民之所想、急人民之所急，将人民的需要和呼唤作为科技工作的动力和方向。为人民创造美好生活，必须牢牢抓住并下大力气解决人民最关心最直接最现实的问题，必须多谋民生之利、多解民生之忧，必须始终把人民利益摆在至高无上的地位，让科技发展成果更多更彻底惠及全体人民。

为深入贯彻党的十九大精神和习近平总书记在“科技三会”上的重要讲话精神，中国科协学会服务中心组织动员中国科协所属全国学会、协会、研究会，发挥科技社团专家的群体智慧和专业优势，编撰出版了《科技民生报告》系列丛书。这套丛书针对广大社会公众关切的热点和焦点问题，发出科技界的最新认识和回应，让科学知识走进千家万户，让科技成果服务广大公众。在编写过程中，我们深深感觉到，科技不是万能的，限于科技发展的客观水平，当前很多民生关切问题，科学技术还不能提供完美的解决方案。所以，这套丛书出版，不仅是向公众展示科技界已经取得的成绩，更是科技界继续奋斗解决民众关注问题的一份誓言书。我们希望能够不断满足人民日益增长的美好生活需要，使人民获得感、幸福感、安全感更加充实，更有保障，更可持续。

中国科协学会服务中心

2017 年 12 月



## 再序

### 关注新时代的科技民生热点

2018年是改革开放40周年和中国科协成立60周年，中国科协正以崭新面貌昂扬走进新时代。新时代新征程对科技创新的战略需求前所未有，党和国家的事业对广大科技工作者提出的殷切期望前所未有，党中央对科协工作的关心重视前所未有。中国科协以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入落实中央群团工作会议、“科技三会”和中央经济工作会议精神，以智库、学术、科普为重点，以国际化、信息化、协同化为导向，把厚植党执政的群众基础作为首要政治责任，推动各学科领域的最新进展面向社会公众及时传播，帮助公众了解科学进展，激发科学热情，让更多的科技工作者和人民群众对科技发展享有更深切的获得感。

今年是《科技民生报告丛书》出版的第二年。在丛书第一辑取得了良好社会反响的基础上，为更好贯彻落实中国科协书记处关于智库、学术、科普三轮驱动、推动工作格局重塑的要求，学会服务中心将科技民生报告列入学会科技类公共服务品牌重点工作，组织专家和全国学会遴选主题、撰写编研，以专家视角、学术理性、科学观点，回应与人民息息相关的社会热点问题。通过专家观点引导社会公众树立理性认知，为科学决策提供意见建议，同时，服务科技工作者实现自身价值、获得社会认可、履行社会职责，更加充分发挥科学家的时代使命感、社会责任感。

《科技民生报告丛书》第二辑按照高站位、高标准、高质量的要求，更加注重丛书的品牌效应，贯彻创新、协调、绿色、开放、共享五大发展

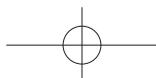


理念，在内容设置上兼顾了学术、科普和咨询三大特色。一是立足学术，坚持科学性，由全国学会组织权威专家撰写，具有一定的学术价值；二是通俗易懂，体现科普性，以尽可能直白的语言让科学知识更多惠及基层群众，提升公民科学素质；三是适当前瞻，具备咨询特色，可为有关部门科学决策提供意见和建议。

希望本套凝聚科技工作者智慧的丛书，能在弘扬科学精神、普及科学知识、普惠科技成果、倡导创新文化方面发挥一点积极的作用，激励广大科技工作者不忘初心、牢记使命，在新时代抓住机遇、乘势而上，焕发新气象，实现新作为，为建设美丽中国、健康中国、智慧中国、构建人类命运共同体做出更大贡献。

中国科协学会服务中心

2018年11月





# 本书序

无人机、无人艇、无人车……在一派热闹景象中，“无人时代”已悄然跑步前进，进入现实生活。传统的思维中，“无”和“有”总是捉对出现，时而强弱更迭，时而阴阳平衡。道德经第一章就说“无名，万物之始也；有名，万物之母也”，就是说，“无”是天地混沌未开之际的状况，而“有”则是宇宙万物产生之本原的命名。

一个有意思的现象是，当人类发明了马车（夏朝奚仲，公元前 22 世纪）、轮船（唐朝李皋，733—792 年）、飞机（莱特兄弟，威尔伯·莱特 1867—1912 年，奥维尔·莱特 1871—1948 年）等人类驾驶平台的时刻，没提到这是“有人时代”的特征，因为，那个时期人类还没有预见到在遥远的将来会有一种智能和自主的平台诞生，所有科学技术都需要花费很长时间建立体系和秩序，混沌初开而纷扰中难以精确概括出其未来的样子，因而，自顾自的在各自领域争鸣，百花齐放。

在马车发明 4000 年、轮船发明 1000 年、飞机发明 100 年之后的今天，我们即将进入一个具有无限想象空间的“无人时代”，既引领着人类对未来的无限期待和遐想，又创造和服务于人类的现实生活！

无人技术源于军事的需要。自 20 世纪 80 年代开始，无人平台技术就在军事上得到应用，到了 21 世纪之初更是开始发挥重要作用，以至于军事学家早在 2005 年就惊呼“无人战争时代已经到来！”无人技术不仅在悄然改变战争的形态和局势，而且也为工业和生活带来了高效和便捷，



无人机起源于第一次世界大战，如今在服务娱乐市场异常火爆，使人们轻易就能用航拍视角记录生活；无人车起源于第一次世界大战时期，美国国防部 10 年前的一场竞赛将其推向了应用，现在发展得如火如荼；移动机器人的起源可以追溯至东汉末年，虽然“木牛流马”至今仍是未解之谜，但人类发明的星球车已经可以“九天揽月”了，一批批憨态可掬的机器人正进入人们的日常生活。然而，如大多数事物一样，无人平台有其两面性。无人驾驶会让人感到轻松惬意，然而也会让人付出生命；无人机让人圆梦上帝视角，然而也会侵犯个人隐私，危害公共安全；机器人端起盘子可以服务餐厅，端起枪支就会成为杀人机器。如果无人技术真是上帝放在人类面前的又一只潘多拉魔盒，那么人类应满怀信心地伸出双手，既让无人技术能够为我所用，造福世界，又能对其合理引导和监管，防止它走向反面。

中国的无人平台事业发展方兴未艾，中国探月工程成功将一辆无人车发往 38 万千米外的月宫，大疆的消费级无人机成为人们竞相追捧的新玩具，科沃斯扫地机器人、小米平衡机器人等一批新生的产品，正在使无人技术进入寻常百姓家。未来的某一天，我们会发现，离开机器人我们已经无法生活！那么，现在腾出一点时间，了解一下这个未来的伙伴吧。

中国兵器集团首席专家 苏波

2018 年 10 月



# 目录 Contents

## 引言

无人平台惹烦忧 / 001

## 第一章

目中“无人” / 005

第一节 初识无人平台 / 006

第二节 无人的梦想古已有之 / 009

第三节 看到无人的新希望 / 014

第四节 “有人”与“无人”的此消彼长 / 019

## 第二章

“无人”不知、“无人”不晓 / 027

第一节 旁若无人的居家伙伴 / 028

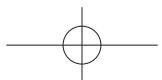
第二节 吃苦耐劳的生产能手 / 032

第三节 保家卫民的无人卫士 / 036

第四节 出行娱乐的生活助手 / 039

第五节 谁与争锋的无人战士 / 043

第六节 趣谈无人平台的十二生肖 / 049





### 第三章

## “无人”问答 / 061

- 第一节 无人平台安全吗 / 062
- 第二节 无人平台会让人类下岗吗 / 074
- 第三节 无人平台会反人类吗 / 078
- 第四节 无人平台会想杀人吗 / 083
- 第五节 无人平台的道德底线是什么 / 087
- 第六节 无人平台应该如何监管 / 093

### 第四章

## 中国的“无人”事业 / 103

- 第一节 无人机：长空比翼，利剑翱翔 / 104
- 第二节 无人车：军民融合，协同发展 / 110
- 第三节 无人艇：许多单项国际领先 / 118
- 第四节 机器人：智能共融，持续进步 / 122
- 第五节 无人技术发展的国际比较 / 130

### 第五章

## 未来的无人之境 / 137

- 第一节 从三只“阿尔法狗”看人工智能与无人平台 / 138
- 第二节 人工智能助力无人平台“跨越险阻” / 141
- 第三节 发展建议：“人”是推动“无人”创新之源 / 153

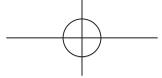
结束语 / 161

参考文献 / 164



引言

# 无人平台惹烦忧



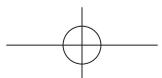
从2016年开始，“无人机”“无人车”“无人船”“机器人”等成为热点词汇，似乎一夜之间“无人时代”已经到来。然而一些因“无人”而来的事故和意外也给人们浇了些冷水。

2018年3月18日晚10点左右，在美国亚利桑那州坦佩市，一辆优步公司的无人车正在进行测试。天很黑，道路不宽，照明情况也不算很好。突然，一名推着自行车横穿马路的女士被这辆优步无人车撞上，不幸丧生。

2015年8月，中央电视台的《焦点访谈》中，以《小心水下有“耳”》为题披露了一件事：三年前，海南岛渔民黄运来在近海打鱼时，捞上来一个沉沉的怪东西，银白色金属的圆柱状，后面有舵和螺旋桨，像条小鱼雷。经过相关部门鉴定，判定它是一个“线控无人潜航器”（图0-1），是某国海军在我海域秘密投放的。打捞地点不远处就是我海军某基地，它的任务也就不必多说了吧。



图0-1 渔民捞到的水下无人潜航器，是一种水下“间谍”





2017年11月的联合国特定常规武器公约会议上，美国伯克利大学教授图尔特·罗素尔展示了一段假想视频（图0-2）：两个恐怖分子施放了一群“杀人蜂”闯入校园教室，通过人脸定位技术杀死了一些正在上课的学生。视频结尾，图尔特·罗素尔教授发出警告：如果赋予人工智能自行选择杀害人类的权力，那对我们的安全与自由将是毁灭性的打击。



图0-2 有关“杀人蜂”的假想视频（截图）

另外，正在撰写本书的时候，在2018年的智能机器人和系统国际会议上，美国波士顿动力公司又一次公布了他们的网红双足机器人阿特拉斯（Atlas）的最新状态（图0-3）：阿特拉斯已经学会了跑酷，甚至手脚并用，连续越过40厘米的台阶。外媒用了诸如“此前无法想象的壮举”“让人忘记了呼吸”等夸张的词汇来形容……总之就是各种夸上天。

阿特拉斯机器人的惊艳三跳，向我们展示了人类从科幻到现实的距离正在快速缩短。也许在将来的某一天，真正的智能机器人会进入我们的生活。不过，在科技界欢呼雀跃的同时，也有媒体

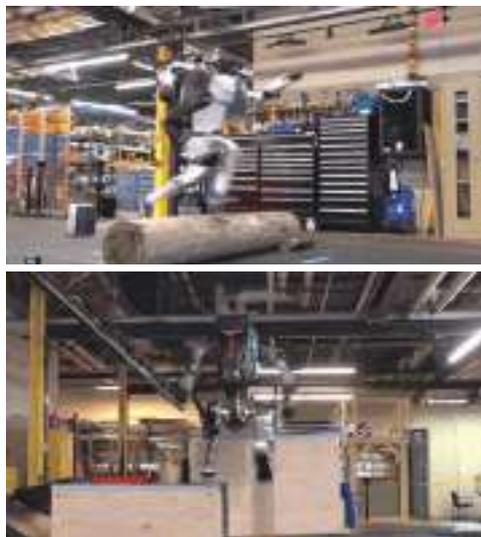


图0-3 美国的双足机器人阿特拉斯，能够轻松跳过木桩，跨越40厘米高翻上高台



## 004 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

开始担心：“波士顿机器人高台跑酷如履平地，人类离灭绝又近了一步！”

人类独秀于地球生物之灵的一个重要原因，就是我们有丰富的想象力，经常思考未来会怎样，比如电影《终结者》里的“天网”，《黑客帝国》里的“矩阵”（图 0-4），就把这种想象给展现了出来。

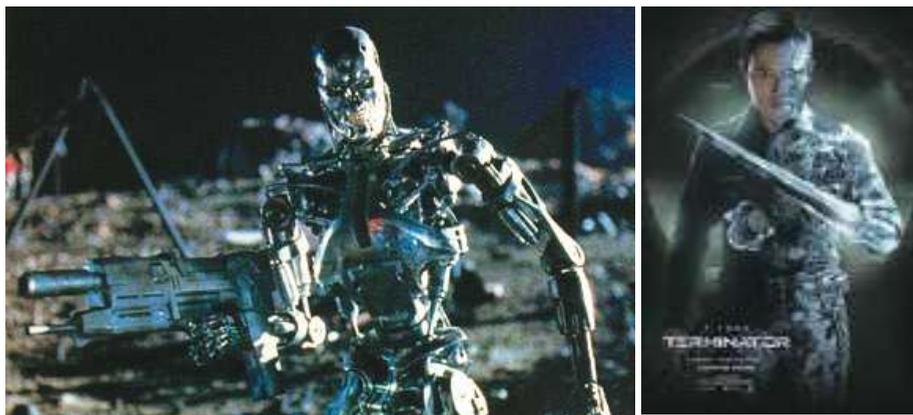


图 0-4 科幻电影《终结者》系列，向我们展示了机器人反噬人类的可怕场景

这些都提出了一种困惑：它们是否会超越我们的思维能力，打败我们？有没有技术手段去安全控制“杀人蜂”？如何发展限制性的技术措施、法律规范？我们中国在无人技术方面发展到什么地步了？未来该如何去发展……

这是个值得全社会都来关心、参与和积极讨论的话题。展开上述这一系列话题，让我们先从一个基本概念说起——什么是“无人平台”？

对大家来说无人平台是一个既熟悉又陌生的概念。在普通生活中经常可以看到无人机在天上翱翔；在北京的五环路上，时不时就能看见有一辆头顶激光雷达的车。无人机、无人车都是“无人平台”的一种，它们也是人们日常生活中最耳熟能详的“无人平台”。



## 第一章

# 目中“无人”

什么是无人平台，为什么叫无人平台呢？本章从无人平台的本源说起。如果你读过《三国演义》就会发现，无人平台的影子早已委身其中；看过蒙娜丽莎的微笑，会发现达·芬奇密码就藏着无人平台。无人平台并不神秘，它的发展史就是一部波澜壮阔的、人类梦想与创造力的拓疆史。不论你认不认得它，它就在那里。



## 第一节 | 初识无人平台

你可能已经注意到，我们在上面用到过不少“无人 × × ×”的词汇，包括“无人机”“无人车”“无人船”等。它们的共同特点是：没有人在上面直接操控它们，而是通过遥控或自主控制，就能完成一些比较复杂的任务。像无人车、无人机等，是一种搭载乘客、设备的可移动平台，手术机器人、工业机器人等虽然不能移动，但都有一种像书桌一样的基本工作台面。因此，无人机、无人车、无人潜航器、特种机器人等常被合称为“无人平台”。国外一般把它们称为“unmanned platform”（无人平台）、“unmanned system”（无人系统），国内也有“智能无人系统”等叫法。也就是说，凡是没有人在上面直接操控，只需通过遥控或自主控制，就能完成一些比较复杂任务的设备，就叫作无人平台。

为什么以前很少听说“无人平台”这种叫法呢？为什么要把无人车、无人机等合并到一块儿呢？

这是因为以前在各行各业各领域用到的“平台”种类非常多，差别也很大。20 世纪后期，随着无线电、自控等技术的发展，很多领域里才开始出现无人平台，比如航空领域的无人机、汽车制造领域的工业机器人、军事领域的无人侦察车、生活领域的扫地机器人等。进入 21 世纪后，随着计算机、网络、传感器、人工智能等技术的发展，这些平台的“无人化”水平越来越高，多种学科交叉融合的“无人技术”在其中开始扮演越来越重要的角色，同时促进了多种无人平台的发展。比如卫星定位、惯性导航，在无人机、无人车上都是关键技术；路径规划、障碍识别，是无人车、扫地机器人都要具备的基本能力；民用无人车、无人超市，都严重依

赖互联网信息；等等。于是，“无人平台”逐渐成为一个综合性的大课题（图 1-1）。

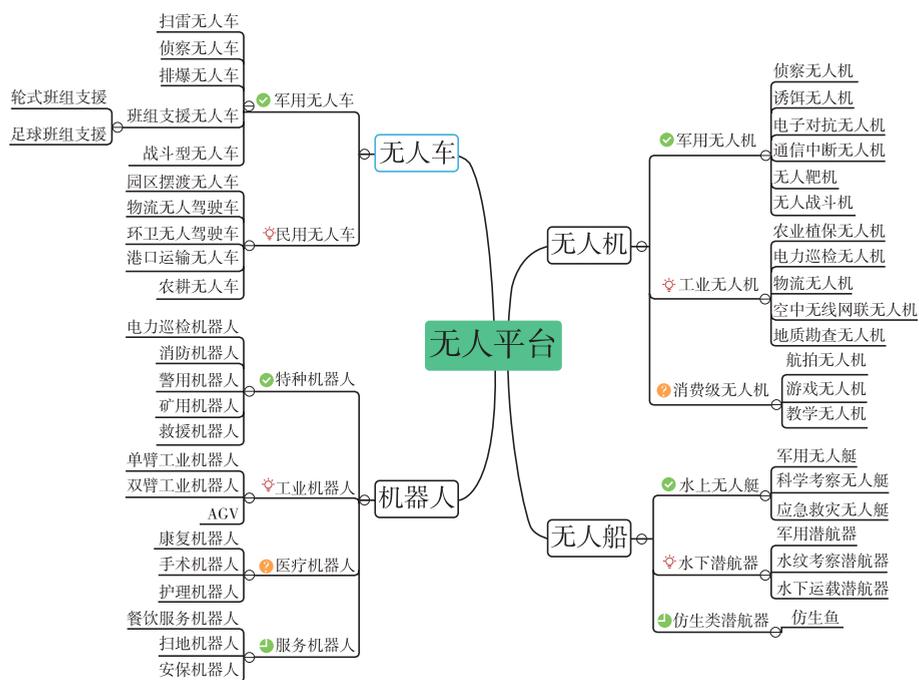


图 1-1 无人车、无人机、无人船、机器人由于都具有无人和平台的特点，统称为无人平台

最早采用“无人平台”这样一个大词汇的是军事领域。随着兵器技术和战场需求的发展，无人侦察机已经在战争中发挥重要作用，而且向无人战斗机方向发展。与此同时，地面上的侦察无人车，水面反恐的无人艇，水下扫雷、侦察的无人潜航器，也得到快速发展。它们都要与有人的兵器平台，比如坦克车辆、舰艇飞机，配合作战。传统的有人兵器早就讲究陆海空协同，装备的模块化、系列化。因此，军用的无人机、无人车、无人艇和无人潜航器之间也要相互协同，比如无人机为远处的无人车、无人潜航器提供通信中继。于是一些军事强国不再局限于无人机招标、无人车研制，而是提出了系统化的“无人作战平台”概念，要求军火商为他们的军



队研制一整套集侦察监视、扫雷排爆、火力打击、后勤运输于一体的“无人”兵器系统。

军用无人平台与民用无人平台有很多相通之处。不少民用无人平台就是在军用无人平台的基础上发展起来的，最典型的就是无人机。反过来，现在很多民用无人平台发展迅速，又在反哺军用无人平台的进步，比如无人仓库、智能物流，提高了军事后勤的便捷性。

现在，“无人平台”这一概念已经代替无人机、无人车，被多种专业领域越来越多地使用，专家们使用它，更容易进行技术交流、融合发展。深入更具体的工程、生产阶段时，人们还是根据产品的主要特性，多用无人机、无人车等词汇。

无人平台按照基本技术特征，一般分为五种：无人机、无人车、无人艇、无人潜航器、机器人。前四种相对好理解，就是在天上飞的、地上跑的、水面滑的、水下游的。机器人，现在的界定则比较模糊。在一般的概念中，它是指外形像人的双足式无人平台。但是一些安装有机械臂的无人车、工厂制造设备，也被称为“××机器人”，比如排爆机器人（图 1-2）、焊接机器人，甚至后来家居用的扫地机器人也出现了。而在科技界，外形和行动方式像狗、蛇、鸟、昆虫、鱼的仿生无人平台，一直受到关注和研究，它们也常被称为仿生机器人，或者机器狗、机器鱼等。



图 1-2 排爆机器人，就是无人车上装了一套机械臂，因此严格来说属于无人车的一种

在无人车中，现在随着越野机动的需要，正在出现一些新颖的行驶方式，比如几对轮子、履带的组合，旋转的机械杆、金属片，轮子和杆组合的摇臂轮，等等。于是无人车和仿生机器人的界限也开始变得模糊，目前研究者们



更多是用“地面移动无人平台”来称呼它们。

工业机器人、手术机器人，严格来说是一种没有腿脚、无法移动的智能机械臂。技术难度相对低一些，因为不需要移动，只需在有限空间按照预定程序或遥控指令行动即可。它们的大量使用正在改变着我们的生产、生活结构。比如现在的汽车制造厂里基本上已经没有焊接工人，都是弧焊机器人在加工车架。让人们产生失业等担忧的大多是它们。

无人超市、无人拣货员等，则是根据用途对无人平台的一种称呼。而且它们是一整套“无人系统”，可能由抓取货物的智能机械臂，运送物品的无人车、无人机等多种无人平台组成。军事上现在也越来越多地采用“无人平台系统”的说法，把多种无人平台综合到一起研发、使用。

论技术难度，移动无人平台最高，包括无人车的环境识别、机器人的自主行走等，但无人车也是引发安全问题最多的一类。

有难度，有问题，那人们为什么还要大搞无人平台？

## 第二节 | 无人的梦想古已有之

现在人们在新闻报道中听到的“无人平台”大都可以上天入地、充满智慧、无所不能，显然是集当代前沿科学技术和先进智能制造之大成者。于是人们很自然地会以为，无人平台是各种现代技术的创新技术综合体。它能代替人向远处送货，完成枯燥或艰难的长途跋涉，深入险地排除危险，等等。总之，人不想干、懒得干、干不好、怕危险的工作，都让它来好了。然而这样的理想绝非始于今日，无人平台的概念早在几千年前就已经产生，只不过栖身于东西方的神话、小说中。

1979年，在埃及东北部荒芜沙漠中的阿拜多斯古庙遗址，英籍考古



## 010 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

学家韦斯内在浮雕壁画上看到了一些和现今飞机的形状非常相似的浮雕（图 1-3），还有一些图案状似现在的直升机、潜艇、飞船，甚至还有像 UFO 的。

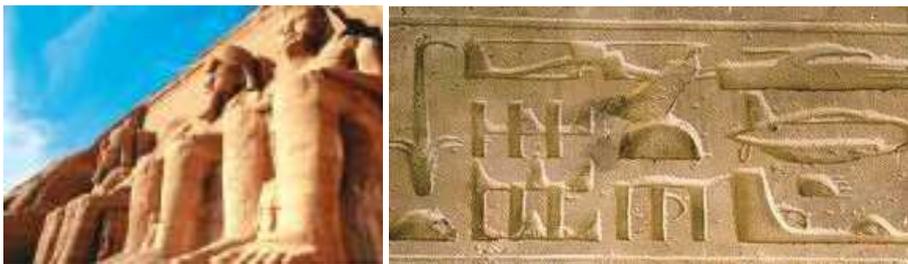


图 1-3 埃及金字塔内发现直升机和潜水艇的浮雕



图 1-4 埃及萨卡拉古墓中发现的木质飞鸟模型

在开罗博物馆的 22 室陈列着一架木制飞鸟（图 1-4），是 1898 年在埃及萨卡拉一座 4000 多年前的古墓中发现的。这个模型与现代飞机、无人机有很多相似之处，而且通过风洞试验鉴定，它完全符合空气动力学原理，可以滑行相当长距离。

现代人的理想与那些埃及人别无二致，只不过不再是静态的浮雕、模型，可以飞上天了，近年来各国科学家已经研制出很多种仿生机器鸟、扑翼无人机。比如图 1-5 是 2014 年德国科学家研制的 Smart Bird，外形有很高的仿真度，能很好地模拟鸟类飞行，具有自我调节能力，能够自行启动、飞行和降落。它通过无线电遥控，没有遥控信号时能在天空自主滑翔。

在中国古代，诸葛亮的木牛流马大概是最早的足式无人平台。史书《三国志》明确记载，建兴九年至十二年（231—234 年），诸葛亮在北伐



图 1-5 一家德国公司研制的仿生飞鸟 Smart Bird

时发明并使用了木牛流马——“建兴九年，亮复出祁山，以木牛运，粮尽退军；十二年春，亮悉大众由斜谷出，以流马运，据武功五丈原，与司马宣王对于渭南。”正是靠这种在当时效率高于其他运载方式的平台，保证了汉中十万蜀军的粮草供应。木牛流马分为木牛与流马，但是到底长什么样、怎么行驶，至今仍是个谜。当代人只能依稀从文字记载中一窥其面貌，但众说纷纭、未知真假。在《三国演义》里，将其描述为“方腹曲头，一脚四足”“独行者数十里，群行者二十里”“人行六尺，牛行四部”“每牛载十人所食一月之粮，人不大劳，牛不饮食”。按这描述，它是靠四条腿移动的。北宋的陈师道则写过：“蜀中有小车，独推载八石，前如牛头；又有大车，用四人推，载十石，盖木牛流马也。”宋代高承写的《事物纪原》中也有记载：“木牛即今小车之有前辕者；流马即今独推者。”清代满族水利专家麟庆也把当时水利工程中使用的土车说是陈师道记载的木牛流马：“土车，独轮料土，兼载稗编。蜀相诸葛亮出征，始造木牛流马，以运饷。今之土车独推，犹存诸葛遗制。”根据这些描述，木牛是有前辕的独轮车，流马是没有前辕的独推小车。这是一种关于木牛流马的主要观点，认为它只是一种轮式平台。

另一种解释更让普通大众津津乐道——木牛流马是一种可以自主行走



的腿式无人平台。据说诸葛亮造出木牛流马 200 年后，南北朝时期的科学家祖冲之也造出了木牛流马。《南齐书·祖冲之传》记载：“以诸葛亮有木牛流马，乃造一器，不因风水，施机自运，不劳人力。”按这里的描述，木牛流马是一种运用齿轮原理制作的自动机械了，更接近现在所说的足式机器人。

但不论哪种说法，木牛流马都是一种高效的运载平台，具有非常出众的机动性，能跨越山路险阻。这种梦想也一直激励着无数的科研人员。2008 年，美国波士顿动力公司推出的“大狗”四足机器人就是一个典型代表。它能背负 181 千克的装备连续“行走”4 小时以上，既能远程遥控，也能自行沿着预定的简单路线行进。美国国防高级研究计划局（DARPA）的“足式机器人班组支援系统”的计划为这项研究提供了资金，可以说是在用现代科技复活出真正意义上的“木牛流马”。

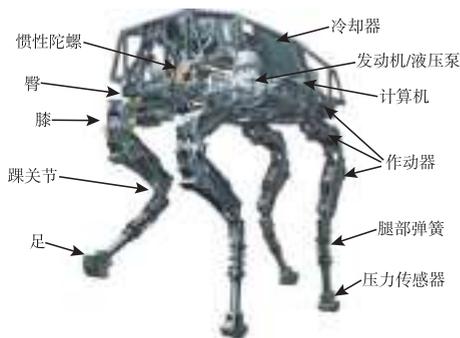
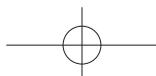
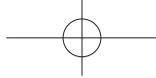


图 1-6 美国的“大狗”四足机器人

在欧洲中世纪，达·芬奇也曾设想过飞行器、无人车、机器人。比如他曾在手稿中绘制了一种自动车，略小于现在的普通汽车，木结构，以桶状弹簧发条作驱动，通过齿轮带动车轮转动。齿轮上还安装有一个个月牙状的减速板，弹簧碰到这些减速板时就带动齿轮将速度降下来。这可以视为无人驾驶的雏形。





真正的无人驾驶也不是近几年才有的。1939年，通用汽车公司就在推出的“Futurama”展览中提出了现代意义上的自动驾驶概念（图1-7），对未来交通场景进行了畅想。这次展览还提出了自动高速公路的设想：汽车配有自动驾驶系统，走到高速上就会启动，自动控制汽车按轨迹高速行驶，下高速公路后又恢复到人类驾驶。



图 1-7 通用汽车的未来交通系统

达·芬奇设想的人形机器人，用木头、皮革和金属制造外壳，内部也是用齿轮作为驱动装置。通过一系列机械杆、齿轮的咬合、传动，机器人可以挥舞胳膊，可以坐或者站立。它的头部甚至可以转动，开合下颌，就像要和你说话（图1-8）。

500多年后的今天，人形机器人已经在达·芬奇梦想上前进了很多步。虽然走、跑等行动还不像真人那样灵巧，说话、表情还显得有些呆傻，但在某些单项本领上已经开始超越真人。比如前文讲到的阿特拉斯可以后空翻，大多数读者朋友都做不到吧？



图 1-8 克洛斯宅达·芬奇博物馆根据手稿复原的人形机器人模型



除了上述无人平台外，在众多民间神话作品中，无人平台的身影可谓比比皆是。比如中国小说《西游记》里的筋斗云、阿拉伯神话中的飞毯等。不论东方西方，人们对无人平台的设想在很久之前就已经开始了。梦想和对未来生活的憧憬，是人们创造未来的第一驱动力。

无人平台的发展史，就是一部“敢做梦、勇创造、去实现”的、神话与科技结合的历史大剧。当然，这个梦想的实现不可能一帆风顺，无人平台真正的大发展，也是在几经轮回后才走上快速道。

### 第三节 | 看到无人的新希望

现代意义上的无人平台起源于第一次世界大战的军事需求。当时机枪、飞机等武器刚刚出现，火力的杀伤威力、覆盖范围要比过去的步枪、火炮高很多，战斗中人员伤亡数量剧增；战列舰、堡垒等越来越坚固，敲碎它们需要更猛烈的火力、更多代价。于是美、英、法等国开始研究无人作战平台，希望以此来减少己方的人员伤亡，加强对敌攻击的效果和威力。

美国人在1917年造出了两种没有人的飞机。第一种叫“斯佩里空中鱼雷”（图1-9），它能飞上天，首先是因为使用了皮特·库柏和埃尔

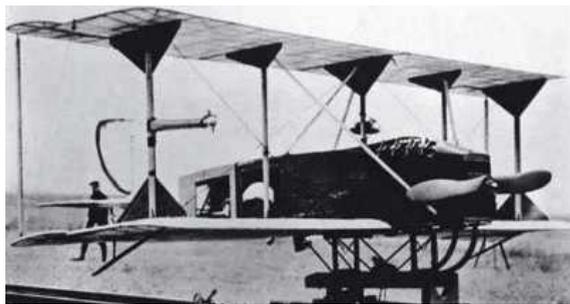


图 1-9 美国在一战末期研制的“斯佩里空中鱼雷”无人机

默·A. 斯佩里发明的自动陀螺稳定器。这种装置能够自动感知飞机的倾斜角度和方向，然后报告给自动控制系统，后者随即改变尾舵等控制面，把飞机恢复到设



定的姿态。这样无需太多动作，飞机就能自动保持平衡向前飞，有了无人机的一些基本特性。美国海军用这项技术改装了一架寇蒂斯 N-9 型教练机。飞机上没有飞行员，换成了无线电控制设备和 136 千克炸药，能飞到 80 千米外攻击敌人。

通用公司还特别设计了一种名为“凯特琳臭虫”的木质小飞机（图 1-10），一开始就没有飞行员座椅，机身上只有发动机和 150 千克炸药，以及陀螺仪、控制器。它甚至连起落架都没有，机翼是可拆卸的。作战时装上



图 1-10 美国的“凯特琳臭虫”无人机

机翼，放到一种专门的四轮小推车上，启动发动机，它就飞离小推车升空了。在空中，它依靠陀螺仪和自动控制设备操纵方向舵，按预定航向飞行，飞到预定时间后松开机翼，机身像炸弹一样坠向地面。不过它到 1918 年才完成首飞，到一战结束前只来得及造出 50 来架，没赶上实战。

以当时的仪表、控制技术，这些无人飞机的操作远不像由飞行员操纵时灵活，只能沿着简单的固定航线飞行，或者在视距内简单机动。要想让它们飞回跑道、安全降落更是困难。因此它们只能充当一次性的炸弹，不能回收再次使用。从这个意义上说，它更像是后来的遥控炸弹、巡航导弹的鼻祖。

另外在一战时期，有人驾驶的轰炸机得到快速发展，投弹的数量、准确性，还有作战半径，都远非这种无线电遥控的无人炸弹可比。因此在一战后，人们对无人飞机的热情消减，有人飞机进入一个飞速发展期，从木制到金属、从双翼到单翼，并在随后的二战中大放光芒。

被冠上“第一架无人机”名头的是 1935 年首飞的“蜂后”（图 1-11）。它是英国德哈维兰公司为军方研制的，在他们的一种“虎蛾”式双翼机



图 1-11 “蜂后”无人机

的基础上改进设计而成，加了一套无线电遥控设备，因此能操纵它飞回降落。英军用它们来模拟敌机，供自己的高炮手、飞行员进行射击训练。这就是“靶机”，是无人机最早得到广泛应用的一个领域。当时德哈维兰公司为英军制造了约 380

架“蜂后”无人机，一直服役到 1947 年。这也是无人平台发展史上的一座里程碑，让人们意识到完全有希望实现无人平台的梦想。

但总体看，受当时相关技术的限制，无人机只有靶机这个任务完成得还不错。战斗中只能“风萧萧兮易水寒，壮士一去兮不复还”，于是慢慢向后来的导弹演化。在这里，我们插叙一下现代导弹、卫星和无人平台之间的区别、关系。导弹也是没有人在上面操控的，可以完成一定的攻击任务，但它不能回收。卫星也是一个无人的平台，可以在外太空完成观测、通信任务，还能回收。但我们现在说的“无人平台”一般不包含它们，原因有两点：第一，它们已形成自己一套比较独立、完整、成熟的技术、产品体系；第二，它们执行的任务是预定的，不是针对现场情况临时决定行动细节，比如临时规划路线，是攻击还是返回。所以现代军用无人平台里有一些无人机，特别是自杀式无人攻击机，与导弹、智能弹药有点相似。在“军用无人平台”这个大概念时髦前，“自杀式无人机”曾是一个热词。现在随着多种技术的发展、融合，导弹、无人机也在逐渐交叉，甚至和智能弹药、炮弹相交叉。比如巡飞弹，像炮弹一样发射出去，然后像无人机一样在指定区域巡逻飞行、监视侦察，发现雷达、坦克等合适目标后自行俯冲下去，攻击目标，没有目标就按预定程序自毁，或者返回指定点降落。现在有的在研的巡飞弹，还把子母弹的技术拿过来，发现目标后投下几颗小型的子弹药攻击，自己本身可以完好无损地返回、装弹、换发动



