1. 美国
   1. Demo

美国国防部门在上世纪九十年代末开始进行Demo系列无人驾驶车辆的研制，总共研制出了十代无人车。

美国国家研究委员会NCR(National Research Council)曾预言:“20世纪的核心武器是坦克，21世纪的核心武器是在人的监督下计算机控制的无人作战系统”，为此美国政府也联合了美国国防部先进研究项目局（DARPA）展开了DEMO计划，意欲将自主车用于军事，从1992年到2002年，他们一共研制了数十辆自主车。其中DEMO-III的重点在于无人车的环境感知能力和智能控制水平，其感知系统由立体视觉摄像机、立体红外摄像机、激光雷达、77G连续波雷达等传感器组成，可以在中等起伏的越野环境下达到白天32km/h，夜间16km/h的速度。

* 1. DARPA

从2004年开始到2007年，美国国防高级研宄计划局(DARPA)举办了次无人驾驶车辆比赛，主要为了考察在复杂环境下无人驾驶车辆的自主行驶能力。

2004年3月在美国西部的莫哈维沙漠(Mojave Desert)举办了首届DARPA挑战赛一一崎岖地形大挑战，比赛任务是在10小时内穿越从加利福尼亚州巴斯托到内华达州普林母全长228公里的沙漠地区，包括路况好的公路、之字形爬坡路、艰难的丘陵道路、急转弯和陆坡等。比赛前约3小时，举办方提供了一份包含近2000个路点的经纬度坐标以及不同路段速度限制的路线图光盘。共有15支队伍参赛，最终没有一支车队完成比赛，其中行驶距离最远的一支队伍是卡耐基梅隆大学的Sandstorm无人驾驶车辆，它行驶了11.78公里。

第二届DARPA挑战赛一一沙漠挑战赛于2005年10月还是在美国西部的莫哈维沙漠举办，比赛任务是在10小时内穿越全长212公里的沙漠地区，并通过人为设置的障碍。共有23支队伍参赛，最终只有4队在规定时间内完成比赛，斯坦福大学Stanley的无人驾驶车辆获得了第一名，它的总用时为6小时53分58秒。

第三届挑战赛一一城市挑战赛于2007年11月在洛杉机东北维克多维尔的一个废弃空军基地举办，比赛任务要求自主驾驶车辆在6小时内行驶97公里的城市环境，跟其他运动车辆进行交汇并且遵守加利福尼亚驾驶员手册。共89支队伍参赛，只有11支队伍取得决赛资格，最终3辆车在无人干预下完成比赛，另外3辆车在少量人工干预下完成比赛。卡耐基梅隆大学的Boss、斯坦福大学的Junior和弗吉尼亚州大学的Odin获得这次比赛的前三名。

为了促进地面自主车辆技术的发展，DARPA分别于2004年和2005年组织了两次Grand Challenge自主车越野挑战赛。最后， CMU的Sandstorm 智能车和斯坦福大学的Stanley智能车分别获得这两次挑战赛的冠军。2007年11月，DARPA组织了一次在城市环境中的智能车辆城市挑战赛 Urban Challenge，这次比赛要求参赛车辆能完全自主地在城市街道中行驶。共有89支来自美国和其他国家的队伍参加初赛，11支队伍进入了决赛，6支队伍完成了100公里的城市无人驾驶，并完成了3个路段的测试，其中卡内基梅隆大学车队，斯坦福大学车队以及弗吉尼亚理工学院为主的联合车队在规定的6小时内完成了所有的比赛。

从2004年起，DARPA举办了三届无人车“大挑战”比赛()。第一届大挑战（举办于年月，目标是完成一条的路程。参

赛队伍无一完成比赛，的无人车行驶距离最远，完成了赛程。

在次年月，又举办了第二届比赛，赛程包括穿越个狭窄的隧道，超

过个急弯，以及一侧是徙哨山谷一侧是岩石吨壁的危险山路。最终

的无人车在小时内成功完成赛程折桂。传感系统包括

个激光雷达，一个超声雷达系统，一个立体相机系统以及一个单目视觉系统。所

有传感器工作频率都在之间地图和车体姿态信息以的频率融合，

使得无人车能在实时情况下完成避障行驶。年，针对复杂城市环境又举办了

第三届挑战赛（。在乔治空军基地封闭环境中设置了模拟城市环

境作为赛场，比赛要求参赛者在小时内完成自主行驶％的城市区域，并在

* 1. Google

谷歌公司研制了七辆无人车，并于2010年对它们开展了城市实际道路测试。这些无人驾驶车辆可以进行正确的行驶，具有完备的感知能力和高水平的人工智能，无人车可以自动地识别信号灯、行人以及车辆等。谷歌公司的无人车同时还可以运用谷歌街景地图对车辆进行导航，在内华达州、佛罗里达州和加利福尼亚州已专门为无人驾驶车辆上路制定并通过了相关法律。

