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。

欧美民用企业也纷纷对无人车开展研究，其中最为出名的是2010年谷歌公司推出的无人车。谷歌利用自己公司强大的街景地图产品，用更少更紧凑的传感器来实现车辆自主行驶，为无人车的商用化开辟了道路。谷歌无人车装备有大约价值15万美元的传感器，包括一个7万美元安装在汽车顶部的64线激光雷达。利用GPS定位系统，将激光雷达生成的三维地图与谷歌地图相融合，更好地进行环境建模，使得车辆能在城市环境中安全行驶。2014年，谷歌无人驾驶研发小组声称，他们开发的无人车已经自主于驶超过70万英里。

* 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。

相对于DARPA的无人车大挑战赛，欧洲也有ELROB挑战赛。ELROB注重专项场景和任务的考察，每期均有多个场景和多项不同任务分别比赛。例如ELROB2011比赛任务就分为侦查监视、校园安全、自动驾驶、运输；场景包括非城市环境:植物、草地、沙地、水、石头、灌木丛、道路、小径，以及森林环境。

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。

1994年，在UniBw Munich大学和Daimler-Benz公司的合作项目EUREKAPROMETHEUS支持下，无人驾驶车实现了在法国一条三车道高速公路上以130km/h公里小时的速度自主行驶。该系统包括了对车道线及其他车辆的跟踪功能，可以自行决策并实现变道行驶，似当时出于安全考虑该功能需经过驾驶员的许可才能执行。

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. 其它

1954年美国Barret Electronics公司研制出了第一台自动引导车辆系统 AGVS(Automated Guided Vehicle System)，它是一个运行在固定线路上的自动运输平台，具有无人驾驶智能车辆的基本的特征，宣示了智能车辆的诞生。到目前为止，仅仅经过50余年的发展，智能车辆经历多个发展阶段，取得了相当丰富的成果。纵观国内外智能车辆的发展，对其研究过程大体可分为四个阶段（刘华军PHD）：1950年~1970年智能车辆研究的萌芽阶段；1970年~1990年智能车辆研究的起步阶段；1990年~2000年智能车辆的大发展阶段；2000年至今智能车辆技术实用化快速推进阶段。

在智能车辆发展的萌芽阶段，研究者探索采用电缆或磁诱导方式来实现车辆的自动控制。此时的自动驾驶系统主要是依据铺设在道路上的制导电缆或磁诱导设备信息来对其进行横向行驶控制，从而实现车辆在预定车道内自动行驶。由于研究场所多为室内环境，其应用存在一定的局限性。除了Barret Electronics公司外，美国的RCA(美国无线电公司）、GM(通用汽车公司）、OSU（俄亥俄州立大学），英国道路交通研究所，德国西门子公司以及日本机械技术研究所等机构也都开展过相关方面的研究。

在智能车辆研究的起步阶段，随着计算机及机器视觉技术的发展，智能车辆研究的焦点是基于计算机视觉引导的智能车辆系统，其研究应用场所也由室内逐渐转到户外。日本机械技术研究所在1978年进行了世界上首次基于机器视觉的自主汽车驾驶系统道路试验，速度达30km/h。20世纪80年代末期，日产与富士通联合开发了PVS自动驾驶汽车，它具有主动避开静止障碍物及夜间、雨天等恶劣天气条件下自动驾驶的功能(日本专利局(JPO－MITI)与日产汽车公司(Nissan)、富士通公司(Fujitsu)合作开展PVS(Personal Vehicle System)研究项目,其自动驾驶汽车系统在夜间和雨天环境下也能实现自动驾驶)。美国Maryland大学等研制了ALV(Autonomous Land Vehicle)军用无人侦察越野车，美国卡内基·梅隆大学(Carnegie Mellon University，CMU)研制了配备包括摄像机、激光和雷达等多种传感器的Navlab自主驾驶车。与此同时，德国Munich联邦国防大学开发了基于视觉信息的VaMoRs自动驾驶车，其行驶速度达90km/h。此外，自20世纪80年代开始，还有许多汽车企业、大学及相关研究所也对智能车辆系统及相关技术进行了广泛而深入的研究，甚至开发出样车。