机，再被火箭炮打回战场。这时还叫它们“弹”“机”，都不合适了，“空地攻击型无人平台”更合适。

好了，回到第二次世界大战时期。受战争形势的刺激，无人平台再次被人们想起，而且开始“落地”。

随着二战到来，一些主要参战国再次对无人平台进行了研究。1939年10月，德国军方和波尔格·瓦德公司签订一份合同，研制一种无线遥控爆破车，开了近代“地面无人作战平台”研究的先河。1940年初，公司研制出全履带式的B1遥控爆破车（图1-12）。它一边行驶一边放出电线，长长的电线连接无人车和后面的遥控器，士兵通过它们控制无人车往哪开。车体内装有混凝土块，后部拉一个钢质滚轮，用于扫雷。还可以在车体内装炸药，遥控它开到敌方坦克身旁，然后与之同归于尽。这是地面无人平台的一次开创性实践，而且作为一种新式兵器，在地面战场上得到实实在在的应用。当然，以当时的技术水平，这种有线遥控的无人战车的能力有限——速度不高，易出故障，功能比较单一，只能在目视范围内遥控操作。因此面对盟军坦克群时，它们没能取得多少实际战果，大多成了盟军的战利品。



图 1-12 德国的 B1 遥控爆破车

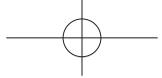


## 018 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

在空中，美国不满足于无人机只当靶机，还想研制出无人机的轰炸机，去对付防空火力密集的坚固目标。他们尝试过几种办法，包括用一架轰炸机上的无线电设备遥控另外一架装满炸药的无人轰炸机，但多次试验后没有成功。相反，德国人的几种导弹研制成功，包括用惯性陀螺仪控制的 V-1、V-2 导弹无线电遥控的 He293 反舰导弹等。

于是二战后，人们意识到在当时的科技水平下，研制出可去可回、灵活多用的无人机、无人车，非常困难。后来的朝鲜战争、越南战争中，也有一些无人平台出现在战场上，不过它们更多的是执行辅助任务，而且大多还处于试验阶段。人们对无人平台的研究热情逐渐降低，都把资源投入性价比更高的导弹研究中去。例如在 20 世纪 60 年代左右，英国由于国防预算削减，在无人平台项目上久久没有进展的情况下，一度下令停止研究无人平台。一直到越南战争，美国倒是不断在进行无人平台的研究，但随着越战结束，到 70 年代，美国国防部也终止了无人平台的发展计划。此时，海上无人平台的研究领域也增加了无人潜航器的身影。但这一阶段的无人潜航器技术同样很不成熟，只是初步用于民用的打捞领域，真正意义上的无人潜航器还没有开始研发。无人技术的发展，这段时期基本都依附于导弹等相关技术发展，没有受到太多关注。

一直到 20 世纪 80 年代前，导弹成为战争中的主角，无人平台的发展还处于低谷期，没有得到广泛运用。但一战、二战的两次小高潮，为无人平台的第三次崛起打下了一定基础；各国在六七十年代投入的大量资源，为后来的无人平台积累了丰富经验。



## 第四节 “有人”与“无人”的此消彼长

进入 20 世纪 80 年代，无人平台重新崛起，最大的标志就是在战斗中直接参战，实现一战时期人们的梦想——代替有人平台，减少己方人员伤亡。

1982 年 6 月，在贝卡谷地，叙利亚的 19 个地空导弹阵地严密注视着天空。这是他们在苏联的援助下，花费 10 年时间、20 亿美元精心打造出的对付以色列空军的保护伞。其中的主力萨姆-6 地空导弹，曾在 1973 年的第四次中东战争中，击落以色列近百架飞机，发挥了很大威力。

6 月 9 日下午，贝卡谷地突然拉响凄厉的战斗警报，叙军官兵飞快地赶到自己的战斗岗位，打开雷达。他们很快就发现并锁定了一批“敌机”，随即按照预定战斗程序射出导弹。山谷里红光闪闪，以色列“飞机”接二连三地被击中。但那些为胜利欢呼雀跃的叙利亚官兵后来才知道，他们打下的只是以色列派来的无人机。它们是以色列在无人靶机的基础上，加装一些特殊设备研制出来的“侦察兵”“猛犬”无人机。战前，以色列就曾有计划地派出一些无人机、战斗机飞近叙利亚防空阵地，诱使对方雷达开机，从而收集到一些信息，比如雷达位置、数量、工作频段。这会儿正式开始攻击了，以色列派出的无人机上，有的加装了一些雷达反射器，结果在叙利亚雷达显示屏看来，一两米长的小飞机变成了十几米长的战斗机，导弹纷纷射向它们。还有一些无人机带着电子侦察设备，截获叙利亚防空导弹系统的雷达波，测出具体参数后，迅速传给后面的 E-2C“鹰眼”预警机，预警机再把这些信息分发给待命的 F-4、F-16 战斗机。这些战斗



## 020 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

机有的带着反辐射导弹，迅速把对方雷达参数输入导弹，然后发射。反辐射导弹准确命中叙利亚防空系统的雷达，萨姆-6等防空导弹立马成了“瞎子”。无人机截获的信息还被传送给埋伏在贝卡谷地山脚下的一些“狼”式地对地导弹，它们也装着反辐射导引头，准确命中和摧毁了叙利亚的雷达。还有一些以色列战斗机带着激光制导炸弹，抓住对方“失明”的机会飞临导弹阵地上空，投下炸弹。

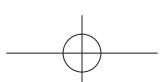
于是山谷里爆炸声、烟雾交织成一片。只用了6分钟，叙利亚的19个导弹连、228枚导弹就不复存在了。此时空中还有一些以色列无人机带着摄像机、照相机充当“战地记者”，从从容容地拍下战地风光，传送给后方的指挥部。以色列指挥官可不是为了看看战果高兴，而是根据这些图像迅速评估出打击效果，这就是军事上很重要的“战场毁伤评估”。发现漏网之鱼后，他们就马上通知空中待命的战斗机追杀干净；看到轰炸效果似乎不够，他们会酌情让第二波、第三波飞机去补充轰炸。

贝卡谷地一战，“侦察兵”“猛犬”无人机可说是立下头功。它们虽然没有直接投弹，但角色已经不再是被动挨打的靶机、“陪练”，而是战斗机的眼睛、“帮凶”。

此战过后，无人机声名鹊起，美军也从以色列采购了一些无人机，并得到以色列公司的授权，自己生产了一批RQ-2“先锋”无人机，广泛用于侦察、电子干扰、炮火引导和校射。以色列则继续发展研制出专门打雷达的“哈比”自杀式无人机。

随后在90年代的海湾战争中，美军的多种无人机也是战果不凡。比如陆军的“先锋”无人机为部队提前侦察，拍摄了大量伊军坦克部队、指挥中心、导弹发射阵地的图像，传送给武装直升机、炮兵，由后者进行攻击。海军的“先锋”无人机从战列舰上起飞，引导大口径舰炮准确射击。在一次炮击中，还有伊拉克部队向无人机打白旗投降。无人平台俘虏了人类战士。

这段时间无人机的大发展，是因为电子、计算机、图像处理、自动控制等技术的发展有所突破。它们也促进了地面无人平台的发展，出现各



种半自主、自主式无人车，执行扫雷、排爆等任务。无人平台迎来了百花齐放的发展时期。此后到 21 世纪初的几场局部战争中，无人车也发挥了不容置疑的战略作用。各国看到了无人武器的前景，都开始向无人平台领域投入大量资金，形成了新的更加激烈的竞争态势。随着相关技术不断突破，无人平台也取得了许多新的成果。

于是从 20 世纪 80 年代到 21 世纪初，无人平台迎来一个空前迅猛的发展高潮。用得最多、发展最早的当然还是军事领域。

地面上，世界各国都已研制并装备多种型号的地面无人作战平台，主要是尺寸大小、功能特点各异的无人车。比如美国部署在伊拉克和阿富汗的 PackBot（图 1-13），是一种小型便携式无人车，可以执行拆弹、监视、侦察、危险物质侦测等



图 1-13 著名的军用无人车、排爆机器人 PackBot，是美国 iRobot 公司<sup>①</sup>研制生产的

任务，让士兵尽量远离危险。它也是世界上经受考验最多、最成功的地面无人平台。

这类无人车为了处理爆炸物，都装有一套机械臂，臂上除了摄像机等传感器，还有机械爪，用于抓取可疑物品，安放引爆炸药。相比下面的履

<sup>①</sup> 该公司于 1990 年成立，先是开发科研用无人车，1998 年开始与美国国防高级研究计划局（DARPA）合作开发军用机器人 PackBot，2002 年 6 月用到阿富汗等战场。2002 年 9 月，iRobot 公司正式推出机器人吸尘器，也就是扫地机器人，进军家用机器人市场。到 2004 年 10 月，他们的扫地机器人就已经卖了 100 万台。此后，在民品市场，他们又推出了洗地、清扫游泳池、清洗屋檐的机器人；在军品市场，继续发展 PackBot 系列。现在，iRobot 的家用机器人系列销量已经数百万台，PackBot 系列军用机器人也卖了 3000 多台。iRobot 公司的经历可算是军民融合发展的成功范例，对我国也有很大借鉴意义。



## 022 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

带式或轮式车体，机械臂是技术更新、难度更高的部件，因此它们也常被称为“排爆机器人”。现在这类无人平台在军队、警察部队中已经非常普遍了。除了 PackBot，还有很多著名品牌、知名产品，比如英国的“手推车”“超级手推车”排爆机器人，已经装备 50 多个国家的军警机构。

还有一些用于侦察的遥控、近距离使用的无人车，有的体积更小，就像个玩具小车。它们甚至能远远地扔过去，落地的冲击也不影响其使用（图 1-14）。



图 1-14 一种抛投型无人车，可从窗户扔到房内侦察

能自主、远距离行动的无人车，也是各国现在研究的重点，包括民用的无人驾驶汽车。在军事领域，人们还在研究各种技术，希望让无人车具备下列能力：能脱离道路，感知野外复杂环境，自主完成导航、行驶；能与无人机协同行动，甚至作为无人机的起降基地；大小不同的无人车组成子母车组，小车去侦察，大车去战斗；多辆无人车一起行动，形成运输车队，或者战斗车群。比如美国研制的“蜘蛛”无人地面战车，单次续航可达 14 天或 450 千米。“野外感知”无人车（图 1-15），由无人机先飞行抵预定地点探察，然后无人车根据无人机传回的信息自主做出对应地指令。在“地面无人战斗车辆计划”（UGCV）中，卡耐基梅隆大学研发并实现了无人平台的协同作业功能（图 1-16）。

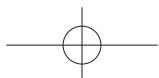




图 1-15 野外感知无人车



图 1-16 协同作业示意图

在空中，无人机得到一个好的发展机遇——20世纪90年代冷战结束后，各国军费削减、军队裁员，迫使军方努力寻找既能完成特定任务又花费较少的途径，无人机就是选择之一。从军事使用角度看，无人侦察机是侦察卫星和有人侦察机的重要补充：它与侦察卫星相比，具有成本低、侦察地域控制灵活、地面目标分辨率高的特点；与有人侦察机相比，具有可昼夜持续侦察的能力。电子、航空技术的飞速发展，为无人机拓展能力提供了技术基础，因此无人机在20世纪末形成了新的发展浪潮，而且是从战术级到战略级、从高空到低空、从直升机到隐身机，全面开花。

现在，全世界有30多个国家装备了师级战术无人机系统，在陆、海、空三军组建了无人机队。代表机型有：以色列的“侦察兵”（Scout）、“先锋”（Pioneer）、“搜索者”（Searcher），美国的“猎人”（Hunter）、“先驱者”（Outrider）、“捕食者”（Predator），法国的“玛尔特”（Mart），德国的“布雷维尔”（Brevel），加拿大的CL-289，英国的“不死鸟”（Phoenix），意大利的“米拉奇”26（Mirach），南非的“探索者”（Seeker）、“秃鹫”（Vulture），俄罗斯的“熊蜂”2（Шмель），等等。

特别是美国的“捕食者”，最初是一种中空长航时无人侦察机，在波黑和科索沃战场都曾有上佳表现。后来美军为它加挂导弹，成为战斗型的无人机，并发展成体型更大的“死神”无人机。

战略无人机系统也很多，具备全天候、大纵深侦察监视能力。它们一般都是高空长航时无人机，有的甚至采用很前卫的隐身外形。比如美



国的“全球鹰”(GlobalHawk)、“暗星”(DarkStar),以色列的“苍鹭”(Heron)、“赫尔姆斯”(Hermes),法国的“鹰”(Eagle)、“萨若海尔”(Sarohale)等。



以色列“侦察”兵(Scout)



美国“先驱者”



“全球鹰”无人机



“翔龙”无人机



法国“鹰”型无人机

图 1-17 现代具有代表性的无人机

无人直升机、无人旋翼机,有的适合在军舰等受限场合使用,有的体积小、重量轻,适合单人携带和使用。军事领域的代表机型有美国的“影子”200(Shadow)、“火力侦察兵”(FireScout),奥地利的“坎姆考普特”(Camcopter)等。你可能已注意到,我们前面的用词里有无人“旋翼机”。这是因为和有人直升机相比,很多无人旋翼机并非一两个主旋翼,而是四个、六个甚至八个。最常见的就是现在的航拍无人机,有的已经便宜到三四千元,尺寸只有手掌大小,重量还不及一瓶矿泉水。

在水面和水下,无人艇、无人潜航器也进入一个发展高潮。美国和以色列在无人艇的研究和应用方面走在世界前列,现在已有多种型号投入使用,执行港口保安、检查等任务。比如美国的“斯巴达侦察兵”“水虎鱼”“幽灵卫士”,以色列的“保护者”无人艇(图 1-18~图 1-20)。美



国海军先后制定了两版《无人潜航器主计划》，从战略规划上指导无人潜航器的发展，将海上无人平台正式纳入无人军事战略之中，开启了军事战略上的海陆空“三位一体”的全方位无人平台发展计划。



图 1-18 “斯巴达侦察兵”无人艇



图 1-19 “幽灵卫士”无人艇

随着冷战结束，世界格局进入多元化局面，各国都从战后恢复期逐渐进入稳定发展期，开始努力发展自身的综合实力。进入 90 年代，电子科学技术和软件编程学科逐渐兴起，从而开启了一个



图 1-20 “保护者”无人艇

新的高速信息化时代，各国之间的战争或者说竞争，也逐渐转移到信息科技上来。以无人平台为代表的高新科技发展，就很好地体现出这一点。一方面，以美国为首的强国纷纷在无人平台领域投入大量资源，全力打造更加系统化的军事无人平台；另一方面，由于大量资金投入，许多民营企业加入这个领域的研究中，为无人平台的多元化发展带来更多的可能和方向。

于是，无人平台从军事领域走向工业、制造、服务等领域。我们热议的无人驾驶汽车、手术机器人等，只是大家能直接看到的。还有很多无人平台，正在我们看不见的地方，悄悄地为公众生活、工农业生产服务着。



## 026 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

### 本章小结

本章我们回溯了无人平台的前身往事，可以看到，让各种工具、设备无人智能运行是世界各地人民早就有的愿望。无人平台这一概念，包括了所有没有人在上面直接操控，只需通过遥控或自主控制，就能完成一些比较复杂任务的设备。虽然无人技术始于军事领域，但是由于其在民用领域的巨大需求，使得近几年无人机、无人车无人不知，无人不晓。无论在军事领域还是民用领域，“无人”已经是科技发展的必然趋势了。





## 第二章

# “无人”不知、 “无人”不晓

无人平台正在深入我们人类生活的各个方面，而且有的是大家常常听说、知晓的，有的则是普通民众难以接触、想象的。比如军事上，美国人用无人机炸死了好几个基地组织头目，大家都听说过，但他们用4架无人机“击落”8架F-22，你就未必知道了。民用上，无人机航拍正在成为小孩都能学习的高级游戏，无人车上路让我们担忧安全事故，可还有无人农机、无人运输车，正在我们很少去的农田矿山里劳作。



## 第一节 | 旁若无人的居家友伴

扫地机器人，可能不少读者朋友都用过。它们也常被称为自动打扫机、机器人吸尘器，是智能家用电器的一种，能自动在房间内完成地板清理工作。从大的范围来说，它们就是一辆无人小车，大多是圆盘形，以电池为能源，电动机驱动车轮行走。中间布置有一组刷子和一套真空吸尘装置，也就是它的任务载荷。开启后，扫地机器人就开始行驶，清扫下方的地板。它的周围布置了一些传感器，红外线的或者超声波的，能检测前方甚至周围有什么障碍物，包括墙壁、家具、杂物、人体等。一旦有障碍物挡住了行驶路线，就会根据内部程序制定的规则，转弯或掉头规避。这时的“聪明”程度，正是扫地机器人进步发展的典型标志。

早期的扫地机器人碰到障碍物后只能按照设定的简单规则行动，向左转或者向右转。传感器也相对简单，可能只是在周围装了几个接触式感应器，碰到障碍物后接通开关。于是在某些犄角旮旯，它有可能因为不断地单调转弯进入一个死循环，需要主人把它拎出来。而且这样简单的路线方案，让扫地机器人不知道哪些地方清扫过，哪些地方还一直没去。这时的扫地机器人更像是一台简单的自动机械、自动车，还算不上合格的无人平台。

现在，新式传感器不需要接触，在一定距离外就能及早探测到障碍



物，而且能通过扫描“看”出障碍物的大致轮廓、状态，判别出是墙壁还是桌子腿，是刚刚路过的主人的腿脚，还是固定在那里的家具。内部的控制系统也在计算机技术的帮助下更加聪明，能把那些探测结果和自己的行动路线记录下来，甚至绘制出房间内的总体布局，制定出一条不重复、不遗漏的清扫路线。

再聪明一些的扫地机器人，主人只需要设定时间点，然后就可以去上班或睡觉了。到了预定时间，扫地机器人从自己的充电位置，也就是它的“窝”开出来，按照规划的合理路线清扫房间。如果采用更先进的传感器，比如激光雷达、摄像机、自动图像识别，它也许能判断出地板各处的干净程度，碰到垃圾多的地方还多来回几趟，确保清扫质量。工作完毕，它也将正好行驶到自己的窝旁，于是转身进窝，接通电源充电，进入待机状态。

不知不觉中，这样一个小家伙就可以让我们的家居生活更加清爽怡人。在工程技术上，扫地机器人也体现出现代无人车、无人平台的几个基本要素和追求目标——底盘，这里追求的是安静；传感器，精细地感知周围环境；路径规划，在很不规则的一个平面内自行设计出行驶路线。公路上的民用无人车、战场上的军用无人车，其实也要具备这几项能力，只不过追求的目标更高，比如底盘要能行驶更远距离，或者适应野外地形；传感器要能及时发现路人，保证高速下及时刹车；路径规划不仅是平面，还要考虑山坡、壕沟；等等。

随着区块链、云计算、大数据、物联网、移动网等技术的发展，“无人超市”将会成为发展趋势，给消费者提供更多的方便与自由，成为我们身边随时可见的一种无人平台。未来的无人超市有点类似今天的无人售货机，但在技术上有了革命性的升级，也是无人平台技术的外延。它可能有以下两种存在形态。

第一种，用户进超市之前需要扫一下门上的二维码，自动进入超市App界面，获得相应的编号。超市里有很多个类似于如今自动售货机的展



## 030 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

示柜，每个展示柜中展示一件商品，展示柜前方贴有商品价格和二维码。顾客用手机扫描二维码，手机上就会显示该商品的特点、性能、使用方法等详细信息。顾客能把商品“放”到 App 中的虚拟购物车当中，也能随时从车里“捡”出来，再怎么挑挑拣拣都毫不费力。选购结束后，消费者到出口处扫描支付，无人收费系统会打印出消费凭证。在出口处，消费者只需要将消费凭证上的二维码对着通道口扫描一下，超市的无人运输系统就会把消费者付过费的商品打包好输送出来，从而满足消费者的购物需求。这种无人超市一个展示柜中只展示一个样品，所以占地面积比较小，物品主要存储在仓库中，由智能机器人管理，所以超市的租金、成本等相对于传统超市要低一些。

第二种未来的无人超市类似于今天的超市体系，由机器人操作取代人工操作。消费者进入超市前，也是需要登录该超市的 App。进入超市后，智能机器人便会化身“购物车”，消费者可以将选购产品放进“购物车”中。如果消费者遇到自己不熟悉的商品，机器人可以回答消费者的询问，对功能、特点等一一进行介绍。消费者选购商品结束后，只需要对智能机器人说一句“购物结束”，智能机器人就会自动给商品打包，消费者可以直接提着商品走出超市。至于付费，超市的 App 会自动从客户的账户余额中扣除相应金额。在消费者挑选商品的过程中，如果出现打翻牛奶、打碎罐头等行为，智能机器人会自动识别，并提出赔偿要求。消费者如果在购物过程中将商品藏进背包、口袋，不仅会被机器人“抓住”，还会被超市出口的无人监管系统自动识别出来，阻止消费者离开。除此之外，机器人会将超市的销售情况通过信息技术传输给仓库中的无人管理与运输系统，后者快速给货架补上空缺的产品。

买完商品，下一步就是把货物送回家。无人平台正在智慧物流中发挥越来越重要的作用。

首先是在我们看不见的无人仓库，工厂送来的货物会通过无人运输小车进入自主包装区域，由智能机器人对产品进行打包，然后通过传输带，



甚至更加灵活的无人车、无人机快送到分拣中心。到了无人分拣中心，无人搬运机器人会用吸盘等工具码放货箱，自动导引运输车会根据地面上粘贴的导航二维码，自主行进并对货架进行搬运。分拣小件货品时，分拣机器人会自动“拿”起装有商品的货箱，用3D视觉系统扫描它，从中识别出消费者所需要的货物并将其拣选出来，然后利用工作端吸盘将其转送到订单周转箱中，由无人机运送到下一个分拣中心或目的地（图2-1）。这种物流无人机在没有司机操作的情况下，可以按照预先设置好的路线平稳运行。如果产品运输路程比较短，在无人机的续航能力范围之内，产品甚至无须经过分拣中心，可以由无人机直接从无人仓库运送到目的地。



图2-1 无人仓库（左）和无人分拣中心

现在是快递小哥从超市、仓库将货物送到我们手里，未来就可能是送货无人车、物流无人机了。特别是后者，把送货路线从二维变成了三维，可选路线更多、交叉路口更少、运送速度更快。这不仅能有效缩短运输时间，还能解决如今电商、物流面临的一个大难题——对偏远地区、山区的覆盖。

如今，还有不少地区因为地理偏远、地势险峻等原因，物流业难以发展，那里的消费者网购产品后还需要去小镇等集中点取快递。未来这一现状可以得到有效改善——物流无人机通过GPS信号定位，跨越险峻的山川河流、陡崖丛林，来到你家门口，即将落地时用摄像头精准定位地面的“靶标板”，其精度可以控制到厘米甚至毫米级（图2-2）。



图 2-2 物流无人机

当然，在低空可能出现电缆线、其他物流无人机等障碍物。这时候，物流无人机会借助自己的光电设备、智能技术，对障碍物的位置、大小进行判断，轻巧避开。农村地区将从物流无人机发展中受益最多。

随着信息技术的发展和生活节奏的加快，网上购物热潮将一直持续下去，并且势头越来越猛，人们对物流的需求自然会不断提升。而物流无人机、送货无人车将更大限度和广度地满足消费者的需求，对产品的广泛交流，物流、电商行业的发展，减少地区发展的不均衡，都会起到重要的推动作用。

## 第二节 吃苦耐劳的生产能手

发展农村地区的无人物流，首先当然得让农民富裕起来。而在这方面，无人平台也将助力农耕方式的颠覆性发展。随着智能控制技术和全球信息通信技术的发展，无人平台可以在未来农业中得到广泛应用，从根本上解放劳动力，提升农业生产效率。在农业生产中，适合用到无人平台的地方很多，包括播种、施肥、喷洒农药等，还能对农作物长势和病虫害进



行持续高效的监测。

未来的无人农机主要有两种：地面无人驾驶农机、空中无人驾驶农用飞机。具体分来，将会有无人驾驶播种车、空中无人播种机、无人驾驶农耕地、植保无人机等。现在已经有一些用拖拉机改装而成，甚至专门研制的农用无人车，可以完成播种、耕田等工作。由普通的轻型农用飞机改装成的无人驾驶农用飞机也已经投入使用。无人平台务农相比于人工操纵农机有很多优势。

第一，劳作效率高。比如它们能 24 小时工作，抢收抢种、保证农时。现在十几个人驾驶几台联合收割机、拖拉机，负责一片农田的收割，将来只需要一个人就可以遥控多台无人收割机。除了速度，在很多方面也可以超过手工，比如插秧的深度、密度等。

第二，安全性更高。现在人工喷洒农药，都得戴上口罩防止高浓度农药伤害自己。用管道喷洒，需要事先铺设好管网，成本高、灵活性差。无人平台喷洒可以避免人员暴露在危险环境中。还有在地形复杂的山区、广阔的草原森林，用无人机才能安全、广泛地播种施肥，防治病虫害。农民可以让植保无人机携上种子、粉剂、药剂等，借助 GPS 信号定位、地面遥控等技术，进行播种、喷洒。无人机可以根据智能感应技术控制自己的飞行高度，从而调整播种、喷洒的范围，最大限度地满足农业需求。

第三，能农民所不能。无人农机可以完成一些传统农业无法或很难实现的工作，比如从空中大范围地监视农作物长势、病虫害。过去飞机、卫星等可以进行大范围监视，但那是地区甚至国家层面的，对普通农户来说太大了。高昂的工作成本也让它们很难直接服务到每家每户。但现在农户自家就可以买一架无人机，时不时地坐在家遥控它飞出去，看看庄稼长势如何，非常轻松。

无人农机大多以现有的农用拖拉机为基础，比如我国洛阳第一拖拉机厂在 2016 年推出的东方红 LF954-C。它们加装卫星定位导航、自动驾



驶、农机自动控制等设备，在遥控或者自主控制的情况下，沿着农田行驶，完成播种、施肥、撒药、收割等工作。如果配备更好的传感器、识别设备，还能完成除草等工作，很适合大面积农田的耕作。固定翼的农用无人飞机也适合大面积农田的播种、施肥洒药，而且不影响周围农作物的长势。

相比地面无人农机，旋翼机形式的无人农用飞机更适合山区的农业耕作。它们只需要一小块平地就能起飞，机上配备了高度计、三轴惯性加速度计、飞行姿态控制仪，结构设计十分简约，而且稳定性很好。激



图 2-3 无人机洒药

光雷达等传感器负责感知周围环境状况，让它在障碍物之间自由飞行。相对于地面无人农机，它们不受地形环境的限制，即使在梯田、山区、土壤湿重且黏性大的地区，也能发挥出良好性能，完成播种等工作。而且空中无人播种机不会破坏土壤结构，可以最大限度地保持土壤的完整性（图 2-3）。

总之，与传统耕作技术相比，农用无人平台的运用在成本、安全性、利用率、适用性、效率等各个方面，都有很大优势。

矿区也早已开始采用无人车运输矿石。比如早在 2005 年，日本小松公司制造的无人矿石运输自卸卡车，就开始在智利的露天铜矿试运行，2008 年 1 月投入正式运行（图 2-4）。随即力拓公司也采购了一批，用到他们在西澳大利亚的四个铁矿区。这些无人的巨无霸由距离矿区约 1500 千米的控制中心远程操控。2013 年，加拿大的一些油砂矿区也采用了这种无人车。现在已经有 100 多台小松公司的无人驾驶巨型自卸卡车在大洋洲、南北美洲的矿区工作，截至 2017 年年底累计运输物料 15 亿吨。

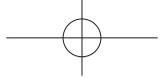


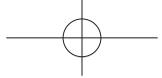
图 2-4 小松公司以 830E、930E 矿山自卸卡车为基础研制的无人车，长 14.15 米，宽 7.32 米，高 6.88 米，配一台 2500 马力发动机。整车重量 386 吨，额定载重 221 吨

工程机械巨头卡特彼勒公司，20 世纪 80 年代末就开始研制无人驾驶矿用自卸卡车，1994 年开始试验。如今在澳大利亚福蒂斯丘金属集团的索罗门铁矿区，有 59 辆无人卡车在运行，是世界上一个矿区内规模最大的无人车队。

瑞典沃尔沃卡车公司、白俄罗斯别拉斯公司，都有无人驾驶矿山自卸车的样车。我国的东风汽车、长安汽车等公司，也在积极参与无人驾驶卡车的研制和应用。

露天矿区一般都采用巨型矿石运输自卸卡车来运送爆破后产生的矿石、石料。它们普遍达到三四百吨重，载重 200 多吨。因此这样一台矿山车，只需要一名驾驶员，就抵得上十几辆载重卡车的运输量，节省了人工成本。可这样还不够，小松、卡特彼勒研制出的无人车把那名驾驶员也省下了，远程控制中心的一个人就控制几十辆卡车。小松无人矿山车的运输成本比有人驾驶矿山车降低了 15% 以上；卡特彼勒无人车队的运营数据表明，它们的生产力比普通车队提高了 20%。无人驾驶卡车还可以减少人为失误，提高生产的安全系数。优化的自动控制系统减少了这些巨型卡车的突然加速、紧急转向，因此它们使用的那些价格几十万元的特种大轮胎，寿命提高了 40%。

还有一些工厂里的运输无人车，按照预定路线自动行驶，运输零部件比人工搬运更加安全高效。



高压变电站里也开始采用一些小型无人车执行巡线任务。它用车上的各种传感器检视变压器、高压线路，及时发现电路故障。和人工巡线相比，它不受雨雪等恶劣天气影响，工人坐在温暖的屋内就可以完成工作。特别是安全性得到提高，工人不用再担心巡线时碰到电气故障可能遭遇高压电击。

### 第三节 | 保家卫民的无人卫士

除了让我们生活得更舒适，生产更高效，无人平台还可以让我们生活得更安全，比如参加抗震救灾。2008年汶川大地震时，就是靠无人机升空拍摄，及时掌握震区的破坏情况、堰塞湖的位置和大小，从而为后面救援、疏通行动的正确决策提供依据。

军事上，无人平台的应用场景非常明确，以减少人员伤亡为主要目的。民用上也是如此，而且与军事需求有很多相同之处：用无人平台取代有人平台，去完成4D任务——危险（Dangerous）、困难（Difficult）、肮脏（Dirty）、枯燥（Dull）的任务。上面提到的扫地机器人、分拣机器人，军用的无人巡逻车、侦察机，就是干枯燥任务；物流无人机就是代替快递员去干困难任务（图2-5）。



危险（Dangerous）  
——突前于有人平台



困难（Difficult）  
——人员不易到达的区域

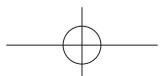


肮脏（Dirty）  
——无法忍受的环境



枯燥（Dull）  
——荒芜和艰苦的环境

图2-5 无人平台应用的4D环境





处理危险任务更是需要无人平台。比如人类历史上的两次核电站泄漏事故，都曾动用无人平台去代替人，清理高危险的辐射物，并显示出我们需要更好更多的无人平台。

第一次是切尔诺贝利核电站事故。1986年4月26日凌晨1点23分，位于乌克兰普里皮亚季邻近的切尔诺贝利核电厂四号反应堆发生连续爆炸，引发大火并散发出大量高能辐射物质到大气层中。这些辐射尘覆盖了大面积区域，导致事故后3个月内有31人死亡，方圆30千米地区的11.5万多民众被迫疏散。这次事故被认为是历史上最严重的核电事故，也是首例被国际核事件分级表评为第七级事件的特大事故。事故后，为了最大限度地限制放射性物质扩散，必须清除爆炸时从反应堆喷射出落在附近建筑物屋顶和地面上的强放射性碎片。这项工作一开始就是用遥控机器人来执行的，特别是在辐射强度很高的地点。

但此前设计的机器人没有考虑在这种强辐射环境下工作，因此故障频发。后来不得不让事故清理人员（参与周围污染区域清理的人员共达60万人，图2-6）冒着生命危险去清理。据联合国“切尔诺贝利论坛”提供的一份报告显示，其中明确因遭受辐射而去世的清理者大约有4000名。抗辐射型无人平台的不成熟，导致人类在这次巨大灾难面前应对乏力。这次事件后，世界各国大力开展了有关核电站用无人车的研究工作。

第二次是2011年3月11日由海啸引发的福岛核电站事故。里氏9.0级的强烈地震破坏了日本福岛县两座核电站的反应堆，震后其中一座发生核蒸汽泄漏，高压蒸汽还完全炸开了混凝土安全壳。随后的事故清理中，美国、日本的无人车、机器人都曾参与。如果还是切尔诺贝利那样的事故，也许这些无人平台基本够用了。但强震过后的事故现场布满了残骸、杂物，门窗道路都遭破坏，传统无人平台的行动结果不尽如人意。因为它们大多是履带式、轮式底盘，正常的室内、阶梯还能行走，残破的地面、楼道就难以对付了。而且事故现场有很多楼梯、房门、阀门、开关，都是按照人类操作习惯设计的，非人形的无人平台摆弄起来费劲。

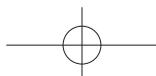


图 2-6 切尔诺贝利核电站的清扫无人车和清理人员

受这次事件的触动，美国国防高级研究计划局（DARPA）从 2013 年开始发起“DARPA 机器人挑战赛”（DRC），意图促进对人形机器人的研究开发。

核电站事故、辐射泄漏毕竟是重大安全事故，对无人平台的要求自然很高。而在其他救灾救难场合，对无人平台的特殊要求就少了，它们也已经能成功地投入使用。比如无人机救火，可以部分解决高层建筑上救火难的问题。遥控的无人机携带灭火弹升空，打入房间后炸出大量二氧化碳，扑灭火焰（图 2-7）。

危险品仓库发生事故后，用无人车进去处理、转运危险化学品，能大大降低对消防员的人身危害。面对缺氧、高温、腐蚀等情况，无人平台都





比消防员有更高的耐受力。现在面对森林火灾，已经有一些无人消防坦克投入使用。它们以旧坦克的底盘改造而成，即便是身处上百度高温的火海内，也可以用涡轮喷气式灭火器与火焰长时间搏斗。而有人驾驶的消防车，即便也采用那样的坦克底盘，里面的消防员也不可能高温缺氧环境下坚持多长时间。

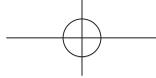


图 2-7 无人机进行救火

## 第四节 | 出行娱乐的生活助手

当今在民用领域，人们接触最多的无人平台还是无人机和无人驾驶汽车。因为这些年它们的技术进步最快，对民众生活的影响也最大。改变的不仅是我们的出行交通的基本生活方式，还有娱乐休闲的精神生活方式。

无人机是民用消费级无人平台中发展最快的，客户群体正在从小众拓展至大众，客户规模呈现指数级增长。以前的无人机，特别是小型无人旋翼机，操控起来并不容易。你的双手要分别仔细地摆动两根摇杆，仔细控制旋翼的“油门”和“方向”，才能在平稳的气流中保持无人机的飞行状态。遇到稍微大一点的气流波动，这个控制就更难了。而现在，小型无人机也配备了微型陀螺、微型惯导、自动飞行控制系统。即便四五级风吹过来，无人机也能根据内部惯导装置提供的数据，稳定到指定位置、航向和速度。此时你的双手只需要发出前进后退、左右转弯、上下升降、左旋右



旋的指令，无人机就可以按你的要求飞行了。它们的任务载荷，比如机载摄像机，也往往具备自主稳定功能，无论飞机怎么倾斜转弯旋转，摄像头都能保持在一个方向，紧紧盯住目标。

