责任编辑：高飞 联系电话：010-58354199 美术编辑：韩晓红
2021年1月5日 星期二

美国国防预先研究计划局（DARPA）科技创新挑战赛盘点

DARPA 的主要业务是开展基础性、先导性、颠覆性国防科研项目的管理，其项目类别分为基础研究、预先研究和应用研究，预先研究项目是主体。DARPA 名称里的“Advanced Research Projects”指的就是预先研究项目。DARPA 无与伦比的创新能力与其不拘一格的运作方式是分不开的。挑战赛是 DARPA 促进科技发展的重要形式，DARPA 根据自身需求确定挑战赛的主题，成功调动全社会开展技术创新的积极和热情。作为美国政府推行的挑战赛创新机制的奠基者，DARPA 目前已先后在网络、通信、智能、设计制造、生物医药等技术领域成功举办多项挑战赛，并不断继承和创新挑战赛模式，以激发社会创新潜力，为美军快速选拔和获取优质创新资源及创意方案奠定基础。以“大挑战赛”（grand challenge）为例，出于对无人驾驶车辆的关注，DARPA 在 2004 年举办第 1 届“大挑战赛”，2005 年举办第 2 届比赛，使无人车性能得到大幅改进。2007 年，DARPA 又发起“城市挑战赛”（urban challenge），解决了无人驾驶车辆在城市中行驶的问题。从此，挑战赛机制得到政府的关注与认可。

“大挑战赛”（Grand Challenge）

2001 年，美国深陷阿富汗战争，为了应对路边炸弹引起的大量伤亡，美国国会通过了一项法案：在 2015 年，军方三分之一车辆必须进行无人驾驶。根据法案，国会命令 DARPA 负责推动相关技术的发展，授权该局对无人驾驶汽车的研发人员进行现金奖励。有了奖金的支持，DARPA 决定举办一项奖金为 100 万美元的公开竞赛，吸引更多的团队投入智能车研究。从 2004 到 2007 年，DARPA 共赞助了三场公路赛事，分别是 2004 年和 2005 年 DARPA 大挑战赛和 2007 年的 DARPA 城市挑战赛。

2004 年 DARPA 大挑战赛：第一届 DARPA 挑战赛于 2004 年 3 月在美国莫哈维沙漠地区举行，DARPA 聘请了专业的卡车沙漠赛策划公司设计比赛路线，路线总长 240 千米。车辆比赛途中不但会遇到急弯、隧道、下坡、路口、沟壑和遍布全程的仙人掌，还要识别可能突然出现的动物和火车等。比赛要求参赛车辆必须是无人驾驶的自主地面车辆，不允许远程遥控，并对每辆赛车进行实车跟踪，在 10 小时内最先到达终点的队伍获胜。第一届比赛一共收到了 106 个队伍的参赛报名表，在预选赛时有 25 个车队通过了安全和技术测试，然后在加利福尼亚的高速公路上进行了一英里（1.8 千米）长的自主导航与障碍测试的资格赛，有 15 支车队进入了决赛。由于车载软硬件系统过于粗糙。最终，15 支参赛团队都没能顺利完成任务。

2005 年 DARPA 挑战赛：第二届 DARPA 挑战赛于 2005 年 10 月 8 日举行。赛前共有 195 支队伍报名，其中 43 支车队通过审核进入了资格赛。资格赛按所用时间、通过项目数、绕障碍物表现、以及比赛完成度 4 个方面进行排名，23 支队伍进入了决赛。这一届比赛最高奖的金额提升到了 200 万美元。2005 年 DARPA 挑战赛是移动机器人发展史上的临界点，史上第一次，5 辆无人驾驶汽车使用人工识别系统，成功通过了路况恶劣的沙漠赛道。它们分别是：

斯坦福团队的 Stanley 以不到 7 小时的成绩获得冠军，获得了 200 万美元大奖。斯坦福团队被分成四大组：硬件组、软件组、测试组和公关组。硬件组由美国大众汽车电子研究实验室的研究人员领导，主要负责监督与车辆相关的所有改装和部件开发，包括线控驱动系统、传感器和计算机安装以及计算机系统。软件组和测试小组由斯坦福大学的研究人员领导，软件组开发了包括导航软件和各种健康监测和安全系统等所有软件。测试小组负责根据指定的测试时间表测试所有系统组件和整个系统，测试小组的成员与其他任何小组分开。宣传小组由莫尔·戴维多风险投资公司的员工领导，所有其他赞助商都参与其中，主要负责管理斯坦福赛车队的所有媒体关系和筹款活动。整个团队的运营监督由一个包括所有主要支持者的指导委员会负责。

