



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

无人驾驶算法开发

第1章 绪论

黄宏成



目 录



01-智能网联汽车定义

02-智能网联汽车意义

03-智能网联汽车分级

04-智能网联汽车发展历史

05-智能网联汽车竞争力

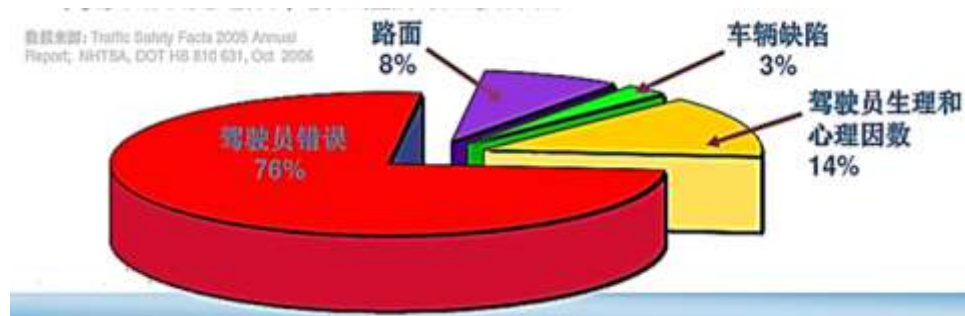
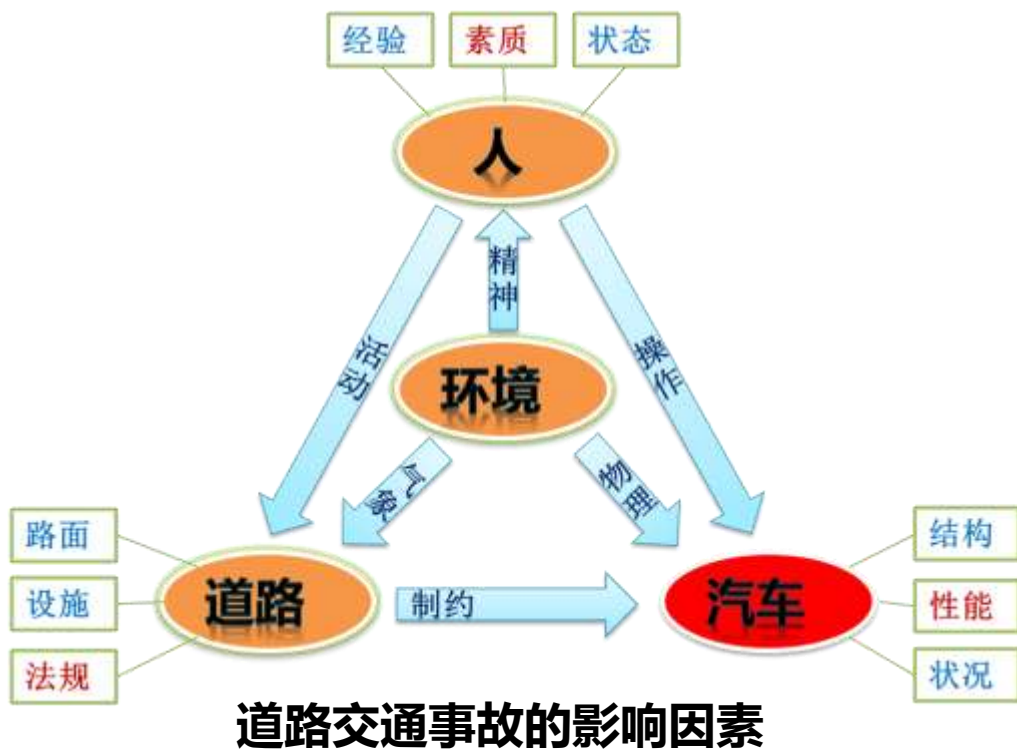
01