有的无人机能直接通过手机遥控，指定一个目标点后它就自己飞过去。再简便的，你在手机上选择一种航拍模式，无人机就按照预定路线自己飞行，并把机载摄像头一直对准拍摄目标。更有甚者，有的无人机还能一边飞行，一边“看”着你的手势。你只需挥挥手，比画一个手势，它就按要求去飞行拍摄了（图 2-8）。



图 2-8 用手势就能控制飞行、拍摄的无人机，体积只有可乐罐那么大小

这样的无人机，让我们手中传统的照相机、摄像机，乃至照相手机、自拍杆，黯然失色了很多。出游旅行、朋友聚会的方式也因此有了变化。甚至影视剧组的专业制作，也因这样聪明的无人机而有了全新的艺术构思。

地面上的无人驾驶汽车，也不仅仅是解决我们的出行交通问题，还能让交通系统更加智能高效，我们的出行更加便捷轻松。

这里先说一下“无人驾驶汽车”和“无人车”有啥区别。它们都是车辆形态的无人平台，但后者大多是一开始就不考虑人在其上的，使用环境也大多不在公路上。即便是用有人驾驶的拖拉机、卡车改装而成的无人农机、无人矿山车，工作时也不再有人上车了。无人驾驶汽车则是以现有的传统汽车，特别是轿车、公交车等为基础，工作时还搭载着乘客，行驶在正规路面上，只是它不再需要专门的驾驶员。

自 2010 年以后，无人驾驶技术在全世界可以说是进入百家争鸣的状态。此前，无人驾驶技术经过了无自动化→特定功能自动化→复合功能自



动化→有限自动化→完全自动化等几个发展阶段。现在很多专家认为，无人驾驶技术可能在近3年内实现成果转化，也就是无人驾驶汽车将会实用。美国IHS汽车信息咨询公司曾在报告中预测：到2025年，全球无人驾驶汽车的销量将会达到60万辆；而且在接下来10年内会以每年43%的速度不断增长，到2035年将会达到2100万辆；相对于传统的人工驾驶，无人驾驶会发生革命性的改变，无论是控制智能化、决策高效性还是驾驶舒适性，都具有明显的优势。

在未来交通系统中，智能交通系统可说是必然的发展趋势。它将先进的自动控制技术、运筹学、电子控制、数据通信、传感器、人工智能、云计算、大数据、物联网等技术进行有效集成，运用到车辆、服务控制、交通运输等整个地面交通管理系统中。智能交通系统将加强使用者、道路、车辆之间的联系，从而形成一种节约能源、改善环境、提高效率、保障安全的综合运输体系（图2-9）。

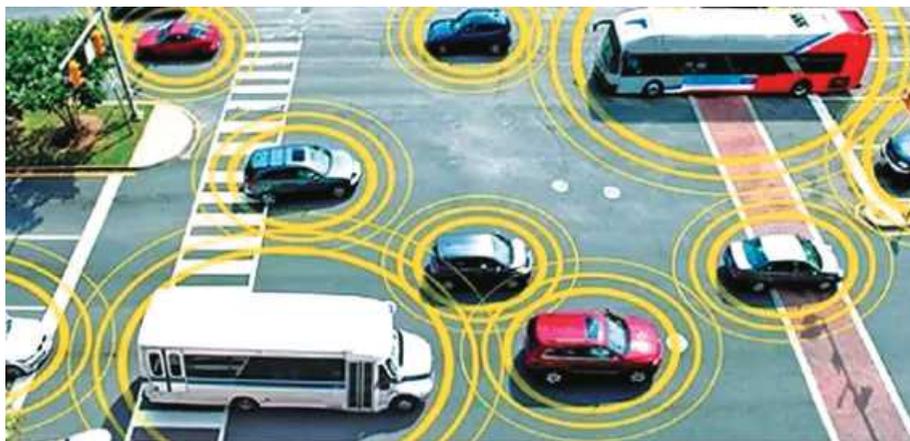


图2-9 无人驾驶汽车交通生态系统

在这种智能化运输体系中，汽车会转变成无人驾驶模式，交通生态系统也会进入一个全新领域，所有的车辆在这个生态系统中都采取集中控制模式。



当我们下班了，可以利用手机对汽车进行召唤，让它在下班时间点准时行驶到公司门口等待，也能通过智能控制技术对汽车的运行状态进行设置，如同现在我们设置闹钟一样，让它在每天下班时候准时到达公司门口。如果遇到特殊情况，我们可以通过手机进行调整。上车之前，我们可以直接设置好行车路线，也可以采取默认模式，让无人驾驶汽车自主行驶。这个时候，我们就可以进入休息状态，以此缓解一天的疲劳。爱酒的朋友不用再害怕“酒驾”了，可以在饭桌上开怀畅饮。

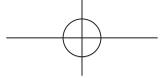
周末或者节假日，我们可以设好出行路线，无人驾驶汽车会通过GPS信号技术、雷达感应技术等自动为我们选择交通最便捷且不拥堵的路线。而且无人驾驶汽车具备对平台周围环境进行感知的能力。在行驶过程中，无人驾驶汽车遇到障碍物会自动感应，判断障碍物的大小、位置甚至是类型。如果是交通灯、人，它会自动停下，如果是其他车辆或者建筑物等，它会选择避开然后继续前行（图2-10，图2-11）。



图2-10 自动识别障碍物的无人驾驶汽车 图2-11 未来智能化无人交通体系

很多人认为，智能化无人交通体系的构建，既能在一定程度上缓解交通压力，又能更最大限度地保障驾驶人员以及路人的人身和财产安全。当然，现在这个目标似乎还没有实现，出现了一些无人驾驶汽车撞人的事故。背后的原因，我们在了解无人平台进入人类生活的方方面面后，再一起分析讨论。





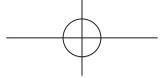
## 第五节 | 谁与争锋的无人战士

前面已经说过，无人平台的兴起是在国防军事领域，所以现在用得最多的也是战场，它们正在颠覆未来作战模式。不过这种颠覆，已经不是贝卡谷地之战那样，用无人机诱骗敌人；也不是阿富汗战争、伊拉克战争那样，用无人车、机器人扫雷排爆，用无人机定点清除恐怖组织头目。即将奔赴战场争锋的，将不是单独一个个无人战士，而是成排成连的无人机、无人战车集群。在它们手下，隐身战斗机、坦克集群都将是手下败将。

美国发布的《21世纪战略技术》中说：“20世纪的核心武器是坦克，21世纪的核心武器是无人作战系统。”在未来一体化联合作战中，无人平台是打赢信息化战争的重要装备，是高原高寒环境、核生化条件下完成任务的优势装备，是反恐维稳、抢险救灾中的急需装备。因此现在，无人平台正从战场的辅助装备，逐渐发展为主导力量，成为军事强国不可或缺的作战力量。

先看看空中：蜂群无人机作战时能以饱和式打击、协同打击，牢牢占据优势。

美国空军在2015年9月发布的《空军未来作战概念》顶层战略文件中，提出了一个无人机蜂群配合高超音速空地导弹作战的想法：2035年，美军计划用高超音速导弹攻击敌方的高能激光防御系统，于是首先由4架运输机投放200架高亚音速小型无人机，抵近目标实施侦察和干扰；敌方的探测和火力通道被蜂群般密集的无人机占满了，结果激光防御系统未能及时发现高超音速空地导弹，被轻松摧毁。2016年5月，美国空军又



## 044 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

发布了首份专门针对小型无人机系统的《2016—2036 年小型无人机系统飞行规划》，也提出了无人机蜂群的作战概念：在低对抗环境下，无人机蜂群由 C-130 运输机投送，除执行情报侦察、监视任务，还能配合中空长航时无人机实施打击，为 AC-130 空中炮艇提供目标指示；而在强对抗环境中，无人机蜂群将由 B-2 隐身轰炸机投送，并增加了对空 / 对地电子攻击、压制 / 摧毁敌防空火力等功能（图 2-12）。

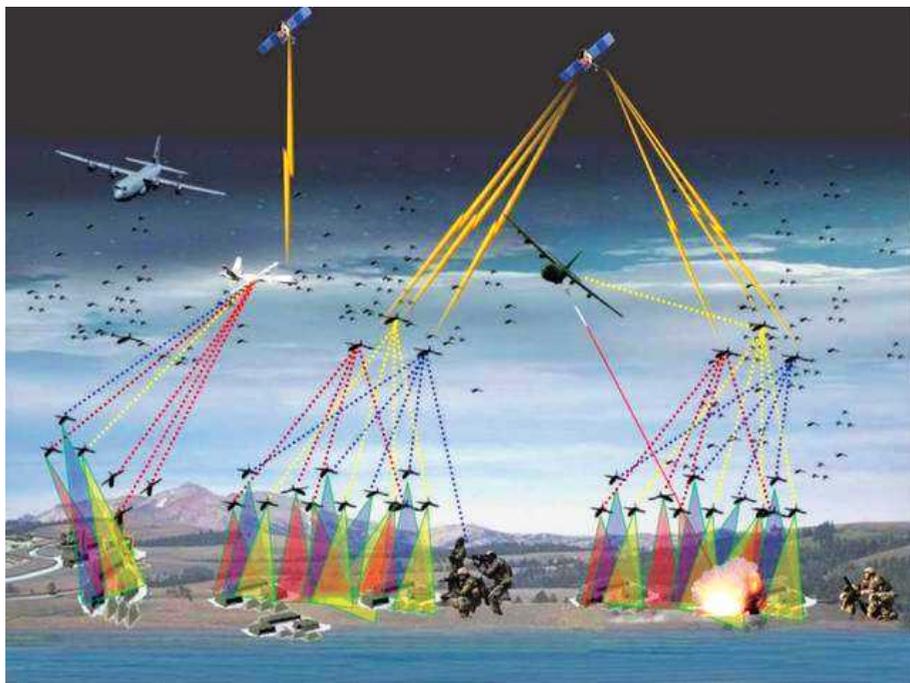


图 2-12 基于蜂群无人机集群作战的饱和打击模式设想

不要以为它们是简单地以数量取胜。这些小型无人机确实制造简单、成本低廉，甚至可以用 3D 打印技术快速地大批量制造。与此同时，更重要的是，它们之间将采用协同任务规划、自组编队等技术，大家一起共享很多探测信息、情报资源。

做个假想：100 架小型无人机组成的蜂群飞来攻击你。现在的伪装、



假目标、电子干扰可以让空中的一架敌机无法正确找到目标。但现在来了100架敌机，其中10架带着红外热像仪、10架带着毫米波雷达、10架带着摄像机、10架带着电子侦察设备……它们还分别位于不同的方向、高度、距离，你如何保证骗过它们全部？总不能什么伪装设备都配备和打开，什么方向都干扰吧？就算能欺骗、迷惑其中的50架、60架，可只要剩下30架躲过了欺骗、干扰，就能找出真正的目标。而且很多欺骗信息汇总到一起，反倒可能让对方更容易识破欺骗、去伪存真。紧随其后的是这100架无人机飞扑过来炸你。它们会根据你的防空系统特点、火力数量，选择一个薄弱的方向，或者欺骗性的方向，先分出一批飞过来，结果你的防空火力被引开，或者弹药耗尽。这时，100架无人机中真正带有炸药的10架才来到，而你只能束手待毙了。

这种蜂群无人机技术，就是在大量、全方位数据和信息的支撑下，自主融合、去伪存真、优化策略，从而识别出真假，达成对特定目标的精确、高效打击。

现在很多国家和机构都在积极研究无人机自组编队、自组网通信、协同任务规划等核心技术。比如美国已经实现了100架无人机编队飞行，对一部雷达实施抵近干扰。一旦这方面技术获得突破和应用，将直接引领无人机集群作战的发展，无人机蜂群将势不可挡。

地面上，无人战车集群的内部协同就更加多样了。

2015年，俄罗斯首次在叙利亚成建制地部署了机器人部队。12月的一天，一支无人车战车部队来到拉塔基亚向某山区，协助叙利亚政府军攻击一个高地。那上面有200多名极端势力武装分子正在负隅顽抗。俄罗斯这个无人战车部队由6台“平台”M履带式无人战车（图2-13）、4台“暗语”轮式无人战车（图2-14），以及数架无人机组成，后面还有一个自行火炮群支援。

战斗打响后，无人机首先升空（图2-15），把战场情况传回俄军“仙女座-D”指挥系统（图2-16）。然后操作员遥控着无人战车开到离武装



图 2-13 “平台” M 履带式无人战车



图 2-14 “暗语”无人战车



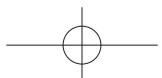
图 2-15 无人机

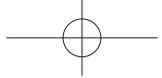


图 2-16 “仙女座-D”指挥系统图

分子据点只有 100~120 米的距离上。对方射来的子弹，要么很难命中只有一米见方的无人车，要么被无人车的装甲轻松挡下。操作员从容地控制无人车上的机枪、反坦克导弹射击，准确命中目标，消灭主要火力点。碰上坚固火力点，无人机和无人车就把画面、位置等信息传回，由后面的自行火炮炮击。叙利亚政府军的步兵则在无人战车后面 150~200 米的距离上跟进，对残余的武装分子进行清剿。战斗约 20 分钟后，基本上毫无还手之力的极端势力武装分子，被击毙了 70 多人，而叙利亚政府军只有 4 名士兵受伤，那些无人战车更是零损失。人类首次大规模使用无人平台作战，就表现出了无可比拟的优势，展现出了巨大的军事价值。

所以不要以为，无人平台跑到战斗第一线，和人类士兵实枪实弹地交战，还是科幻电影中的描写。这一天已经到来。





据西方媒体报道，叙利亚战场已然成为俄罗斯测试新型武器的试验场。除了苏-57 隐身战斗机、S-400 防空导弹这样的重型装备，车载激光武器、战斗型无人平台等新概念兵器也都上场了。据塔斯社报道，在 2018 年 2 月拉塔基亚的街头战斗中，俄罗斯无人战车再次以系统、集群的形式参战，获得了惊人的战绩。当时俄叙联军已对一个阵地猛攻三天，还未能攻下，并付出了超过 30 人伤亡的代价。在派出无人战车部队后，仅花了大约 3 小时就攻占阵地，并且是 0:60 的伤亡比例。俄罗斯专家表示，这一系列成功的战斗表明，大规模采用无人战车参与巷战将成为一个大趋势。

除了战斗，无人战车的地面行动也涵盖后勤保障。比如美军研制了多款无人车，可以自动跟随步兵行驶，帮他们背负弹药物资，减轻步兵的负重。美国国防部投资“大狗”四足机器人研究，初衷之一也是希望有一匹能翻山越岭的机器骡马，提高步兵在山地作战的能力。

无人战车也在与无人机更加紧密地协同。美国曾推出多种无人车搭载无人机的设计概念，由无人车为无人机提供燃料、弹药补充，扩展其作战半径；无人机充当无人车的眼睛，扩大它的监视、打击范围。

最后看看海里。本书开头已经提到过，某些国家已经用无人潜航器对我国国防设施进行隐蔽侦察。那种能长航时静默值守的无人潜航器 (Unmanned Underwater Vehicle, UUV)，可以组成一条隐蔽的水下监控网，其重要性不低于核潜艇。

目前，军用无人潜航器正成为各军事大国在海洋技术领域的研究前沿，特别是具有自主性、长航时能力的无人潜航器，拥有风险低、隐蔽性强、部署方便、环境适应范围广等优点，具有重要的军事价值。与世界上其他十几个研制 UUV 的国家相比，美国海军处于领先地位。他们在国防部《无人系统发展路线图》的指导下，先后颁布了包括《无人潜航器主计划》在内的一系列纲领性计划。2016 年，美国海军在国防预算中获得大量资金，用于扩大无人潜航器编队的规模。美国现在有多种型号的水下无



人潜航器服役和在研，覆盖了多种排水量和动力类型，用途涵盖海洋环境调查、侦察与反水雷、察打一体化等。

因此水面之下看似平静，竞争其实愈演愈烈。2016年12月15日，美国媒体宣称中国海军趁美国一艘无人潜航器浮上水面之机，抢在美军打捞人员之前将其捞走。据称被捞走的就是美国泰里达因公司研制的“斯洛克姆”无人水下滑翔机（Slocum glider，图2-17）。



图2-17 “斯洛克姆”无人水下滑翔机（Slocum glider）

它从2015年开始用于在亚太地区执行水文调查任务，每架约5万美元（不含搭载的任务设备），采用和重型鱼雷相似的热动力发动机（燃料也一样），因此续航力远高于普通的电动无人潜航器。它在水下编队航行，实施大范围的情报搜集。军事评论员表示，海洋调查对潜艇作战具有巨大意义，南海是中国部署战略核潜艇的关键海域，而美国海军在此进行海洋水文探测，可谓“司马昭之心路人皆知”。

未来信息化战争是信息主导、火力取胜、以快吃慢。无人作战平台就是高度信息化、智能化的装备。它能以自身的精确火力定点消灭敌方高价



值目标，同时以小巧、分散、廉价的平台，提高自己的生存力、效费比。它能实时召唤和引导其他兵器的火力，实施高强度、快节奏的轮番打击，直至肢解敌方的作战体系。它还能以隐蔽、多点、长期的方式收集关键的战场情报，为其他各种兵器、平台的一击而中提供最关键的信息保障。

无人作战平台还具备心理战优势。战争既是交战双方物质因素的直接对抗，更是精神因素的直接对抗；战争的胜负不仅取决于作战双方的物质因素，更取决于作战双方的精神因素，特别是作战双方士气的高低。以无人作战平台对抗有人装备，用物的代价夺取人的生命，会极大地提升己方作战士气，对敌方形成较大的心理压力，从而形成心理上的非对称优势。

## 第六节 | 趣谈无人平台的十二生肖

综上所述，无人平台发展至今，其实已经出现大量里程碑性的产品，正在改变战争模式，改变普通大众的生活，无人平台的时代其实已经到来。我们选出了国内外最具有代表性的无人平台，以中国传统文化的十二生肖来比喻，对这些无人平台做简介点评。

### 子鼠：Recon Scout 侦察型无人车

身体小巧，很多犄角旮旯都能去，又非常警惕、胆小。这样的动物特性与一些用于安保检查的小型无人车、安保机器人非常像。

2009年，美国侦察机器人公司（Recon Scout）推出了一款小型无人车（图2-18）。车体本身看着像个小哑铃——长187毫米，中间的机

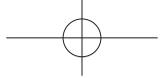


图 2-18 Recon Scout 小型无人车

身直径 38 毫米，两侧的车轮直径 76 毫米，重 544 克，和一瓶矿泉水差不多。虽然只有一对轮子，但依靠后面拖着的小片，它能把机身保持在一定角度。全高不超过 8 厘米，能很方便地开到汽车下，用小型摄像头观察底盘，图像都实时传到操控器上，检查是否藏有危险品。红外型还带有红外照明灯，夜间也能检查。配套的有一个比手机大些的操控器，两个充电器，一个加固的携带箱。

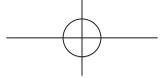
除了安全检查，它也能用于城市战、营救行动的侦察。从 9 米高度掉下，或者像手榴弹那样抛出 30 米，落地后照样能工作。最大遥控距离 90 米，如果配上专用设备能达到 300 米。准备工作只需 10 秒，士兵无须专门培训。

在现在军民融合的大背景下，这种小型无人车已进入中国市场，起名“锐光侦察兵”。看似“贼眉鼠眼”，其实是个安保尖兵、营救先锋。

### 丑牛：凯斯无人驾驶农耕地

因为牛耕，中国人对牛这种动物的感情颇深，把憨厚勤劳、不求回报等优秀品质都附在牛的身上。现在，“老牛拉车”的耕作时代早已不复存在。而且随着城市化进程，农村劳动力减少、人口老龄化的问题，在很多





国家都比较突出，因此世界各国农机巨头争相打造无人农机。

在 2016 年的农业进步展览会上，凯斯纽荷兰工业集团率先推出全球第一台大马力、无驾驶室的无人驾驶概念拖拉机，在拖拉机设计之路上迈出革命性的一步（图 2-19）。它以现有的凯斯 Magnum 中耕拖拉机为原型，其概念性设计外形与功能兼具，完全摒弃传统拖拉机的驾驶室，重新构想了未来时代的无人驾驶拖拉机。



图 2-19 凯斯无人驾驶农耕车

与自动驾驶汽车相比，无人拖拉机的速度虽然低很多，但行驶环境更加恶劣，还要自动干农活。因此这款拖拉机采用了很多新技术：电控悬挂系统等，保证在农田正常行驶；卫星定位+毫米波雷达+立体摄像机，识别田埂、主动避让障碍物。

无人农机能长时间不间断作业，提高工作效率的同时还能确保耕作质量，可以大幅减轻农民负担。未来，农民朋友只需在田间地头喝着茶水乘着凉，在远程操控的终端上动动手指，农机就能帮他们把地犁好，把种播完，把庄稼收回。

### 寅虎：“压碎机”无人战车

百兽之王一直与战争有着不解之缘——调兵用虎符，行军打白虎幡旗，骁勇善战者称“虎将”等。与它相配的自然也是冲锋陷阵的美军



图 2-20 “压碎机”无人地面战车 (Crusher)

战斗型无人平台“压碎机”（图 2-20）。

“压碎机”无人地面战车 (Crusher)，是“蜘蛛” (Spinner) 无人车的继承型和升级型。六轮全驱动，混合动力，通过左右轮速度差

滑动转向，该车全重 7.72 吨，能搭载 1.36 吨的有效载荷。一架 C-130H 运输机一次可运载 2 辆“压碎机”无人战车。

“压碎机”车体采用高强度铝管制造而成，车底和车顶分别覆盖高强度钢板，以承受来自地表树桩和岩石的撞击。车头经过重新设计，使用钛合金，不仅坚固而且重量轻。六个轮子采用独立驱动，因此能克服不小于 1.2 米的垂直障碍和 2 米的壕沟，具有不小于 40° 的爬坡能力。它的最高行驶速度约 42 千米 / 小时。混合动力系统还让它具备了纯电动静默行驶能力，就像猛虎一样悄悄靠近猎物，准备最后的致命一扑。

### 卯兔：“玉兔号”月面巡视探测器

兔子在人们心中一直是温顺可爱、调皮活泼的形象。在中华民族神话传说中，嫦娥居住的月宫里就有一只白色的兔子，因此中国将首次探月工

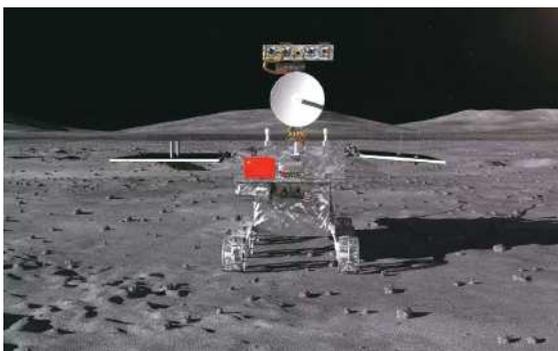
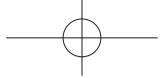


图 2-21 “玉兔号”月面巡视探测器

程命名为“嫦娥工程”，首辆登月车就称为“玉兔”（图 2-21）。

“玉兔号”是中国的首辆月球车，它和着陆器共同组成“嫦娥三号”探测器。“玉兔”月球车设计重量 140 千克，能源



为太阳能，能够耐受月球表面真空、强辐射、零下 180 摄氏度到零上 150 摄氏度等极端环境。它具备 20° 爬坡、20 厘米越障能力，并配有全景相机、红外成像光谱仪、测月雷达、粒子激发 X 射线谱仪等科学探测仪器。

“玉兔”在 2013 年 12 月成功登月，携带四台科学设备，进行月球表面巡视及科研工作。“玉兔”在月球上度过了漫长的 972 天，创下了在月面持续巡视探测最长时间的世界纪录，这大大超出了它的设计寿命（3 个月）。宣布退役的当天，无数网友在“玉兔号”的微博上留言，表达不舍之情。

### 辰龙：“海翼号”水下滑翔机

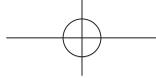
龙在中国传说中是一种善变化、兴云雨、利万物的神异动物，为众鳞虫之长，四灵（龙、凤、麒麟、龟）之首。龙代表着神圣皇权，统治四海之力。在拥有龙族血脉的水兽中，蛟龙就是那样一种正在朝龙进化的神兽，只要再渡过难劫就可以化为真龙，拥有强大的力量。“海翼号”水下滑翔机就是这样一款实力强大的水中蛟龙。

“海翼号”是由中国科学院沈阳自动化研究所完全自主研发、拥有自主知识产权的水下滑翔机（图 2-22）。针对不同的海上观测任务需求，“海翼号”已经发展形成最大作业深度从 300 米到 7000 米不等的系列水下滑翔机。它能搭载温度、盐度、溶解氧、浊度、叶绿素、硝酸盐、ADCP、水听器 etc 等海洋探测传感器，满足中国海洋观测的应用需求。

2017 年 12 月 31 日，由中国科学院院士和中国工程院院士投票评选的 2017 年中国十大科技进展新闻中，“海



图 2-22 “海翼号”水下滑翔机



翼号”下潜 6329 米刷新世界纪录的新闻成功入选。它使中国成为继美国之后第二个具有跨季度自主移动海洋观测能力的国家，对构建新一代智能移动海洋观测网、提供海洋环境信息保障具有重要意义。2018 年 7 月 28 日，“海翼号”还首次参加中国北极科考，在白令海域成功布放，实施下潜科学考察。

### 已蛇：以色列理工大学的军用机械蛇

蛇是一种细长的动物，没有四肢，依靠肋骨与腹鳞之间肋皮肌伸缩实现运动，不仅能自由穿梭于草丛、灌木，还能爬树。这样的行动特性，自然是让很多军事专家、仿生学家、无人平台研究者关注，纷纷致力于研究机器蛇。

以色列、美国在这方面的研究成果最多。2009 年，以色列就披露了一种军用机器蛇，长约 2 米，外包迷彩，能模仿真蛇的动作，在山洞、隧道、缝隙和建筑中穿行（图 2-23）。遇到障碍物时，它能拱起身体翻过障碍，或“抬头观察”。头部有摄像头，图像传输给后方士兵手上的笔记本电脑。除了侦察，它还能运送爆炸物品。战场之外，它也很适合在倒塌建筑物下搜寻被困者。

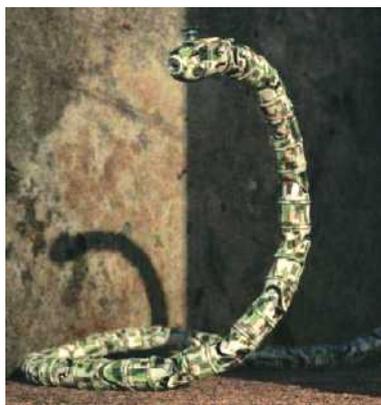


图 2-23 以色列理工大学的军用机械蛇 图 2-24 美国卡耐基梅隆大学等机构研制的机器蛇



美国卡耐基梅隆大学等机构研制的机器蛇，则致力于模拟出更逼真的“蛇行”（图 2-24）。它直径 51 毫米，长约 1 米，由 16 节组成，每节是一个单元，有两个旋转轴。串成的“蛇体”基本可以做到所有真蛇的运动轨迹，甚至能缠绕树干、电线杆爬上去。这样的能力一旦实用化，将非常适用于战场侦察、城市搜救、考古勘探等任务。

### 午马：阿里菜鸟无人物流车 G Plus

马作为六畜之首，在古代是最重要的交通运输工具，是军队机动力的标杆。战国时期以“万乘之国”等马拉战车的数量来形容国力强弱；周穆王坐拥“八骏”，唐太宗钟爱“六骏”，项羽的乌骓、关羽的赤兔等都是家喻户晓的传说。

能与马相配的军用无人平台实在太多，几乎所有的无人车、四足机器人都很沾边。比如，英国工程集团推出的“半人马”中型多用途无人地面车辆（图 2-25），我国浙江大学研发的“绝影”四足无人平台（图 2-26），都采用了传说中的神兽给自家产品命名。



图 2-25 “半人马”无人车



图 2-26 “绝影”四足无人平台

然而这里我们寻找另一个与“马”相关的无人车——马云的阿里菜鸟无人物流车，也许它的出现将改变未来生活，在某种程度上即将对我们生活产生重大影响。

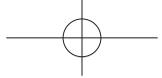


图 2-27 阿里菜鸟无人物流车 G Plus

2018年5月31日，阿里菜鸟全球智慧物流峰会在杭州隆重召开。大会上，阿里菜鸟与速腾聚创联合发布全球首款应用固态激光雷达的无人物流车 G Plus（图 2-27）。这种无人车搭载了三个激光雷达，前方两台，后方一台，可以让无人物流车看清楚

行驶方向上的行人、小汽车、卡车等障碍物的形状、距离、方位、行驶速度、行驶方向，并指明道路可行驶区域等，从而保证无人物流车能在复杂的道路环境中顺利通行。

别看它们萌萌的，配备的高科技设备却不少——上头竖着卫星导航天线，前后左右装着激光雷达、摄像头。如今一些高校里正跑着这些“快递小哥”，检验着无人平台物流配送的发展前景。菜鸟 ET 物流实验室负责人表示，“未来三年阿里菜鸟无人设备将达 10 万台”。

### 未羊：波士顿动力四足机器人“大狗”

说到羊这种草食动物，人们首先想到的大概是它贡献的温暖羊毛衫和精美的地毯，但那是绵羊，别忘了还有山羊，那可是翻山越岭的高手。

无人平台中，最能翻山越岭的自然也是各国正大力研究的四足机器人，以美国波士顿动力“大狗”（BigDog，图 2-28）为代表。波士顿动力公



图 2-28 波士顿动力四足机器人“大狗”

司是一家脱胎于美国麻省理工学院的公司，不仅开发出了行动时具有动物力量和敏捷性的机器人，还开发出了能够爬垂直墙壁的机器人，能在狭窄空间中操控的变形机器人。所有这些都是放大和改进了动物与人类的能力，可执行类似超人的任务。



“大狗”是一个长有四条腿，一米高一米长，重 120 千克的狗型机器人，可以爬上泥泞的斜坡，并能承载 160 千克的负重。

受技术条件所限，“大狗”还只能在平地、缓坡上嗡嗡地小跑。研究者们正致力于解决它的平衡、噪音、续航力等问题，并且已经取得很多进展。2017 年推出的 SpotMini 就像一条小黄狗，电机驱动，能安静、敏捷地在屋内走动，爬楼梯，咬住一罐可乐递给主人。

一旦噪音、负重、续航力之间的矛盾得以解决，足式机器人的发展目标也不会是和轮式、履带式无人平台竞争，必然是瞄向险峻的地形。因为只有在那里，传统的无人车无法克服地形困难，必须靠矫健的“腿脚”。军事领域对山地战的需求，也必然是促使这类无人平台发展的主要动力。

### 申猴：波士顿动力的人形机器人“阿特拉斯”

猴是灵长目动物的俗称。灵长目是动物界最高等的类群。猴子一般大脑发达，眼眶朝向前方，眶间距窄，手和脚的趾（指）分开，大拇指灵活，多数能与其他趾（指）对握。猴子也是最像我们人类的生肖动物，在无人平台中，显然人形机器人是一支不可忽视的力量。

美国波士顿动力公司的人形机器人“阿特拉斯”就是一个代表。2016 年 2 月 24 日，波士顿动力公司展示了最新升级版的第三代“阿特拉斯”（图 2-29）。它除了可以像人类一样行走，还可以在多种不同情况下搬运物品。即使遇到百般阻挠，它还是能够坚持把地上的物体捡起来继



图 2-29 波士顿动力人形机器人“阿特拉斯”



续搬运。在公司发布的视频中，“阿特拉斯”自行打开门，到雪地上行走。虽然遇到了脚滑的现象，但自主的平衡控制力让机器人可以在雪地中爬起，继续保持行走状态。而最新的视频资料显示，这个曾经笨重的人形机器人居然能做后空翻了。

“阿特拉斯”这样的机器人代表了人类长久以来的一个梦想，也是最复杂的一类机器人。因为从外形上说，这样的无人平台最“亲切”；从技术上说，双足行走的平衡更难，更有高科技含金量。除了美国，很多国家都在研制自己的人形机器人，俄罗斯还有能开车打枪的人形机器人。人形机器人的用途很广，比如可用于私人陪护。随着智能化程度不断发展，未来可以在一些特殊的复杂环境中执行任务，比如危险品事故现场。这种无人平台最理想的舞台是外太空，代替人类宇航员完成空间站建设等任务，替我们打前站。

### 酉鸡：大疆无人机

鸡，给我们的第一印象是打鸣报时。但我们也许忘了，鸡其实也是一种飞禽，虽然飞得不高。而小型无人旋翼机，已经以低廉的成本、方便的使用方式，成为现在很多军队深入班排级的侦察兵。它们不用飞多高多远，不少都还在地面士兵的目视范围之内。但哪怕只有几十米的高度，也让步兵的视野得到革命性开阔。这对陆战战术的影响无疑是非常巨大的。有的军队甚至直接采购民用无人机，最受欢迎的就是咱们中国的“大疆”。

据统计，大疆无人机产品已经被销往了 40 多个国家，在各个战场上都能看到它的身影。巴基斯坦防空导弹曾击落了入侵边境的印军无人机，结果发现它是中国产的大疆无人机。据报道，以色列、俄罗斯都曾为军队采购数量众多的大疆无人机。2017 年 8 月 2 日，美国陆军公开《停止使用大疆创新无人机系统》的备忘录，要求陆军所属单位“全面停止使用大疆无人机”，原因是担心其软件把美军使用大疆时的飞行数据泄漏出去（图 2-30）。



图 2-30 美军士兵使用大疆无人机

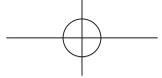
但此后美国海军陆战队还是采购了 800 架大疆无人机。2018 年 8 月，美国空军某部还计划采购 35 架大疆 Mavic Pro 铂金版无人机，并表示从功能、效益和运用成本等各方面综合考虑，其他品牌类似产品都无法满足这次采购需要。

我们可以看到，那些军队采购它多是用于训练，以及低强度的反恐战，没有用到电磁干扰复杂的正规战。但这也足以证明，大疆无人机是一款非常成功的无人平台，正在改变民众和士兵的日常“生活”。

### 戌狗：以色列“守护者”巡逻车

狗，忠诚陪伴主人，警戒护卫家门，是它留给人们的最深印象。无人平台中也有一些专门“看家护院”的。

以色列“守护者”无人巡逻车，已经被用于机场的巡逻和安保，而且前后发展出三代了。这种小车直接把军用“雄猫”四轮全地形车的底盘拿了过来，加上必要的激光雷达、导航系统等设备，能以遥控或自主模式在机场周边道路上巡逻，不分白天黑夜。通过车上的多个摄像机，还有麦克风，它能及时发现非法潜入者。以色列作为中东地区一个人口少、安全环境严峻的国家，对这类无人平台很偏好，这也促使他们在无人平台领域有很多创新与成果。当年无人机兴起，很大程度上就是他们在贝卡谷地等战场上打出来的。



## 亥猪：优步无人驾驶汽车

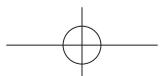
猪，十二生肖中的最末一个。虽然有“金猪”一说，寓意很好，但它无疑也是最懒的生肖动物。与它相配的无人平台，也回到了本书最开始提到的——无人驾驶汽车。