在智能车辆技术发展阶段，世界主要发达国家都展开了相关研究。20世纪90年代初期，ITS概念的提出对智能车辆的研究起到了很大的推动作用，相关研究进入到更为专业、系统的阶段。美国、日本、德国、法国、意大利等发达国家都高度重视并投入了大量的人力、物力用于智能车辆的研究，智能车辆技术也取得了突破性进展。

以美国加州大学伯克利分校为中心，以AVCSS为重点研究项目的汽车自动驾驶系统是加州ITS项目中以增加道路容量，减小道路堵塞为目的的PATH项目的一部分，主要包括车辆横向控制和车距保持的车队列纵向行驶控制。美国国防部为军事应用（如危险地段军事侦察等）目的先后研制了DEMO I、DEMO II和DEMO III系列军用智能车辆。其中最先进的DEMO III智能车辆集成了多种子系统，包括CCD立体视觉系统、激光深度成像仪、GPS导航系统、惯性导航包及遥视机器人驱动系统，该车辆可以在各种不利环境下（如雨天、路面有污垢等）、在各种光照条件（比如白天、黑夜和阴影）下实现自主驾驶。

日本由于交通问题突出，政府更加重视智能交通系统的发展。20世纪90年代，日本运输省主导的ASV项目和通产省主导的SSVS项目都包含了自主驾驶系统的开发。

从1986年开始，以欧洲汽车厂家为中心的PROMETHEUS项目历时8年，其中的自动驾驶系统广泛采用了计算机视觉及雷达技术，研究了智能车辆自主导航和安全辅助驾驶，主要包括微处理器和通信方式等基础研究以及障碍物检测和防撞系统等应用研究。德国慕尼黑联邦国防大学（Universtitat der Bundestwehr Munchen，UBM）智能车辆研究组与德国奔驰汽车公司（Benz）合作，致力于自主导航车辆研究，先后研制成功VaMoRs和VaMoRs-P两种实验车。法国帕斯卡大学与法国D.R.A.S雪铁龙汽车公司合作开发的Peugeot智能车辆在不同的路面状况下成功进行多次验证，证明了该车控制系统的有效性，最高车速达130km/h。

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。

我国对无人车的研究开展略晚于欧美。国防科技大学自动化研究所从上世纪80年代开始研究自主系统的关键技术，推出了CITAVT系列无人车，能够完成非结构化道路上低速自主行驶，结构化道路上自主行驶，其在高速交通环境下最高时速可达每小时75.6km并具有自主超车功能。

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。

由南京理工大学、国防科技大学以及浙江大学等机构联合承担的“地面移动机器人”研究项目，经过“八五”到“十一五”四个五年计划的科研积累，取得了很大的进展，“十二五”计划也在有条不紊地推进中。“十一五”期间ALV-LAB IV型无人车在大范围、复杂的乡村非结构化道路、城市结构化道路环境以及越野环境下通过全天时测试验收。该系统装备了可见光相机、激光雷达（包括一个64线激光雷达、两个单线激光雷达）、红外相机、差分GPS、惯导等传感器：可见光相机主要进行白天道路环境的检测；64线激光雷达检测大范围的障碍物信息并进行动态障碍物检测和跟踪；单线激光雷达负责车体周围近距离障碍物检测；红外夜视仪完成夜间道路检测。系统釆用功能模块分解型架构包括环境感知、信息融合、路径规划、以及底层控制4个模块，在4台由网络连接在一起的计算机上联合运行。

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。

我国也于20世纪80年代末90年代初陆续开始了智能车辆相关技术的研究。在该领域开展相关研究工作的单位主要是一些大学和科研机构，具有代表性的有国防科技大学、清华大学、吉林大学、西安交通大学、重庆大学等。