智能网联汽车定义

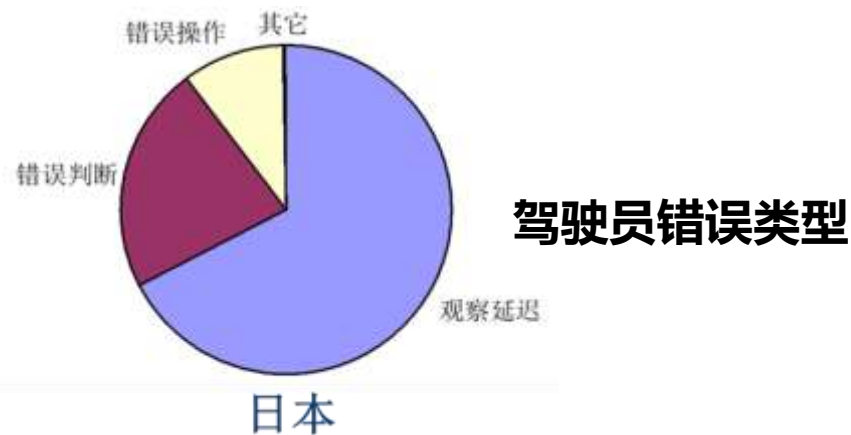


智能网联汽车定义

- 百年来，**节能、环保和安全**是传统汽车技术发展的三大主题
- 近年来，新四化（**电动化、网联化、智能化、共享化**）是汽车发展的新趋势



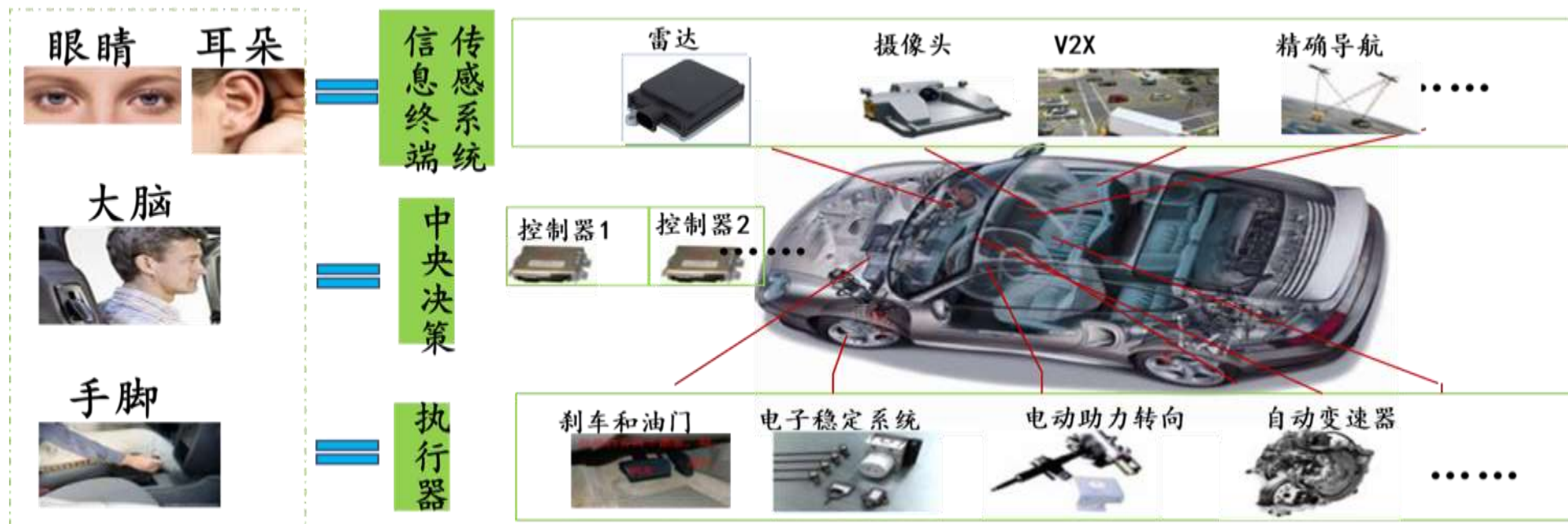
驾驶员错误是道路交通事故的主要因素



驾驶员错误类型

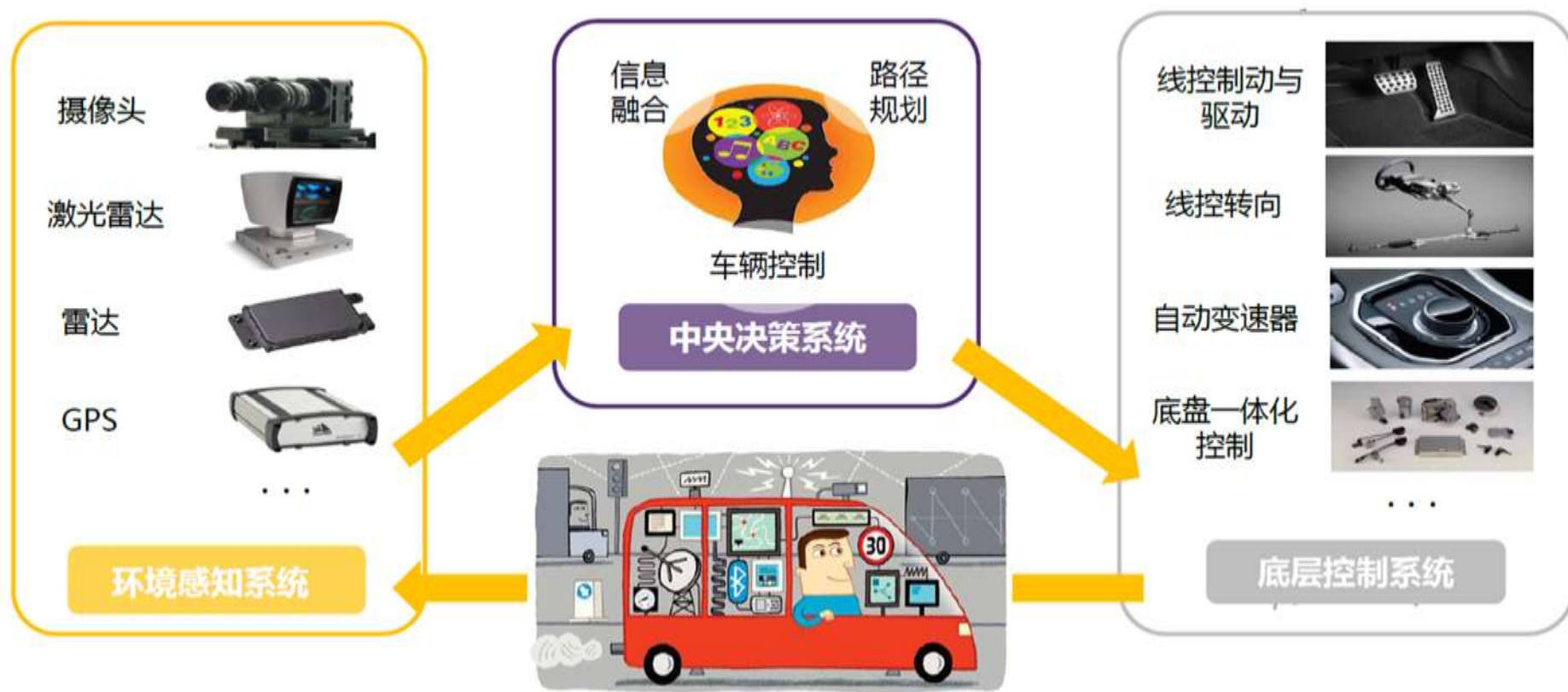
智能网联汽车定义

- “**智能网联汽车**”是指通过搭载先进传感器、控制器、执行器等装置，运用信息通信、互联网、大数据、云计算、人工智能等新技术，具有部分或完全自动驾驶功能，由单纯交通运输工具逐步向智能移动空间转变的新一代汽车，智能网联汽车通常也被称为**智能汽车、自动驾驶汽车、无人驾驶汽车**等。