第一届挑战赛车辆

Stanley 是基于一辆大众途锐越野车改造而成。配置的传感器有：5 个 Sick 单线激光雷达，负责车辆前方 25 米范围内近距离路面探测；一个彩色摄像头，用于 35 米范围中远程道路感知；两个 Smart Microwave Sensors 公司的 24GHZ 毫米波雷达，覆盖车辆前方 200 米区域。激光雷达、摄像头和毫米波雷达系统构成了 Stanely 的环境感知传感器组合。GPS 信号接收器和一个惯性测量单元（IMU），一起构成 Stanley 的定位传感器组，用来估计车辆相对于外部坐标系的位置和速度。Stanley 的软件系统大约由 30 个并行执行的模块组成。系统分为六层，分别对应以下功能：传感器接口、感知、控制、车辆接口、用户界面和全局服务。

2005 年 DARPA 挑战赛冠军 Stanley

2007“城市挑战”冠军 Boss

“城市挑战赛”（Urban Challenge）

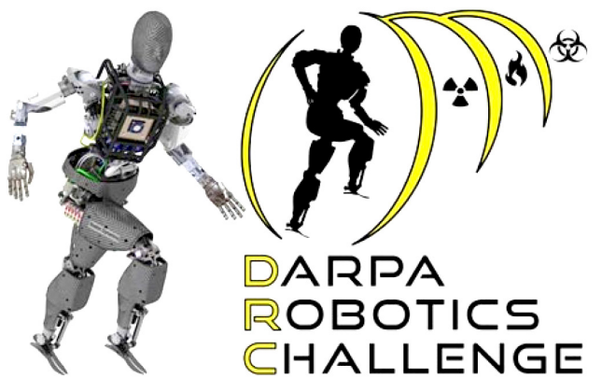
第三届挑战赛被称为“城市挑战赛”（Urban Challenge），于 2007 年 11 月 3 日在美国西部加利福尼亚州维克多维尔的乔治空军基地举办，前三名的奖金分别为 200 万、100 万和 50 万美元。此次比赛在全长 96 公里的城市道路举行，需在 6 小时之内完成，并且需要遵守所有的交通规则，同时与其他交通工具和障碍物进行协同和交互，比赛制定了严格的规则。

2007“城市挑战”要求设计者设计出能够遵守所有交通规则的车辆，同时能够在赛道上检测和避开其他机器人。这对于车辆软件来说是一个特殊的挑战，因为车辆必须基于其他车辆的动作实时做出“智能”决策。与之前专注于高速公路驾驶等结构化情况的自动驾驶汽车不同，这次比赛在更杂乱的城市环境中进行，并且要求汽车之间进行复杂的互动，这更像人类的驾驶场景，这无疑增加了挑战的难度。最终，53 支报名队伍中，11 支通过了资格测试，6 支车队跑完了全程，卡内基梅隆大学的 Boss、斯坦福大学的 Junior 和弗吉尼亚理工大学的 Odin 获得前三名，麻省理工学院获得第 4 名，宾夕法尼亚大学和康奈尔大学也完成了比赛。

Boss 是由 Tartan Racing 团队开发的。Boss 基于一辆 2007 年的雪佛兰 Tahoe 改装，集成了一种商用的线控驱动系统，通过计算机控制，借助电动马达实现自动转向、刹车和换挡。同时 Boss 保留了正常的人类驾驶控制机构（方向盘、刹车和油门踏板），以便安全员在测试期间能够快速、轻松的控制车辆。为了实现高速计算，Boss 使用具有 10 个 2.16GHz Core2Duo 处理器的 Compact PCI 机箱，每个处理器具有 2 GB 的内存和一对千兆位以太网端口。每台计算机均从 4 GB 闪存驱动器启动，从而减少了磁盘故障的可能性。Boss 使用传感器组合来提供在城市环境中安全导航所需的冗余和覆盖范围。

Boss 周身配备了十几个传感器，包括激光雷达、摄像头和雷达，所有这些传感数据都用于无人车实现感知、规划和决策。Boss 的软件系统有 50 万行代码，采用分布式架构，主要由感知子系统、运动规划子系统、路径规划、行为规划系统组成。