谷歌公司进入地面自主车领域较晚，但借助Google Map和谷歌强大的资金支持，他们发展迅速， Google将是最有可能扫除当前所有短期障碍，并将无人自主车带到公路的公司。Google X实验室一共研发了7辆试验车，目前已驾驶了超过48万公里，并且只发生过两次事故。2012年5月8日，谷歌无人车在内华达州获得了一张合法车牌。

* 1. 其它

美国于上世纪50年代开始对无人驾驶车辆进行研究，在1980年左右其技术得到高速发展。上世纪八十年代，美国陆军开始与国防高级研究计划局(DARPA)进行合作，开展了自主地面车辆(ALV)项目。项目成功研发了一辆无人驾驶机器人，这个无人驾驶机器人有八个轮子，能够在路上行驶，但是它在颠簸的路面上很难达到较高的行驶速度。1995年由卡耐基梅隆大学研制的Navlab-V智能车完成了横穿美国东西部的无人驾驶试验，该车能够在很多地形上进行高速度、长距离自主行驶，总行驶里程达到了上万公里。

美国对地面自主车辆倾注了很大的热情，是对自主车研究投入最高、 研究最深入的国家，包括卡内基梅隆大学、斯坦福大学、马里兰大学、密歇根州立大学、Martin Marietta公司、FMC公司、谷歌公司等都是该研究领域中颇有影响的单位。

其中以卡内基梅隆大学研制的Navlab系列无人车当属地面自主车辆中的经典作品，他们一共研制了11辆自主车。图1.2所示为Navlab11号自主车，该自主车在 1998 年完成了穿越美国大陆的实验，这是迄今距离最长、范围最广的一次ALV实验。

早在80年代初，在DARPA的支持下，CMU机器人研究所开始进行NavLab系列无人车的研究。NavLab系列以高速公路自动驾驶、道路障碍躲避、拥堵城市环境驾驶辅助、行人检测、自动泊车等目标设计，其典型代表设计有NavLab-1系统和NavLab-5系统。NavLab-1研制于1986年，其计算机系统由3台Sun工作站和一台Warp超级计算机组成，传感器包括彩色相机、ERIM激光雷达、超声雷达、陀螺仪、GPS等等。由于软件性能的限制，NavLab-1直到年80代末才实现其所有功能，行驶最高时速达到20mph。NavLab-5在1995年建成，传感器系统包括了彩色摄像机、差分GPS等等。车载工作站完成了图像处理、信息融合、全局及局部路径规划。在实验场景中，NavLab-5行驶最高时速达到60mph，公路实验时首次进行了横穿美国大陆的长途自主驾驶，行程高达4496km，占总行程的98.1%。NavLab系列至今巳经完成了1-11，从半自主到全自主，实现了无人车研究的巨大飞跃。

1. 欧洲

欧洲各国的无人驾驶车辆技术在世界上也是领先水平，他们在无人驾驶车辆及其相关领域进行了很多科学研究工作，比如PROMETHEUS计划和PREVENT计划。

1987年到1995年间，PROMETHEUS计划是欧洲在无人车研究领域最大的项目，其领军人Ernst Dickmanns于1994年带领项目组研制的VaMP和VITA-2机器人车辆在法国的高速公路上行驶了一千多公里，能自主完成变道、超车和跟踪行驶，车辆行驶速度最高能达到每小时一百三十公里。Ernst Dickmanns在1995年又重新对奔驰自主车进行了设计，进行了一千六百公里路程的行驶测试，车辆的最高行驶速度超过了每小时一百七十五公里。

欧盟对PREVENT项目的总资金预算超过了五千五百万欧元总共有五十多家单位参与进了该项目，其中包括著名的研究机构和汽车生产厂商。PREVENT项目为无人驾驶车辆研宄提出了时间一碰撞时间表、虚拟安全带和智能车辆由感知、决策、执行三层架构组成这三个总体概念。

2006年5月，第一届ELROB(European Land-Robot Trial，即欧洲陆地机器人试验赛）在德国汉堡的一个军方训练场举行。该赛事的任务是在不允许密集使用GPS的前提下穿过240公里的沙漠。据德国军方介绍，法、英、葡、瑞、德5国的大学和公司组成的20只队伍参加了本次比赛。