国防科技大学从80年代末期率先开始进行车辆的自动驾驶技术研究，并先后研制出基于视觉的CITAVT系列智能车辆。其中，CITAVT-IV智能车于2000年6月在高速公路进行了全自动无人驾驶试验，测试最高时速达75.6km/h，创下当时国内最高纪录。清华大学在国防科工委和国家“863计划”的资助下从1988年开始研究开发THMR系列智能车系统。该系列中THMR-V车体是由一辆七座厢式车改装并安装了方向、油门和刹车自动控制系统，车载传感系统主要用来完成道路模式识别以及远距离道路跟踪，控制体系采用基于模糊控制的局部路径规划及多层次“感知-动作”控制结构。经实验验证，该车具备在高速公路和一般道路上自主驾驶功能,行驶过程中能够对周围环境进行监控,并且能够躲避障碍物，道路检测和跟踪的可靠性较高。吉林大学智能车辆课题组从上世纪90年代初开始，在智能车辆的体系结构、道路边界识别、车辆的路径跟踪及车体控制等方面取得了一定成果，部分研究成果已经通过测试并应用在工厂生产线上。重庆大学先后研制开发出CQAC系列视觉导航智能车辆。西安交通大学开发了基于DSP高速视频处理系统的Springrobot智能车，可实时完成道路检测、行人检测、车辆检测等。另外，国内的其他众多高校也在逐步加入到智能车辆研究领域中来并开发出了相关智能车辆雏形，如湖南大学、合肥工业大学等。

在智能车辆技术实用化快速推进阶段，智能车辆技术的研究是以军方无人战争的迫切需求和全球汽车行业巨大的市场潜力为驱动和导向，在军事和民用领域都处于快速发展的高潮阶段。自2002年美国国防先进研究项目局（Defense Advanced Research Projects Agency，DARPA）主持的DEMO计划完成以后，美国军方重点支持“未来战斗系统（Future Combat System，FCS）”计划。

2004年和2005年，DARPA组织了两次智能车辆越野挑战赛，在2005年举行的第二次挑战赛上，Stanford大学的Stanley智能车以最短时间自主走完全程获得第一名，CMU的Highlander和Sandstorm智能车分列二、三名。这些智能车辆都利用装备的激光雷达和视觉感知系统对前方环境进行分析和决策，自主行驶通过了含有高速公路、沙漠和涵洞等复杂的地形。2007年该赛事的赛场转向了城市复杂环境（2007 Urban Challenge），参赛车辆在一个模拟的城市环境中自主行驶96公里，自主判断交通状况，不断的进行决策控制，遵守交通规则并避开障碍物。CMU的BOSS 智能车历时4小时16分，完成了整个比赛行程，获得了冠军。

此外，其它国家和地区也举办过类似的试验赛。2005年，澳大利亚开展了名为 Smart Demo的ITS领域赛事，主要试验近年来全球在车辆主动安全领域的最新技术进展。2006 年欧洲举办了第一届以军方为背景的ELROB（Eropean Land-Robot Trial）试验赛，共20 个参赛队伍参与了比赛，全程穿越240km的沙漠。

同时，世界各大汽车厂商和科研机构也在积极推进智能车辆的市场化进展。逐渐把研究重点转向情况复杂的城市环境，展开了实用智能车辆及车辆辅助安全产品的研制。以色列的Mobileye公司开展了车辆视觉感知和集成技术的研究并取得了可喜的进展，已开发出实用产品，如基于视觉的车辆事前警告系统AWS（Advance Warning System）。瑞典沃尔沃（Volvo）公司研究开发了新一代防撞技术，S60汽车城市安全系统City Safety，利用激光传感器来探测车辆前方道路中行人和车辆，最大程度协助司机避免碰撞，减少损失。

2010年上海世博会期间，意大利帕尔玛大学的无人驾驶电动汽车由意大利抵达上海，智能车上搭载了最新科研成果，依靠车内高速计算机和传感系统可以让车辆在各种不同类型的交通、天气和道路状况下安全行驶，其中自主行驶系统所需能源由太阳能提供。Google公司也于2010年推出自己的无人驾驶车Google Fleet1，并已经在加州的街道上成功试验行驶了22万5千多公里。车载设备包括了雷达传感器、高分辨率摄像头等传感器，在汽车周围形成360°视角，用以即时反映汽车周围的情况。Google公司希望将来无人驾驶汽车正式面世并普及之后，有助解决交通挤塞的问题，并减少交通意外。