2007 年城市挑战赛之后，DARPA 未再组织新的智能车挑战赛。但是通过这三次挑战赛，DARPA 已经成功发掘了无人车研究者的潜力，也孵化了无人车的基础路线—即由摄像头、激光雷达、毫米波雷达传感器，线控系统、计算单元等构成无人车硬件系统，由传感器融合、目标定位、识别、路径规划和行为规划等算法构成无人车的软件系统，软件和硬件结合构成自动驾驶系统。而后人所做的，无非是在这条基础路线上进行更加深入和精细化的技术迭代。



DARPA 机器人挑战赛

机器人挑战赛

DARPA 机器人挑战赛（DRC）于 2012 年至 2015 年举行，旨在开发能够“在危险的、退化的人类工程环境中完成复杂任务”的半自动地面机器人。

除了促进半自动机器人的发展，DRC 还寻求使机器人软件和系统开发成果，为此，DRC 资助了开源机器人基金会（OSRF）为 DRC 改装露台机器人模拟器，并建造了 6 个波士顿动力 ATLAS 机器人，这些机器人被赠送给在 DRC 中表现最好的团队。与以前的挑战不同，DRC 的参与者无需从头开始构建他们的机器人。DARPA 向参与者提供一个具有手臂、腿、躯干和头部的机器人硬件平台。比赛还包括“有监督的自主权”任务，其中将允许 / 要求非专家操作员使用机器人车辆完成任务。挑战着重于完成这些监督的自治任务的能力。

2013 年 DARPA 挑战赛吸引了来自美国、中国、日本、韩国等国的 100 多个团队报名，DARPA 最后从其中筛选出 17 支队伍，来自中国的一个机器人团队在最后一刻弃权，导致最终参赛队伍的数量变成了 16 个。挑战赛在美国佛罗里达的霍姆斯特德举行，整个赛场都被布置成重灾区。DARPA 称，2011 年日本福岛核事故加速推动了这项赛事。在控制核泄漏的行动中，机器人起到的作用非常有限。“我们意识到，这些机器人除了观察，做不了任何其他事情，”机器人比赛项目主管吉尔·普莱特说，“他们需要的是一个能走进核电站、关掉阀门的机器人。”

DARPA 表示，这届“机器人奥运”的目标是推动开发出可以在险恶环境下行走的机器人，并且可以抵抗突发灾难。因此，特定量身定做八大任务。如果机器人能独立完成这些任务，则意味着未来能在灾难救援任务中扮演关键角色。日本 Schaft 的高 1.46 米、重 98 千克的 HRP-2 机器人几乎完成了所有任务，最终以 27 分夺冠，尤其在爬梯、废墟行走和移除障碍物项目上表现出色，远远超过了获得第二名（20 分）的 IHMC 队。

2015 年，DARPA 主办的 DRC 大赛以灾难因应挑战为主题，灵感来自 2011 年福岛核电厂炉心熔毁事件，最终由韩国队夺下冠军宝座，抱回 200 万美元奖金。来自全球的 25 个国际团队以及他们的机器人为争夺 350 万美元奖金而战，最终由韩国队 KAIST（韩国科学技术院队）的机器人 HuBo 抱走冠军，美国队的 IHMC Robotics 和 Tartan Rescue 分居第 2 和第 3 名，亚军和季军 队伍可获得 100 万美元和 50 万美元。

在美国和德国的强队占据前列的情况下，韩国显示了高超的技术实力。综合排名第二位是美国佛罗里达州研究机构 IHMC 的队伍，第三名为美国卡内基梅隆大学队。日本派出 4 支队伍参赛，产业技术综合研究所的机器人“HRP2 改”获第 10 名，在 4 支队伍中最高，东京大学队获得第 11 名。与此前许多机器人动弹不得的预赛相比，此次比赛中各队攻克了机器人操纵手推车、使用电钻钻孔等难题，成为了一场高水平的对决。参加比赛的 24 支队伍中，卡内基梅隆大学和美国航空航天局（NASA）喷气式飞机推进研究所等推出机器人可手脚弯曲在地面上行走并配合目标使身体变形，在比赛中格外引人注目。