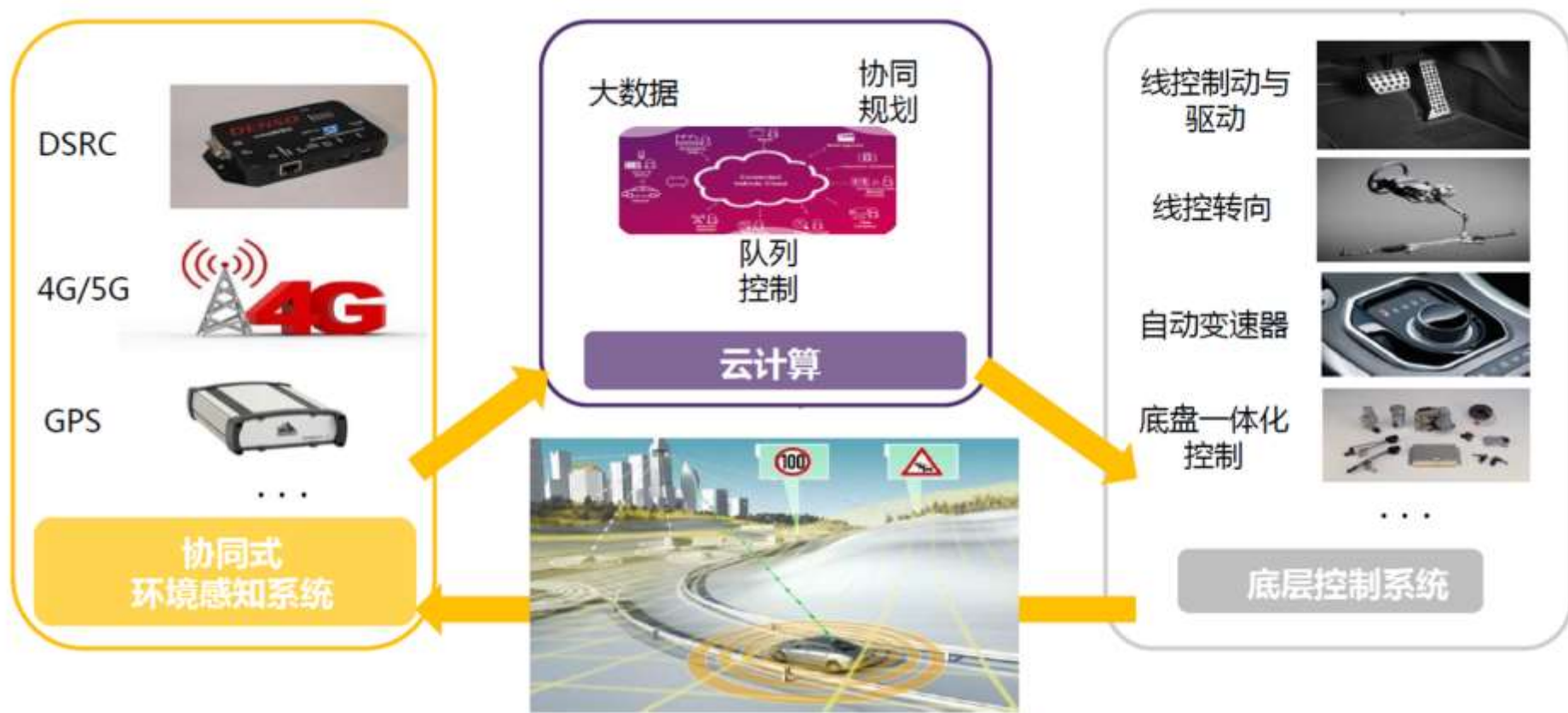
智能网联汽车定义

□ 自主式智能汽车 (AV)



智能网联汽车定义

□ 网联式智能汽车 (CV)



02

智能网联汽车意义



智能网联汽车意义

□ 自动驾驶的价值

- **道路安全**：交通事故率可降低到目前的1%。
- **出行效率**：车联网技术可提高道路流量10%，C-ACC（自适应巡航）占市场份额90%时，交通效率会提高80%。
- **能源节省**：协同式交通系统可提高燃油经济性20~40%，高速公路编队行驶可降低油耗10~15%。
- **经济效益**：以美国为例，自动驾驶汽车占市场份额90%时，每年将带来2000亿美元以上的经济效益，同时将带动机械、电子、通信、互联网等相关产业的快速发展。
- **国防意义**：无人驾驶战斗车辆。
- **生活方式**：减轻驾驶负担，车辆共享，便捷出行，娱乐。