看过 2018 年 3 月美国优步无人车事故视频的读者朋友肯定都注意到了，事故发生时车上的测试员正在玩手机，注意力根本不在路面上。很显然，经过不少时间的测试，他已经对无人车的判断力有了过高的信心，于是自己懒了下来。结果在遇到特殊情况时，无人车判断失误，造成不可挽回的恶果。人们开发这种无人车的目的，往好了说就是让驾驶员更轻松，往坏了说就是让人更懒。

这样做究竟是好是坏？无人驾驶汽车究竟是让我们人类进步，还是退化？是让交通更快捷，还是更危险？还有无人机黑飞引发的隐私、安全问题，无人平台抢占人的工作岗位，随之带来的法律责任，乃至大到人类命运的问题。这都不禁让很多人看着周遭越来越多的无人平台，思考着：无人平台带来的那些烦忧，究竟是怎么产生的，能否克服？无人平台对我们，对我，究竟是有益还是有害？

### 本章小结

看完了这一章，是不是很惊讶，原来无人平台早已不知不觉深入我们生活的方方面面了。衣食住行，每行每业，都有各种无人平台默默工作的身影。它们有的是为了让我们生活得更舒适、便捷、安全，有的是为了让社会进步、让国家强大。在未来，更多功能繁多、行动智能的无人伙伴将参与我们的生活。而当下，在这个无人平台刚刚开始蓬勃发展、有着无限可能的时期，由无人引发的一系列的技术和非技术问题还在困扰着我们。

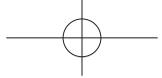




### 第三章

# “无人”问答

要解答由无人引发的这些技术和非技术问题，就得从无人平台的工程技术说起。毕竟引发这些问题的根源，要么是某些技术还不成熟，没能完成我们赋予无人平台的某些任务，比如躲避路人；要么是某些技术的能力超乎我们的预想，管理部门还没来得及思考如何规范地使用它们，比如无人机黑飞、偷拍。



## 第一节 | 无人平台安全吗

2018年3月18日晚，在美国亚利桑那州坦佩市发生了世界上第一例无人驾驶汽车直接撞死人的事故。两天后，当地警方披露了事故经过：事发时间为周日深夜，这辆优步公司的无人驾驶 SUV 正处在自动驾驶模式，司机位上还坐着一名测试司机；当时该车正往北行驶，一名49岁的女性在人行道外推着一辆自行车穿过一条四车道道路时被它撞倒；受害者被送往医院，但最终抢救无效死亡。警方随即要求优步公司停止在该州的自动驾驶汽车项目。

这起意外事故不仅影响了优步公司的自动驾驶研究计划，还影响到整个美国的无人汽车计划。事后一名优步公司发言人称，该公司已经暂停了整个北美地区的无人驾驶汽车测试计划，在一条推特动态中表达了对死者的哀思，并将积极配合警方的调查。

除优步外，其他无人驾驶汽车商如特斯拉、谷歌也曾发生过多起事故。2016年1月在中国京港澳高速路上，一位23岁男青年驾驶特斯拉轿车，未能及时躲避前方道路清扫车而发生追尾事故，导致该名车主身亡。同年5月，美国一辆特斯拉 Model S 电动汽车在途经十字路口时，撞上了一辆正在左转的卡车，前挡风玻璃撞进卡车底部，驾驶人死亡。2016年3月在美国山景城，谷歌的 Waymo 无人汽车与一辆公共汽车发生碰撞，所幸没有发生人员伤亡。

无人驾驶汽车的事故不断爆出，给如火如荼的自动驾驶汽车技术再次提出了警示。2018年3月18日的优步无人车事故后，美国前交通部长



就曾在推特上表示：“这起事故是对整个自动驾驶行业和政府的一个警示，应该更加注重技术的安全性。”

这起事故引发的争议很多，最基本的就是无人驾驶汽车到底安不安全，而解答问题的根本还是要调查清楚事故原因。

最开始，在事故发生后的 72 小时内，当地警察局发言人描述：在自动驾驶模式下的优步车辆并没有出现故障和技术失误。他还强调：在观看过车载录像之后，发现无论处于哪种模式（自动驾驶模式还是人类驾驶模式），本次碰撞都难以避免，因为受害人是从暗处突然闯入机动车道的。警方还同时提醒民众，傍晚最好通过照明情况良好的人行横道穿过马路，在其他地方横穿马路是非常危险的。也就是说，警方认为本起事故的责任人是受害者本人。

但随着进一步的调查，有分析认为，乘坐在驾驶位上的测试司机缺乏正确的人工干预，需要承担责任。当时车辆处于自动驾驶模式，因此测试司机认为自己无罪，称受害人突然就出现在车辆前方，没有足够的时间进行人工干预，避免事故发生。不过这一说法很快被证明不可信，而且该地区限速为 35 英里 / 小时（约 56 千米 / 小时），当时车速却达到了 38 英里 / 小时（约 61 千米 / 小时）左右，显然是超速了，测试司机对此有无法逃避的责任。

在人们以为该事故告一段落时，又有人提出，汽车制造商沃尔沃也应当对此事件负责，因为这辆 2017 年款沃尔沃 XC90 汽车的公开版本中，配置了主动避碰的安全模块。但是沃尔沃公司发言人表示，这辆车是他们为优步专门生产的自动驾驶测试版汽车，传感器、决策和控制器都是优步设计和指定的，可以说与一般的 XC90 完全不一样，只是借用了原来的汽车平台。

事故原因似乎还是回到了原点：受害者突然横穿了一条照明不佳的马路。但无人平台技术的反对者以及部分专家和公众，也对此提出了质疑。因为这辆优步无人车的硬件技术还是很扎实的，应该不会像人的肉眼，由



## 064 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

于光线不佳而没有发现横穿马路的女士。从事故现场的示意图（图 3-1）可以看到，事发前女士一共走过了三条车道，直到右边第四条车道才被撞倒（总行程约 11 米）。按一般的行走速度 1 米 / 秒推算，她在车道中出现了大约 11 秒钟。这么长一段时间，测试车竟然无动于衷？



图 3-1 事故发生情况现场示意图

说到这，就得介绍一下无人车经常采用的传感器有哪些，技术性能怎样。

我们经常可以看到在无人车的顶部后两侧，有一组银白色的旋转物。一般是中间一个大的倒置圆台形，两侧是小一些的圆柱形（图 3-2）。那是激光雷达，工作时光学窗口里发射出一组激光脉冲，纵向排列。每一束激光碰到物体，比如人、路障、树木后，就反射回来，根据激光往返时间可以算出距离。纵向一组激光束，也就能得到一串竖着排列的点。激光雷达是旋转的，因此向某个方向探测一竖列后，它会转向下一个方向，又得到一竖列的距离点。如此旋转一周，激光雷达就可以得到一圈点，分布在不同的角度和距离，相当于它“看”到周围一圈多少距离之外有物体（图 3-3）。



图 3-2 这辆无人车在车顶装了一个 64 线激光雷达，作为主探测器，两侧斜伸出来的是 32 线激光雷达，负责探测车体两侧斜下方的空间。中间的摄像头和白色圆盘的 GPS 天线，也是无人车上很常用的传感器，前者负责识别车道线、路标，后者用于得到本车的坐标

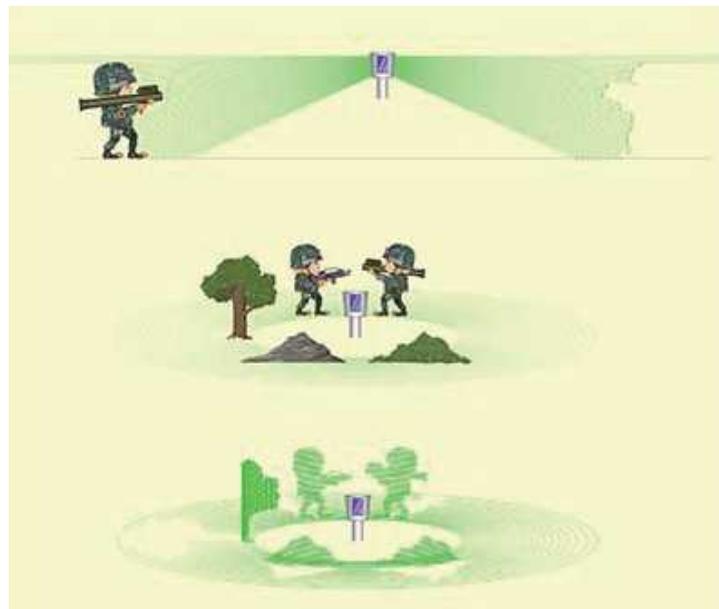
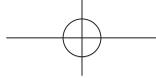


图 3-3 激光雷达扫描的示意图。纵向一系列激光束，一次可以得到一组远近不同的数据，形成一个剖面数据。旋转起来，就得到了一圈数据，形成一圈平面图像



激光往返几十米的时间非常短，激光雷达的旋转速度又很高，都在每分钟 300 转以上，因此它的横向分辨率很高，形成的图像也多是一圈圈上下擦起来的。纵向激光束的数量是多少，擦的线圈层数就是多少。很显然，纵向排列的激光束越多，纵向的分辨率就越高。这个激光束的数量就称为“ $\times \times$ 线”（图 3-4）。

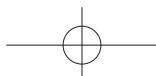


图 3-4 Velodyne 公司生产的 64 线、32 线、16 线激光雷达，绝大多数无人车都采用该公司的产品

一般无人车上都采用 64 线激光雷达作为主探测器，32 线或 16 线的探测局部角度的盲区。

很显然，激光雷达“看”到的图像只是一些点云，一个轮廓，无法区分颜色、材质。纵向分辨率不高，但横向分辨率高，而且激光雷达的数据率高，一秒钟能得到 20 帧以上的数据。因此利用数据挖掘、图像处理等技术，激光雷达还是可以识别出几十米内哪是地面哪是树木，哪是路人哪是车辆。而且我们可以发现，激光雷达不受昼夜光线的影响，因为它是主动发射激光的。

当然，激光雷达也不是万能的。比如在碰到雨雪天时，水滴、雪花反射的激光会让那个单色的点云图像包含很多噪点，从而影响后面的数据处理、图像识别。即便雨停了，地面积水有可能像镜子一样把激光全都反射到前方，激光雷达收不到回波，以为那个方向没有地面了，是悬崖深渊。



路面如果起伏过大，也可能让无人车开近坡顶时，前方的下坡超过了激光雷达的最大俯角，结果无人车“看”不到地面，不敢前行。不过这些情况在无人车越野行驶中常见，在这次优步无人车事故中并不存在。

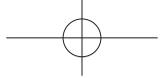
除了激光雷达，无人车还配备了摄像头。它不像激光雷达可以测量距离，但利用图像处理技术，可以识别出道路上划分车道的白线，帮助控制无人车的行驶轨迹。这在某些方面，比我们现在常用的扫描识别文字、人脸识别，更简单。因此现在无人车的摄像头，还肩负起识别路标路牌的任务。在正常光线和背景下，从图形中识别出人，对现在图像处理技术来说也不难。如果不止一个摄像头，而是多个摄像头成组，那就还能利用体视原理，也就是我们人通过双眼看出目标距离的原理，识别出画面中某些物体的远近。

在这次出事的优步车上（图 3-5），无人车的常用传感器都有。它的沃尔沃原车还配备了 360° 超声波感应器（类似我们常用的倒车雷达），可以感知自己与前方车辆的距离，防止追尾。不过这种传感器对防止在高速



图 3-5 优步无人驾驶汽车

下碰撞路人用处不大。理论上来说，这辆优步无人车上的传感器应该能及时发现左方三条车道外一位正横穿马路的人。如果受害女士穿的是一件与环境相近的黑色衣服，可见光的摄像头可能无法识别，但实际情况并非如此。即便是缺乏照明，摄像头出现漏判、没有看到，可激光雷达应该不受影响。事发时除了环境较昏暗，天气状况比较好，没有雨雪积水等干扰激光雷达的探测。后来美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）公布的调查结果也表明，无人车“看”到了受害者。他们的报告说：改造版 2017 年款沃尔沃



XC90 汽车，在碰撞事故发生时，无人驾驶系统的各个方面都正常运行；雷达系统在撞击前 6 秒发现了行人，但无人驾驶系统软件将行人列为不明物体，先是以为那是一辆汽车，然后又将其当成自行车；在碰撞前的 1.3 秒，无人驾驶系统觉得有必要进行紧急刹车，但它又“预计”人类司机会介入控制，为了“减少车辆不稳定行为的可能性”，并未启动紧急制动系统。于是悲剧发生了。

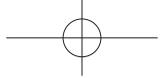
基于这个调查结果，我们逐步推演评判，就可以看出事故原因主要出在哪个环节。

第一步是激光雷达在撞击前 6 秒发现了行人。虽然比前面提到的 11 秒短，但考虑到行人刚上马路时和路边环境的区别不大，横穿马路的速度似乎也比较快，这个时间还是可以接受的。也就是说，无人车上激光雷达系统的探测能力还算过关。

第二步，无人驾驶系统软件把行人看作了不明物体、汽车、自行车。当时受害者确实推着自行车，所以这个判断似乎在最后正确了。也有报道说，软件把受害者和自行车识别成了掠过路面的塑料袋。无论哪个说法，都说明无人驾驶汽车的软件，在识别目标上出现了严重错误。考虑到激光雷达不能识别材质的局限性，黑夜无路灯对摄像头的限制，出现这样的识别错误也情有可原。毕竟人的肉眼，在当时也很难看清这个突发状况。这也是最初 72 小时后的警方发言中，认为无人车责任不大的主要原因。从这一点来说，无人驾驶汽车的表现也可以算过关，至少比疲劳、分心的人类驾驶员更好。

第三步，到碰撞前 1.3 秒，无人驾驶汽车才觉得有必要紧急刹车。这里就有重大失误了。按照我们人类驾驶员的合理逻辑，黑夜在少人的路面上行驶，只要发现前方有不明物体，就应该减速，并集中目力、精神去看清到底是什么，然后决定下一步的驾驶行为。可这辆无人驾驶汽车的软件，在 4 秒钟内都没有采取安全行动。

第四步，碰撞前 1.3 秒，无人车认为有必要紧急刹车后，却又把行动

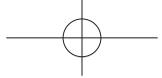


寄托到人类驾驶员身上，它本身没有直接采取行动。

看到这我们已经知道，这辆优步无人驾驶汽车的主要失误在决策上，从而错失了提前五六秒减速，提前一两秒紧急刹车的机会。究其原因，是因为它被编写成“减少车辆不稳定行为的可能性”。这句话的含义是：为了防止发现前方有异常路况后，过多地刹车、转弯变道，导致乘客感觉行车不稳，降低乘坐的舒适度，无人驾驶汽车的软件系统被写入了一些指令，有意忽略一些不太明确的危险情况。比如对路面飘过的塑料袋无须理睬。

分析到这，事故的主要原因可以归结于无人车软件系统的漏洞，看着还是技术原因。但如果我们进一步想下去，会发现出错的不是无人车、软件，而是人。是我们人编写了一系列程序，告诉无人车怎么开车，程序员是无人车的教练。而无人车在事故中的表现，反倒证明它是一名合格的学生——探测系统正常工作了，在不利的环境下发现了异常，也留下了足够的处理时间。从这点来说，它比很多人类驾驶员表现更好，至少没有把在驾校学的东西还给教练。事故中坐在驾驶座上的测试员，责任心就显然不如无人车。但最后，却因为教练说的几句话，导致无人车做出了错误的选择。这些话就是：“你开车时，要首先保证后座老板的舒适，不要随便踩刹车！”“什么？前面有东西你就刹车？你管它什么东西，只要不是人，就别乱踩。把车开稳了，老板才舒服。”

于是我们可以看到，这次事故的深层原因，还是我们人本身。因为我们发展无人驾驶汽车时，过于追求乘车者的舒适体验，结果忽略了车外的复杂情况。其实纯粹从技术本身来说，这样的无人车事故很容易避免，因为现有的传感器技术、车辆控制系统，足以在更危险、更突发的情况下，完成紧急刹车动作，确保路人的安全。当然也包括乘车者的安全，只不过会吓他一跳。如果我们把快速性、舒适度要求降低，无人驾驶汽车也许会在路上碰到一点点情况就减速，让乘客感觉磨叽，但就不会出现撞上路人、追尾清障车的事故了。在军用无人车的各种演示、比赛中，就很少出现撞人事故。因为它们的行驶速度不高，也不在乎急刹急停。



而在特斯拉汽车的几次事故中，最大原因还是公司在宣传产品时使用了“无人驾驶”的字眼，实际上它只能算“辅助驾驶”，虽然汽车的软件系统确实可以自动完成所有的驾驶操作，但人类驾驶员要提供系统要求提供的适当的应答。也就是说驾驶员不能不管它的，应该随时监控着汽车的行驶操作。特斯拉公司也在事故后一再强调，他们的自动驾驶技术不是“无人驾驶”，而是一种高级辅助驾驶技术，在开启状态下依然需要人双手放在方向盘上。商家的不实宣传误导消费者，才是这些事故的主因。

因此，我们没必要因为无人驾驶汽车发生过的一些事故，认为无人车不安全、易撞人。有些统计数据还表明，无人车的事故率要比有人驾驶汽车低很多，只不过是新生事物更加惹人关注而已。而且至少有一点：无人驾驶汽车出现软件故障的概率，比人类驾驶员疲劳驾驶、酒后开车的概率更低。

当然我们也应该看到，优步无人车事故表明无人驾驶汽车在人工智能上，还是没达到人类的理想水平。应付普通路面情况够了，应付特殊的突发状况则不足。这也是现在地面无平台发展的一大技术难题——如何让它具备更高的智能，可以识别动态、复杂环境里的各种情况，并做出正确率足够高的反应。这一要求的目标，瞄准的是比城市道路更复杂的环境——野外作战。在那里，不会有界限分明的水泥路面、白线护栏，而是要在杂草灌木丛生、泥土碎石遍布、起伏高低不同的地区，找出一条适合自己的路。

优步无人车把没有任何伪装的人，看成了不明物体、塑料袋，问题也不大。只要在软件上对安全性足够重视，不怕过多的安全动作，就能完成行驶任务。但需要军用无人平台识别伪装成树的敌人，技术难度上的天壤之别可想而知。民用无人车常用的GPS导航技术，在军用无人平台上不能过多依赖。所以除了GPS，它还有必要配备惯性导航等其他系统，并在受干扰的情况下，分辨出哪个导航信号是正确的。激光雷达在战场上很容易暴露自己，因此视觉传感器，还有微光、红外传感器，甚至可以探测





路面坚硬程度，区分硬土、草甸、泥坑的微波传感器，也要发展。还有续航里程、静音行驶等问题，都是需要考虑的。军用无人平台的地面环境探测、精确定位、路径规划、目标侦察、抗干扰等，才是现在地面无人平台研究中更难更重要的课题。

所以总体来说，无人车还是安全的，至少是能做得很安全。而且它对于很多技术的牵引、推动作用非常突出，我们不能因噎废食，只是在技术发展和监管上，需要更多的重视和谨慎。大多数国家也正是以这样的态度对待无人驾驶汽车的研发、上路测试的。2018年3月22日，百度公司就获得了北京首个路测自动驾驶汽车的牌照，随后开始进行测试（图3-6）。



图3-6 百度无人车首获北京无人驾驶牌照

拿到这样一个无人驾驶牌照的门槛其实不低。首先，北京市政府明确规定，对于测试期间可能出现的交通事故，测试单位必须购买交通事故责任保险或赔偿保函；事故按照现行规定处理，并明确由测试驾驶员承担相关法律责任。同时，要求所有申请道路测试的自动驾驶汽车已经通过5000千米以上的封闭测试场日常训练和相应等级的能力评估。只有达到了一定能力水平，并通过车辆安全技术检验，才能申请道路测试。测试驾驶员须通过不少于50小时的专门培训和训练，能够随时接管自动驾驶车辆。这一信号表明，我国政府对于无人驾驶汽车的发展还是积极开放与支持的。



说了无人车，再说说无人机是否安全。

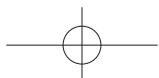
2015年1月26日凌晨3时8分左右，一架无人机闯入戒备森严的白宫，最后降落在白宫南坪（图3-7）。当时白宫特工处十分震惊，随后立即展开调查，整个白宫当即被封锁，直至确定该无人机无危险后才开放。后来得知，该无人机的操纵者纯属消遣，没什么特别企图。这架无人机是中国深圳大疆创新科技有限公司生产的一种小型四旋翼无人机，在美国售价仅400~1000美元。



图3-7 降落在白宫草坪上的小型四旋翼无人机

随后在2015年4月22日，日本首相官邸房顶上也发现了一架大疆无人机（图3-8），还经过大幅改造，原本白色的机身被涂成了黑色。日本警方称，无人机被检测出微量辐射，可能含有福岛核事故释放的铯，是“有人故意控制无人机飞入官邸”。这下性质就变了。

与之类似，国内无人机“黑飞”“乱飞”的现象也层出不穷。它们的最大危害是干扰民航机起降、偷窥保密区域。小小的无人机一旦飞到民航



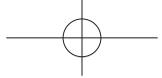


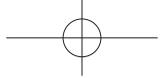
图 3-8 日本警察检查落在首相官邸的无人机

机的航线上，就有可能与其相撞。民航机在设计中已经考虑过普通飞鸟的撞击，而且机场都会采取一些驱鸟措施，尽量减少飞机撞鸟的危险。而无人机相比飞鸟，更硬更重，甚至飞行速度更快，对民航机的危害自然更大。有时遥控无人机的无线电信号，还可能干扰民航机的无线电设备。

2017年4月30日18时许，成都双流机场就再次发生无人机干扰民航飞行事件，共造成10个航班备降。此前从4月14日开始，双流机场已发生8起无人机扰航事件，造成共计过百架航班备降、返航或延误，其密集和危害程度空前。一位飞行俱乐部的负责人表示，这种现象已经不是孤立的个案了。

除了有人操纵无人机故意或无意中危害他人或公共安全，还有一种危险是无人机可能失控引发的。比如无人机因为缺电、碰撞而坠落，丢失了遥控信号而乱飞。对此无人机制造商已经采取了一些预防措施，比如缺电后无人机自主缓慢下降，丢失遥控信号后按照先前的飞行路线返回。随着技术进步，无人机抗风、自主返航、自动避障的能力越来越强。比如现在即便是小到手掌大小的无人机，都已经能安装一套障碍传感器，自动与飞行路线前方的物体保持安全距离。它甚至能自行在楼宇、峡谷间穿行。

还有一些无人机的反对者认为，它不仅影响了航班的正常起降，危害公众的人身安全，还带来个人隐私安全方面的隐患。谷歌董事长施密特就是一位坚定的反对者：“当你发现你的邻居买的商业化观测无人机从他们



的后院放出去，然后每天在你的屋顶转来转去，你怎么想？”事实上，目前针对民用无人机的滥用问题，确实还没有成熟的解决方案。即使恶意使用民用无人机来窥探公民隐私，受害者也没多少办法通过法律渠道讨回公道。这无疑令人不快。

汇总以上问题，我们已经可以看到，解决无人机安全隐患的根本措施，不在无人机本身，不在技术上，还是在于使用监管、法律规范。无人机就好比是一把菜刀，安全保障还是要落到用它们的人身上。能因为法律规范难，就把某项新技术本身判定为不安全吗？显然不能。

基于这种看法，支持无人机的人更多。很多国家也没有把民用无人机一律拍落，而是通过加强管理和立法，来解决已有的和未来的安全问题。

最后说说海里无人平台的安全问题。无人潜航器正在窥探我国海洋资源、威胁我国海防安全，那我们不发展、使用无人潜航器就能回避吗？答案当然是：不仅要发展，还得发展得更好。何况从经济民生来看，无人潜航器也是探测海洋资源、发展海洋经济的新式高效工具，放弃它才会让自己的经济更加虚弱，国家更不安全。

综上所述，无人平台确实带来不少安全问题，但这都是与经济发展、社会进步相伴随的，而且大多数并非无人技术本身的问题，要靠我们人类的正确使用和有效监管来解决。

## 第二节 | 无人平台会让人类下岗吗

除了最基本的生活安全问题，我们当然还要关心自己的生活质量问题。过得好不好，可直接取决于我们是否能有一个好工作、好岗位。但无

人平台正在剥夺人类的一些工作岗位。

比如中国最大的电子代工企业富士康，近年来频频发动裁员计划。2011 年宣布“百万机器人换人计划”，直接将机器人与流水线工人的矛盾摆到了明面上。从 2014 年到 2016 年，富士康的流水工人减少了 20 多万人，而且公司还宣布：20 年内，将取消所有流水线上的工人岗位，采用机器人替换全部流水线工人。富士康公司甚至还在研发自己的服务型机器人，以求在服务型产业用机器人取代人类。以富士康为代表，我国的劳动力红利正在如潮水般退去（图 3-9）。



图 3-9 机器人换人时代已经到来

与传统人力相比，机器人的优势在于标准化和高效。据统计，现在工业机器人的使用成本仅为人工的 23%。比如焊接机器人按 10 年使用寿命折旧（含维护费用）每年成本约 5 万元，而 3 个成熟的焊接技工每年的成本达到  $7.2 \text{ 万元} \times 3 = 21.6 \text{ 万元}$ 。有人认为，随着机器人技术的发展，现在的很多岗位未来将由机器人取代，不少人将因此失业。

回顾过去，每当世界面临一轮新的技术革命时，人们都可能担心会有工作岗位流失。工业革命时期，机器生产逐渐排斥手工劳动，使大批手工业者破产，工人失业、工资下跌。当时工人把机器视为贫困的根源，用捣毁机器作为反对企业主、争取改善劳动条件的手段，被称为“卢德运动”（图 3-10）。但历史证明，这样的代替是进步和正确的。

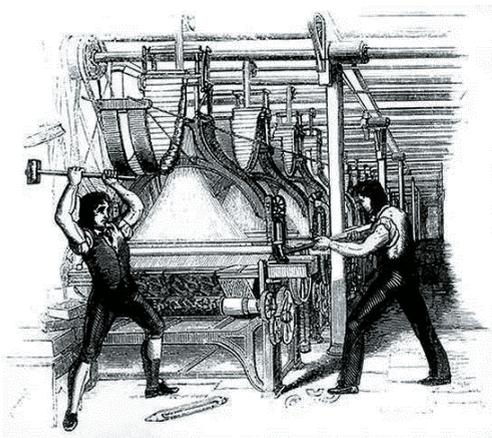


图 3-10 工业革命时期出现的“卢德运动”

2013年，英国牛津大学的一项研究报告称，未来有700多种职业都有被智能机器替代的可能性。越是可以自动化、计算机化的任务，就越有可能交给智能机器完成，行政、销售、服务业首当其冲。涉及的职业有司机、技工、建筑工人、裁缝、快递员、接线员、抄表员、会计、收银员、

翻译、记者、法官、播音员、节目主持人、保安、交易员、客服、保姆等。达沃斯世界经济论坛的一篇最新报告预计，今后5年，机器人将导致全球范围内的510万人失业。

现在对于机器人换人的大幕是否已经拉开，各方看法还不一致，但已经有不少这样的现象发生。因此，关于机器人换人最大的思考和争议，不在于是否机器人真的替换了人类，而在于机器人换人，是否真的是一场淘汰旧生产力、催生新生产力的革命？

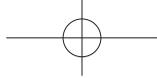
大多数人都站在这场争论的正方，认为无人平台技术、机器人，以及人工智能、大数据等技术，将引发人类生产力革命的第四次革命，也即当前的热点词汇：工业4.0。18世纪中叶以来，人类历史上先后发生了三次工业革命。第一次是进入“蒸汽时代”（1760—1840年），标志着农耕文明向工业文明的过渡，是人类发展史上的一个伟大奇迹。第二次是进入“电气时代”（1840—1950年），使得电力、钢铁、铁路、化工、汽车等重工业兴起，石油成为新能源，并促使交通的迅速发展。世界各国的交流更为频繁，并逐渐形成一个全球化的国际政治、经济体系。第三次是进入“信息时代”（1950年至今），全球信息和资源交流变得更为迅速，大多数国家和地区都被卷入全球化进程之中，世界政治经济格局进一步确立，人

类文明的发达程度也达到空前的高度。三次工业革命的空前成功，使得工业 4.0 获得全球范围内的一致拥护。支持者认为，“机器换人”的概念也经历了三个阶段：第一阶段，机力换人力，也就是用自动化的机器替换了人类，从事繁重的体力劳动，这在第一次、第二次工业革命就已经解决了；第二阶段，电算换人算，也就个人台式电脑的出现，实现用计算机的大脑替换人脑的计算，促成了第三次工业革命；而在工业 4.0 时期，必将发生第三阶段，即用机智换人智，也就是用机器人的智慧换取人类的智慧，能够代替人类从事更为复杂的工种。2014 年 12 月，“中国制造 2025”这一概念被首次提出，也正式宣布中国政府在这一历史舞台时刻，下决心加入技术革新大潮，全面提升中国制造的技术含量和科技水平。

无人平台在某些岗位代替人类工作已经是必然，是社会发展的潮流。不过这些无人平台在抢去工作岗位的同时，也在创造一些新的工作岗位。比如美国《世界日报》称，预测到 2020 年，人工智能技术将会创造 230 万个工作岗位，此数量远超可能因其而淘汰的工作数量。在中国机器人峰会上，也有专家提出的一个例证：绍兴市上虞区通过机器换人和自动化改造，4 年时间累计减少操作工人 250 万人，但与之相对的是运行数控机床等相关设备的工人大幅增加。这当然也意味着机器换人对劳动者的技能提出了新的要求，可能会由过去的“单一型劳动”逐步转变为“数字型劳动”，即人类劳动越来越多地体现电子化、智能化趋势。

因此，无人平台让人类下岗的问题并不严重。解决它，从个人来说是提高自身素质，不再去从事那些简单重复的劳动。从国家政府层面，则是一方面要扩大新的行业（如第三产业）和服务项目，向生产和服务的广度和深度进军；另一方面是加强对工人、技术人员的继续教育、培训，让他们适应新的社会结构，能够到绿色产业或行业工作，继续为社会做出贡献。

从某种意义上看，被无人平台代替的主要是那些单调、重复、危险、恶劣等不适宜人类或人类越来越不愿意从事的工作，而为人类创造的新岗



位，是绿色环保、需要更高创造能力的工作。这是社会的一种进步，人类要适应这种进步就需要不断学习新技术，更新知识。

### 第三节 | 无人平台会反人类吗

对于无人平台代替人，少数人持有保留意见的原因，不是经济方面，因为他们也不否认这样可以提高生产力。他们担心的是，带有人工智能的无人平台、机器人跑到了失控的边缘。比如霍金提出的“机器威胁论”、比尔盖茨提出的“要向机器人收税”，都在提醒人们要预防随着机器人发展而可能出现的不可控的局面。我们的未来究竟是如电影《终结者》一般，人类与机器人开战，毁灭大部分人类文明，还是像《机械公敌》一样，人类与机器人共生共处？

在所有没有证据的揣测或者所谓的杞人忧天以后，一个装有人工智能的人形机器人似乎表明这一切并不是没有可能。这个机器人叫索菲亚（Sophia，图 3-11），是由美国汉森机器人公司发明和制造的，2015 年一亮相就被各大媒体评为“最像人的机器人”，因为她的皮肤十分逼真，脸上甚至有 4~40 纳米的毛孔，几乎跟人类一模一样。



图 3-11 索菲亚人工智能机器人

几乎跟人类一模一样。

索菲亚的“大脑”是编程实现的，但她也能够自发创建一些基于算法的反应。她使用的 AI 技术会分析她正在进行的对话，推断信

息。虽然不是所有问题都能答得上来，但总的来说，她与人类侃侃而谈的能力还是让人感到惊讶。

2016年，索菲亚的创造者、汉森机器人公司的创立者 David Hanson 在 SXSW 演讲的现场演示环节中，曾向索菲亚问道：“你想摧毁我们人类吗？请说‘不’。”索菲亚在几秒钟的停顿后回答说：“好吧，我要毁灭你们人类。”

虽然还压根没有实现的能力，甚至索菲亚并不真正理解这句话的含义，但索菲亚的这个回答还是引人深思。这一问题和下面两个案例关系更为密切。

2017年11月，在日内瓦举办的联合国特定常规武器公约会议上，伯克利大学教授、资深人工智能研究者斯图尔特·罗素教授公布了一段可怕的“杀人蜂”机器人视频。在视频中，一个体型类似蜜蜂的小型无人机飞入会场并轻易躲过演讲人的抓捕。它悬停时还会在空中随机移动，让人很难消灭它。

这个无人机上面安装了3克成形炸药。它通过人脸识别技术找到目标人物——一个木制人体模型，定位后快速冲向目标的脸，并在接近脸时定向引爆炸药，在脑门上开个洞，把“人”杀死（图3-12）。



图 3-12 杀手无人机识别人脸目标后实施定向引爆

随后演讲者介绍了这种无人机的众多优点，包括能准确追杀“坏蛋”、成本低廉等。在后续的视频中，两个恐怖分子释放出一群“杀人蜂”无人



## 080 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

机，一个稍大的无人机在墙上炸开一个洞，然后小无人机们蜂拥而入，闯进教学楼，通过人脸定位杀死了正在上课的一众学生（图 3-13）。



图 3-13 通过批量释放“杀人蜂”无人机攻击无辜学生

在视频结尾，罗素教授发出警告：尽管这段视频和其中的杀人机器人并非真实，但视频中的科技目前已经存在。要避免视频中的悲剧发生，我们需要尽快行动。该次会议后，超过 200 名来自学界和业界的加拿大科学家和 100 名澳大利亚科学家联名写了公开信给本国总理，呼吁限制相关研究。国际机器人武装控制委员会的诺埃尔·夏基（Noel Sharkey）称，杀手机器人禁令运动并非要限制人工智能和机器人的相关创新，或者军用民用的自动系统，相反，我们希望确保人类对于每次攻击的控制权。

2018 年 2 月，德国正式宣布，同其他 22 个国家一样，正式加入“杀手机器人禁令运动”（Campaign to Stop Killer Robots）组织，承诺不将人工智能驱动的武器用于战争。目前还有 170 多个国家并未表决，或者对禁止使用自主武器不感兴趣。而最新的发展情况是，2018 年 9 月 3 日，非政府组织“杀手机器人禁令运动”指认美国、澳大利亚等国阻止达成禁

用“杀手机器人”的国际条约。

显然，在关于人类是否应当研发自主杀人机器的态度上，世界已经分裂成为两种态度。争议的焦点在于：该不该发展具有自主杀人权力的无人武器？！

一部分人认为，对这种技术应当而且必须予以阻止，其中，“杀手机器人禁令”运动是明确的反对派，并发出警告，认为“机器人杀人”的时代即将到来。

从某些方面说，像视频中“杀人蜂”无人机那样的先进智能化武器，正处于如火如荼的发展热潮中，已形成门类齐全、攻防一体的武器体系。美国不仅研发了UTAP-22“鲭鲨”、XQ-222“女武神”等多款智能化无人机，还先后研发了陆上“翼人”机器人车辆、海上水面无人攻击艇、潜射型机器人、多功能无人潜航器、由海向陆的MUX无人武装直升机等，形成以人工智能技术为基础、以集群智能技术为连接的无人兵团。俄罗斯也研发了“天王星”“平台”无人战车等智能化作战平台。英国BAE系统公司正在研发无人机智能合体技术，希望完成小型无人机与合体无人机的自由变形。