2007年9月，第二届ELROB在瑞士的Ticino举行，这次比赛的目的是考察机器人在安全以及灾难控制领域的应用，总共有来自5个国家地区的14支队伍参加了本次比赛。

德国联邦武装部队于2008年6月举办了第三届ELROB，此次比赛的目的主要是考察无人驾驶机器人在短期内的作战能力，来自德国、芬兰、意大利等十个国家地区的二十多支队伍参加了本次比赛。

波兰在2009年5月举办了第四届ELROB比赛，比赛目的仍然是考察机器人在灾难控制、安全等领域的应用，一共有10支队伍参加了本次比赛。

第五届ELROB于2010年5月在德国汉堡举行，一共有11支队伍参加了本次比赛，此次比赛主要目的是考察机器人在军事上的应用，另外重点考察其在夜晚的表现。

2011年6月，第六届ELROB比赛在比利时鲁汉举办，共有5支队伍参赛，此次比赛分为侦查与监视、往来运输、营区安全、自主导航四个场景。

2012年9月，第七届ELROB比赛在瑞士图恩举办，共有11支队伍参赛，此次比赛考察白天及夜间的侦查与监视，非城区环境、乡村道路及公路上的运动与往来运输。

2013年9月，在德国贝希特斯加登举办了第八届ELROB，共有14支队伍参赛，此次比赛的内容包括侦查与监视城区环境、机动处理危险材料、在烟雾弥漫的地下环境搜索和救援、使用GPS、GLONASS、GALILEO系统自主导航以及炸弹和爆炸装置的侦察和处置。

PROMETHEUS（Program for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety）是较早研究地面自主车辆的项目之一，该项目以汽车制造商为主导，涵盖了 13 个汽车制造商、几个政府研究机构和 19 所大学， 以先进的车辆控制与安全系统 AVCSS (Advanced Vehicle Control and Safety Systems)为重点，从 1986年开始历经 8 年，取得了不错的成绩。该系统包括了车道保持辅助系统及自动避碰系统，它们广泛采用了机器视觉及雷达技术。 其中慕尼黑联邦国防大学的VaMP实验车主要侧重于研究实现车辆无人驾驶，该实验车于1995年进行了从德国慕尼黑到丹麦欧登塞的长距离实验。

在 PROMETHEUS 项目上陆续产生了一些比较有代表性的原型机和系统，如意大利帕尔玛大学MOB实验室的GOLD系统，在此基础上发展起来的ARGO（图 1.1 所示）系统核心是使用单目视觉系统反透视变换(IPM)检测平行的车道线，使用立体视觉系统检测道路前方的障碍物，于1998年6月进行了2000km的长距离实验。

2006年5月，以德国为首的欧洲举办了第一届以军方为背景的地面自主车试验赛 ELROB(European Land-Robot trial)，来自德、法、英、葡萄牙和瑞士等5国的大学和公司组成的20个参赛队伍参加了在德国Hammelburg军方训练场举行的比赛，全程穿越240公里沙漠，允许车辆以自主或遥控方式行驶。

1. 德国

德国柏林自由大学研制的无人驾驶车辆Made in Germany，从柏林勃兰登堡门出发，自主行驶到柏林国际会议中心后，又安全返回出发地，顺利通过了46个交通灯并绕过两处环岛，整个行程近20公里，代表了目前无人驾驶车辆的世界最高水平。

1. 英国

牛津大学研制的无人驾驶车辆WildCat不使用GPS，它使用激光雷达和相机监控路面状况、交通状况、以及行人和其他障碍物，在崎妪山路上能实现自主行驶、堵车绕道；牛津大学另外研制的无人驾驶车辆RobotCar UK使用iPad处理数据、输出指令，不使用GPS，但是只能在熟悉环境下发挥作用，成本低廉，仅使用一套7750美元的立体像机和激光系统对汽车前方道路进行识别与定位，该无人驾驶车辆是为短途、常规驾驶的路途而设计的。

1. 法国

法国的INRIA公司总共花费近9年的时间研制出了“赛卡博”(Cycab)无人驾驶车辆，这辆无人驾驶车的外形看起来像高尔夫球车。“赛卡博”采用强大的卫星定位系统与智能传感器以及人工智能技术，乘客只需要在Cycab的人机交互界面上输入目的地地址，就可以安全地到达目的地。