智能网联汽车意义

□ 发展智能网联汽车提升至国家战略高度



国家战略



新能源汽车



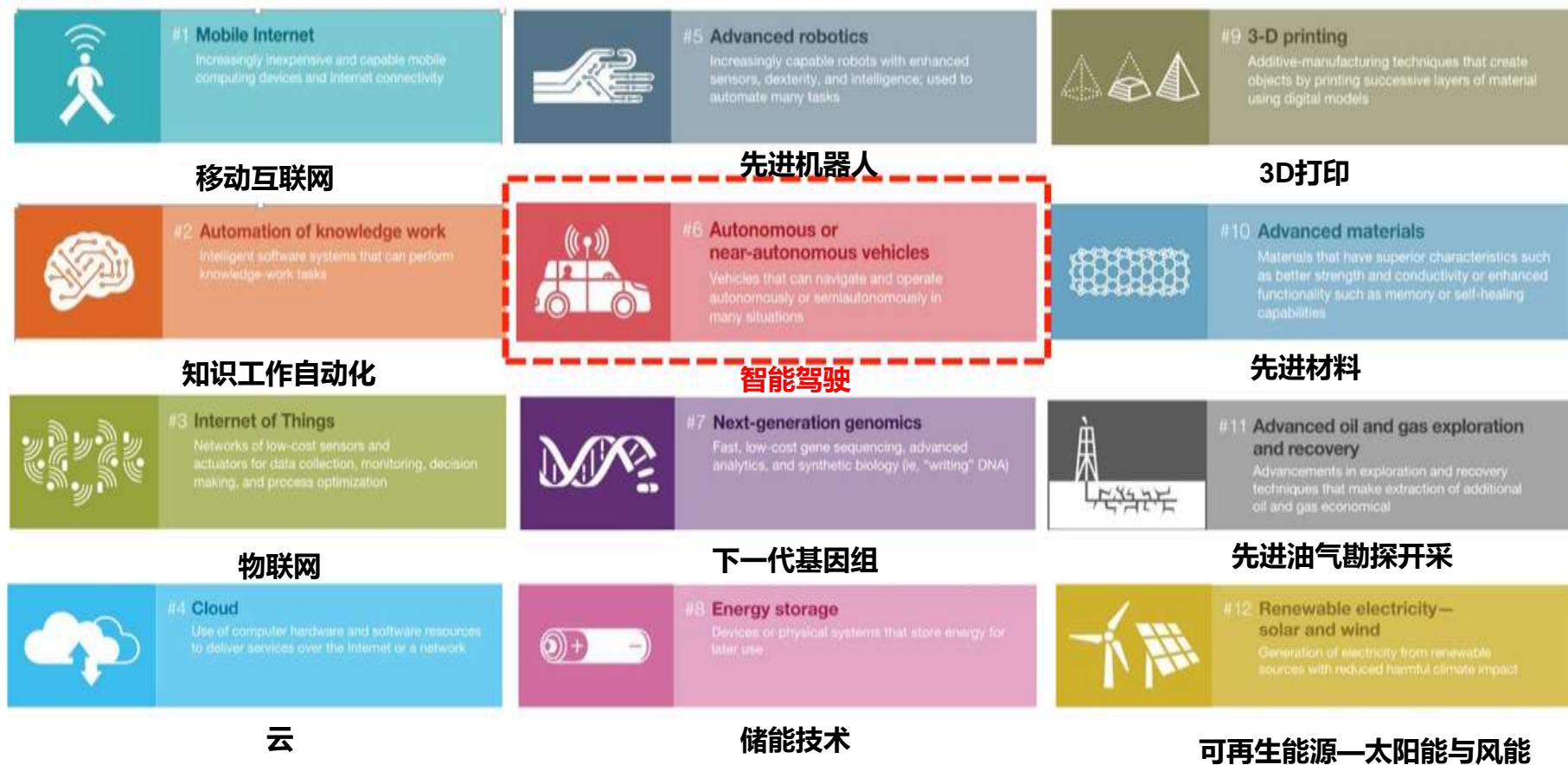
智能网联汽车

发展目标

- 2020年，L1-L3级智能驾驶系统新车装配率超过**50%**，网联式驾驶辅助系统装配率达到**10%**。
- 2025年，L1-L3级智能驾驶系统新车装配率达到**80%**，网联式驾驶辅助系统装配率达到**30%**，L4-L5级自动驾驶汽车开始**进入市场**。
- 2030年，L1-L3级智能驾驶系统成为**新车标配**，汽车联网率接近**100%**，L4-L5级自动驾驶新车装配率达到**10%**。

智能网联汽车意义

□ 智能驾驶是2025年决定经济发展的十二大技术之一



资料来源：麦肯锡

智能网联汽车意义

微博搜索:@柚子木字幕组 微信号:Youzimu

听译:江流 校正:花火 时轴:Zirkus

网易公开课

03

智能网联汽车分级



智能网联汽车分级

分级	名称	定义	主体		
			驾驶操控	环境监控	失效应对
0	无自动驾驶	驾驶人操作车辆，系统可以提供预警和其它驾驶状态信息。	驾驶人与系统	驾驶人	驾驶人
1	辅助驾驶(DA)	系统执行转向和加减速中的一项操作，其它驾驶操作都由驾驶人完成			
2	部分自动驾驶(PA)	系统执行转向和加减速操作，其它驾驶操作都由驾驶人完成。	系统	系统	系统
3	有条件自动驾驶(CA)	系统完成所有驾驶操作，驾驶人需要保持警觉，当系统提出的响应请求时需及时接管驾驶操作。			
4	高度自动驾驶(HA)	系统完成所有驾驶操作，特定环境下系统会向驾驶人提出响应请求，驾驶人可以不响应。			
5	完全自动驾驶(FA)	系统完成所有道路环境下的驾驶操作，不需要驾驶人介入。			

智能网联汽车分级

版权所有©2021 SAE International. 本表可以按原样自由复制和分发, 但必须标示出内容来自SAE International 国际自动机工程师学会。

SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
无论这些驾驶员支持功能是否已经开启, 即使您的脚已经离开的踏板也没有转向 都是您在驾驶车辆			当这些自动驾驶功能启用时, 即使您坐在“驾驶员座位”上, 也不是由您在驾驶车辆		
您必须时刻监督这些支持功能; 您必须根据需要进行转向、制动或加速以保证安全。			当功能请求时, 你必须驾驶	这些自动驾驶功能不会要求您接管驾驶	

Copyright © 2021 SAE International.

这些是驾驶员支持功能

这些是自动驾驶功能

这些功能仅限于提供警告和瞬时协助	这些功能为驾驶员提供转向或制动/加速支持	这些功能为驾驶员提供转向和制动/加速支持	这些功能可以在有限的条件下驾驶车辆, 除非满足所有要求的条件, 否则这些功能将无法运行	该功能可以在所有条件下驾驶车辆	
• AEB自动紧急制动 • 盲区警告 • 车道偏离警告	• 车道居中或自适应巡航控制	同时提供 • 车道居中 和 • 自适应巡航控制	• 交通阻塞驾驶员	• 区域无人出租车 • 踏板/方向盘 可能会、也可能不会被安装	• 与L4级相同, 但该功能可以在所有条件下随处行驶

SAE J3016驾驶自动化分级

3.3 驾驶自动化等级划分

3.3.1 0级驾驶自动化（应急辅助）

驾驶自动化系统不能持续执行动态驾驶任务中的车辆横向或纵向运动控制, 但其具备持续执行动态驾驶任务中的部分目标和事件探测与响应的能力。

注1: 0级驾驶自动化不是无驾驶员自动化。0级驾驶自动化可感知环境, 并提供报警、辅助或短暂介入以辅助驾驶员 (如车道偏离预警、前碰撞预警、自动紧急制动等应急辅助功能)。

注2: 不具备目标和事件探测与响应的能力 (如: 定速巡航、电子稳定性控制等) 不在驾驶自动化考虑范围内。

3.3.2 1级驾驶自动化（部分驾驶辅助）

驾驶自动化系统在其设计运行条件下持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向或纵向运动控制, 且具备与所执行的车辆横向或纵向运动控制相适应的部分目标和事件探测与响应的能力。

注: 对于1级驾驶自动化, 驾驶员和驾驶自动化系统共同执行动态驾驶任务, 并监督驾驶自动化系统的行为和执行适当的响应或操作。

3.3.3 2级驾驶自动化（组合驾驶辅助）

驾驶自动化系统在其设计运行条件下持续地执行动态驾驶任务中的车辆横向和纵向运动控制, 且具备与所执行的车辆横向和纵向运动控制相适应的部分目标和事件探测与响应的能力。