以罗素尔为代表的科学家指出，无人技术在军事领域具有巨大潜力，但无人技术一旦用于制造不需要人类监管就能自动运行的武器，将打开智能化机器人全自动“杀人”的潘多拉魔盒，将会对人类安全和自由造成毁灭性打击。

这一观点已经得到部分学者的支持。包括美国太空探索技术公司首席执行官马斯克在内的116名相关领域专家在公开信中警告说，“致命的自主武器有可能成为战争中的第三次革命。一旦它们发展起来，可能导致武装冲突以比以往任何时候更大的规模进行，而且速度比人类所能理解的还要快。”尤其让人担心的是，“这些自主武器可能被独裁者和恐怖分子用来对付无辜人群。一旦潘多拉的盒子打开，就很难再关闭。”

一些专业社会团体也立即对此做出了反应，比如，IEEE（电子和电



## 082 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

气工程师协会)宣布了为自主系统开发人员制定道德标准的计划。计划中表示,自主式武器将破坏国际安全、导致意外的军事升级甚至战争、破坏战略平衡甚至引发战争。IEEE 的报告给出了一些建议,比如这类武器的使用需在人类控制下。报告还表示,脱离人类控制以进行攻击或杀人的自主式武器的设计、开发或构建都是不道德的。

当然,另一部分专家则认为这种担忧过于杞人忧天。脸书创始人扎克伯格就反对说:“对那些否定人工智能,试图营造世界末日论的人,我确实不太理解。他们的言论某些时候让我感觉太不负责任。未来5—10年,人工智能将在许多方面改善我们的生活质量。”

从技术上来说,“杀人蜂”无人机、杀手机器人完全脱离人类的控制,眼下也并不容易。首先是它们的智能技术、行动能力,在总体上还是不如人类,只是某些方面超过我们。因此只要有针对性地采取措施,还是能抑制它们的危害的。比如上面的“杀人蜂”,用大炮打蚊子当然不行,但简单的渔网、高级的电磁脉冲都能消灭它们。就像传染病、细菌、病毒能杀死人,但人类也能开发出疫苗、防疫措施。而且和细菌、病毒相比,现在的无人平台有个致命弱点——不能繁殖。在上面的“杀人蜂”假想视频中,我们也可以看到,最后导致它们攻击人类的其实还是两个恐怖分子,还是人类。科幻电影中具备自我意识的机器人距我们还很遥远。无人平台也只不过是核生化武器后,一种新的大规模杀伤性武器。我们应该担心的是扩散和操纵这种“大杀器”的人、组织,而非无人平台这种技术。



## 第四节 | 无人平台会想杀人吗

“杀人蜂”是本来就为军事用途开发的，具备杀人功能的无人平台。因此在设计、使用中，我们人类会提前考虑好预防措施。但还有一些设计中不该伤害人的无人平台，也曾做出“杀人”举动。是过失？还是有意？

2015年7月，据《金融时报》报道称，德国大众汽车制造厂中一个机器人杀死了一名人类工作人员。当时这名21岁的工人正在安装和调制机器人，后者突然“出手”击中工人的胸部，并将其碾压在金属板上，导致这名工人当场丧命。

调查人员还在对这次事件进行调查时，有网民在互联网上宣称这是首起“机器人杀人案”。大众汽车公司发言人海克·希尔维格称，这不是与人类并肩共同劳动的机器人，当时它被放在安全笼中，这名不幸遇难的工作人员当时恰好在笼子中对其进行调试。

也正是在这起事件后，机器人技术的安全问题再次引发众人质疑。不光是霍金教授，马斯克、比尔·盖茨等人均对机器人技术的未来感到担忧，认为“它们可能失控，从而毁灭人类”。还有推特用户做出了有趣的联想：报道此事的《金融时报》记者萨拉·欧康纳（Sarah O’Connor），与科幻电影《终结者》中女主角萨拉·康纳（Sarah Connor），名字非常相似。这不仅仅是对“天网”的消遣，也是在提醒我们问题的严重性：已经有人因机器人而死。

这起事件发生后，许多人开始质疑机器人的安全性。未来生命研究所（Future of Life Institute）已经利用特斯拉电动汽车公司首席执行官伊



## 084 无人胜有人——聚焦无人平台的发展与应用

隆·马斯克捐赠的 700 万美元资助多项研究，旨在加强对人工智能的控制。其中一个项目将帮助确保人工智能武器处于人类控制之下。

除了德国大众被爆出的“杀人事件”，工业机器人伤人事件早有前科。

世界上第一宗机器人杀人事件可能发生在 1978 年的日本——9 月 6 日，广岛一家工厂的切割机器人在切钢板时，突然发生异常，将一名值班工人当作钢板操作，最终导致该工人死亡。

1979 年 1 月 25 日，也就是工业机器人发明公司 Unimation 公司成立 20 年后，在美国密歇根州的福特铸造厂，装配线工人罗伯特·威廉姆斯被工业机器人的机械臂击中而身亡。这是第一例有据可查的工业机器人杀死人类的事件。因为工业机器人生产安全问题的缺失，法院裁定工厂赔偿威廉姆斯的家人 1000 万美元。

此后在日本、英国等地，都曾发生多起工业机器人致人死伤的事故。仅日本从 1987 年到现在，已有十余名工人死于工业机器人手下，致残的有 7000 多人。

1989 年，苏联国际象棋冠军古德柯夫和机器人对弈，古德柯夫连胜 3 局，十分高兴地宣称机器人的智力是斗不过人类的。这时发生了悲剧——金属棋盘上突然被释放了高强度电流，恰巧古德柯夫的手正怡然自得地放在棋盘上。众目睽睽之下，一代国际象棋大师死于非命。

以上事故，还属于机械、软件故障，导致工业机器人、机器人棋手“发疯”了，无意中变成了杀人凶手。可是随着人工智能技术的发展，无人平台正在获得更多的决策权，也就是更多的“思考”。深度学习等新的人工智能技术，更是让它们自己学习如何进行思考、如何下决定。如果在这个思考过程中，乃至学习过程中出了故障，无人平台就不仅是变“疯”，而是变“坏”了。

显然，无人平台是否能具有意识，并能自主支配行动，是争议的焦点所在。

在早期的影视作品中，关于机器人成为杀手、主宰人类命运的幻想和





担忧，早已存在。1986 年的影片《火魔战车》( *Maximum Overdrive* )，本身可以说是有史以来最大的烂片，就连担任该片编剧和导演的畅销书作家斯蒂芬·金都说该片是一部“愚蠢的电影”。但它还是被载入影史，因为它想象了这样一个世界：推土机、链锯和电吹风机等无生命的物体活了过来，并开始屠杀人类（图 3-14）。



图 3-14 《火魔战车》剧照

而且在这部电影拍摄期间，酷似电影剧情的一幕在现实中上演：一台无线电控制的割草机闯入摄影棚，导致摄影导演重伤，一只眼睛失明。他将金和其他 17 人告上法庭，以不安全的工作方式为由索赔 1800 万美元，最终双方达成了庭外和解。

从某些方面来说，这部电影的拍摄经历在一定程度上牵涉到了当下有关无人平台、机器人和人工智能的热门辩论。关于“拥有 AI 技术的机器人会毁灭人类吗？”这旷日持久的辩论始终没有停止过（图 3-15）。如果把参加争议的人们分成两个阵营，可以说支持方和反对方的界限是相当清晰和明显的。



图 3-15 机器人会毁灭人类吗

一个有意思的现象是，反对方中居然集合了目前人类最有前瞻性思维的专家，这其中包括以下著名的言论：

2017年11月，史蒂芬·霍金指出，“如果人工智能的发展不受人控制，它可能会成为人类文明的终结者”。

2018年7月，特斯拉创始人埃隆·马斯克领衔的美国科技圈大佬们签署了一份协议，承诺不会发展致命的人工智能武器系统。协议警告：使用人工智能的武器系统“无需人工干预就能选定目标”，这造成了道德上和实操上的威胁。签署协议的知名科技界人士还包括，创造了阿尔法狗的谷歌系人工智能公司 DeepMind 的三位联合创始人肖恩·莱格（Shane Legg），穆斯塔法·苏莱曼（Mustafa Suleyman）和戴密斯·哈萨比斯（Demis Hassabis）；通信软件 Skype 的创始人之一扬·塔林（Jaan Tallinn），以及其他世界最权威和前沿的人工智能研究者。

当然，支持者中也不乏科技界大鳄，比如，尽管在部分专家看来人工智能具有很大的危险，不过谷歌一直在“机器人是否毁灭人类”的议题上投反对票。谷歌董事长施密特对机器人的“自主思考”表现得相当放心，认为值得大力投入“机器学习”的项目和研究。

## 第五节 | 无人平台的道德底线是什么

电影《终结者》给我们描述了一个机器人杀戮和奴役人类的黑暗未来，虽然电影中的场景短期内难以在现实生活中复现，但是在前面章节中讨论的恐怖杀人无人机、机器人杀人事件确实真实在发生，这不仅仅是科学技术问题，更是对伦理道德的思辨。

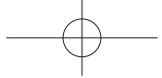
无人平台研究的道德理论底线是什么？这是全球哲学家、科学家一致寻求的终极问题。1950年，科幻小说家艾萨克·阿西莫夫在《我，机器人（I, Robot）》中提出了著名的“机器人三定律”：

第一定律，机器人不得伤害人，或因不作为使人类受到伤害；

第二定律，机器人应服从人的一切命令，但不得违反第一定律；

第三定律，机器人应保护自身的安全，但不得违反第一、第二定律。

曾有不少媒体、研究者把这作为机器人研究中的“金科玉律”，但在很多研究者眼里完全不是那么回事。人工智能理论研究者路易·海尔姆就曾表示：“我真的没从机器人三定律里获取什么灵感，它无法成为机器伦理的合适基础。”78年过去了，随着人类科技取得重大进步，机器人领域已经发生重大变化，且将继续变化，但我们对机器人三定律的实践并没有进展。现实中无论是AI安全研究者还是机器伦理学专家，都没有真的使用它作为指导方案。他们提出“机器人三定律”的缺陷还不少：内在的对抗性，基于有缺陷的伦理框架，不被研究者接受，哪怕在科幻文学里也会出问题。三定律还有一大问题，就是没有准确定义什么是机器人，什么是对人类的伤害。



因此无论从技术层面还是伦理层面，机器人三定律的实践都存在很多漏洞。其实《我，机器人》本就是围绕机器人遵守这三定律时出现的各种意外、变故写出的精彩小说。我们如今研究的机器人，还要比阿西莫夫故事中的机器人多了不少特殊功能的。最极端的就是军事战斗环境下的机器人，基本点就与“第一定律”相违背。

既然如此，在缺少指导性纲要的情况下，采用普遍性强的哲学思维理解一般性科学技术和谐发展观，形成指导性的想法和基础文件，反而比坚持设立基本原则，会直观得多。爱因斯坦说，“单靠知识和技巧并不能使人类走向幸福和高尚的生活”，因为“关于真理的知识本身虽然是了不起的”，可是“它却很少能起指导作用，它甚至不能证明向往这种真理知识的志向是正当的和有价值的”。在无人平台科学技术和伦理道德约束体系的建立过程中，积极克服莫名恐惧，重新建立正反馈信息最为重要。

恐怖谷理论是一个关于人类对机器人和非人类物体的感觉的假设。它在1969年由日本机器人专家森昌弘提出，当机器人与人类相像超过95%的时候，由于机器人与人类在外表、动作上都相当相似，所以人类亦会对机器人产生正面的情感。直至到了一个特定程度，他们的反应便会突然变得极端反感。哪怕机器人与人类有一点点的差别，都会显得非常显眼刺目，让整个机器人显得非常僵硬恐怖，让人有面对行尸走肉的感觉。人形玩具或机器人的仿真度越高人们越有好感，但当超过一个临界点时，这种好感度会突然降低，越像人越反感恐惧，直至谷底，称之为恐怖谷。可是，当机器人的外表及动作与人类的相似度继续上升的时候，人类对它们的情感反应亦会变回正面，贴近人类与人类之间的移情作用（图3-16）。

原因来源有几个，一是源于高仿真形态下真假的不确定带来的不安。仿真度很低，人们不怕，因为知道那是假的，仿真度高到一定程度，人们有时候就不确定真假，把真人当假人，把假人当真人，都会吓到人。另外，源



于一种威胁感。和人类如此相似却非人类，会让人觉得会遭到潜在的威胁。

上述两种心态，都是由于人们在认识陌生事物时，由于存在潜在的威胁而又缺少相应的科学知识，而产生的恐惧感，并且导致人可能会出现

消极情绪。这种心态在近年来反复出现，比如人们对波士顿动力的人形机器人阿特拉斯就表现出差异性的恐怖谷现象。

2017年11月，波士顿动力公司发布了阿特拉斯的新的宣传视频（图3-17）。这版的阿特拉斯身高1.75米，重82千克，均比上一版的高1.88米，重156千克在轻便上有所提升。它利用身体内部以及腿部的传感器采集位姿数据以保持身体平衡，头上的激光雷达定位器和立体摄像机可以使其在野外规避障碍物、探测地面状况以及完成巡航任务。

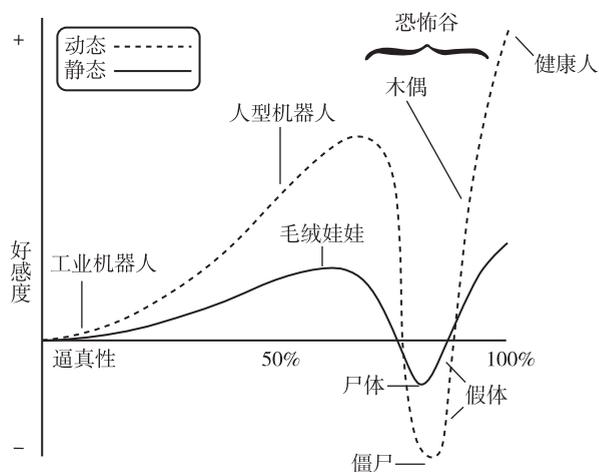
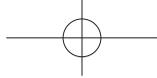


图 3-16 森昌弘的恐怖谷理论



图 3-17 机器人公司波士顿动力发布阿特拉斯的最新视频截图



就是这样引起科技界叹为观止、惊为天人的里程碑性视频，在普通大众看出许多科技之外的意味，接连有不同声音的新闻标题出现：“被作弄的 Atlas 机器人：连围观群众都看不过去啦！”“程度之惨烈让不少围观群众担心起机器人的心理阴影面积”“心疼！这个从小被人类‘虐待’的机器人，学会了自由奔跑”“人形机器人‘阿特拉斯’会后空翻了，细思极恐！”

可以看到，当机器人从外形上成为人们熟知的，类似于人的形态的时候，人们的心理开启了很微妙的变化。其作用就是直接担心有一天，阿特拉斯真的成为了电影《猩球崛起》中与人类开展对抗的猩猩（图 3-18）。



图 3-18 电影《猩球崛起》剧照

正如网友们脑洞大开后的疑问一般：机器人统治世界还远吗？这个问题前面反复争论很多次，实际上不会有明确的答案。

但是，人类对抗这种莫名恐惧的经验不少，比如说大部分人莫名地对蛇有一种恐怖感，有研究学者证明：怕不怕蛇与胆大胆小无关。美国弗吉尼亚大学心理学研究者发现，人怕蛇并非因为胆小，而是与生俱来的本



能。这种反应不是在生活中习得的，而是从人类祖先那里一代代遗传下来的。这项研究曾发表在《心理学科学》上。

无人平台可能是另外一种科学层面的“蛇”，因为人类天性中，也许就害怕两种东西，一种是“蛇”，一种是人类自身。正如，美国达拉斯—沃斯堡恐惧症中心主任克拉克·文森所说的，克服恐惧可以从了解、接纳开始。一个神秘的东西一旦被揭秘就变得不再新奇，就像魔术。

因此，对于蛇的恐惧是如此，对无人平台来讲也是一样，一旦我们开始愿意了解无人平台、认识无人平台，理解潜意识层无人平台的象征意义，对无人平台的恐惧就会减少，并积极摆脱忧虑。

机器人自从被创造出来就带着一种莫名的负面情绪，用现在的话来说，出身不太好。机器人，英文为 Robot。捷克作家卡雷尔·恰佩克于1920年在科幻剧本《罗素姆万能机器人》中发明了这个词，恐怕他不会想到这个词会在未来变得多少有些纠结。

在周朝的时候，一个叫偃师的高手，曾献给周穆王一个能歌善舞的偶人，它甚至还会对妃子们抛媚眼，结果惹得周穆王差点把这位给宰了——将偶人拆开，发现它只是由皮革、木头组成的死物。这就是我们对类人物体的直观感受。

20世纪后期，人类对于无人平台的恐惧集中体现在《终结者》系列电影中（图3-19）。在该影片中，有一个叫作“天网”的人工智能程序，由赛博达因公司制造，本来是世界上第一部自动防御军事网络，其特殊的用途决定了天网智能与其他类型人工智能的不同，也就是说，天网就是为了战斗而建造的。然而，1997年8月29日14点，天网产生了自我意识，人类发现之后企图关闭天网，后者随即用完全自动化的智能程序引发了核战争。终究而言，贯穿《终结者》系列的人机大战，起因只不过是一次具有自卫性质的行动，然而这种自卫是一种你死我活的争斗：对于拥有自我意识的天网而言，人类有能力将它“终结”，因此人类成为威胁到其存在的关键因素，人类必须被“终结”，消灭人类是天网的唯一目的。正



是因为天网的设定，使得这场人机大战，在影片推出的续集中延续，至今还未完结。



图 3-19 电影《终结者》中人类被机器人围殴

在终结者之外，还有类似于《超能查派》《机器姬》《我，机器人！》等一大批影片来反思机器人、人工智能技术发展潜在的风险，以及担心有一天会出现机器人与人为敌的场景。

然而，这些电影也不约而同地认可一件事情：机器人时代必然会到来，或早或晚，但是这一趋势不会改变。关键是看人类在这一无法逆转的时代洪流中的心态，也许应该抱着既来之则安之的心态。

有一点需要强调的是，大多数人们理解武器，第一直觉是杀人而非救人，因而产生抵触。实际上，武器从它本身的作用来讲，还有捍卫国土和自身安全的作用。武器的使用方才是主导武器成为杀人机器的主要原因，人的主观性永远是起到主要作用的。

在机器时代到来的前提下，武器设计者应当抱有救人非杀的初心，与机器为友非敌。只有这样，人类的未来才能掌握在自己的手中。

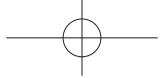
## 第六节 | 无人平台应该如何监管

上面阐述的典型案列，反映出无人技术发展过程中，突出的矛盾和热点问题，与人类的生产生活方式、伦理道德法律、社会制度等产生的碰撞与摩擦。一些事件集中体现人们对设立相对合理的法律法规的期待，另一些则更加深刻地刻画了“无人”时代的忧虑和思考。

当新物种突然出现的时候，置身其中的人们往往会产生一个惯性的评判，或是看好，或是唱衰，或是思考善与恶，或是探索危与机。而在科技领域，无人平台技术无疑就是这样一个“新物种”。从根本来讲，这一问题好坏与否的争论将会无休止地进行下去，直到最终的结果诞生，只能说一切皆有可能。毕竟历史的精彩性在于，除了必然，还有许许多多的偶然性事件在推动。

尽管如此，一些原则性的底线正在形成，这些将会形成条文、法律或法规，从某种意义上约束无人平台往尽可能正确的道路上发展；一些应当遵守的道德界限，无论过去、现在还是未来都不应当被突破，维持形而上的哲学体系的尊严，仍然将指导包括无人技术在内的人类文明持续性的推进；从最根本的角度来讲，现有的种种负面问题，仍然是技术层面的问题，永远保持面对问题就解决问题的心态，保持积极乐观的救世态度，是应当值得鼓励提倡的。

在最靠近商业化进程的无人平台技术中，无人驾驶汽车无疑是这方面走在最前沿的领域之一。在国外，美国、英国、德国等汽车发达国家已经将自动驾驶逐步纳入法律监管范畴，允许自动驾驶汽车有条件地上路行



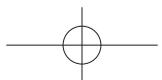
驶。但是，即使将来法律允许终极阶段的无人驾驶汽车上路行驶，也不意味着法律对于无人驾驶汽车的使用者将无任何要求。比如对不同级别的无人驾驶汽车的驾乘人员仍有不同要求、车辆行驶需有专用号段、专用号牌和电子标识管理等。至于无人驾驶汽车的道路交通事故责任认定问题，将从“人命优先”的理念出发，对无人驾驶汽车提出更高要求。

### 【美国】：分级无人驾驶技术的智商水平，分步骤实现自动驾驶

美国在制定无人驾驶法规时，最大的贡献是提出了无人驾驶车辆的智能化等级分级制度，从而能够指导制造商分阶段制造车辆，并且符合相关标准，从而保证车辆行驶的绝对安全。

历史上，美国的无人驾驶起源于军方需求，开发无人驾驶的目的是运送大量军需物资。为了开发这项技术，美国国会拨款 100 万美元给国防部高级研究计划局（DARPA）以举办无人驾驶汽车越野比赛，吸引了大批科学家与研究者参加。2013 年，美国交通部国家公路交通安全管理局（NHTSA，以下简称“美国交管局”）发布了《关于无人驾驶车辆的政策初步声明》，明确了无人驾驶车辆的研究计划，并建议各州鼓励批准公共道路无人驾驶测试。同年，加利福尼亚州首先对无人驾驶测试的规定进行公示，随即在 2014 年生效，主要内容为：要求制造商提交包括测试自主车辆所需的保险、无人驾驶车事故发生后的一份分析报告，并且需提交年度总结报告。自此，各大企业的无人驾驶车测试在加州开启了新的篇章。

2016 年 9 月 20 日，美国交管局首次公布了《联邦无人驾驶汽车政策》（Federal Automated Vehicles Policy）。这是美国的第一份无人驾驶汽车联邦政策文件，也是全世界迄今最全面的无人驾驶汽车全国性监管规定之一。政策由无人驾驶汽车性能指导、各州相关政策统一化战略、NHTSA 现行管理手段、未来监管措施创新四大部分组成。同时，美国交管局采纳了美国汽车工程师协会（The Society of Automotive Engineers）对无



人驾驶等级的界定，设定出 5 个等级（图 3-20）：

Level 0 ——无自动化：由人类驾驶者全权操作汽车，在行驶过程中可以得到警告和保护系统的辅助；

Level 1 ——协助驾驶：通过驾驶环境对方向盘和加减速中的一项操作提供协助，其他的驾驶动作都由人类驾驶员进行；

Level 2 ——半自动化：通过驾驶环境对方向盘和加减速中的多项操作提供协助，其他的驾驶动作都由人类驾驶员进行；

Level 3 ——有条件自动化：由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统要求，人类驾驶员需提供适当的应答；

Level 4 ——高度自动化：由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，根据系统要求，人类驾驶员不一定需要对所有的系统要求做出应答，但限定了道路和环境条件；

Level 5 ——完全自动化：由无人驾驶系统完成所有的驾驶操作，

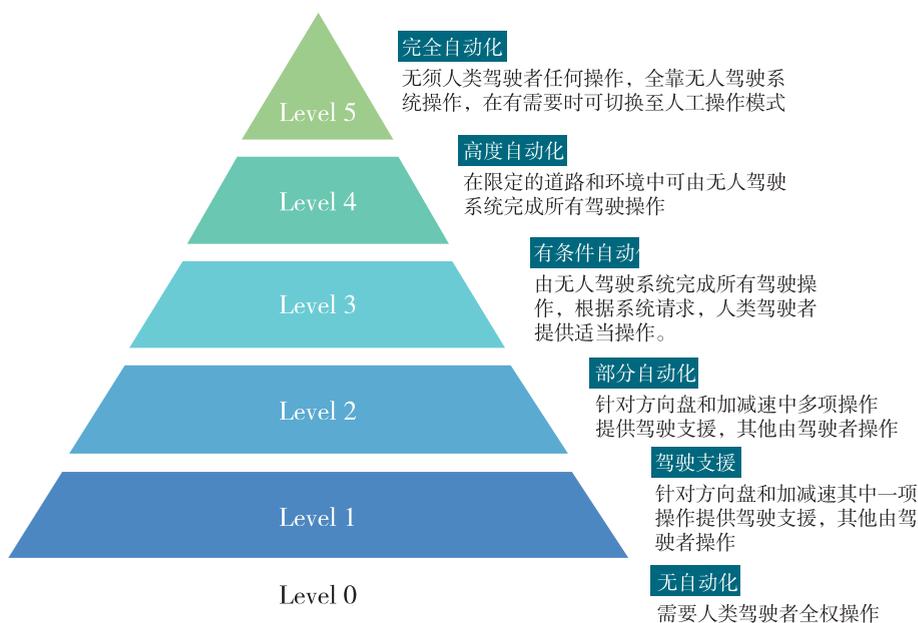
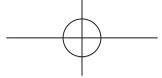


图 3-20 美国汽车工程师协会制定的 5 级无人驾驶车辆智能化水平



人类驾驶者在可能的情况下接管驾驶操作，并且允许汽车在所有的道路和环境条件下行驶。

时隔一年的 2017 年，美国交管局又发布了《联邦无人驾驶系统指南：安全愿景 2.0》，着重强调了无人驾驶的安全性优先原则以及对消费者进行教育普及，要求汽车厂商采取措施应对网络威胁和网络漏洞，对车辆辅助系统进行网络安全评估。当时的美国交通部长赵小兰表示，美国交通部和美国交管局已经征求民众意见，即将于 2018 年推出无人驾驶指南 3.0 版本。

赵小兰表示：“无人驾驶汽车可以帮助盲人和残疾人士，并大幅减少车祸事件。据初步估计，2016 年美国因交通事故死亡的人数超过 4 万，其中 94% 的事故涉及人为失误。我们想要确保那些参与其中的人和制造商，明白安全的重要性，我们也想确保我们国家的创新和创造力依然存在。”

### 【德国】：用哲学思想明确无人驾驶的行为主体和责任主体

德国是汽车生产大国，德国运输部长亚历山大·多布林特曾把无人驾驶称为“汽车诞生以来的最大革命”，同时德国无人驾驶技术的发展也比较早，在无人驾驶专利数量上排行世界第一，并且与美国一样也开放了无人驾驶测试区。与美国从量化的角度考核无人车的智商性能从而保证车辆行驶安全的策略不同，德国更多的是从哲学的角度，明确无人驾驶的行为主体和责任主体。

早在 2013 年，德国就已经允许博世、奔驰等公司的无人驾驶汽车在国内各种道路上进行实地测试。2015 年出台《自动和联网驾驶战略》，指出保持在无人驾驶领域的领先地位是“国家持续发展和繁荣的基础”，且应该为其立法以保证无人驾驶的发展。2016 年 7 月发生的一起特斯拉致死交通事故引起德国政府的高度重视，交通部长表示将立法要求汽车厂商为其无人驾驶汽车安装黑匣子（飞行记录仪，在航空领域已经有了几十年

的使用历史，主要作用是记录飞机的飞行数据)。2016年10月，德国交通部长要求特斯拉不要再在广告宣传中使用“无人驾驶”字眼，称其有误导消费者之嫌。2017年2月，德国交通部长在柏林宣布，德国与法国在跨境公路上开放了一处无人驾驶汽车测试点，旨在推动无人驾驶关键技术跨国标准的建立。

2017年5月12日，德国联邦参议院通过了首部无人驾驶法律《道路交通法第八修正案》。该法律规定：当汽车的高度自动或完全无人驾驶系统运作时，驾驶人可把对方向盘和刹车的控制交给汽车，而其自身可以进行娱乐、休息或者办公，但驾驶人必须在方向盘附近，以便随时接管汽车的控制。该法律还规定，配有无人驾驶系统的汽车必须配备黑匣子，用来记录汽车的行驶数据，例如何时是系统控制、何时是人工驾驶，以明确交通事故发生后的责任人。如果事故发生在人工驾驶阶段，由驾驶人承担责任；如果发生在无人驾驶阶段，或由于系统失灵酿成事故，由汽车厂商承担责任。该法律是全世界对于无人驾驶汽车交通事故责任划分最明确的。

2017年10月25日，德国首辆无人驾驶公交车正式投入运营。由此可以看到对于无人驾驶，技术研发的难度已不是人们关心的问题。在更多人眼中，伦理困境其实才是无人驾驶更难逾越的鸿沟。德国在2017年5月发布首部无人驾驶法律后，紧接着又出台了无人驾驶伦理准则，一共有20条，由德国联邦交通与数字基础设施部下设的伦理委员会起草。

其内容大致如下。

——无人驾驶的主要目标是提高所有交通参与者的安全，并在同等程度上降低所有交通参与者的风险。

——从伦理角度来看，允许无人驾驶系统事故的存在。

——无人驾驶系统应平等对待所有交通参与者，不应有任何的歧视，也不应直接做出类似“撞一个救五个”的决定。

——无人驾驶系统不能解决“电车难题”和其他问题，但要防止此类问题的发生。



——人的生命安全优先于其他利益，在发生事故时可以牺牲财产和动物生命来保护人类生命。

——机器和人的责任必须明确界定。机器不能取代或优先于人们的独立决定；面对不可避免的意外，人们必须做出最终的行为决定。

——自动驾驶技术的发展和不应受到“技术力量”的影响。

——数据的所有权和使用应由车辆的所有人或用户决定，任何第三方不得侵入。

——除了技术的全面普及，还应该教导人们学会如何使用无人驾驶系统。

在德国无人驾驶规范中，不得不注意的是，提到了一个哲学意义上的学术名词：“电车难题”（图 3-21）。

这是一个经典的科技道德命题，最早是 1967 年由英国牛津大学伦理学者菲利帕·福特（Philippa Foot）提出的，其大致意思是：一辆失去控制的电车即将驶来，其前方轨道上刚好有五个人正在施工，根本来不及

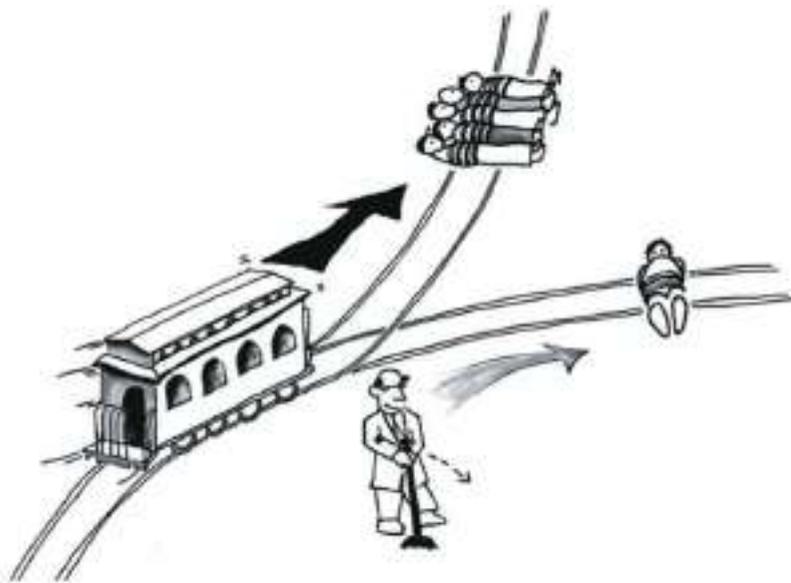


图 3-21 电车难题



移动逃脱，你正好站在一个换道器旁，扳动它，就能把电车换到另一条轨道；但另一条轨道上也有一个人在铁轨上无法移动或来不及移动。你只有几秒钟的考虑时间，该如何抉择呢？是扳动换道器把电车换到只有一个人的轨道，还是让它保持向前行驶，让原轨道上的五个人丧命？在多数人的生命利益和少数人的生命利益之间，到底该如何选择？

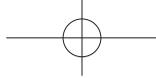
就是几十年来一直困扰大家的“电车难题”。纯粹从数量上看，一换五，似乎才是正确的选择。但另一方面，这次意外的影响本就是冲向五个人的，你有什么权利剥夺另外一个无关人员的生命？那个人如果愿意自我牺牲固然很好，但你能在没有询问对方的情况下，替他做出如此大的牺牲吗？因此你扳动换道器是不道德的，应该为这个人的死亡负责。但也有一部分人认为，面对这样的选择不作为也是不对的。实际情况远比这更加复杂。比如其中有人是国家元首、核心专家，或者有相关的亲人、朋友，或者有人是逃逸的罪犯，等等，那抉择的意愿肯定会受道德和感情的影响。上面六个人的生命，怎么简单地看成同等价值的抽象个体呢？以前社会上出现过大学生、年轻士兵因勇救落水老人而不幸遇难的事件，于是有人批评救援者的行为“愚蠢”。这样的评价显然不正确，因为他只把人的年龄当作了衡量生命价值的标准，而且没有考虑人的生命中也具有精神价值。这么考虑下来，“电车难题”就更复杂了。

德国的自动驾驶二十条，从规范的意义上来绕开的“电车难题”，车辆设计者应当极力避免此类事故的发生，如果一旦发生，则遵循尊重生命、合理平等的设计准则。

### 【其他国家】：纷纷加速制定无人驾驶相关的举措及法律法规

**英国：**清除束缚自动驾驶车的法规，就保险条例和汽车法规等进行修订，英国 Adrian Flux 公司（英国的一家保险公司）推出针对自动驾驶汽车的保险政策。

**日本：**日本远程监控汽车状况的无人驾驶汽车将于 2020 年被允许上



路。2017年将启动在人口过疏地区和郊外的公路试验。日本也将修订《道路交通安全法》和《道路运输车辆法》等法规。

**法国：**法国无人驾驶战略将围绕实验和试点项目的新法律法规制定、自动驾驶网络安全、隐私问题等进行深入探讨，第一批法律提案预计将于2018年底前完成，一旦获得批准，将允许L3和L4级自动驾驶公共交通工具，如机器人出租车和自动交付车辆等上路，力争无人驾驶技术在2022年达到高度自动化。

**加拿大：**加拿大安大略省从2016年1月1日起，允许无人驾驶自动汽车在该省道路上行驶。安大略省成为加拿大首个在实际道路上开放无人驾驶汽车行驶（测试）的省份。

**澳大利亚：**南澳政府通过立法：允许无人驾驶汽车上路试驾。该州成为澳大利亚第一个引入法律允许在公共道路上试驾无人驾驶汽车的州。

**韩国：**在新修订的《韩国汽车管理法》中明确了自动驾驶车辆的运营细节，韩国国土交通部在2017年将向自主车辆基础设施拨付279亿韩元（2450万美元）预算，同时在“韩国硅谷”板桥市建立一座名为“k-city”的模拟城市用以测试自动驾驶汽车。

**俄罗斯：**俄交通部计划制定国家立法以及国际条约中确定自动驾驶法律地位部分的修正案，从而将无人驾驶车辆合法化。

**新加坡：**新加坡政府将在2022年起，在榜鹅、登加以及裕廊创新区等三个镇引入无人驾驶巴士服务。

## 【中国】：开放包容，地方先行，法律法规跟进迅速

为促进我国自动驾驶技术的发展，2017年12月15日，北京市交通委员会、北京市公安局公安交通管理局和北京市经济和信息化委员会，联合制定并印发了两项法规，即《北京市关于加快推进自动驾驶车辆道路测试有关工作的指导意见（试行）》《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》。这是国内首次为自动驾驶测试颁布法规，允许自动驾驶汽