1. 意大利

意大利帕尔玛大学研制的ARGO智能车也达到了很高的水平，2010年10月，ARGO试验车只用了极少次的人工干预，从罗马出发成功抵达上海，总共行驶了一万三千多公里，历时三个多月。

2010 年，意大利帕尔玛大学研制的VIAC（VisLab洲际无人驾驶挑战者）进行了一个长达13000公里的长距离无人驾驶实验。2010年10月28日，这四辆无人驾驶的电动汽车成功到达中国上海世博会。

除了美国之外，欧洲在无人车研究方面也有很多成果。其中最著名的的是意大利帕尔马大学的计算机实验室，主要代表性的有VIAC无人车系统，传感器包括激光雷达，视觉传感器，GPS，惯导系统等。2010年7月26日，VIAC车队从意大利米兰出发，自主行驶13000KM后，于10月28日到达上海世博园。

1. 日本

为促进日本智能车辆技术的发展， 日本政府于90年代成立了公路巡航辅助系统研究协会AHSRA (Advanced Cruise Assist Highway System Research Association)，该协会吸引了包括三菱、尼桑等日本汽车厂商的参与研究，主要研制自动车辆导航方法。

日本的Advanced Cruise-Assist Highway System Research Association(AHSRA)组织从上世纪九十年代开始实施Advanced Cruise-Assist Highway System(AHS)研发计划。AHSRA成立于1996年，致力于高速公路车辆系统的测试、评价和实施方面的研究，以提高高速公路车辆行驶的安全性。它的成员由日本的汽车和电子公司组成，由于日本的山区地形导致高速公路特别蜿蜒弯曲，所以它们主要解决在这种道路环境下由于传感器自身限制不能检测到公路上所有危险情况的问题。

AHS计划的第一个阶段研究结束于2003年，AHSRA初步定义了其驾驶辅助的三个层次：AHS-i (information)层，提供驾驶环境和碰撞预警方面的信息，主要是为了增加驾驶的安全性和舒适性；AHS-c (control)层，为车辆提供部分辅助控制，例如车道偏离系统，它从基础设施以及车上所装传感器判断车辆是否偏离车道，主要也是为了增加驾驶的安全性和舒适性；AHS-a (automation)层，提供自主的高速公路巡航服务，它主要为了增加驾驶的安全性、效率和舒适性。现阶段的研究主要致力于AHS-i和AHS-c层，AHS-a层的研宄主要放到下一阶段。

AHS将改进安全性的关键归纳为七条针对用户的服务，这七个服务共同构成了AHSRA的“智能巡航”(Smart Cruise)系统。这七条服务分别为：前方有障碍物时的碰撞预警；前方有弯道时的速度过快预警；车道偏离预警；十字路口的横穿车辆碰撞预警；十字路口右转时的碰撞预警；行人预警；以及提供路面条件息。

1. 国内

上世纪八十年代，我国开始对智能移动机器人进行研究，1980年国家立项了“遥控驾驶的防核化侦察车”项目，哈尔滨工业大学、沈阳自动化研究所和国防科技大学三家单位参与了该项目的研究制造。

我国在地面自主车辆方面的研究的起步较晚，直至20世纪80年代，才开始逐渐重视起来，当时国家863计划开始对地面智能机器人进行立项，主要针对遥控驾驶车辆的研制。几乎同时，国家部分部委也在规划“八五”计划，预研地面智能机器人技术。虽然我国起步较晚，但是到目前为止也取得了很大的发展和进步。在“八五”计划期间，由南京理工大学、国防科学技术大学、清华大学、浙江大学和北京理工大学成功研制出我国第一辆样车ATB-l。之后国内也陆续建立起了一批优秀的机器人研究基地，如哈尔滨工业大学机器人研究所、上海交通大学机器人研究所、南京理工大学智能机器人研究所、国防科学技术大学、清华大学、浙江大学、北京理工大学和沈阳自动化所等。

2008 年国家自然基金委设立认知领域的重大专项研究计划，南京理工大学智能机器人研究所承担了重点项目“乡村道路环境下无人驾驶车辆关键与集成验证平台研究”，基于该项目研制的“行健一号” 智能车多次参与了“中国智能车未来挑战赛”，并取得了较好的成绩。

八五期间，由北京理工大学、国防科技大学等五家单位联合研制成功了ATB-1(Autonomous Test Bed-1)无人车，这是我国第一辆能够自主行驶的测试样车，其行驶速度可以达到21公里/小时。ATB-2无人车也在九五期间顺利研制成功，与ATB-1相比，其功能得到了大大的加强，直线行驶速度最高可以达到每秒21米。2005年，第三代自主行驶车辆ATB-3也研制成功，ATB-3的环境认知和轨迹跟踪能力进一步得到加强。