注: 对于2级驾驶自动化, 驾驶员和驾驶自动化系统共同执行动态驾驶任务, 并监督驾驶自动化系统的行为和执行适当的响应或操作。

3.3.4 3级驾驶自动化（有条件自动驾驶）

驾驶自动化系统在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务。

注: 对于3级驾驶自动化, 动态驾驶任务接管用户以适当的方式执行动态驾驶任务接管。

3.3.5 4级驾驶自动化（高度自动驾驶）

驾驶自动化系统在其设计运行条件下持续地执行全部动态驾驶任务和执行动态驾驶任务接管。

注: 对于4级驾驶自动化, 系统发出接管请求时, 乘客无需进行响应, 系统具备自动达到最小风险状态的能力。

3.3.6 5级驾驶自动化（完全自动驾驶）

驾驶自动化系统在任何可行条件下持续地执行全部动态驾驶任务和执行动态驾驶任务接管。

注1: 对于5级驾驶自动化, 系统发出接管请求时, 乘客无需进行响应, 系统具备自动达到最小风险状态的能力。

注2: 5级驾驶自动化在车辆行驶环境下没有设计运行条件的限制 (商业和法规因素等限制除外)。

工信部公布的《汽车驾驶自动化分级》

智能网联汽车分级

□ 智能驾驶辅助系统ADAS

L0	L1	L2
交通标志识别TSR	自动紧急制动AEB	智能泊车辅助IPA
弯道速度预警CSW	自动紧急转向AES	自适应巡航控制ACC
前向碰撞预警FCW	智能限速控制ISLC	交通拥堵辅助TJA
车道偏离预警LDW	车道保持辅助LKA	
变道碰撞预警LCW	自动变道辅助ALCA	
倒车辅助RCA		
驾驶员注意力监测DAM		

GB/T39263-2020先进驾驶辅助系统(ADAS)术语及定义

智能网联汽车分级

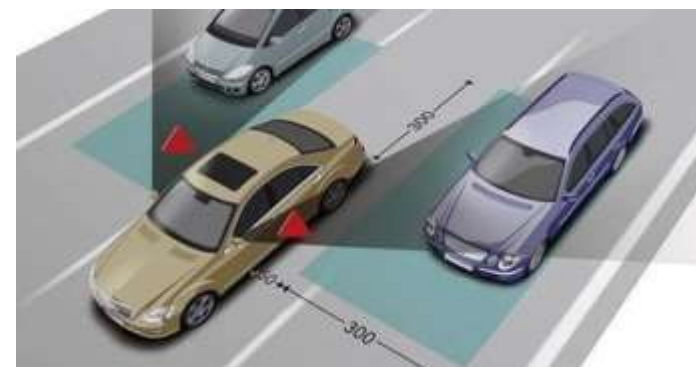
□ 智能驾驶辅助系统ADAS



ACC



AEB



BSM



LDW



ISA



PA

智能网联汽车分级

□ Mobileye智能驾驶辅助系统



智能网联汽车分级

□ 智能汽车发展路径



04

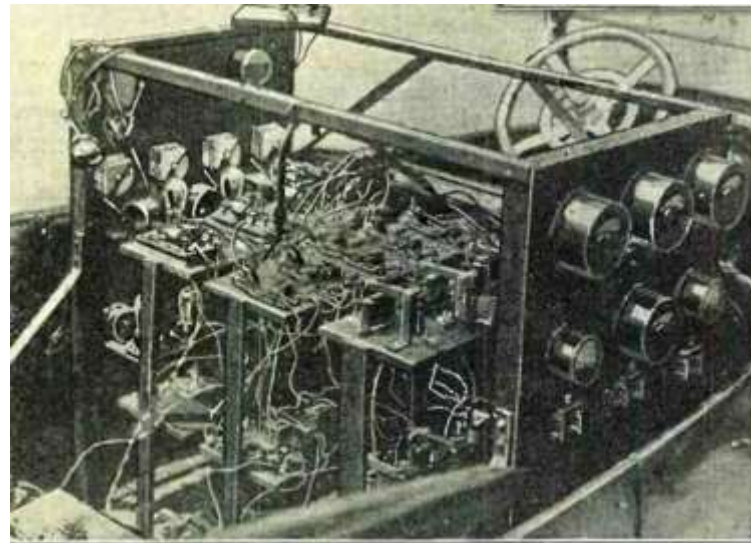
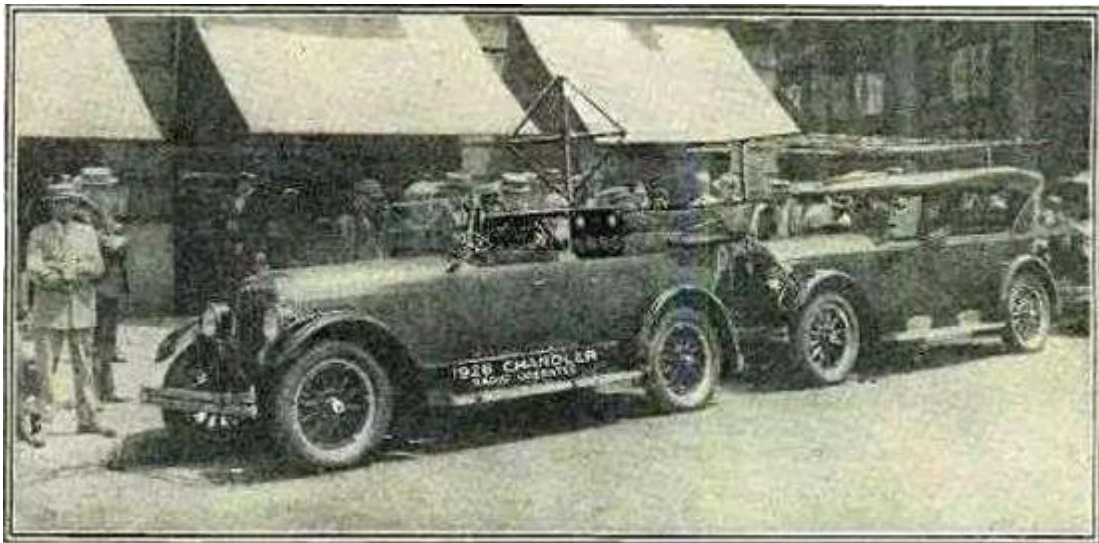
智能网联汽车发展历史



智能网联汽车发展历史

□ 20世纪20年代

1925年8月5日，美国陆军的电子工程师**弗朗西斯·胡迪纳**，在纽约市街头展示了无线电控制的“美国奇迹”，百老汇第五大道上，用无线电波来操控前方汽车的方向盘、离合器、制动器等部件，并按响它的喇叭，就好像一只幽灵的手在方向盘上。这是历史上第一辆无人驾驶汽车。”