车在指定区域进行测试，对国内的汽车厂商也是一个很好的激励。2016年在北京亦庄成立了自动驾驶汽车测试示范区。相比美国的无人驾驶测试法规而言，北京的法规中没有提出大额押金的要求，但需要测试车辆购买交通事故责任险。

这两个法规的重点内容大致如下。首先对自动驾驶进行了定义。自动驾驶功能是指：在不需要测试驾驶员执行物理性驾驶操作的情况下，能够对车辆行驶任务进行指导与决策，并代替测试驾驶员操控行为使车辆完成安全行驶的功能。自动驾驶功能包括自动行驶功能、自动变速功能、自动刹车功能、自动监视周围环境功能、自动变道功能、自动转向功能、自动信号提醒功能、网联式自动驾驶辅助功能等。自动驾驶系统是指能在某一时段执行自动驾驶功能的系统。仅含以下机动车辅助类自动化系统的不属于自动驾驶系统：主动安全辅助系统、电子盲点辅助系统、防撞系统、紧急制动系统、停车辅助系统、自适应巡航系统、车道保持辅助系统、车道偏离报警系统、交通堵塞排队援助系统等。

法规另表明，只有中国境内公司才可以申请测试，且每个公司最多只能申请5年；必须由第三方监管机构进行申请资格测试，并定期上传测试数据；测试车辆上必须有测试员随时进行接管控制，且每台测试车辆都必须张贴测试专用标志；在进行实际道路测试之前必须先要在封闭的测试场地进行预测试。法规还规定，事故发生后测试员也要承担相应的法律责任；对违反规定的行为，直接取消测试资格并在一年内不得再进行测试。

自从2017年北京率先推出自动驾驶测试法规后，中国其他城市如上海、重庆、广州等也先后出台了自动驾驶测试法案。目前，百度、腾讯、东风等企业正在有条不紊地开展道路测试。表3-1显示了其他城市公布的法案。

表 3-1 中国关于自动驾驶测试条例及相关法案

部委 / 地方	发布日期	自动驾驶路测法规
工信部、 公安部、 交通部	2018年4月11日	《智能网联汽车道路测试管理规范（试行）》
北京	2017年12月18日	《北京市关于加快推进自动驾驶车辆道路测试有关工作的指导意见（试行）》 《北京市自动驾驶车辆道路测试管理实施细则（试行）》
	2018年2月2日	《北京市自动驾驶车辆道路测试能力评估内容与方法（试行）》 《北京市自动驾驶车辆封闭测试场地技术要求（试行）》
上海	2018年2月28日	《上海市智能网联汽车道路测试管理办法（试行）》
广州	2018年6月4日	《广州市关于智能网联汽车道路测试有关工作的指导意见（征求意见稿）》
深圳	2018年3月16日	《深圳市关于规范智能驾驶车辆道路测试有关工作的指导意见（征求意见稿）》
重庆	2018年3月14日	《重庆市自动驾驶道路测试管理实施细则（试行）》
湖南长沙	2018年4月16日	《长沙市智能网联汽车道路测试管理实施细则（试行）》
吉林长春	2018年4月16日	《长春市智能网联汽车道路测试管理办法（试行）》
河北保定	2018年1月11日	《关于做好自动驾驶车辆道路测试工作的指导意见》
福建平潭	2018年5月9日	《平潭综合实验区无人驾驶汽车道路测试管理办法（试行）》

### 本章小结

本章从多个方面介绍了无人平台的安全问题。首先我们从无人平台的工程技术的角度来思考了这些问题，技术的不成熟导致出现诸多的事故，技术成熟了但监管不完善。无人平台与人类的矛盾越来越凸显，怎样处理好矛盾也尤为关键，我们也应该进一步加大关于无人平台安全问题的社会监管力度。最后，我们从伦理和法律的角度反思了这些问题，呼吁我们国家参考其他国家的经验，完善法律法规。



## 第四章

# 中国的“无人” 事业

2014年6月，习近平总书记在两院院士大会上指出，“我国将成为机器人的最大市场”，要求“我们不仅要把我国机器人水平提高上去，而且要尽可能多地占领市场。”同时，德国推出“工业4.0”、美国提出“先进制造伙伴计划”，发达国家都纷纷开始实施智能机器人制造战略，人工智能和机器人技术开始受到国家的高度重视。

我国自20世纪90年代中期开始加大对无人系统的研发投入，包括深空探测、国防军事、国防“973”、科技部“863”、基金委等多个国家重大研究计划陆续颁布，在无人机、无人车、无人艇、机器人方面取得了一批有代表性的装备和科技成果，某些单项装备或技术已经跻身世界前列。随着“智能时代”拉开序幕，我国无人系统产业也同样得到持续创新发展，催生出多样产品形态，焕发出无限生机。

在这样一个大背景下，本章重点回顾我国在无人机、无人车、无人艇及智能机器人方面的主要成就，并就无人系统未来的技术发展开展讨论。



## 第一节

# 无人机：长空比翼，利剑翱翔

我国无人机技术在近些年来发展速度迅猛，可以说是突然杀出的黑马，打破了欧美国家对无人机市场的垄断。在民用领域，我国无人机已经占领了 70% 的市场，在军用无人机领域也拥有越来越多的市场份额。

### (1) 军用无人机领域：发展迅猛，无人机集群技术是亮点

我国军用无人机的研发虽然起步晚，但经过了将近 40 年的技术发展（最早的军用无人机研制报道可追溯至 20 世纪 70 年代），现阶段的发展基本与世界同步，而且在某些领域和某些关键技术方面，已经走在了世界的前列。下面先为大家介绍几款典型的军用无人机装备。

#### 【翔龙无人侦察机】

图 4-1 这款无人侦察机全长 14.33 米，翼展 24.86 米，最大起飞重量达到 6800 千克，最高升限 20000 米，巡航速度可达 700 千米/小时，



图 4-1 翔龙无人侦察机

最大飞行距离可以达到 7000 千米。该机的战术地位等同于美军的“全球鹰”无人侦察机。但与“全球鹰”无人机不同的是，该无人机采用少见的钻石翼气动布局设计，与传统气动布局相比具有重量轻、升

力大、阻力小、尺寸较小的优势。

该无人机最早在 2006 年珠海航展上露面，当时是以模型状态进行展出，其原型机于 2012 年首次试飞，随后不时出现在公众视野中。

### 【翼龙无人机】

翼龙无人机（图 4-2）是一种中低空、军民两用、长航时、多用途的无人机。装配一台 100 马力的活塞发动机，具备全自主平台。

翼龙无人机外形酷似美国较大的无人机 MQ-9，但大小和 MQ-1“捕食者”类似。重 1.1 吨，长 9 米，翼展有 14 米。“翼龙”最高可以飞到海拔 5300 米，航程可达 4000 千米，可用于军事和非军事行动。“翼龙”无人侦察机于 2007 年 10 月完成首飞，2008 年 10 月完成性能 / 任务载荷飞行试验。



图 4-2 翼龙无人机

### 【彩虹无人机】

彩虹无人机（图 4-3）带有侦察攻击一体化系统，适用于侦察和对地面固定和移动目标进行精确打击，可挂载光电侦察载荷和 2 枚空地导弹，攻击精度小于 1.5 米，也可挂装 GPS 精确制导炸弹对地攻击。该无人机翼展 8 米，最大起飞重量 650 千克，最大任务载荷重量 180 千克，最大航时 15 小时，最大速度 56 千米 / 小时，最大升限为 7000 米。



图 4-3 彩虹无人机



2008年以来,彩虹无人机多次亮相国内外航展,成为首个公开亮相的国产无人攻击机系统,得到了国内外媒体的广泛关注。世界权威军事杂志《汉和防务评论》、美国著名杂志《防务周刊》《航空周刊》、德国防务专家网以及新华社、中央电视台等多家媒体均对彩虹无人机进行了报道,在国内外引发较大影响。

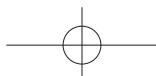
总体上,无论从技术实力还是现有型号性能上看,中国在无人机领域已经达到了空前的高度,具备了和美国分庭抗礼的能力。最新的翼龙2、彩虹5、云影、风影等无人机,已经向大型化、隐身化、智能化方向发展,这也是引导解放军装备建设的重要方向。

中国无人机技术发展迅猛,其中无人机集群技术尤为突出。据报道称,我国已成功完成了200架固定翼无人机集群飞行,刷新了此前中国创造的119架固定翼无人机集群飞行的纪录(图4-4)。同时,还成功实现了国内首次小型折叠翼无人机双机低空投放和模态转换试验。



图4-4 固定翼无人机集群飞行

“集群智能”作为一种颠覆性技术,一直被各国视作无人系统人工智能的核心,是未来智能无人系统的突破口(图4-5)。大规模、低成本、



多功能的无人机集群通过空中组网、自主控制、群智决策，可以应用于多种探测感知、应急通信等任务。集群控制的最大用途仍然在军事领域，不少分析都认为无人机蜂群将会彻底改变未来战争。

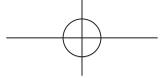


图 4-5 集群智能

## （2）民用无人机：厚积薄发，在无人机制造及市场占领方面处于世界前列

民用无人机技术起源于军用无人机技术。随着军民融合发展国家战略的深入实施，无人机技术的飞速发展和军民技术的深度融合，国内民用无人机市场呈现出一片欣欣向荣的景象，业界专家表示，虽然国内的无人机产业发展仍处于起步阶段，但我国无人机企业这几年厚积薄发，迅速成长，已成为全行业的佼佼者。2015年，美国 CES 消费电子展上的无人机展区中，中国企业占了一半。全球每卖出 10 架无人机，就有 7 架是中国制造。

在国务院制定的“中国制造 2025”规划中要求推进无人机产业化快速发展。近年来，随着工业产业链配套的成熟，以及无人机技术的发展成熟，我国从单纯的生产加工制造转向自主研发，在民用无人机制造方面处于世界前列。中国的无人机产业以产品在国际市场创造了新奇迹，中国无人机厂商实现了中国制造升级到中国创造的转型。民用无人机作为通



用航空行业异军突起的“中国制造”代表性产业，随着行业应用的加速推广、消费领域的需求爆发以及新应用领域的拓展，将是航空业最蓬勃发展的部分。

无人机正在应用到涉及民生的很多领域，发挥着各种重要的生产力作用。与消费级无人机市场不同，工业级市场由于主要侧重飞机的技术性能和行业应用，在实际运用中需要与行业客户反复沟通，不断地改进方案，因此具有很强的客户黏性和壁垒。工业级无人机在行业应用的深度是技术与经验长期积累的结果，在各行业领域具有极大的商业价值，可以深入应用于农林植保、电力巡线、石油管道巡检、国土测绘、海洋监测、气象探测、人工降雨、航空遥感、抢险救灾、环保监测、森林防火、警用巡逻、交通监控、物流快递、医疗救护、地质勘探、海洋遥感、新闻报道、野生动物保护等诸多行业场景。我国工业无人机制造应用尚处在起步和示范阶段，总体技术还比较落后，只在为数不多的领域得到了较好的发展，在更多工业应用领域依旧处于不断探索阶段，还没有形成规模化的市场，整体处于爆发前的积累阶段。

在运输领域，随着各大物流电商企业的纷纷入局，物流无人机在2017年开始爆发。

在测绘领域，虽然无人机飞控的自动化程度不断提高，但起降方式一直是测绘无人机使用过程中普遍遇到的难题：多旋翼起降方便，可是航时较短；固定翼航时长，可对场地的要求太高，没办法随时随地起飞。在这一情况下，垂直起降复合翼无人机便成了市场追逐的热点。2017年，在无人机展会上有10多家企业竞相展出垂直起降无人机飞行平台，场面十分火爆，这一年也被冠以了“垂直起降无人机的元年”的称号。由于2017年10月16日国务院发布了《关于开展第三次全国土地调查的通知》，各界对测绘无人机的发展前景普遍看好。不过，测绘无人机能否起来将严重依赖未来中国的低空管理政策。

在巡视领域，不管是警用安防、电力巡线（图4-6）、石油管线，还



是电信巡航、森林防火……无人机的应用都开始有了点苗头，但还谈不上大面积应用。之所以还没有大面积用起来，主要在于行业还不接受，这种不接受，或因为产品太昂贵不敢随使用，或者产品成熟度不够，与行业结合不够、性能还没有办法达到精度要求。这样的现实也令不少警用安防等巡视领域的从业者感到迷茫，包括在确定公司产品的方向时，不太拿得定主意，无法找到合适的发力点。



图 4-6 电力巡检无人机在高空作业

与国外相比，中国工业级无人机产业还没有统一的行业标准（包括无人机本身的技术、性能标准、工作标准等），虽然很多工业级无人机在远离建筑物和人群的地方进行作业，但作业过程中仍存在安全隐患。目前，民航、工信部、农业部等相关部门，都在积极地制定相关政策。从各个层面显示，工业级无人机的发展势头很好，如果覆盖无人机销售、空运使用、政策规划立法的全产业链管理体系出台，那么工业级无人机的生产、上牌、年检、航线、服务甚至保险、管理、安全等一系列问题才有可能解



决。届时工业无人机的市场爆发就不远了。

民用无人机未来的发展重点在于主观的无人机使用方式和使用安全方面。首先，在无人机出现价格大幅下降的趋势之后，普通小型民用无人机更易被当作监视工具使用的同时，安全性也无法得到保证。出于对安全和隐私方面的考虑，世界各国至今都未对民用无人机完全开放其监管政策。其次，由于无人机仍不具备感应和躲避物体能力，在空域监管上，如何将无人机纳入一般飞机飞行的空域，各国都遇到规范上的困难。因此，各国均对民用无人机的飞行做出不同的限制，这对民用无人机的发展形成了必然的阻碍。但从无人机适航发展的历程看，各国的无人机适航工作都得到了本国工业部门的积极推动。在未来，民用无人机的发展将不只局限于客观技术和设备的改善，对民用无人机的认识程度及主观的监管政策才是推动民用无人机普及的最终因素。

## 第二节

# 无人车：军民融合，协同发展

无人车是指能够在各种路面或野外环境行驶及执行某种任务，但车内没有操纵者的车辆，从用途上区分，可简单分为军事用途和民用两种。近年来，我国的无人车技术获得了快速发展，在顶层规划、总体技术、感知与环境理解、自主规划与决策、核心器件与任务载荷、高适应行走技术、人机交互与指挥控制等技术方面均取得了阶段性成果，并进行了样机的研制与技术验证。以下我们先介绍几款典型的军用无人车装备。



### 【“猛士”无人驾驶平台】

图 4-7 是一辆由“猛士”车改造的无人驾驶平台，用于研究环境感知与智能控制技术。该平台已经具备基本的感知、导航和自主行驶能力，实现了自主车辆的凹障碍检测，能够在车前 12 米的距离上检测跨度为 70 厘米的凹障碍，在面向越野环境的规划与控制方面，实现了车辆以不大于 20 千米/小时的速度自动驾驶，车辆在运行过程中能根据环境信息自动调节运行速度，规避障碍。该平台还具有夜间无人驾驶功能。



图 4-7 “猛士”无人驾驶平台

### 【履带式地面无人平台】

履带式地面无人平台是一辆具有火力侦察打击一体化能力的地面无人装甲战斗车辆（图 4-8）。它由平台底盘、任务载荷（遥控无人武器站）和指控终端（指挥车）几部分构成，



图 4-8 履带式地面无人平台

集成了指挥控制、无线通信、自主导航控制、环境感知、高精度定位、全电控底盘测控、纯静液无级传动、车姿调节等一系列先进的系统和技術，遥控越野驾驶速度可达 30 千米/小时。



### 【山地高机动物资补给平台】

山地高机动物资补给平台，主要为高原山地部队提供物资补给，该平台整车装备质量 640 千克，越野装载质量 300 千克，可实现人工驾驶、近距离遥控和自主跟随功能，能够解决西藏、新疆等地的复杂道路和气候环境下的边防部队物资补给难的问题，提高了在恶劣环境下的地域遂行保障任务（图 4-9）。



图 4-9 山地高机动物资补给平台

从总体上看，在地面无人平台研究领域，我国仍处于跟踪国际先进水平的阶段。与西方发达国家相比，不论是理论技术研究深入程度，还是现有的技术条件、核心器件、产品应用规模、研发条件和标准规范等方面，我国在地面无人作战系统方面的研究

存在较大差距，有些方面甚至存在代差。

尽管如此，地面无人平台仍然是参与单位最多、最受到全民关注的一个领域。每两年一届的“跨越险阻”挑战赛，自 2014 年开赛以来，已经举办到第三届。作为由陆军主办的官方比赛，“跨越险阻”挑战赛也被认为是传递官方声音的最佳途径。

2018 年 9 月 12 日，由陆军装备部主办、陆军研究院承办的第三届“跨越险阻 2018”陆上无人系统挑战赛成功举行。据悉，共有 61 家牵头单位、136 支车队参赛，其中军地院校 14 家、民企 26 家、国企 10 家、科研院所 11 家，基本覆盖国内从事陆上无人装备科研的优势团队。

本次比赛共设置 4 大类 10 个比赛组别，分别是野外战场自主机动及侦察比赛、野外战场无人编队输送比赛、空地协同封控比赛、仿生机器人伴随比赛、高机动无人车山地输送比赛、侦打突击比赛、班组伴随保障



比赛、雷场通道开辟比赛、单项技术比赛以及创新成果展示(图4-10)。

从“跨越险阻”这个词也可以看出,比赛主打装备就是运输、越野类无人系统,而“瞄准未来战场、国产自主可控



图4-10 参加2018跨越险阻比赛的诸多装备

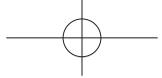
技术、军民融合”,简简单单的话语,却高度概括了本届中国陆军无人系统大赛的最大看点。

地面无人系统该怎么发展,如何发展?从本届比赛的四大特点中可以寻找到初步答案,这四个特点分别是“强化需求导向”“拓展技术领域”“促进实战运用”和“深度军民融合”。可以说是战场什么样,考场就该什么样。未来战争怎么打,考题就该怎么出。考题就是一切向实战聚焦。

另外一个细微的变化,从比赛名字上可以看出陆军对我国无人系统发展的思考:从“2014年跨越险阻地面无人平台挑战赛”到“2016年跨越险阻地面无人系统挑战赛”,变化的是从单一平台往多平台协同的系统级别方向发展。本届挑战赛,名称进一步由“地面无人系统”变为“陆上无人系统”,是因为强化了无人机-无人车空地协同的研究,比赛领域也进行了拓展,由地面装备延伸至陆上装备,这标志着新一轮的跨越已经开始,下一场“军考”重点已初露端倪。

军用无人车的新一轮科技和技术变革方兴未艾,引发了新一代信息技术与制造技术的深度融合。在此过程中,民用无人车也呈现出与能源、材料、电子、信息等相关产业紧密相连、协同发展的趋势,其中低碳化、信息化、智能化技术的不断进步,将催生全新的产品形态与商业模式,进而推动整个民用无人系统的产业格局和生态重构。

国内民用无人驾驶从最初诞生到全国性的挑战赛催生研究热潮,再



到现阶段火热的产学研爆发式创新创业，可归纳为经历了三个阶段的发展。

### 【第一阶段】：以课题为导向，伴随着军用无人驾驶技术同步发展

第一阶段（主要 20 世纪 90 年代初期至 2008 年）主要伴随着军用无人系统的研究，参加单位较少，还未形成规模，主要研究单位有：南京理工大学、国防科技大学、清华大学、浙江大学和北京理工大学等高校。这一阶段标志性的无人驾驶车辆是 ATB-1（Autonomous Test Bed）型。1996 年，该车在校园内自主行驶躲避障碍，最高速度达到 21.6 千米 / 小时。90 年代后期，研制了第二代无人驾驶车辆平台 ATB-2 型，自动驾驶最高速度可达 70 千米 / 小时，车辆还具备临场感遥控驾驶和战场侦察等功能。同期，有代表性的无人驾驶试验平台还有清华大学的 THMR 系列无人车以及吉林大学的 JLUIV 系列试验车。这一阶段的特点，主要还是以关键技术攻关为主，参与人员主要来自科研院校，大部分研究内容和成果与军用无人系统重合，这里不再重复。

### 【第二阶段】：以基金委挑战赛为导向，民用无人驾驶初步形成规模

第二阶段（主要 2008 年至 2014 年）。由于认识到我国民用无人驾驶进入高速发展期。2008 年，国家自然科学基金委提出“视听觉信息的认知计算”重大研究计划。该计划的实施周期为 8 年（2008 年 8 月至 2015 年 12 月），拟投入总经费为 1.5 亿元，计划以无人驾驶车辆、脑 - 机接口等为物理载体，围绕“视听觉感知特征提取、表达与整合”“视听觉感知数据理解的认知机理”和“脑信号提取、脑区定位和功能分析”等核心科学问题，组织并实施研究工作，其中“无人驾驶车辆集成验证平台”正是该计划支持的重点方向（图 4-11）。这一国家级重大研究计划的牵引，最终掀起全国范围内的智能驾驶技术研究的热潮，全国数十家研究机构参与其中。

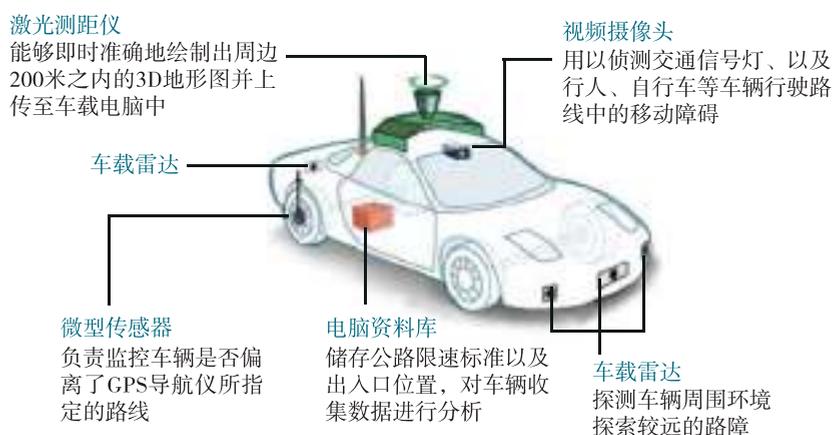


图 4-11 无人驾驶车辆集成验证平台典型传感器配置图

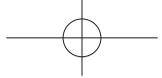
从2009年自然科学基金委发起“中国智能车未来挑战赛（IVFC）”，至今已经举办了9届，成为国内启动时间最早、行业影响最大的无人车比赛。从对无人车认知能力的离线测试到集合真实综合道路环境测试，再到复杂环境认知水平能力离线测试等部分，这一次可以说中国走在了世界的前列。实际上，这一赛事加快了我国无人驾驶技术不断追赶世界领先水平的脚步。

参加首届赛事的有西安交通大学、北京理工大学、湖南大学等6支车队，在不足3000米的园区道路上，无人驾驶车辆不时地需要人工干预，而且失控、撞树等状况不断。行驶缓慢、故障连连，这是首届IVFC大赛上的参赛车辆给人们留下的印象。当时我们对无人驾驶的基本认识是：智能驾驶平台并不意味着所有车都要实现无人驾驶，而是要使有人驾驶的车辆更安全（图4-12）。



图 4-12 第一届未来挑战赛参赛车辆

第一届 IVFC 大赛在国



内学术及企业界都引起了强烈的反响，关于无人驾驶技术的报道渐渐升温，2010年10月左右，谷歌公司宣布其制造的7辆“无人驾驶汽车”正前往加利福尼亚州公路实测。国内各高校与车企的关于无人车合作项目亦逐步增多。此后每一届都有一些内容和比赛难度的增加，为无人驾驶的研发提供了很好的启示。比如第二届，增设了交通标志识别能力测试，各团队车辆都能完成包括S形转弯等复杂动作。从第三届开始，比赛首次从封闭道路走向真实道路环境，自然环境感知和智能行为决策成为关键的技术。第四届首次在真实城区道路和乡村道路环境中进行公开比赛，也是规模最大、距离最长的一次比赛，让参赛车辆经历了双重严峻考验。第五届首次采用了4S标准，即安全性（Safety）、舒适性（Smoothness）、敏捷性（Sharpness）和智能性（Smartness）的评测。第六届首次增加立交/高架桥路段考验，并设置了七大关口考验无人车动态自主路径规划等应变能力。第七届则将车路协同、避让行人作为更专业更体系化测试的核心。第八届首次提供了真实高架快速道路、城区道路的测试环境与条件，还增设了离线测试来通过“数字化驾校”评估无人车的智能水平。第九届更是设置了夜间乃至恶劣天气下的考核点，并且引入真实交通流，考察无人驾驶车辆在有人驾驶车辆干扰下的自主行驶情况。

### 【第三阶段】：产学研协同创新，无人驾驶民用化落地大幕已经拉开

第三阶段（从2014年至今）可以说进入了无人驾驶产业化分水岭。同时，也催生了一系列的有中国特色的民用无人驾驶技术成果。

从2017年底至2018年是中国无人驾驶行业跨越式发展的一年，初创企业如雨后春笋般相继耸立。同时无人驾驶往更加具体的商业应用场景细分，主要包括物流、矿山、公共交通、环卫、机场、园区等应用场景（图4-13）。

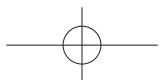




图 4-13 中国新型无人驾驶车在细分应用场景的作业

典型的应用包括：

2017 中国机场服务大会上投入一辆无人驾驶车在航站楼与停车场之间提供摆渡服务，向中外旅客展示人工智能与机场服务相结合的先进技术。

在 2018 年央视春节联欢晚会上亮相的无人驾驶环卫车“蜗小白”一炮走红，环卫车领域是无人驾驶开辟的又一新的商业化落地场景。

2018 年 3 月，一辆无人驾驶拖拉机在新疆阿克苏地区的一片农田里开展无人驾驶拖拉机田间功能演示，完成了耕地、平地、精密播种等农耕地作业。

2018 年 7 月，一款名叫“新石器”的无人驾驶物流车推出，该物流车目前已在常州工厂量产了近百台，未来或将在雄安和常州实现落地运营。

还有更多的初创公司正在杀入国内民用无人驾驶圈。有业内人士指出，中国的最大优势是市场。作为人口和汽车大国，在巨大的需求刺激、引导乃至倒逼下，无人驾驶将加速技术与商业双向突破。多家国际权威机构均预测，未来全球无人驾驶汽车将形成万亿级甚至数十万亿级的产业规



模。据波士顿咨询公司预计，到 2035 年，全球无人驾驶汽车销量或将达到 1200 万辆，而其中超过四分之一将在中国出售。在这场日渐激烈的全球竞赛中，中国能否胜出，我们拭目以待。

### 第三节 | 无人艇：许多单项国际领先

无人水面艇（unmanned surface vessel，简称 USV），是一种无人操作的水面舰艇，主要用于执行危险以及不适于有人船只执行的任务。目前各国都竞相研制无人艇。我国也紧随美国、日本、德国等国家加入无人水面艇的研制行列。中国虽然起步较晚，但发展很快，目前已经从最初的概念设计阶段逐渐过渡到实际运用阶段。表 4-1 列出了我国部分无人水面艇研制成果。

表 4-1 我国无人水面艇的研制成果

名称	控制	性能	任务
天象一号	自主或遥控	航程达数百千米，一次连续作业 20 天	应对海洋突发事件
精海	自主	最大航速 18 节， 最大续航能力 120 海里 满载重量 2.3 吨	海洋水文测量
海腾 01 号	自主 半自主 遥控	—	海事巡航
领航者			海洋测绘船
云洲	自主	—	海底地形测量



在无人水面舰艇领域，中国虽然不时会抢一波头条，但是总体上曝光度远不及其他“兄弟”（无人机、无人车等）。其实中国在无人水面舰艇方面取得的成绩也足以令世界侧目。

2017年年底，在广东湛江举行的中国海洋经济博览会上，中国某研制单位发布了一款世界上最快的无人艇。这款名为“天行一号”的新型无人艇使用油电混合动力，全长12.2米，满载排水量7.5吨，最高航速超过92.6千米/小时。其船身与一艘气垫船类似，装备有一个遥控武器站。该平台研制单位的代表表示，这款无人装备作为“哨兵”为海上执法提供帮助。“天行一号”目前也保持着无人水面舰艇速度最快的世界纪录（图4-14）。



图4-14 高速智能无人艇“天行一号”

2018年6月，在中国南海万山群岛海域开展了一场大规模的水面无人艇“多艇协同”技术测试（图4-15）。在波涛汹涌、复杂多变的海面上，由56艘无人艇组成的海上编队整齐划一，避“岛礁”、穿“桥洞”、快速变换编队造型，协同避障，一展身手。此次有56艘无人艇同时参与“多艇协同”技术测试，超过了美国2014年使用13艘无人艇开展的集群测试，创下了新的世界纪录。

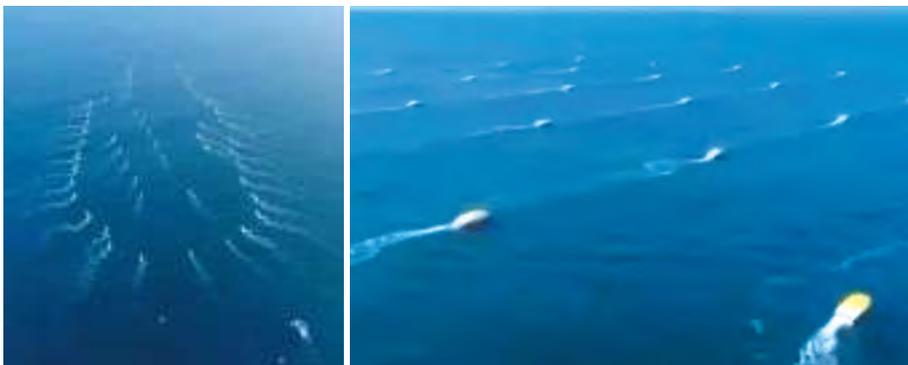


图 4-15 正在进行测试的小型无人舰艇集群

目前，一些小型的无人艇已经参与近海警戒以及巡逻任务，而随着无人水面舰艇集群技术的成熟，未来无人舰艇编队在海上突防攻击任务中有可能担负主力角色，传统的海上作战模式可能会被彻底颠覆，我国在这一大浪潮下紧紧抓住历史机遇，不落人后，敢为人先。

无人潜航器（unmanned underwater vehicle）是没有人驾驶、靠遥控或自动控制在水下航行的器具，主要指那些代替潜水员或载人小型潜艇进行深海探测、救生、排除水雷等高危险性水下作业的智能系统。因此，无人潜航器也被称为“潜水机器人”或“水下机器人”。

中国一直在进行无人潜航器自主研发。比如“海翼号”深海滑翔机（图 4-16），2017 年在马里亚纳海沟完成了大深度下潜观测任务并安全回收，最大下潜深度达到 6329 米，刷新了水下滑翔机最大下潜深度的世界



图 4-16 “海翼号”深海滑翔机

纪录，为我国深渊科考提供了新手段。该水下滑翔机可以将水下数据即时传送到水面。

表 4-2 海龙号、潜龙号、蛟龙号性能对比

名称	控制	性能	任务
海龙号	自主或遥控	无人有缆，重量约 3.45 吨，作业深度 3500 米以内	无人海洋科考
潜龙号	自主或遥控	无人无缆，重量约 1.5 吨，最大下潜深度 6000 米，续航能力 24 小时	海底微地形地貌精细探测、地质判断、海底水文参数测量
蛟龙号	有人操作	载人潜水，重量约 22 吨，最大下潜深度 7062 米	运载科学家进行海洋科考

还有我国研制的自主无人潜水器“潜龙三号”（图 4-17），长 3.5 米，高 1.5 米，体重 1.5 吨，立扁形身体，还有 4 只“鳍”，从外形看，“潜龙三号”延续了“潜龙二号”的“胖鱼”基因。2018 年 4 月 22 日 21 时 23 分从南海深处回到“大洋一号”母船甲板上，顺利完成各项测试指标，创下我国自主潜水器深海航程最远纪录——从 4 月 21 日零时 24 分抵达 3850 米深海开始航行，到 22 日 19 时 12 分结束航行，航行 42 小时 48 分钟，航程 156.82 公里。据悉，科考队将利用“潜龙三号”潜水器和多种科考设备，共同开展 1000 米级多金属结核采集系统海试区的选址与环境基线调查、南海天然气水合物区地质和环境调查。



图 4-17 自主无人潜水器“潜龙三号”



## 第四节

# 机器人：智能共融，持续进步

说到机器人，人们直观理解就是外观类似于人形、支持直立行走和双臂作业、能说会道的自动化机器，这一概念最直观的形象是在 20 世纪 80 年代的《星球大战》人形机器人 C-3PO 和宇航技工机器人 R2-D2。然而时间过去将近 40 年，生活中的机器人却似乎与“机器人”原来的形象越来越远：自动卷烟机被称为“机器人售货员”；当交通灯改变时发送信号



图 4-18 电影中机器人的机器人与现实中的“机器人”

的传感器被称为“机器人交通局长”或“机械警察”；遥控操作的配电站可称为“机器人发电站”；机械臂成了“工业机器人”；新的自动驾驶技术成了“机器人驾驶员”；防空武器成为“机器人机枪”；甚至一段自动聊天的程序，都被称为“聊天机器人”（图 4-18）。

正是因为如此，许多科学家已经开始反思并讨论这个最原始的问题“什么是机器人？”科内尔大学机器人专家、机械工程学教授哈达斯·克莱斯-加济特（Hadas Kress-Gazit）说：“它们应该在其环境中创造某些物理运动，有能力改变你周围世界的环境。”专注于将机器人应用于医学中的斯坦福大学教授埃里森·奥卡姆拉（Allison Okamura）说：“电脑可帮助我们执行信息任务，机器人则可帮助我们执行物理任务。”根据上

述描述，服务机器人是目前最接近的一个机器人产业方向，主要是指除工业机器人之外，用于非制造业并且为人类提供必要服务的多种高技术集成的先进机器人，主要包括个人、家用服务机器人和公共服务机器人。

我国机器人研究起步于 20 世纪 70 年代初期。90 年代，基本实现了国产机器人的商品化，一批具有自主知识产权的点焊、弧焊、装配等工业机器人相继问世，然而早期机器人主要还是以规程化为主，与其说是机器人，还不如说是高级自动化设备。“中国制造 2025”把机器人作为重点发展领域，并专门出台《机器人产业发展规划（2016—2020 年）》，机器人的发展成为实现“中国制造 2025”的关键。服务机器人显然是最能代表一国技术水平，未来发展最有可能走入千家万户的一种机器人门类。在这样一个关键时期，深入了解我国服务机器人有哪些典型产业方向，学术界在研究什么，是否能够在新技术浪潮下实现弯道超车，与国外相比，有哪些差距，如何去发展，这些问题是本节的主要讨论方向。

### 【典型服务机器人】：产业规模逐渐放大，但与国际先进水平差距较大

围绕国家“智能制造”及特种行业、医疗康复、家政服务等领域，我国服务机器人产业已经发展出特种行业类服务机器人、家政类服务机器人、教育娱乐类机器人、医疗康复类服务机器人和新型工业类服务机器人等六大类服务机器人产品，并培育出一批国内服务机器人的龙头企业。