国防科技大学也代表了国内自主车辆研究的较高水平，他们成功研制了无人驾驶汽车一一红旗CA7460（CITVAT-IV—视觉导航的自主车），它根据前方障碍车辆的情况可以自动进行车道变换，其最高行驶速度可以达到四十七米每秒。

国防科技大学自主车研究团队，从“八五”开始从事自主车研究，2003 年与中国第一汽车集团公司合作开发了我国第一辆无人驾驶轿车——红旗旗舰CA7460自主驾驶系统。2011年7月14日，改进的红旗HQ3无人驾驶平台进行了我国首次长距离高速公路自主驾驶实验，在复杂交通路况和复杂天气条件下，全程实验286公里，人工干预里程0.78%，达到国际先进水平。

THMR-V无人车由清华大学研制成功(Tsinghua Mobile Robot)(无人自动驾驶车辆研究综述与展望)，它的最高行驶速度也可以达到四十二米/秒，除此之外，车辆还可以根据不同的驾驶场景选择高速公路和城区公路两种驾驶模式。

由西安交大研制的Springrobot也是我国著名的无人车平台之一，其具有较高的车道线检测和行人检测能力。

国家自然科学基金委员会于2008年启动了“视听觉信息的认知计算”重大研究计划项目，在其支持下，从2009年到2016年八年的时间里，连续举行了八届中国“智能车未来挑战赛”。南京理工大学、解放军军事交通学院、装甲兵工程学院、北京理工大学、武汉大学、湖南大学、西安交通大学、上海交通大学、同济大学、厦门理工学院、国防科学技术大学、清华大学、长安大学和中国科学院合肥物质科学研宄院等十几家研宄单位的数十辆无人驾驶车辆先后参加了该项比赛。

第一届“智能车未来挑战赛”于2009年7月在西安举行，国内外7所大学的队伍、10余辆无人驾驶智能车辆参加了比赛及车辆展示，比赛内容有：规定动作测试I为无人驾驶车辆基本行驶功能测试；规定动作测试II包含交通信号、标识和标线的识别以及障碍物规避等性能测试任务；挑战性测试为指定路线、规定动作的综合测试；特色表演为模拟城区道路及高速公路上的行驶性能测试以及参赛车辆的自由展示。最终湖南大学、北京理工大学、上海交通大学的无人驾驶车辆分获冠亚季军。

2010年10月，第二届“智能车未来挑战赛”同样在西安举行，国内有10支车队参加了本次比赛，比赛分为包括曲线弯道行驶、交通标志识别和定点泊车等基本自主驾驶能力在内的“基本能力测试”和包括车辆在行驶过程中识别交通标志、正确使用灯光等车载装置以及综合控制机动车在内的“复杂环境综合测试”。最终中国科学院合肥物质科学研究院、武汉大学、南京理工大学的无人驾驶车辆分获冠亚季军。

第三届“智能车未来挑战赛”于2011年10月在鄂尔多斯举行，国内13车队参加了比赛，比赛项目为50分钟内完成全程约11公里的真实城市道路行驶，其中包括交通标识和信号灯识别、动静态障碍物、直道和弯道行驶、路口一一直行、左转、右转、和停止线停车等内容。最终国防科学技术大学、解放军军事交通学院、中国科学院合肥物质科学研究院的无人驾驶车辆分获冠亚季军。

第四届“智能车未来挑战赛”于2012年11月在内蒙古赤峰举行，国内9支车队参加了比赛，比赛内容为：城区赛段，要求50分钟内完成约7公里的真实城市道路行驶；乡村赛段，要求内完成约的真实乡村道路行驶。最终解放军军事交通学院、西安交通大学、中国科学院合肥物质科学研究院的无人驾驶车辆分获冠亚季军。

第五届“智能车未来挑战赛”于2013年10月在常熟举行，国内外18支车队参加了比赛，比赛分为城郊道路测试(约18公里)和城区道路测试(约5公里)，城郊道路测试内容包括：动态车辆干扰、交通信号灯识别、施工绕行、避障、任务终点停车；城区道路测试内容包括：执行U-TURN、路口通行、学校门前减速慢行与行人停车让行、终点停车。最终北京理工大学、解放军军事交通学院、中国科学院合肥物质科学研宄院的无人驾驶车辆分获冠亚季军。