智能网联汽车发展历史

- 1956年，美国通用汽车公司正式对外展出世界第一辆装配汽车安全及自动导航系统的Firebird II概念车。



1956年美国的无人驾驶广告

智能网联汽车发展历史

- 卡内基梅隆大学的研究人员Dean·Pomerleau和他的同事Todd·Jochem在公路上试驾了他们的无人驾驶汽车NAVLab2。需要控制速度和刹车，穿越了2797英里，从匹兹堡、宾夕法尼亚州到加州的圣地亚哥，从东海岸到西海岸，实现了“不用手驾驶横跨美国”的任务。



Neural network application

ALVINN: An Autonomous Land Vehicle In a Neural Network

(Carnegie Mellon University Robotics Institute, 1989-1997)

ALVINN is a perception system which learns to control the NAVLAB vehicles by watching a person drive. ALVINN's architecture consists of a single hidden layer back-propagation network. The input layer of the network is a 30x32 unit two dimensional "retina" which receives input from the vehicles video camera. Each input unit is fully connected to a layer of five hidden units which are in turn fully connected to a layer of 30 output units. The output layer is a linear representation of the direction the vehicle should travel in order to keep the vehicle on the road.



智能网联汽车发展历史

- 2004年，DARPA（国防高级研究计划署）宣布了一项重大挑战，如果能建造一辆能够在莫哈维沙漠行驶142英里的无人驾驶汽车，将提供100万美元的奖金。
- 当2004年挑战开始时，15个竞争者中没有一个能够完成任务。“胜利”号在着火之前，几小时内只能跑不到8英里的路程。这个实验结果对打造真正的自动驾驶汽车的目标是毁灭性的打击。

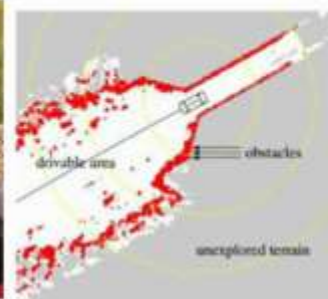


智能网联汽车发展历史

□ 2005年的DARPA挑战赛

车辆	队伍	参赛队伍	用时 (h:m)	排名
Stanley	Stanford Racing Team	斯坦福大学, 加利福尼亚州帕洛奥托	6:54	第一
Sandstorm	Red Team	卡内基梅隆大学, 宾夕法尼亚州匹兹堡	7:05	第二
H1ghlander	Red Team		7:14	第三
Kat-5	Team Gray	格雷保险公司, 路易斯安那州梅泰里市	7:30	第四
TerraMax	Team TerraMax	奥什科什卡车公司, 威斯康星州奥什科什	12:51	超时

斯坦福大学的无人车Stanley



智能网联汽车发展历史

□ 2007年的DARPA Grand Challenge 也被称为“城市挑战赛”，当时的赛道全长60英里，参赛车队需在6小时内完成比赛。



Boss无人车所配备的传感器

车辆	车型	队伍	参赛队伍	用时 (h:m:s)	排名
Boss	2007款雪佛兰太浩	Tartan Racing	卡内基梅隆大学, 宾夕法尼亚州匹兹堡	4:10:20	第一, 平均速度22.53 km/h
Junior	2006款大众帕萨特	Stanford Racing	斯坦福大学, 加利福尼亚州帕洛奥托	4:29:28	第二, 平均速度22.05 km/h
Odin	2005年福特混合动力	VictorTango	弗吉尼亚理工大学, 弗吉尼亚州, 布莱克斯堡	4:36:38	第三, 平均速度20.92 km/h
Talos	路虎三代	MIT	麻省理工大学, 马萨诸塞州剑桥	约6h	第四

传感器	数量	作用	参数
SICK LMS 291-S05/S14 LIDAR (LMS)	8	近程环境测量	FOV: 180/90 deg×0.9deg, 1/0.5deg角度分辨率; 最大测量范围: 80m
Velodyne HDL-64 LIDAR (HDL)	1	中程环境测量	FOV: 360×26deg, 0.1 deg角度分辨率; 最大测量范围: 70m
Continental ISF 172 LIDAR (ISF)	2	远程转向测量	FOV: 12×3.2deg 最大测量范围: 150m
IBEO Alasca XT LIDAR (XT)	2	远程转向测量	FOV: 240×3.2 deg 最大测量范围: 300m
Continental ARS 300 Radar (ARS)	5	远程环境测量	FOV: 60/17 deg×3.2 deg 最大测量范围: 60m/200m
Point Grey Firefly (PGF)	1	环境图像获取	高动态范围摄像机 FOV: 45-deg
Applanix POS-LV 220/420 GPS/IMU (APLX)	1	姿态估计	亚米级精度

智能网联汽车发展历史

- 21世纪初丰田公司的日本普锐斯混合动力车从2003年开始提供自动停车辅助服务。



智能网联汽车发展历史

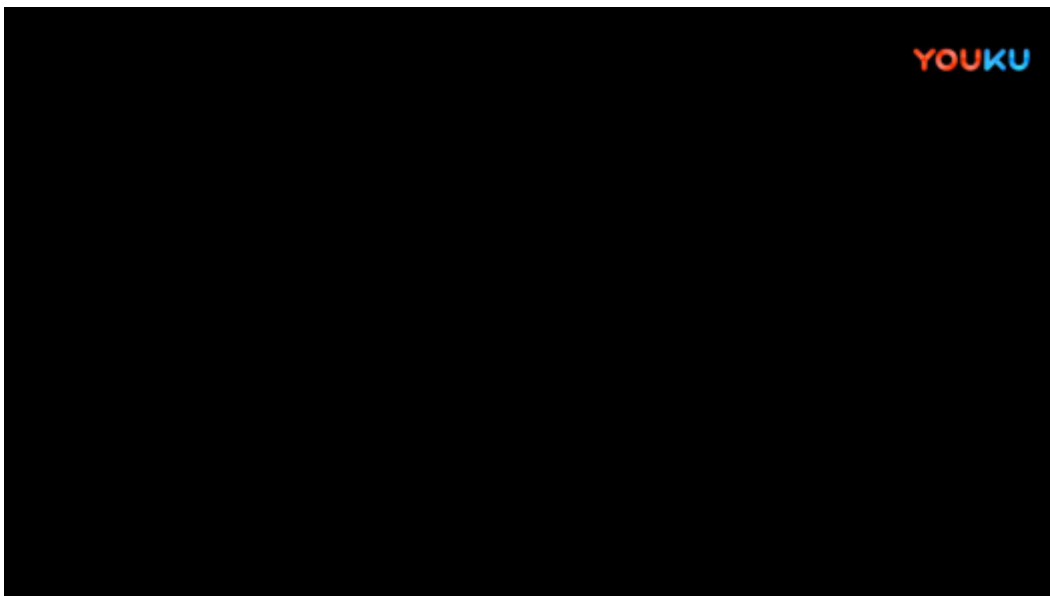
- Google无人驾驶汽车从2009年开始，开始秘密开发无人驾驶汽车项目，该项目现在被称为Waymo。该项目最初由Sebastian Thrun领导，他曾是斯坦福人工智能实验室的主任，也是谷歌街景服务的共同发明人。在2014年，谷歌展示了没有方向盘、油门或刹车踏板的无人驾驶汽车的原型，从而实现了100%的自动驾驶。