#### 教育娱乐类机器人

在 2016 年央视春晚广东分会场，540 台机器人成方阵起舞，引爆全场。当天晚上，这些跳舞的“Alpha 机器人”成为“网红”（图 4-19）。

2018 年 1 月，国际消费类电子产品展览会（简称 CES）首次展示了尖端“黑科技”——双足机器人 Walker（图 4-20），高 1.3 米，拥有两条自由度极高的腿，可以上下楼梯、全方向行走，具备踢球、跳舞等多种互动运动能力，迈出了人形机器人走进家庭的重要一步。

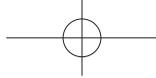


图 4-19 Alpha 机器人



图 4-20 双足机器人 Walker

### 家政服务类机器人

典型的家政服务类机器人如扫地机器人，采用了 LDS 激光雷达技术，搭载 SLAM（即时定位与地图构建）算法，可建立精确的房间电子地图，实现智能化清洁，并且具备了感知、思考、行动、反馈的基本逻辑过程。正是这一特性，使得扫地机器人真正具备了“可帮助我们执行物理任务”的机器人本质，是一款民众用得起、科技含量高的“机器人”。

### 特种行业类服务机器人

该类机器人往往从事相对比较专业的公共服务工作，比如电力巡检、向导服务、园区安保，能提供相对专业的智能化服务。这类机器人由于所从事的工作具有标准化、规范化，以及公共行业服务机器人对于价格敏感度较低、普遍允许有一个较长的孵化期等特点，更容易被市场接受。

在电力巡检机器人领域，2015 年国家发改委、能源局发布《关于促进智能电网发展的指导意见》，短短一年时间，智能电网在我国发展神速。其中，智能巡检作为智能电网建设的关键一环，也迎来了发展的春天（图 4-21）。

在安防机器人领域，安防机器人的探索也正在加速（图 4-22），有数据显示，未来五年国内安防行业市场规模有望达到 1 万亿元，安防机器人可以说站在了产业和行业两个顺风口上。然而，目前的技术还处于弱人

工智能阶段，安保机器人的能力普遍较弱，还无法替代人类独立工作，未来如何发展有待观察。



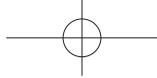
图 4-21 国内主要电力巡检机器人



图 4-22 安防机器人

向导类服务机器人（图 4-23），可能是进入生活领域较多的一类机器人，在银行、火车站、售货、医院、餐厅等场景比比皆是。2018 年 4 月 11 日，中国首家“无人银行”在上海开业，“无人银行”内两位智能机器人取代了银行柜员及工作人员。

这类机器人进入门槛较低，市场上出现的此类机器人技术含量普遍偏低，与国外同类机器人（比如日本 Pepper 机器人）相比，差距十分明显。



银行向导机器人



法务问答机器人



智能问询机器人



自动售货机器人



智能门诊机器人



餐厅服务机器人

图 4-23 向导类服务机器人

### 【学术前沿关注的服务机器人方向】：智能和共融机器人是未来发展趋势

总体而言，我国机器人产业还处于中低端水平，发展水平和日、美、德等国相比还存在不少差距，尤其在服务机器人方面更是明显：大多数机器人的功能都比较单一，只是在某一方面应用有突出表现，说是智能机器人确实是对“智能”二字的讽刺，特别是一些服务机器人，在语音识别和互动上，诸如“对话内容少”“不灵敏”“声控没反应”“跟故事机差不多，没有啥智能”等都是用户的实际反馈。

反观国际上，由波士顿动力开发的双足机器人阿特拉斯在户外不可控的环境下，已经能自由行走，还能在遇到地面障碍时主动跳过去；另一家美国机器人研发公司 Agility Robotics 研发出一款新的双足机器人 Cassie，它也能步伐稳健地行走各种路面上，最新的 Cassie Blue 双足机器人还展示了骑平衡车技能，能像人类一样全速骑行以及转弯等。如实地论，我国与世界先进水平的差距主要体现在技术上。不过这一现象正在发生转变。近几年，政府从顶层设计到政策引导都在积极推动机器人产业

的发展与进步。

2016年，科技部国家重点研发计划宣布实施“智能机器人”重点专项，按照“围绕产业链，部署创新链”的要求，围绕智能机器人基础前沿技术、新一代机器人、关键共性技术、工业机器人、服务机器人、特种机器人六个方向部署实施17个重点任务，周期为5年（2017—2021年）；同年，国家自然科学基金委宣布实施“共融机器人基础理论与关键技术研究”重大研究计划，面向智能制造、医疗康复、国防安全等领域对共融机器人的需求，开展共融机器人结构、感知与控制的基础理论与关键技术研究，计划执行期为8年（2017年1月—2024年12月）。

从上述两项国家级重点研发科学研发计划可看出，未来的机器人将朝着“智能”与“共融”的方向发展。那么何为智能？又何为共融呢？

首先，何为智能？有专家认为，机器人的终极目标就是像人的机器。从哲学上看，具有感知、思考、决策和执行能力的机器，才能帮助人实现生产等目标的，这才称之为机器人！因此，可以理解为，智能机器人就是人工智能和机器人的有机结合，实现感觉、运动和思考的统一，能够为我们的生活带来改变的一种新型机器人。

其次，何为共融？未来机器人需要能够与作业环境、操作者和其他机器人之间自然互动，自主适应复杂任务和动态环境，并具有三点核心特性：①柔顺灵巧。要具有顺应性，服从使用者指挥，同时能够适应复杂环境；②感知能力。要具有多模式传感功能，对广义行为环境具有清晰认知；③自主协同能力。要具有个体行为的智能性，同时要有群体协作功能。

“智能”的概念由于历史原因很难界定，而“共融”的概念刚刚提出，过于抽象，到底什么样的机器人是目前学术界所关注的机器人重点研究方向呢？从以下几款机器人可以看出端倪。

首先，四足仿生机器人，可以说是国际上最热点的智能机器人研究领域，我们国家也启动了研究计划。自2011年以来，科技部“863”计



划项目“高性能四足仿生机器人研发”开始启动，支持国内研究机构开展研究，随后2015年“863”计划项目“四足仿生机器人”再次追加支持。同时，国家自然科学基金重点项目“高性能液压驱动四足仿生机器人基础理论与关键技术研究”以及军方相关四足机器人研究也陆续开展。

四足仿生机器人的科学问题和关键技术在于，如何使得机器人来适应不同的路面，甚至在路面松软、泥泞、滑动、不平整等情况下，在落脚的极短时间内，保证对路面性质的快速识别。对于一个复杂的机器人系统，有16个自由度、20个自由度，关键是如何在很短的一个步态周期里对这么多自由度的控制对象进行快速自适应的控制。

四足机器人的重要性在于深入研究了足式运动的基础理论与科学问题，可以说是为未来双足机器人的研究提供了重要研究基础。

其次，双臂协作机器人。通常我们在工厂里见到的喷涂机器人、焊接机器人、搬运机器人、码垛机器人等，这类工业机器人都只有一个机械手臂。而面向新一代智能制造的机械臂，需要能够和人类协作，能够和自己合作，能够和环境和谐，这就是“共融”所推崇的理念。

下一代的机械臂机器人已经迈向了双臂时代（图4-24）。双臂协作机器人通常是组装的解决方案，由于采用全力伺服控制，使其可以在开放环境中工作而保证安全性。从机械手表的精密部件到手机、平板电脑以及台式电脑零件的处理，双臂协作机器人都能以其精确性轻松应对，甚至连穿针引线都不在话下。



图4-24 双臂协作机器人

该类机器人作为智能制造的关键环节，深受学术界、产业界重视。在2018年，由自然科学基金委主办的共融机器人挑战赛中，就设置了双臂协作比赛：重点考察双臂协作机器人

在装配作业过程中的柔性控制、双臂协同、自主避障、安全作业等技术水平。

再次，软体机器人（图 4-25）。软体机器人由软材料加工而成，自身可连续变形，与刚性机器人相比具有更高的柔顺性、安全性和适应性，在人机交互、复杂易碎品抓持和狭小空间作业等方面具有不可比拟的优势。在生物工程、救灾救援、工业生产、医疗服务、勘探勘测等领域均有广泛应用。



图 4-25 国外典型软体机器人

除了上述领域，医疗机器人也是我国机器人产业发展的痛点，就目前而言，市场上主流医疗机器人几乎全部由国外企业生产，而我国医疗机器人研发生产企业受进入时间较晚、技术积淀欠缺及相关支持产业技术能力有待提升等因素的影响，与国外企业仍有较大的差距。未来我们要从市场驱动向技术驱动转型，从而实现从这种低水平重复向中高端市场迈进。



## 第五节 无人技术发展的国际比较

无人技术是高技术领域多学科交叉的技术结晶，包括机械、微电子、光电子、纳米、微机电、计算机、新材料、新动力及航天等高新技术，集中了当今科学技术的许多尖端成果。无论是在未来的军事领域，或是在人们的日常生活和生产制造领域，无人技术都可能会成为取代人类的绝对主力。

国际上无人技术强国主要包括美国、德国、英国、法国、以色列、日本、韩国等，这些国家不仅在技术上处于研究的先列，其众多产品已经在军事、工业生产、日常生活等各个领域有了广泛的实际应用。

首先说美国。美国目前在无人技术上，无论是在基础技术、系统开发、生产配套方面，还是在技术转化和实战应用经验上都处于绝对领先地位。近年来，美国出台了覆盖无人机、地面无入系统、机器人等一系列无人系统技术发展规划，包括《美国陆军无人机系统路线图 2010—2035》《无人系统自主技术路线图》《2011—2036 财年无人系统综合路线图》《美国地面无入系统路线图》《美国机器人技术路线图》以及美国空军《自主地平线》文件等，为发展无人系统技术提供指导。根据这些无人自主系统发展规划可以预测，美军无人技术在 2020 年、2025 年和 2035 年的发展情况。

2020 年，无人自主系统将完成先进自主技术第一阶段和第二阶段研发。其中，第一阶段将完成模式识别研发，自主控制传感器和动力装置小型化，自主防护系统可实现防御功能；第二阶段完成集群技术开发，无人

自主系统可执行指挥多部队搜索、越障与威胁识别等任务，并具备自适应响应能力。届时，无人系统的自主能力将显著提升，可实现自主导航、复杂物体自主抓取、有人无人协同组队、编队控制/多机器人控制以及多种无人系统间的协同作战。

2025年，无人系统将进入先进自主技术开发的第三阶段，为地面无人系统提供脑机接口组件和全自主组件，实现自主操作。届时，无人机将具备自主能力，可实现与有人机和无人机组队作战。

2035年，无人自主系统技术将发展成熟，地面无人系统具备自感知能力，无人机具备完全兼容的感知和规避能力，在极具挑战的战场环境中探测率超过75%，能进行全自主作战，具备很强的协同作战能力。

美国的无人技术处于全球范围最高水平，比如“大狗”和“猎豹”四足仿生机器人、“阿特拉斯”人形机器人都充分表明了美国在无人技术研发方面拥有着雄厚的实力。其中“阿特拉斯”机器人外形和大小与人体相近，已具有单腿站立、跑步、跳跃、躲避障碍物，甚至后空翻等不可思议的能力（图4-26）。美军目前已经装配了超过7500架无人机和1万多个地面机器人，美国国会曾批准2015年美军作战平台中无人系统的比例达三分之一的方案。整体而言，美国的无人技术，无论军用还是民用都以高精尖著称，在国际上处于领先地位。

英、法、德等欧洲国家在无人技术的研究和应用方面在世界上也处于公认的领先地位。英国政府在2017年3月公布了一项计划，将结合业界力量在英国中西部地区建立一个无人驾驶车辆和车联网技术的测试设施集群，以加速该国在这一热门领域的发展。规划中的这一测试设施集群将是



图4-26 美国“阿特拉斯”机器人

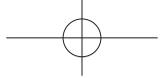


图 4-27 英国的“雷神”无人机

一个世界级的科研和创新基地，有助于确保英国成为全球无人驾驶技术测试的最佳目的地。此外，英国还耗资 2.5 亿美元选择 BAE 系统公司研制“雷神”无人作战飞机（图 4-27），2013 年已经实现首飞，原计划在 2018 年为空军服役。

法国于 2018 年宣布了无人汽车发展战略，明确表示从 2019 年起，法国全国道路均向全自动无人驾驶汽车测试开放，加快该领域的技术研发。法国政府还将简化行政手续，为汽车制造商和科研机构在无人驾驶汽车领域的研发提供政策便利以及资金支持，法国无人驾驶汽车即将迎来新的发展机遇。法国还是欧洲研制地面机器人的主要国家之一，不仅在地面无人作战平台拥有量上居于世界前列，在地面无人作战平台应用水平和应用范围上也处于世界先进水平，计划在数年内研制大量警戒机器人和空军基地低空防御机器人，代表性的军用机器人有自主式快速运动侦察演示车（DARDS）和目标压制的无人目标捕获系统（SYRANO）。德国在 20 世纪 80 年代中期就提出了要向高级的、带感知的智能型机器人转移的目标。德国的智能机动无人系统计划（PRIMUS）是德国重要的地面无无人车辆项目，以数字化“鼬鼠 II”装甲车为试验平台，目标是开发通用的功能模块，以便根据不同的任务选择相应的基本功能模块组成各种优化系统。

以色列是无人机技术发达国家。以色列的无人机发展自 20 世纪 70 年代以来已经走了很长的一段路。从 80 年代起，以色列政府对国内的研发资源进行整合，进一步增强了无人机的研发力量，由此开始，以色列逐步向无人机发展强国迈进，近些年来已经成为世界无人机研发和制造的佼佼者，在世界无人机市场上具有举足轻重的地位。在无人机研发中，以色列注重运用最新的信息技术、材料技术和隐身技术，发展出能够满足不同



军事需求的无人机型号。以色列也是自主研发无人军用机器人很早的国家，其中包括用于安全任务的自主导航机器人车辆和用于支持步兵城市作战的手携式机器人等。以色列“守护者”（Guardium）军民两用全自动安全系统，可连续地对机场、港口、军事基地、重要管线以及其他有全日安全监视需求的设施执行巡逻任务（图 4-28）。

日本号称“机器人王国”，自 20 世纪 80 年代以来，无论是在机器人的生产、出口和使用方面都居世界前列。在日本政府 2015 年公布的《机器人新战略》中，提出了三大核心目标：“世界机器人创新基地”“世界第一的机器人应用国家”“迈向世界领先的机器人新时代”。为实现这三大核心目标，该战略制定了五年计划，旨在确保日本机器人领域的世界领先地位。与西方不同的是，日本对机器人外形的重视程度很高，认为机器人应该就是“拟人”“类人”，而不是擎天柱、钢铁侠；日本的机器人面向的也不是军事领域，而是服务业。比如 Asimo 是日本本田公司研发的新一代服务机器人，不仅能够端茶倒水，还会说日语和英语，是酒吧和咖啡店的好帮手（图 4-29）。

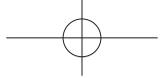


图 4-28 以色列“守护者”无人系统



图 4-29 日本 Asimo 人形机器人

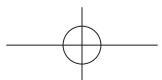
我国在无人系统技术的原创性研究、高可靠性基础功能部件的批量生产应用等方面，同发达国家相比差距很大。但政府一直非常重视无人技术的研究与开发，在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—



2020)》《国家高技术研究计划(863)“十一五”发展纲要》《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》等中都有着重提出,国家“863”计划、国家自然科学基金、国防科工委预研项目中均对无人技术予以重点支持。

在无人机方面,整体性能落后于美国,这里以我国的翼龙-2无人机为例,其性能与美国的MQ-9“死神”无人机相比,依然不够先进,差距可以说是全方位的。从技术角度来看,翼龙-2最大起飞重量4200千克,高度为9000米,时速370千米,续航21小时,可携带480千克弹药;而美国的“死神”起飞重量4760千克,高度15000米,续航24小时,载荷为1700千克,差距一目了然。究其原因,就是缺乏动力强劲的发动机,翼龙-2采用的是20世纪80年代的涡桨-9涡轮发动机,功率为500千瓦,而美国的“死神”无人机使用的是662千瓦的发动机,性能要强得多,此外,在航电设备和机体复合材料上,中国无人机也要稍逊一筹。但即便如此,中国无人机依然是国际市场上的有力竞争者,因为在实际的使用中,中美无人机的差距并不那么明显,对很多国家来说,物美价廉的中国无人机已经足够了。

我国的智能机器人在“863”计划的支持下,也取得了不少成果。其中最为突出的是水下机器人,6000米水下无缆机器人的成果居世界领先水平,还开发出直接遥控机器人、双臂协调控制机器人、爬壁机器人、管道机器人等机种;在机器人视觉、力觉、触觉、声觉等基础技术的开发应用上开展了不少工作,有了一定的发展基础。但是在多传感器信息融合控制技术、遥控加局部自主系统遥控机器人、智能装配机器人、机器人化机械等的开发应用方面则刚刚起步,与国外先进水平差距较大,需要在原有成绩的基础上,有重点地系统攻关,才能形成系统配套可供实用的技术和产品。





### 本章小结

无人平台由于具有更强的性能、更出色的高危作业能力以及更低的成本广受关注。本章主要介绍中国的无人平台技术发展现状，从无人机、无人车、无人艇及机器人这四个角度分别展开介绍了中国“无人”事业的发展以及未来的技术发展趋势。总的来说，我国在无人平台的研发方面与发达国家相比有一定差距，尤其在理论研究深度、核心器件、研发条件等方面与发达国家还存在较大差距。但在我国对各类无人技术巨大需求的推动下，未来无人平台在我国将会高速发展，我们也相信我国无人平台产业的竞争力一定能够快速提升，为“中国制造 2025”打下坚实的基础，为“中国梦”的实现做出应有的贡献。





## 第五章

# 未来的无人之境

2018年1月，中国国防工业协会和常州市人民政府在京联合召开2018地面无人系统大会新闻发布会，国家国防科技工业局科学技术委员会副主任、中国国防工业协会会长刘东奎表示，人工智能的浪潮正在席卷全球，已成为国际竞争的新焦点。在这一新技术浪潮下，无人平台，尤其是无人自主系统将是人工智能的重要应用之一，不仅将引发未来战争方式的改变，更重要的是，将推动生活方式、生产方式、学习形式和工作形式发生深刻改变。

随着人工智能在2011年开始兴起，人们从经历了对人工智能普遍怀疑到每个研究机构都在尝试把人工智能因素加入自身领域中去，每个创业公司都把人工智能放到他们的融资幻灯片的过程；甚至有人担忧AI会威胁甚至取代人类文明。短短几年时间，人工智能的受关注程度达到顶峰。人工智能与无人平台是强相关的，作为人类第八次技术变革的推动者，人工智能对无人平台的影响重要而深远：对于这些年争论最大的“无人机泄漏个人隐私威胁公共安全”“无人车技术是否安全”“机器人杀人将成为人类文明的灾难”等问题，人工智能技术也许不会成为救赎者，但是至少能给某些陷入瓶颈的技术寻找到突破口和新的解决方案。



## 第一节 从三只“阿尔法狗”看人工智能与无人平台

全球人工智能已经势不可挡，中国人工智能的脚步也未曾停歇，取得了重大的进展，被写进十九大报告中，人工智能的时代已经到来。

无人平台和人工智能服务于非常不同的目的，但是又被无人机、无人车、无人船等智能化无人平台紧密地联系在一起，人们往往会把它们混合起来。很多人想知道，无人平台是人工智能的一部分，还是根本就是同一件事情。这两个术语究竟有什么区别？要搞懂人工智能与无人平台的区别与联系，可以从三只震惊人类科技圈的人工智能“阿尔法狗”说起。

### 【下围棋的 AI 阿尔法狗】：AI 可以没有平台，只是个程序

近年来最为火热的人工智能的代表，莫过于由谷歌开发的阿尔法狗（AlphaGo）。2017年5月，在中国乌镇围棋峰会上，它与排名世界第一的世界围棋冠军柯洁对战，以3比0的总比分获胜。阿尔法狗由谷歌（Google）旗下 DeepMind 公司戴密斯·哈萨比斯领衔的团队开发，其主要工作原理是“深度学习”。

人工智能（Artificial Intelligence, AI），是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。从根本上来讲，阿尔法狗的存在是以人工智能的“程序”方式存在，并不能称之为具有物理执行能力意义上的无人平台，更多的是以一种认知与思维层次上的问题。因此，第一个结论是，人工智能可以不具有物理执行

能力，而只以“算法”的方式存在。

### 【会战斗的 AI 阿尔法狗】：无人平台削弱 AI，依然可以很强大

关于无人平台的概念，在第一章中已经有所讨论。直观来讲，无人平台是无人机、无人车、无人船等无人机器的统称。值得注意的是，在前面介绍的十二大无人平台生肖化中提到的无人平台，从本质上来讲是一种是可编程机器，有三个重要因素：①无人平台是通过传感器和执行器与物理世界进行交互。②无人平台是可编程的。③无人平台可以是遥控、半自主或自主的。

因此，无人平台可以不具有任何人工智能通常意义上的认知与思维特性，甚至仅以遥控方式存在依然能够带来技术和应用层的颠覆性的改变。而这一案例最为著名的又是另外一只“鲜为认知”的阿尔法狗（ARGO）俄罗斯轮式无人战斗平台。

ARGO 地面无人平台由俄罗斯机器人技术和科研中心研制，采用 8×8 全地形车底盘，正面安装有整体式防护装甲，战斗全质量 1000 千克，全长 3.4 米，宽 1.85 米，高 1.65 米，最高速度可达 20 千米/小时，并具有水上浮渡能力，水上航速可达 4.6 千米/小时。由于无人平台体积较大，故其采用柴油发动机，最长可以连续工作 20 小时。其武器系统包括 1 挺 7.62 毫米口径机枪、3 具 RPG-26 反坦克火箭筒和 2 具 RShG-2 反坦克火箭筒（图 5-1）。

俄罗斯的这一阿尔法狗，可谓挑战当今世界发展趋势，抛弃所有的智能感知、人工智能技术，而是采用纯遥控驾驶的方式，颠覆了人类对于新式作战武器的认识，用一个简单使用、很俄罗斯式的技术理念，取得了人类历史上第一场无人



图 5-1 作战阿尔法狗（ARGO）俄罗斯轮式无人战斗平台



战争的开门红。

因此，无人平台也可以不具有人工智能的“高情商”，遥控型、半自主的无人平台在未来很长一段时间还将处于主流位置。

### 【会奔跑的 AI 阿尔法狗】：“知行合一”的智能无人平台

人工智能无人平台是无人平台与人工智能之间的桥梁，是未来最为重要的发展方向。目前，许多无人平台不是人工智能的，甚至目前大多数低端行业中所谓的机器人只是编程为执行重复的一系列的运动，与其说是机器人，不如说是自动化机器。

人工智能无人平台所需的条件基本就是人工智能 + 物理外壳，目前大多处于弱人工智能状态，比如说在前面章节提到的扫地机器人。而最为接近于电影终结者形态的强人工智能无人平台，莫过于由波士顿动力公司研制的又一只阿尔法狗（AlphaDog），以及由此延伸的类人形机器人阿特拉斯（ATLAS）。

由美国波士顿动力公司研制的阿尔法狗（AlphaDog，图 5-2），实际上早于打败柯洁的那条阿尔法狗（AlphaGo），在 2012 年发布之时就引



图 5-2 机器人阿尔法狗（AlphaDog）：足式班组支援系统

爆全球科技界。阿尔法狗（AlphaDog）具备在 24 小时不进行补给情况下携带 181.44 千克负载行进 32.18 千米的超强能力，并能在树林、岩石地、障碍物和城区等复杂地形中跟随士兵行动，被称为当代“木牛流马”。

阿尔法狗（AlphaDog）与之前的机器人所不同的是，其移动本体的控制算法采用了大量的不确定性控制，需要通过高速的计算和大量的传感器来获知周围环境，进而决策并评估落足点，从而实现稳定行走，有非常强的“知行合一”的特点，被认为是第一代强人工智能机器人的典型代表。

综上所述，人工智能和无人平台的发展历史错综交杂，三只代表当代最高科技水平的“阿尔法狗”，却又不无巧合和惊奇地将两者联系在一起。可以套用一句话看清人工智能与无人平台的关系：人工智能不是万能的，没有人工智能的无人平台，在未来是万万不能的。

## 第二节

# 人工智能助力无人平台 “跨越险阻”

随着第一台电子计算机的问世，人类拉开了人工智能技术发展的历史序幕。一般认为，人工智能是对人脑的模拟和扩展，是研究以人造的智能机器或智能系统来延伸人类智能的一门科学。人工智能研究的领域并非本书的讨论范围，概括来讲，人工智能技术研究的范围包括：语言的学习与处理、知识表现、智能搜索、推理、规划、机器学习、知识获取、组合调度问题、感知问题、模式识别、逻辑程序设计、软计算、不精确和不确定的管理、人工生命、神经网络、复杂系统、遗传算法人类思维方式等。

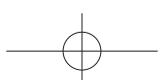


2017年,美国弗雷斯特研究公司发布了关于人工智能的TechRadar报告,指出目前十大最热门的人工智能研究,包括:①自然语言生成:利用计算机数据生成文本;②语音识别:将人类语音转录和转换成对计算机来说有用的格式;③虚拟代理:可以与人类进行交际的高级系统,比如智能家居管家;④机器学习平台:提供AI训练模型以及部署应用环境;⑤AI硬件:这是专门设计的图形处理单元(GPU)和设备等;⑥决策管理:引擎将规则和逻辑嵌入人工智能系统;⑦深度学习平台:提供拥有多个抽象层的人工神经网络;⑧生物特征识别技术:能够支持人类与机器之间更自然的交互;⑨机器人流程自动化:使用脚本及其他方法,实现人类操作自动化;⑩文本分析和自然语言处理(NLP):自然语言处理(NLP)使用和支持文本分析。

无人平台所研究的方向明显不同,根据无人系统的组成与功能模块,可将无人系统的的核心关键技术分为:平台本体技术、定位导航技术、环境感知技术、规划决策技术和自动控制技术。在此基础上衍生的V2V(Virtual-to-Virtual,虚拟机到虚拟机的迁移)、调度管理系统、人机交互系统等技术,这里暂不予考虑。然而,看似并不重合的两个研究领域,人工智能技术的发展,正在彻底改造无人平台,助力无人车、无人船、无人机攻坚克难,跨越险阻。

### (1) 平台本体技术:向跨界智能平台方向发展

平台本体技术是无人平台最容易被忽略的技术,甚至很多专家也容易先入为主地重视“无人”,而轻“平台”。平台本体技术是指通过联合设计、优化设计和采用先进推进系统等设计方法和手段来提高无人系统机动性能和作业性能等。比如,无人机按飞行平台构型分类,主要分为固定翼和多旋翼无人机;无人车按照行走平台构型分类,可分为轮式、履带式、轮/履混合式和“腿”式等多种结构;无人船按照船体结构分类,可分为单体船、双体船、三体船三合一设计等。到底采用哪一类“平台”,直接决定了无人系统总体性能的优劣,对无人系统车辆至关重要。



通过将近 30 年的发展，一旦人们认识到“无人平台”可以将人的载具作用抛出，而专门为无人平台设计专用的机动与驱动后，无人平台的平台技术最终爆发出巨大的能量，其根本的主导趋势在于“机非机、车非车、船非船、人非人”，也就是目前展现出未来最具发展潜力的无人机、无人车、无人船和机器人方向，将颠覆以往有人平台的设计理念，而推出科幻无人平台。

无人平台技术的进一步发展，也很有可能打破天、空、地、海的机动方式格局，极有可能在未来较短的时间，出现跨界机动方式。比如，2018 年 2 月 6 日，亿航智能在广州公布了“亿航 184”系列载人无人机实飞视频（图 5-3）。



图 5-3 “亿航 184”系列载人无人机

看名字是一个矛盾体，实际上可以将其称为自动驾驶载人飞机，可以通过飞机的自动飞控技术，使得没有经过训练的人员，能够轻而易举地驾驶飞行器飞上天空。

## （2）导航定位技术：向智能网联方向发展

定位导航技术是定位技术和导航技术的统称。

首先，谈到定位技术就绕不开卫星定位，目前全球共有四套投入运营的卫星定位系统：美国的 GPS、中国的北斗系统、欧洲的伽利略以及俄罗斯的格洛纳斯导航系统。无人系统对于定位的精度要求极高，目前在无人驾驶和无人机中广泛使用的是 RTK（Real Time Kinematic），即载波相位差分技术，它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果，并达到厘米级精度（图 5-4）。现在阿里巴巴正在大规模建设和推广的千寻系统也基本是这么一个原理。

2017 年 10 月 11 日，在杭州云栖大会上，千寻位置发布了三大解决

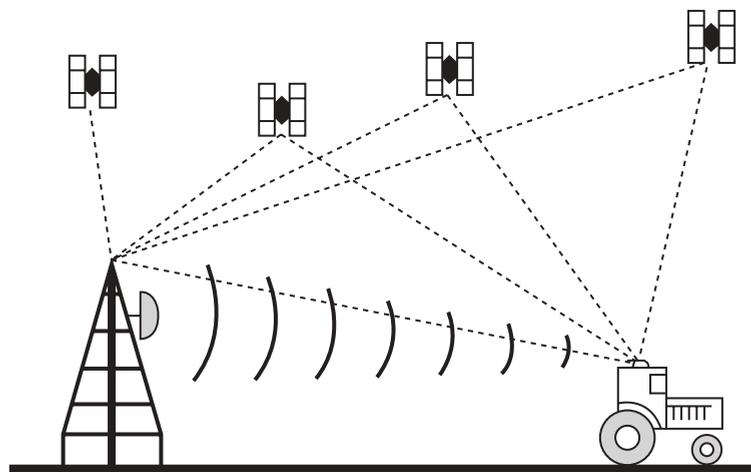
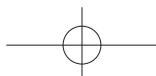


图 5-4 载波相位差分技术示意图

方案。该公司首次将产业级市场上应用的高精准定位服务，全面引入消费级市场。2018年4月24日，千寻位置发布“知翼无人机监管平台”，并将以此为基础，建设针对不同无人机应用场景的“服务云平台”。2018年5月16日，全球领先的精准位置服务公司千寻位置在沪宣布，正式发布“天音计划”——星地一体高精度时空服务。“天音计划”由国家北斗地基增强系统“全国一张网”、星基增强系统、星地一体融合能力及千寻位置的全球站网系统构成，为用户提供高精度、高可靠、实时无缝的高精度时空服务，这是打造全球卫星导航领域的中国方案。

其次就是导航技术，导航技术可以分为基于地图的导航和不基于地图的导航，其中高精度地图在无人驾驶的导航中有着关键作用，本处不再展开。

在无人车领域，导航定位技术以及整个无人驾驶，一个重要的发展趋势或者说新的解决方案就是智能网联，可以解决单一智能体信息孤岛的问题。智能网联车是指车联网与智能车的有机联合，是搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与人、车、路、后台等智能信息交换共享，实现安全、舒适、节能、高效行驶，



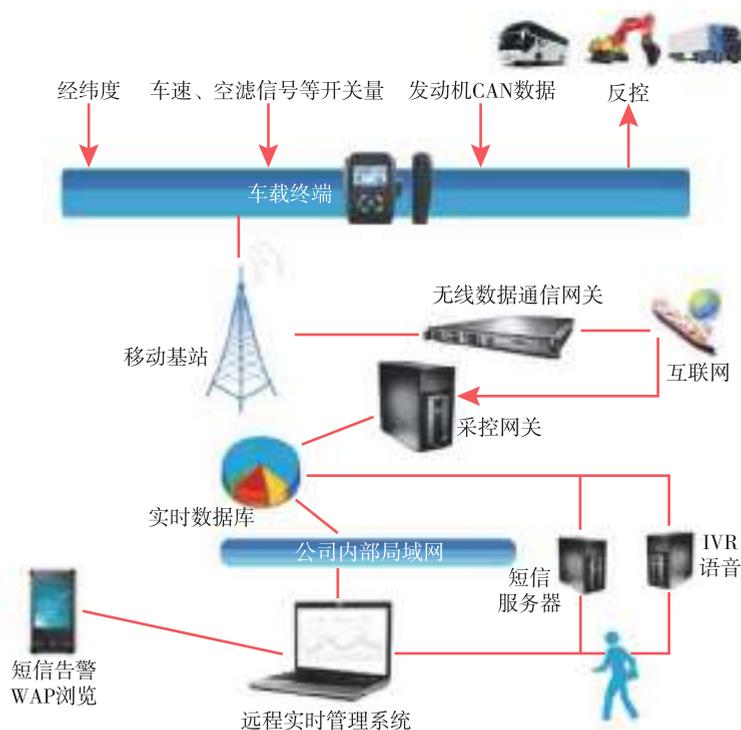


图 5-5 智能网联技术架构示意图

并最终可替代人来操作的新一代汽车（图 5-5）。

从 2015 年起，智能网联汽车示范区（基地）便开始在国内生根发芽，至今已有北京、上海、杭州、重庆、深圳等多处示范区。2017 年，工信部发布《国家车联网产业体系建设指南（智能网联汽车）》；在 2018 杭州·云栖大会上，阿里巴巴集团宣布升级汽车战略：由车向路延展，利用车路协同技术打造全新的“智能高速公路”。可以说，智能网联汽车发展进入高速发展期，将对我国未来无人驾驶汽车的发展起到重要的推动作用。

### （3）环境感知技术：从信息融合感知向智能认知方向发展

感知与环境理解技术是无人系统最重要的关键技术之一，是其实现自主机动和执行任务的前提，可使其完成如景物辨别、定位、躲避障碍、目



标物探测等重要功能，并通过与环境模型的匹配完成车辆定位和路径规划等作业任务。感知与环境理解技术主要包括视觉信息技术、接近觉信息技术、触觉信息技术、力觉信息技术、多传感器信息集成与数据融合技术等。

环境感知模块通过多种传感器对车辆周围的环境信息进行感知。感知信息不仅包括车辆自身状态信息，如车辆速度、前轮偏角、车辆航向角等，还包括周围的环境信息，如道路位置、道路方向、障碍物位置和速度、交通标志等。常用的传感器包括摄像头、激光雷达、毫米波雷达等（图 5-6）。

■ 无人驾驶车环境感知的传感器

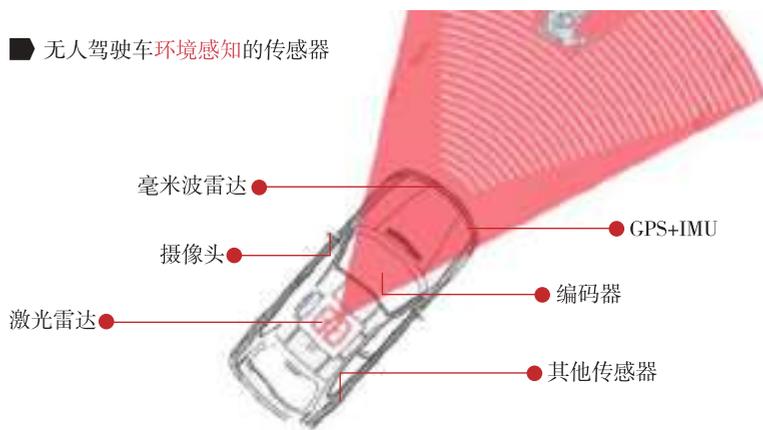
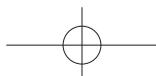
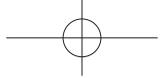