DARPA 网络挑战赛

为了纪念互联网成立 40 周年，DARPA 宣布了 DARPA 网络挑战赛网络超级挑战赛（Cyber Grand Challenge），该竞赛旨在推进自动化网络防御技术发展，即实时识别系统缺陷、漏洞，并自动完成打补丁和系统防御，最终实现全自动的网络安全攻防系统。参赛队伍全部由计算机组成，无任何人为干预。所以，CGC 是机器之间的 CTF 比赛，目标是推进全自动的网络安全攻防系统。

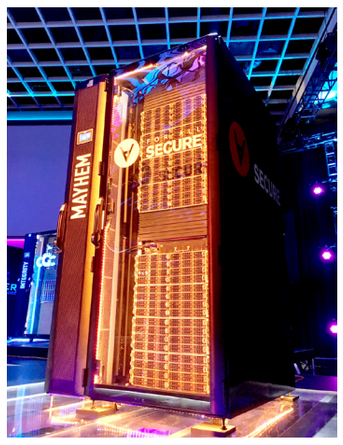
2016 年 8 月 5 日，DARPA 官方宣布比赛结果：

第 1 名：来自卡内基梅隆大学的 ForAllSecure 团队研制的 Mayhem 系统，获得 200 万美元奖金；

第 2 名：来自 GrammaTech 公司和弗吉尼亚大学的 TECHx 团队研制的 Xandra 系统，获得 100 万美元奖金；

第 3 名：来自加利福尼亚大学的 Shellphish 学生团队研制的 Mechanical Phish 系统，获得 75 万美元奖金。

随后，在 Defcon CTF 举办方的正式邀请下，Mayhem 系统和全球其他 14 支顶尖的人类 CTF 团队同台比拼。在 8 月 6 日的比赛中，Mayhem 程序曾战胜两支人类黑客战队。黑客机器人能够站上 Defcon CTF 赛场，已经开创了自动化网络攻防的新局面。



网络挑战赛第一名 Mayhem 系统

地下挑战赛

地下挑战赛（Subterranean Challenge，SubT）由 DARPA 组织，DARPA 战术技术办公室项目经理 Timothy Chung 表示，举办“SubT”挑战赛的目的就是为了在执行地下行动时获得从未有过的态势感知能力，寻求在地下环境中快速侦查、通过、搜索等任务的新方法。2019 年地下挑战赛的在官网有登记的团队共有 18 个，涉及的学校及组织机构有麻省理工学院、韩国科学技术院等相关学院；内华达山脉公司、幽灵机器人等科技公司以及一些政府背景的实验室及组织。

在比赛中，Explorer、MARBLE、CoSTAR、CTU-CRAS 成绩较好，尤其 Explorer 团队（由卡内基·梅隆大学和俄勒冈州立大学合作组建）得分为 23 分，远超第二名 MARBLE（科罗拉多大学和科学系统公司组织）团队 14 分。

除了这次的“隧道赛场”之外，还有“城市地下赛道”和“洞穴网络赛道”两场预赛，所有预赛结束之后将在 2021 年 8 月进行总决赛。参赛的团队可以参与物理系统竞赛或纯软件虚拟竞赛两种方式中的一种或两种，前者奖金为 200 万美元，后者奖金为 150 万美元。

对于每个赛道，团队必须完成一系列目标。主要任务是搜索、检测并提供竞赛所要求的 10 到 30 件物品精确的地理参考位置，这些物品可能包括人类幸存者（人体模型）、门、电动泵、阀门、背包、灭火器、收音机或手机，以及更多抽象的东西，如煤气泄漏。团队的最终得分主要取决于他们能够找到多少物品，以及用时多长。但 DARPA 希望团队在整个过程中可以提供连续、实时的 3D 地图更新。

DARPA 强调了“SubT”的四个技术领域，包括自主、感知、网络和移动性。所有这些都是由“SubT”环境驱动的，它们包含了一系列技术挑战元素，DARPA 将使用它们来大体评估系统性能。换句话说，以下就是参赛团队必须要面对和处理的事情：

严格导航。挑战包括多个级别，倾斜、循环、死角、滑动诱导地形界面和急转弯等。可见度有限，困难地形和稀疏特征的这种环境可导致显著的定位误差并且在延长的运行期间漂移。

地下挑战赛第一名

降级传感。比赛包括从受限制的通道到大开口，照明区域到完全黑暗，以及潮湿到多尘的条件。感知和本体感受器将需要在这些低光、模糊或散射环境中可靠地操作，同时具有适应这种变化条件的动态范围。灰尘、雾、水和烟雾都在这个挑战元素的范围内。极端温度，火灾和有害物质预计不在范围内。