智能网联汽车发展历史

□ 通用Cruise AV

2019年投入应用；为首辆无需驾驶员、方向盘和踏板就能实现安全驾驶的可量产汽车（L4）。



新一代车辆是基于第三代雪佛兰Bolt EV开发，采用第四代Cruise无人驾驶平台。其拥有21部雷达、16部摄像机和5部激光雷达，而这些激光雷达可以帮助自动驾驶汽车“看到”附近的物体和障碍物。

智能网联汽车发展历史

□ 新势力造车自动驾驶



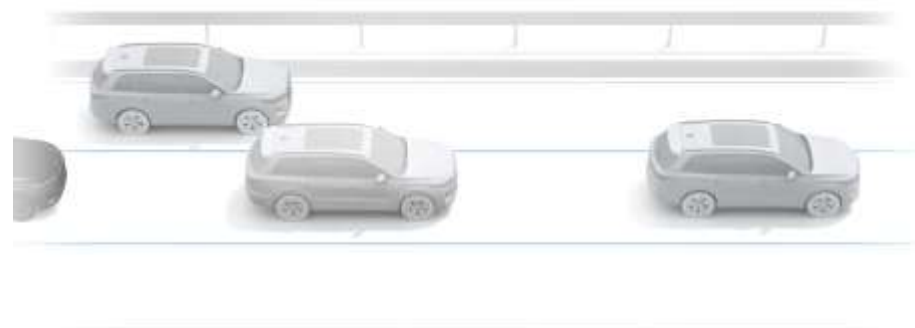
TeslaAutopilot



蔚来NIO Pilot



小鹏XPilot3.0



理想AD辅助驾驶系统

05

智能网联汽车竞争力

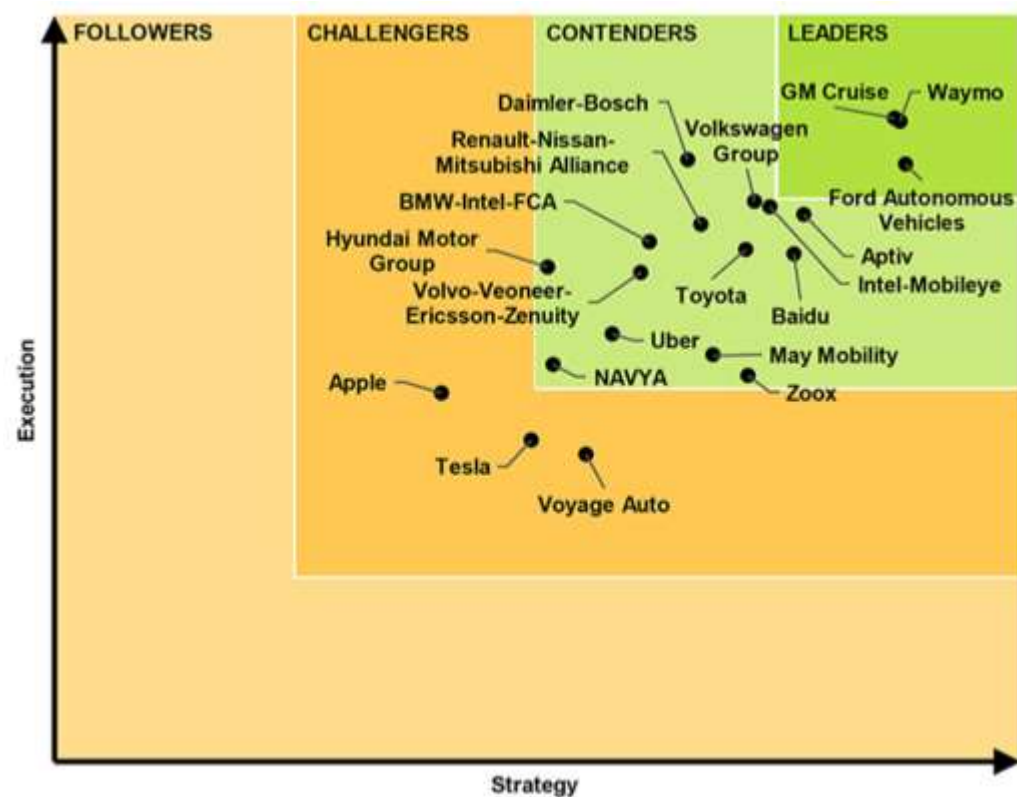


智能网联汽车竞争力

□ Navigant Research排行榜



2020年排名



2019年排名

Company	Disengagements per 1000 miles (2018)	Miles per Disengagement (2018)	Miles Driven (2018)	Miles per disengagement (2017)
Waymo	0.09	11,017	1,271,587	5,595.95
GM Cruise	0.19	5,204.9	447,621	1,254.06
Zoox	0.52	1,922.8	30,764	282.96
Nuro	0.97	1,028.3	24,680	--
Pony.ai	0.98	1,022.3	16,356	--
Nissan	4.75	210.5	5,473	208.36
Baidu	4.86	205.6	18,093	41.06
AlMotive	4.96	201.6	3,428	--
AutoX	5.24	190.8	22,710	--
Roadstar AI	5.70	175.3	7,539	--
WeRide/JingChi	5.71	173.5	15,440.80	--
Aurora	10.01	99.9	32,858	--
Drive.ai	11.91	83.9	4,616.69	43.59
PlusAI	18.40	54.4	10,816	--
Nullmax	22.40	44.6	3,036	--
Phantom AI	48.20	20.7	4,149	--
NVIDIA	49.73	20.1	4,142	4.63
SF Motors	90.56	11	2,561	--
Telenav	166.67	6.0	30	32
BMW	219.51	4.6	41	--
CarOne/Udelv	260.27	3.8	219	--
Toyota	393.70	2.5	381	--
Qualcomm	416.63	2.4	240.02	--
Honda	458.33	2.2	168	--
Mercedes Benz	682.52	1.5	1,749.39	1.29
SAIC	829.61	1.2	634.03	--
Apple	871.65	1.1	79,745	--
Uber	2608.46	0.4	26,899	--