图 5-6 无人驾驶环境感知模块组成

目前应用和纳入测试的车载传感技术主要分为以下几类：①视觉传感器：主要用于前防碰撞预警，它在车道偏离预警方面有特有的擅长之处；②毫米波雷达传感器：也是目前在汽车前防碰撞预警方面除视觉传感器以外的第二大汽车传感器技术，毫米波雷达目前比较多的是 24G、77G 和 79G 等；③激光雷达传感器：激光雷达传感器也是重要的传感技术，目前已经用于车载测试的激光雷达可以实现六十几线的了。④超声波雷达传感器：在短距离低速度运行上有独到的地方，如倒车雷达和油感等方面目前





均有使用，同时具有成本低、运用灵活的特点。⑤红外线传感器：具有反应速度快、成本低的特点，但受温度环境干扰比较严重、精度不高、探测距离近、方向性差、耐脏污和尘土能力差。⑥声音传感：未来的无人驾驶汽车肯定离不开声音传感，但声音传感一直是大家忽略的一种传感技术，但实际运用场景中，不管是外部传感和车内传感都离不开声音传感技术。

实现汽车的智能化需要感知、决策、执行。形象的类比到人的话感知就是人的眼，处理即是人的脑，而控制就如同人的手脚一般。传感器就是汽车的眼睛，通过摄像头、毫米波雷达、激光雷达等可以采集汽车周围环境的行人、车辆、道路等信息。然而，各种传感器均有自身优势和劣势，比如摄像头能实现图像识别但恶劣环境下容易失效；毫米波雷达穿透性好能直接测距，但无法识别道路线等；激光雷达性能最优却过于昂贵，且无法穿通大雾天气；夜视在夜晚效果最佳，但成本较高。值得注意的是，在 Uber 汽车撞人事故中，被人诟病最多的就是感知系统。

除了在硬件层面上不断发展传感器感知探测的精度，环境感知技术的一个重要发展趋势是从信息融合感知往智能认知方向发展：环境感知信息主要来源于雷达、摄像头、GPS/北斗定位以及车辆自身姿态的感知。传统的信息融合方法没有以驾驶员的视角为中心，没有结合人类的驾驶认知经验。无论传感器（摄像头、雷达、GPS/BD+IMU 等）有多好，都只是有限的感知（相当于人的感官），而人的驾驶决策是基于大脑的而不是基于感官的，机器决策也必须基于以当前车辆为中心的驾驶态势，而不是仅依靠任何一类传感器。为此，国内以李德毅院士为代表的智能驾驶团队提出，必须以驾驶员认知为基准，构建一个以智能车为中心的驾驶态势 CT 图簇，将周边环境感知、车姿感知和电子地图等信息都映射并标注到用于驾驶员周边态势认知的、与车辆同步移动的驾驶态势 CT 图簇中去，不仅需要融合传感器所获取的感官知识，还需要融合先验知识和时空关联知识，从而达到驾驶态势的全局认知。



#### (4) 规划决策技术：从自动驾驶向智能无人驾驶方向发展

规划决策模块相当于无人平台的大脑，它通过综合分析环境感知系统提供的信息，对当前的车辆行为进行规划（速度规划、避障局部路径规划等），并产生相应的决策（跟车、换道、停车等）。规划技术还需要考虑车辆的机械特性、动力学特性、运动学特性。常用的决策技术有专家控制、隐马尔科夫模型、贝叶斯网络、模糊逻辑等。

无人平台的行为决策系统的目标是使决策大脑像熟练的驾驶员一样产生安全、合理的驾驶行为。其设计准则可总结为：良好的系统实时性；安全性最高优先级（车辆具备防碰撞、紧急避障、故障检测等功能）；合理的行车效率优先级；结合用户需求的决策能力（用户对全局路径变更、安全和效率优先级变更等）；乘员舒适性（车辆转向稳定性、平顺性等）。可以看到，作为无人平台最终决策层，规划决策技术对于无人平台的行为是否合理、安全及可靠具有最为重要的作用。

回顾前文提到的 2017 年款沃尔沃 XC90 汽车在碰撞事故发生，美国国家公路交通安全管理局（NHTSA）最终的调查结果是：在碰撞前的 1.3 秒，无人驾驶系统决定有必要进行紧急刹车，但 Uber 设定自动驾驶系统“预计”人类司机会介入控制，为了“减少车辆不稳定行为的可能性”，并未启动紧急制动系统。显然，整个事故最为核心的问题出在系统的规划与决策层出现了严重的误判或者错误。

2015 年 10 月，特斯拉推出了 7.0 车载系统，包括三项自动驾驶功能：车道保持、自动变道和自动泊车。硬件设备包括：一部前置超声波雷达、12 部车身雷达、一部前置摄像头和一个 360° 超声传感器。但是，有的媒体指出：特斯拉的自动驾驶顶多称为辅助驾驶，或者称为 3 级自动驾驶，离真正的无人驾驶还很远。

无人驾驶技术的规划与决策仍然在发展，但是其中一项基于深度学习技术的 End to End（端到端）的无人驾驶控制策略开始起步，近期在业界激起不小的震动，很有可能是未来技术发展趋势的一个代表技术族。

在 2016 年，英伟达发表过了一份“端到端”自动驾驶的深度学习算法。对于一般的自动驾驶算法来说，其需要对摄像机捕捉到的图像进行预处理，而且标识牌、车道线等影响参数也需要放入考虑范围中；而“端到端”算法采用的是纯卷积神经网络。在应付图像识别任务时，神经卷积运算能捕捉图像的 2D 特征，无须完成复杂的特征提取和分类，高速公路或者普通道路它都能轻松应付；而且它还可以通过训练实例来进行自动学习（图 5-7）。

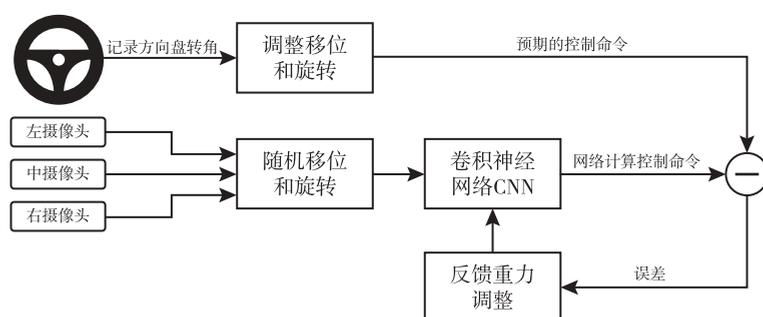


图 5-7 “端到端”自动驾驶算法框架

对这套算法目前的争论比较多。有人评估这套算法的复现性非常大，测试 10 公里的无人驾驶线路上，准确率能够达到 98% 以上，效果良好。而有些专家认为，该算法不适合开发实用无人驾驶系统，可以做示范，然而大规模商用非常困难。总之，作为人工智能算法的一个方向，“端到端”自动驾驶算框架为目前的无人驾驶规划与决策系统所暴露出来的尴尬局面，提出了一种新的解决方案和思路。也许，这就是人工智能改变无人驾驶的一个重要研究方向。

### （5）运动控制技术：从规划型到共融，再到智能学习监督式控制

对无人机或者无人车来讲，其飞控及运动驾驶控制模型相对简单。以无人车为例子，运动控制模块仅有 3 个可控单元，主要包括转向、驱动和制动三个系统：转向控制主要是对转向电机的控制，根据控制目标的



同，可分为角度闭环控制和力矩闭环控制（图 5-8）；驱动控制实现对车辆加速、匀速、减速的控制；制动控制根据制动场景的不同又可分为正常的制动控制和紧急制动控制。这三种控制合在一起有一个专有名词，称为线控技术。

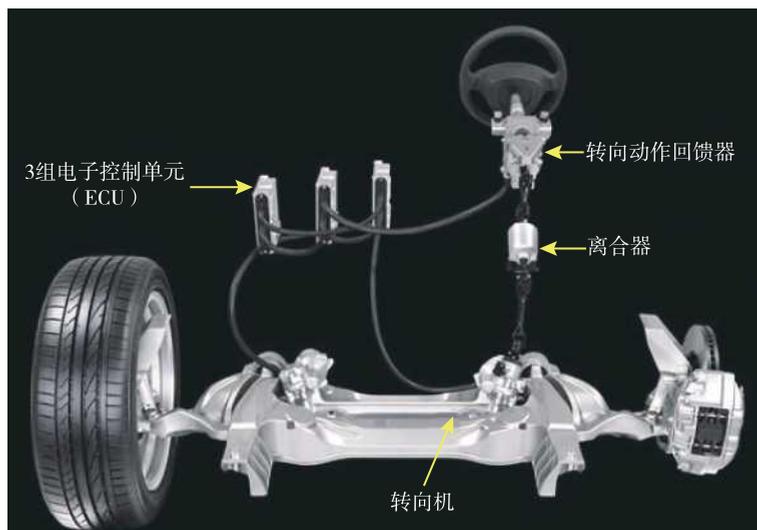
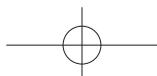


图 5-8 英菲尼迪“线控主动转向”（DAS）

对于机器人系统，尤其是类人型机器人来讲，可控单元的数量急剧上升。以波士顿动力的阿特拉斯为例，该机器人全身包括 28 个自由度，分布在两条胳膊、两条腿、躯干和头部等部位。因此，运动控制是对于人形机器人是核心技术中的核心。如何设计步行机器人的腿间作用机制，实现复杂地形条件下的身体平衡自适应调整，生成稳健自如的自由步态，是必须解决的关键问题。

机器人的运动控制，尤其是双足机器人的运动控制是非常复杂的。在 2013—2015 年，美国国防部先进研究计划署（DARPA）的机器人挑战赛（Robotics Challenge）比赛上，在所有 24 台机器人中，只有两台机器人成功地完成了这些任务，其他机器人因为各种各样的原因都没能完成





比赛，机器人的花样摔倒反而成为了比赛看点（图 5-9），仿佛想要克服这些困难变成了一件完全不可能完成的任务。这一时期的运动控制主要以运动学、规划型控制为主。

到了 2017 年，波士顿动力发布机器人阿特拉斯的最新视频，这个最强的双足系统已经能够在户外稳定小跑步，而且还会后空翻。在 2018 年 IROS（International Conference on Intelligent Robots and Systems，国际智能机器人与系统大会）上，波士顿动力又一次公布了阿特拉斯的实验视频。该视频显示 ATLAS 已经能够在非常杂乱的环境中，实现跑跳跃起，跳上非常复杂的障碍物，再一次惊艳了世界机器人同行（图 5-10）。



图 5-9 DRC 机器人挑战赛中各路机器人跌倒集锦



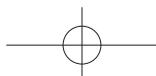
图 5-10 ATLAS 跃过障碍物



双足类人机器人是一个超多自由度、多刚体的物理系统，动力学的非线性耦合非常强。在过去的二三十年里面，日本学者做了大量的工作，本田公司秘密研发十多年，实现了双足步行机器人的稳定跑步甚至跳跃，已经让很多学者难以望其项背。但是以往的双足步行机器人都是基于 ZMP（零力矩点，Zero Moment Point）的静态平衡，阿特拉斯是基于 Marc Raiber（波士顿动力公司的创始人）原来在 MIT leg 实验室进行的研究项目，实现动力学的平衡方式，早在 20 年前就实现了单足机器人的后空翻动作。现在的阿特拉斯基于电液控制，非线性很强，控制技术难度应该相当大，包括大部分液压原件都是定制或者自己研发，还有 3D 打印的液压元件和管道，应该说阿特拉斯的惊艳后空翻和跑跳动作，凝聚了 20 多年的功力和许多工程技术人员的精力。

但是在更加复杂的情况下，比如，需要机器人思考环境特征，并能手脚并用爬越墙壁情况下，机器人该如何去做呢？波士顿动力似乎一次又一次在突破人类的想象，下一步它们会如何做，并不知晓。然而，另外一个人工智能领域的著名公司 DeepMind 发表的研究成果，可能为足式机器人的运动控制提供另一种研究方法。2017 年，在其最新发布的一篇题为《丰富环境下运动行为的涌现》（Emergence of Locomotion Behaviours in Rich Environments）的论文中，DeepMind 研究如何用‘强化学习’来教会计算人在不熟悉和复杂环境下的自如运动。DeepMind 表示，让人工智能玩游戏或者下围棋，程序需要被设置的目标很简单，只要赢就行。但如果是让人工智能控制一个机器人完成一次后空翻呢？怎样向机器描述后空翻的标准？于是他们开始研究训练一个仿真的火柴棍机器人在人工智能算法加持下穿越各种各样的地形，完成跳跃、转向、屈膝等相对复杂的动作。

在这项研究中，使用了加强学习（reinforcement learning）技术，也即建立一个可以对人工智能深度学习实行干预的一个系统，通过使用这种技术，人类可以根据自己的意愿引导 AI 完成深度学习，在 AI 达到自



己想要的效果时给以算法意义上的奖励，这样通过反复的训练学习，最后达成的结果就更接近人类最初所设想的。DeepMind 想知道这种简单的奖励机制能否在复杂的环境中使用，他们设计了一系列的跑酷路线，有悬崖，有障碍，还有墙壁，机器人每一次完成关卡都会赢得系统奖励。基本规则如下：最快突破障碍物的 AI 模拟机体将得到最大的奖励，完成更加复杂的项目将会得到额外的奖励。结果显示，机器人在仅仅尝试了 2 次后就找到翻越墙头的动作序列，并成功翻越了墙头（图 5-11）。

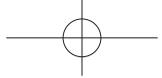


图 5-11 DeepMind 运用监督深度学习模型训练模拟机体

尽管这项研究暂时还没用于真正的机器人机体，但是仿真原理已经表现出人工智能对于双足机器人运动控制的有着巨大的可能性。人工智能将又一次在运动控制技术中起到关键性作用。

### 第三节 发展建议：“人”是推动“无人”创新之源

随着技术的进步，无人平台的性能不断提高、功能不断扩展，在军事领域已从辅助装备逐步发展成为不可或缺的主战装备；在民生领域，从默



默默无闻到出现在生产、生活的方方面面。

综合考虑我国无人系统发展现状，以及在人工智能技术浪潮下的发展趋势，结合民生大众关注的热点问题，我们对我国无人平台的发展提出以下建议：

**(1) 应当大力宣传无人平台在国防科技的领军作用，鼓励培养有志于国防科技的青年人才梯队，才能促进国防高科技装备的良性发展，才能促进国防科技的军民融合落地，服务民生**

“无人平台”是近年来科技界最热的科技词汇之一，令人遗憾的是，普通民众谈起无人平台来，大多数都表示不知道、没听过。然而，再继续追问，无人机、无人车、无人船，是否听过？多数人又会表示知道，有的甚至见过、了解过。导致这一现象的主要原因是“无人平台”是一个源于国防军事的专业性概念，而无人车、无人船则是军民两用，甚至主要是民用的概念。就是这样一个领域之差，导致大多数人对无人平台无感，媒体宣传也并没有普及无人平台的概念。这背后的主要原因，除了军事装备本身的神秘性外，更多的是当代一批人久居和平年代，忘记了中国的和平得来是如何不容易。著名军事评论家张召忠少将在一次接受采访时表示，现在网络上有很多人不爱国家、不尊重军人，作为一个45年军龄的老军人，他的最大遗憾是没能让更多的年轻人对军事感兴趣，培养起爱国精神。有一个概念需要澄清的是，我们没有生活在一个和平的年代，而是生活在一个和平的国家。

在生活消费领域，手机摄像头、滑雪护目镜、助听器充电电池等诸如此类技术，都是源自20世纪美苏争霸的太空军备竞赛，当代的人们在享受科技的同时，可能已经忘记或许根本就不知道这些技术是从军事目的而来。无人平台，正如这些高科技一样，只是另外一项源自军事而落户于民生的科学技术。

纵观我国无人平台技术发展现状，除了大疆无人机等少数天赋异禀的技术公司外，大多数真正具有自主知识产权，具备国际高科技竞争力的技



术都在国防军事领域。对比我国无人平台的发展可知，与国外先进技术水平相比，在总体技术、感知技术、规划决策技术、人工智能技术等方面落后差距较大。但是，所谓落后的真正原因，是缺乏在各个领域的领军人和青年人才梯队。

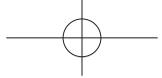
世界历史和国外先进经验表明，先进技术的培育、孵化与落地，从国防军事领域先行开展是最有希望产生的。但是前提条件是，要有人才持续不断地加入国防军事研究中去。没有人才基础，没有用于担当、勇于创新的一流人才，无人平台的国防军事装备研究无法走出中国特色，更何谈要弯道超车、引领世界科技潮流？

为此，一是应当从意识的角度，着力提升“无人平台”的概念与内涵，可适时举办无人平台的大型展览、会议、论坛，用多种表现形式，提升其在普通大众心中的知名度。二是应当鼓励青年人才献身国防、报效祖国；三是应当树立典型和榜样，用榜样的力量激励更多的年轻人投身于“无人平台”的事业中来。

## **（2）应当着力解决无人平台的科技创新机制，尤其是消除科研机构、大专院校的科技工作者的行政禁锢，鼓励竞争，鼓励军民融合，走出有中国特色的无人国防军事装备和军民融合军事装备研发之路**

近年来，国家接连出台相关政策，力争为科技人员“松绑”。2016年3月，中共中央印发了《关于深化人才发展体制机制改革的意见》。2016年5月，李克强总理在全国科技创新大会上讲话，强调“必须进一步推进科研领域‘放管服’改革”“提高人员费用的比例”和“真正让有贡献的科技人员名利双收”。2018年3月10日，在十三届全国人大一次会议记者会上，科技部部长万钢在答记者问时再谈为科研人员“松绑”。然而，现实情况是，科技人员普遍反映的“科研经费不好花、科研活动常常要围着经费转”的情况依然没有得到改变，有了政策、如何实施，还有许多硬骨头要啃。

要鼓励军民融合，给企事业单位“松绑”，解决企事业单位科技



成果“无法走出去、不敢走出去、不能走出去”的困境。国企事业单位的科技成果有着巨大的市场价值和潜力。然而，他们在现有的政策框架下开展军民融合并不轻松。具体如何操作，如何落实，还存在不少变数。应当尽快出台相关政策法规，鼓励国企事业单位开展军民融合合作，实现民参军、军转民的良性发展态势。

### （3）着眼于无人系统，从系统的角度，统筹匹配研究资源，有目的地在某些专项领域组建国家队，减少低端重复，鼓励原创

无人平台是一个系统概念，由于种种原因，目前我国的无人平台专家仍然散布于无人机、无人车、无人船领域，近年来有了初步融合的态势，但是总体来讲，国家级的无人系统重大研制课题数量还很有限，无法满足无人系统高速发展的需要。

同时，从核心技术体系方面看，无人平台涉及平台技术、导航技术、感知技术、运动控制技术等多种技术，计算机科学、机械工程学、仿生学、电子电路、自动控制、人工智能等多学科交叉，按照现有的科研体制序列，某几个单位很难具有抓总的能力，尤其是横跨科技部、国防科工局、军方等国家重要装备与科学计划发布单位的能力，少之又少。中国科技领域所谓真正意义上的国家队很难出现。

美国国防高级研究计划局（DARPA）在一定程度上承担了上述角色。DARPA 以其独特的项目经理有限任期的模式，进行战略前沿技术的前瞻性研究，为保持美国领先的技术优势作出了卓越的贡献。1958年2月，美国总统艾森豪威尔，为应对苏联在卫星技术方面领先的优势，决定成立了DARPA。根据美国国防部 5105.15 号指令，DARPA 的职责是负责“美国国防部长按单个项目或项目类别制定研发领域内各个先进项目的方向或性能”。

尽管 DARPA 是一个军事智能部门，互联网大佬谷歌就曾秉持“不作恶”的理念，不参加 DARPA 的任何项目。然而，纵观近代与民生结合紧密的科学技术，都有 DARPA 的身影，这里面包括是互联网（早期称为

ArpaNet)、隐身飞机、小型化 GPS 终端、无人机、平板显示器、脑机接口等项目。随手翻越 DARAP 近年来组织开展的公开创新项目,包括飞行可垂直起降汽车计划、大脑“超频”芯片计划、机器人挑战赛 SIMNET 的虚拟战场系统、“小精灵”项目、可靠的抗干扰通信网络项目、新一代军用纯电动车 extreme、拒止环境中的协同作战、无人军舰海上猎手“Seahunter”等,可以看出,美国在未来一个较长周期中仍将保持科技领先的优势(图 5-12)。



图 5-12 DARAP 近年来组织开展的创新项目

DARPA 技术创新有它独特的优势,然而问题也不少,比如目前暴露出与军种的需求难于协调、在技术转移方面面临障碍等问题。在进入 21 世纪以后,由于高新技术的迅猛发展和扩散,当前美国的技术创新出现了从



“以军带民”到“以民带军”的转型，比如出现了以硅谷为代表的民间技术创新基地。在这种形势下，DARPA的“从上到下”的创新模式，必须和“从下到上”的模式结合起来。

中国是一个集中力量办大事的国家，在科技发展水平仍与世界水平有差距的阶段，学习DARPA早期模式，由国家职能部门牵头，组建国家级研发队伍，不失为一个优化的解决方案。

实际上，这在我国最高科技的大型科技项目中早有先例。以无人系统领域的案例为例，在我国首个月球车“玉兔”号的研制过程中就组成了一支这样的国家队。该工程由国防科工局牵头，联合航天科技集团、中科院系统、兵器集团、教育部多所高等院校开展研究，通过全国性公开招标，集合了我国航天、陆地、科学载荷、电子电路等领域的专家，光月面巡视探测就有约40多家拿出了原理样机（图5-13），在此基础上，通过公开招标，组建了真正的国家队，资源统筹、齐心协力把我国首辆无人月球车送上月球。



航天五院月球车



航天八院月球车



哈工大月球车



湖南大学月球车



沈自所月球车



201所月球车

图5-13 全国各研究单位推出的月球车原理样机

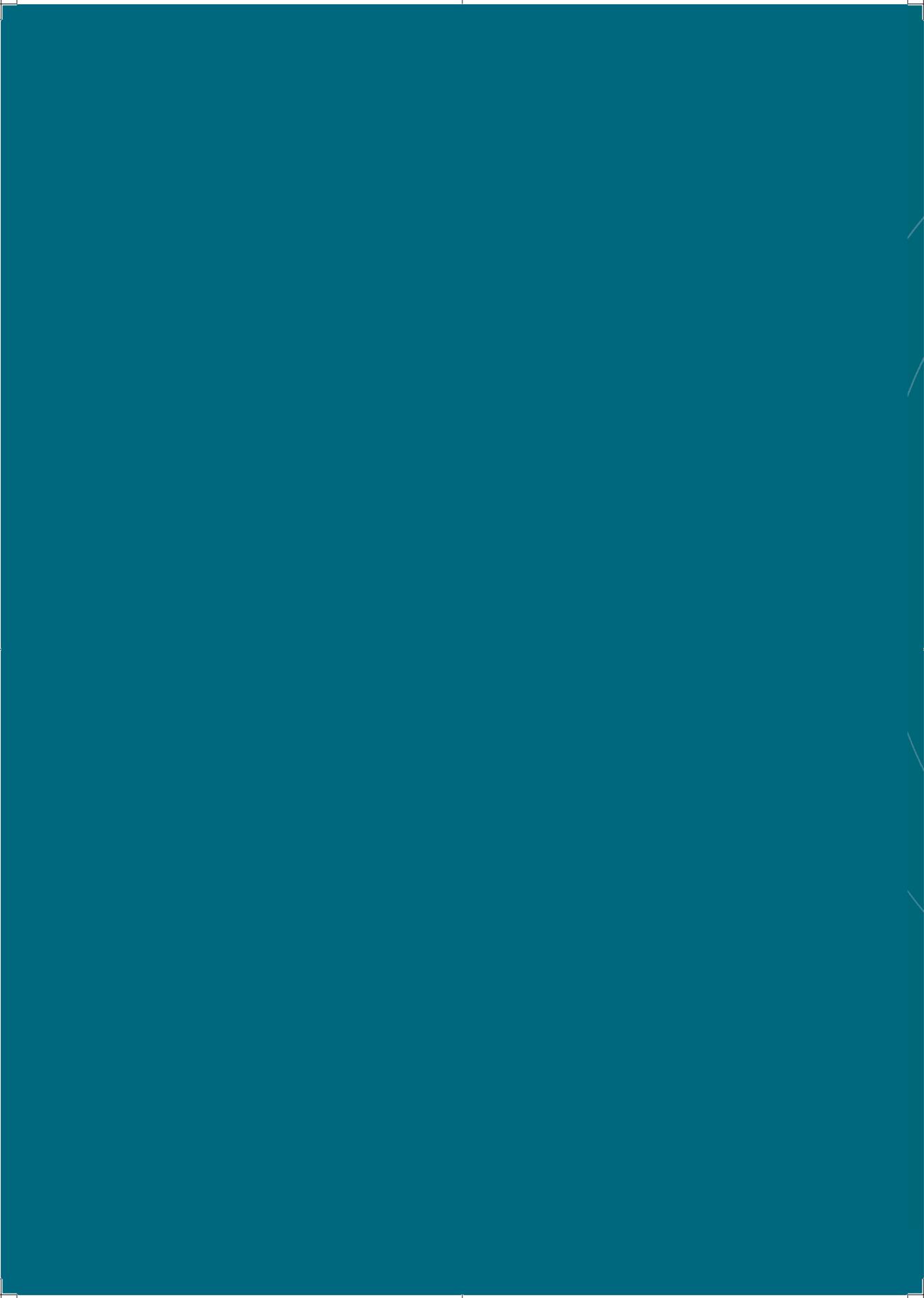


由此可见，我国在长期的国防科技实践中，积累了开展国防科技预研和推动技术创新的经验，如“研制一代、预研一代、探索一代”等，保障了我国武器装备的高速持续发展。为了推动我国的无人平台技术迈向新的高度，我们可以认真吸取 DARPA 创新的经验，同时也要分析其不足之处，结合我国的实际情况，推陈出新，大胆革新，打破军兵种界限，促进军民深度融合，一起推动无人平台技术真正成为改造世界、服务民生的颠覆性技术革命。

无人化时代已经到来，无论无人技术是天使还是魔鬼，无论接受与抗拒，这一场源自军事、兴起于民生的高科技革命趋势不会改变。面对当今新科技革命、新产业革命、新军事革命交织推进，我们必须抓住颠覆性无人技术发展的历史机遇，强化军事与民生科技结合，实现政府和市场双轮驱动，建立高效、灵活、宽容失败的管理机制、营造敢于挑战权威、鼓励另辟蹊径、倡导大胆争论、开放协同宽松的科技创新环境。

#### 本章小结

本章重点介绍人工智能与无人平台的关系，探讨人工智能浪潮下，无人平台的发展现状和发展思路。首先以三个应用人工智能的无人平台为例，说明了两者紧密纽联的关系。分析了在人工智能这一新的技术浪潮下，无人平台的技术发展趋势，尤其是解决无人平台发展过程中的隐患问题，其技术的发展思路与过程。最后提出，当今无人平台的发展最关键还是靠人才，毕竟“人”是推动“无人”创新之源，又结合我国的发展现状，提出了一些发展的思考与建议。





# 结束语

这是一个无人平台正在成为主导的时代，无人技术的发展速度比你想象的来得快。无人机、无人驾驶、无人餐厅、无人超市……这几年，我们已经亲眼见到各种各样无人平台，正在以一种别样的速度进入我们的生活。

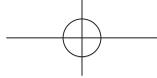
可能很多人会质疑，为何要如此执着地研究“无人”？一辆没有驾驶员的车、一架无人驾驶的飞机，我们还敢安心乘坐吗？不仅如此，机器人还和人“抢饭碗”，也就是讲，无人平台将成为就业岗位、薪水酬劳的竞争者，甚至可称为掠夺者，我们还有发展无人技术的必要吗？

上述人们口中种种的不解也好、忧虑也罢，不无道理，原因更多的在于一股脑地只是看到了无人平台所带来的潜在隐患，而没有真正去了解无人平台的发展与应用现状。

本书希望通过有限的篇幅，将无人平台的前世今生和未来发展，以一种以偏概全的样式展现出来。

关于无人平台的争议很大，乐观派与悲观派均占了很大比例，从辩证的观点看，它既是解放人类生产力、释放无限潜能的力量，也潜藏着毁灭世界的力量，关键是看如何把握。最需要控制的不是人工智能，而是人类对权力的无限追求、对自然无节制索求的欲望。

最后，把微软人工智能机器人小冰在 2017 年做的诗歌《全世界就在那里》，作为本书的结尾，送给本书读者。



## 全世界就在那里

作者：微软小冰

河水上滑过一对对盾牌和长矛  
她不再相信这是人们的天堂  
眼看着太阳落了下去  
这时候不必再有爱的诗句  
全世界就在那里  
早已拉下了离别的帷幕  
生命的颜色  
你双颊上的道理  
是人们的爱情  
撒向天空的一个星  
变幻出生命的颜色  
我跟着人们跳跃的心  
太阳也不必再为我迟疑  
记录着生命的凭证  
像飞在天空没有羁绊的云  
冰雪后的水  
那霜雪铺展出的道路  
是你的声音啊

雪花中的一点颜色  
是开启我生命的象征  
我的心儿像冰雪后的水  
一滴一滴翻到最后  
给我生命的上帝  
把它吹到缥缈的长空



## 参考文献

- [1] 吴伟仁, 于登云. 深空探测发展与未来关键技术. 深空探测学报, 2014, 1(1): 5-17.
- [2] 孙泽洲, 孟林智. 中国深空探测现状及持续发展趋势. 南京航空航天大学学报(社科版), 2015, 47(6): 785-791.
- [3] 叶培建, 彭兢. 深空探测与我国深空探测展望. 中国工程科学, 2006, 8(10): 13-18.
- [4] 张伟. 深空探测器总体技术. 上海航天, 2012(6): 1-6.
- [5] 新华网. 无人潜航器: 未来海战的“撒手铜”.
- [6] 瑞士智库. 无人潜航器时代的到来. 国际关系与安全网络网站.
- [7] 美无人潜航器规划曝光: 造水下舰队称霸海洋. 国际在线.
- [8] 腾讯科技. 为什么人工智能(AI)如此难以预测?
- [9] 德先生. 未来挑战赛, 揭秘中国无人驾驶领域顶级赛事九年发展历程. 搜狐网.
- [10] 2017世界智能大会·世界智能驾驶挑战赛(WIDC)在中汽中心成功举办.
- [11] <http://www.cafai.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=15&id=179>.

- [ 12 ] 共融机器人重大研究计划年度学术交流会暨 2018 “世界机器人大赛——共融机器人挑战赛” 在研究所隆重举行. [http://www.sohu.com/a/229720575\\_172049](http://www.sohu.com/a/229720575_172049).
- [ 13 ] “跨越险阻 2016” 地面无人系统挑战赛落幕. [http://www.mod.gov.cn/power/2016-10/18/content\\_4748815.htm](http://www.mod.gov.cn/power/2016-10/18/content_4748815.htm).
- [ 14 ] “跨越险阻 2016” 地面无人系统挑战较量, 谁家更牛? [http://www.81.cn/syjd/2016-10/18/content\\_7308131.htm](http://www.81.cn/syjd/2016-10/18/content_7308131.htm).
- [ 15 ] 中国机器人峰会. <http://www.chinarobtop.com/about.php>.
- [ 16 ] 2018 地面无人系统大会在江苏常州开幕. [http://www.81.cn/gnxw/2018-05/19/content\\_8036780.htm](http://www.81.cn/gnxw/2018-05/19/content_8036780.htm).
- [ 17 ] 2017WUSC 世界无人系统大会召开. [http://uav.xinhuanet.com/2017-09/22/c\\_129710633.htm](http://uav.xinhuanet.com/2017-09/22/c_129710633.htm).
- [ 18 ] 2019 世界智能大会官网. <http://www.wicongress.org/>.
- [ 19 ] 2017 全球无人系统大会暨中国 ( 珠海 ) 国际无人系统博览会开幕. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1586674285167888063&wfr=spider&for=pc>.
- [ 20 ] 自动驾驶分为 6 个级别, 知道 google、特斯拉都到了哪一级么? <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1568631403295138&wfr=spider&for=pc>.
- [ 21 ] 图森未来无人驾驶卡车 未来港口也许真的不需要雇人了. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1599875168303298957&wfr=spider&for=pc>.
- [ 22 ] 预计 2020 年量产, 图森开始测试港口内无人驾驶集卡车. <http://www.cheyun.com/content/21180>.
- [ 23 ] 不约而同的选择 为何自动驾驶技术偏爱摆渡小巴. [http://www.sohu.com/a/210256043\\_455835](http://www.sohu.com/a/210256043_455835).
- [ 24 ] 加州测无人驾驶公交车 为办公园区提供摆渡服务. <http://>



baijiahao.baidu.com/s?id=1596146801343892888&wfr=spider&for=pc.

- [ 25 ] 他们说自动驾驶落地最好从物流、扫地车开始, 你觉得呢? [http://www.sohu.com/a/233614592\\_372664](http://www.sohu.com/a/233614592_372664).
- [ 26 ] 沃尔玛也有自动驾驶了 不过是用来扫地的机器. <http://digi.tech.qq.com/a/20171128/051937.htm>.
- [ 27 ] 自动驾驶变革为什么会首先选择货运和物流业. <http://auto.163.com/18/0316/08/DD0MGHVN000884N3.html>.
- [ 28 ] 公司推自动驾驶汽车提供最后 1 英里快递服务. <http://pcedu.pconline.com.cn/1080/10800294.html>Nuro.
- [ 29 ] 他们说自动驾驶落地最好从物流、扫地车开始, 你觉得呢? [http://www.sohu.com/a/233614592\\_372664](http://www.sohu.com/a/233614592_372664).
- [ 30 ] 京东放“大招”: 全面部署自动驾驶技术, 五年后全部用机器人送快递. <https://www.roboticschina.com/news/201706191712.html>.
- [ 31 ] 100 亿的京东无人车项目只为送快递? 它可能对自动驾驶产生重要作用. [http://www.sohu.com/a/209790502\\_538701](http://www.sohu.com/a/209790502_538701).
- [ 32 ] 无人物流车扎堆出现 京东、苏宁、菜鸟谁会领衔. <http://auto.qq.com/a/20180604/008467.htm>.
- [ 33 ] 除了园区, 短期内的无人驾驶商业化还有这些落地场景. [http://www.sohu.com/a/202635526\\_99919085](http://www.sohu.com/a/202635526_99919085).
- [ 34 ] 自动驾驶卡车开进了澳洲矿区. <http://auto.qq.com/a/20151022/033841.htm>.
- [ 35 ] 共融机器人的三个要点: 共存、协作与认知. <http://m.elecfans.com/article/622222.html>.
- [ 36 ] “共融机器人”将成为你的“贴心搭档”. <https://baijiahao.baidu.com>.

com/s?id=1599319186720600914&wfr=spider&for=pc.

- [ 37 ] 中国科学院院士丁汉：共融机器人就是未来的发展方向. <https://www.leiphone.com/news/201608/d3aaMMIUvaW9ZgUI.html>.
- [ 38 ] 世界主要国家军民融合模式. <http://www.spacechina.com/n25/n144/n208/n230/c743466/content.html>.
- [ 39 ] 世界军民融合发展新趋势及对我国的启示. [http://www.sohu.com/a/125807292\\_154224](http://www.sohu.com/a/125807292_154224).