严密通信。有限的视距，无线电频率传播挑战以及地下环境中不同地质的影响对可靠的网络和通信链路造成严重障碍。物理竞赛阶段以及“SubT”虚拟测试平台环境旨在尽可能地涵盖这些通信限制。鼓励团队思考出克服这些约束的解决方案，包括硬件、软件、波形、协议、分布式或分散式概念或部署方法的新颖组合。

地形障碍。要求系统在导航一系列具有移动性的地形特征和障碍物时表现出稳健性。地形元素和障碍物可包括受约束的通道、急转弯、陡坡、倾斜、台阶、梯子以及泥沙和水。环境可包括有机或人造材料；结构化或非结构化的构造；完整或倒塌的结构和碎片。

动态地形。地形特征和障碍物还可以包括动态元素，其可以包括例如移动障碍物、移动墙壁和障碍物，落下的碎片或环境的其他物理变化，其测试系统自主性的敏捷性、反应，并可能从地图变化的可能性中恢复。

耐力限制。预计成功的系统需要具有 120 分钟的团队聚合耐力才能完成任务。预计每个赛道的运行时间为 60 –90 分钟，每场总决赛的运行时间为 60 – 120 分钟。这种总体耐久性可能需要新颖的部署理念、能量感知规划、能量收集或转移技术，以及各种方法的组合以克服各种挑战元素。

发射挑战赛

DARPA“发射挑战赛”设立于 2018 年，旨在寻找能够快速进入太空的公司，有可能在接到需求后几天内提供发射服务。这项挑战赛要求各参赛公司在没有提前了解有效载荷或目的地轨道的情况下，在短时间内向太空发射火箭。如果获得成功，他们将被要求在几天后在另一个地点用第二枚火箭重复这个过程。

DARPA 在 2018 年宣布这项挑战赛时，最初约有 50 名申请者参加竞争，但到 2019 年 3 月，只剩下 3 家：矢量发射（Vector Launch）、维珍轨道（Virgin Orbit），以及第三位未透露姓名的竞争对手，即阿斯特拉太空公司。该公司成立于 2016 年，最初几年都是以隐形模式存在，直到最近才披露了自己和他们参与的挑战赛情况。现在，阿斯特拉太空公司在其网站上提供 2020 年和 2021 年期间 50~150 千克有效载荷的专用发射服务，以及“立方星”交付服务。

DARPA“发射挑战赛”每个最终入围者都获得了 40 万美元的奖金，并承诺在将第一批有效载荷送入轨道后再获得 200 万美元。第二次发射将为他们赢得 1000 万美元、900 万美元或 800 万美元。虽然矢量发射和维珍轨道提前退出比赛，但阿斯特拉太空公司一直推进到最后一天。不过，该公司随后与竞争对手一道放弃了更多的 DARPA“发射挑战赛”奖金。挑战赛中，阿斯特拉太空公司在大约 30 天前得到了发射地点和要求的详细信息，2020 年 3 月 1 日是从阿拉斯加科迪亚克发射火箭进入轨道的最后期限。在之前的发射由于天气原因被取消后，该公司计划在 3 月 2 日进行最后一次发射，DARPA 将发射时间延长了一天。不过，尽管天气状况良好，但阿斯特拉太空公司还是在最后 53 秒停止了发射。

总结

DARPA 是世界上强大、高产，同时也很神秘的军事科研机构，是引领美军科技创新的“技术引擎”。自创立以来，DARPA 一直是国防部的核心研发部门，其使命是引领世界军事科研革命，并保持美国对世界其他国家的压倒性技术优势。DARPA 能够持续取得惊人成果得益于其不遗余力成功创新的优良传统，不仅在科研方面始终坚持先发先行的独特创新方式，而且在科研成果的管理和转化方面也颇为高效。推动商业前沿技术与军事技术的融合是 DARPA 实现技术创新的重要发展思路，挑战赛则是落实该思路的重要举措。通过举办系列挑战赛，DARPA 充分发掘利用民间商用前沿技术对接军事应用需求的潜力。（太阳谷）