能力

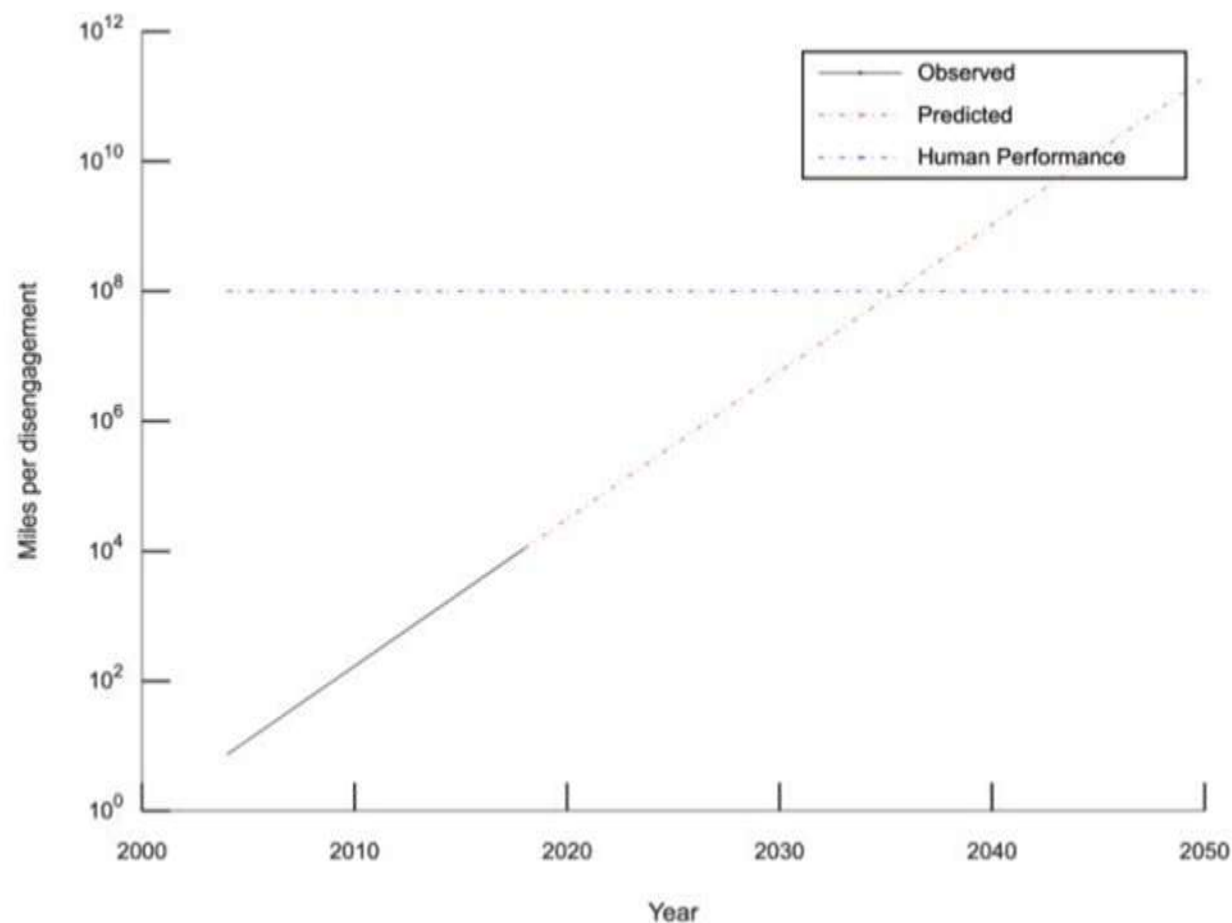
车辆管
vention

2019	MPI	Dis. per 1k miles	Milages in CA
Baidu	18,050	0.055	108,300
Waymo	13,219	0.076	1,454,137
GM Cruise	12,221	0.082	831,040
AutoX	10,684	0.094	32,052
Pony	6,476	0.154	174,845
Nuro	2,022	0.494	68,762
Zoox	1,596	0.627	67,015
Didi	1,466	0.682	11,730
Plus	940	1.064	1,880
Almotive	233	4.293	6,056
ThorDrive	188	5.306	5,089
Weride	152	6.591	5,917
Apple	118	8.484	7,544

DMV 2021自动驾驶成绩报告单（有安全员，按MPD排名）					
排名	公司	测试总里程（英里）	脱离次数	车辆数量（台）	MPD
		2976.00	0	2	无脱离
		39.00	0	2	无脱离
		50108.00	1	44	50108.00
		876104.72	21	138	41719.27
		40744.67	1	12	40744.67
		36733.87	1	13	36733.87
		57966.25	3	14	19322.08
		30872.00	2	2	15436.00
		305616.73	21	38	14553.18
		2325842.90	292	693	7965.22
		155125.00	21	85	7386.90
		59100.02	23	15	2569.57
		1467.50	1	5	1467.50
		12647.07	9	7	1405.23
		6320.00	5	2	1264.00
		11200.10	23	23	486.96
		28004.00	82	6	341.51
		1924.00	6	3	320.67
		58613.00	272	17	215.49
		13959.00	419	4	33.32
		508.00	17	5	29.88
		13272.00	663	37	20.02
		874.69	61	2	14.34
		1635.00	143	3	11.43
		336.00	205	2	1.64
		320.00	222	1	1.44
27	Udelv	60	46	2	1.30
28	UATC	14	31	3	0.45

智能网联汽车竞争力

□ 自动驾驶的“摩尔定律”



感谢您的关注

THANK YOU