这一时期我国智能车辆技术研究也有了长足进步，研究方向也由简单场景转向非结构化、复杂场景的应用环境以及实用化技术。2003年国防科技大学和中国一汽合作研制的“红旗CA7460”自主驾驶轿车在高速公路上实现了130km/h 的自主驾驶速度，并具备了超车功能，标志着我国智能车辆技术达到了国际水平。2005年，我国完成了由国内多家大学参与的第三代地面自主车ATB-3的研究，该实验车研究的核心内容是基于多传感器融合的全天候目标检测、识别、跟踪和自主导航技术等。吉林大学和上海交通大学分别研制了面向城市环境的智能车，并进行了公开演示。2005年，上海交通大学启动的与欧盟的合作项目Cyber C3研究，旨在为未来的城市提供一种灵活、高效、安全、环保的新型公共交通工具。现已研制出无人驾驶样车，并于2007年在上海东方绿洲进行面向公众的大规模演示和游客体验。

为促进我国智能车辆技术交流和发展，自2009年开始国家自然科学基金委已经连续举办了多届“智能车未来挑战赛”（Intelligent Vehicle Future Challenge，IVFC）。比赛要求参赛智能车辆按照规定自主完成相关路线以及相关动作。其中，2009年的冠军为湖南大学，2010年的冠军由中科院合肥物质科学研究院先进制造技术研究所获得，国防科技大学摘取了2011年比赛的冠军。

综观国内外智能车辆的发展和研究现状，智能车辆技术已经成为热门研究领域并呈现出高集成、高智能化和实用化的趋势。西方发达国家在智能车辆领域投入大量研究成本，取得了丰硕的研究成果，并研制出一系列自主车辆和安全辅助驾驶相关产品。从国内研究机构的研究现状来看，受到各种条件的制约，我国智能车辆技术与国际先进水平相比仍有不小的差距，还需要深入开展有关研究。随着人工智能、控制技术和计算机技术的迅速发展，智能车辆的研究与应用呈现出美好的前景。目前自动泊车系统、智能巡航控制系统、车道保持系统、汽车队列行驶技术、车辆防撞系统等技术已经开始在车辆系统中应用，不仅提高了车辆的智能化水平与安全性能，更带来了良好的社会和经济效益。

9.1 未来挑战

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。

为进一步鼓励和推动国内地面无人车的研究，国家自然基金委在2008年设立了“视听觉信息认知计算”重大研究计划，并从2009年起举办了多届“智能车未来挑战赛”。首届比赛初步测试了各参赛队无人车的基本行驶功能，结构化道路交通信号识别功能，简单障碍规避功能等等科目。

2010年在长安大学的比赛吸引了更多的参赛队伍，各参赛队无人车都装配了先进的激光雷达、相机等传感设备，国内各主要研究单位的先进成果得以展示。比赛分为基本能力测试以及校园复杂环境下的综合测试。前者包括交通标志识别、车辆曲线行驶图以及自主泊车等科目。后者主要测试无人车在复杂环境中行驶的环境识别和行为决策能力。比赛环境设置在校园内，包含了路口、U型弯、曲线路段等多种复杂道路环境；需要比赛车辆具备包括交通标志识别后的决策，静态障碍物规避，动态障碍物超越，红绿灯识别，停止线识别等多种行为决策能力。由于是第一次举办较高规格的赛，而测试中不能使用GPS等定位系统，大部分车辆均没能完成综合测试的规定任务。尽管第二届比赛的结果不甚理想，但是为后几届比赛的规则制定、测试项目、后勤保障等奠定了基础。

2011年在内蒙古鄂尔多斯举办了第三届挑战赛，比赛的组织更加严密，规则更加明确：釆用裁判车全程跟踪拍摄无人车图。比赛中考察了无人车在复杂城市道路中行驶的能力，包括了路口识别，交通灯交通标志识别，静态障碍规避，动态障碍规避，汇入车流的能力。比赛要求参赛车辆按照交通灯交通标志指示安全行驶，并且遵守交通规则。虽然可以使用GPS定位，但是组织者提供的不完整路网路点信息给各参赛队伍带来了一定的困难。第三届挑战赛中可以看见各科研单位相比第二届比赛都取得了长足的进步，有几家单位顺利完成了比赛的任务，无人车辆具备了很高的智能性。

第四届挑战赛在内蒙古赤峰举行，比赛不仅考察了城市环境的行驶能力，还考察了车辆在乡村道路情况下及恶劣天气下（模拟雾气）的行驶能力。多届比赛让各科研单位看到了自己的进步也看到了自己的不足，给中国无人车研发提供了重要的交流平台。