



智能车辆书系

深入理解

ICT 与 自动驾驶

全彩图解版

【日】野边继男◎著

陈慧 张诚 陈恭羽◎译

FUTURE CAR

INFORMATION COMMUNICATION TECHNOLOGY

人工智能、图像处理、机器学习对汽车的未来意味着什么？
一本通俗易懂的自动驾驶科普书

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





智能车辆书系

深入理解

ICT^与 自动驾驶

全彩图解版

【日】野边继男◎著
陈慧 张诚 陈恭羽◎译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TETTEI KAISETSU ICT GA TSUKURU KURUMA NO MIRAI-JIDO UNTEN HEN written by Tsuguo Nobe.

Copyright © 2015 by Tsuguo Nobe.

Originally published in Japan by Nikkei Business Publications, Inc.

Simplified Chinese translation rights arranged with Nikkei Business Publications, Inc. through Bardon Chinese Media Agency.

本书由日经出版社授权机械工业出版社在中华人民共和国境内地区（不包括中国香港、澳门特别行政区以及中国台湾地区）出版与发行。未经许可之出口，视为违反著作权法，将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字：01 - 2016 - 4315。

图书在版编目 (CIP) 数据

深入理解 ICT 与自动驾驶 / (日) 野边继男著; 陈慧, 张诚, 陈恭羽译. —北京: 机械工业出版社, 2018. 3

(智能车辆书系)

ISBN 978 - 7 - 111 - 59499 - 4

I. ①深… II. ①野… ②陈… ③张… ④陈… III. ①汽车驾驶—
自动驾驶系统 IV. ①U463. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 056875 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 赵海青 责任编辑: 赵海青 母云红

责任校对: 王欣 责任印制: 张博

北京东方宝隆印刷有限公司印刷

2018 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 8 印张 · 118 千字

0001 - 4000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 59499 - 4

定价: 88.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010 - 88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010 - 68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010 - 88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com



以 2020 年前后为目标节点，世界各国的汽车制造商正在为实现车辆的自动驾驶而展开研发竞争。自动驾驶汽车利用摄像头以及毫米波雷达、LiDAR（激光雷达，英文全称为 Laser Imaging Detection and Ranging）、超声波雷达等多种传感器采集信息，经计算机处理后实现对车辆周围状况的感知。

通过感知与“事故”相关联的风险，计算机计算出规避风险的路径，在人介入的情况下，将该计算结果直接通过车内 CAN（Controller Area Network）网络通信等传递给控制系统，以控制车辆的运动。

另一方面，这些传感器能感知的距离范围只有 100 ~ 200m。对于该范围以外的距离，则需要参照云端的三维驾驶用地图来游刃有余地实现具有计划性的自动驾驶。

进一步，如果实际行驶所得到的信息与原地图不相符，则将数据上传云端进行地图更新。这样，通过将来自大量非特定车辆各类传感器数据汇集于云端数据中心，经统计处理以及大数据处理后，实现了三维驾驶用地图的更新。此外，通过引入机器学习等人工智能技术，可生成在一般道路十字路口也能安全通过的自动驾驶算法。因此，每辆汽车不仅是三维驾驶用地图的使用者，同时也是地图的绘制者。

仅凭上述车辆信息技术的开发是不足以实现自动驾驶的，还必须对关联技术进行投入。首先需扩充数据中心等设备，用于自动驾驶所不可或缺的数据收

集、存储和处理。日本是数据中心“不发达国家”。据说在互联网发展较为先进的美国，将人工智能等技术逐步应用于市场的各公司都拥有规模达 100 万台级服务器的数据中心，而日本即便将所有这类公司加起来，估计也只有 100 万台左右。这样，要实现自动驾驶的附加价值就不得不依赖于海外。

至于通信设备，依靠今后将进一步发展的移动电话网就足够了。很多人担心自动驾驶开始后通信量会剧增而超出通信能力，其实这根本不用担心。对自动驾驶而言，大数据量的通信频率不高，而通信频率高的是小数据量数据，所以不会造成那么多通信负担。当然，各种数据压缩方法、通信量最优化网络管理技术等还是必须要考虑的。

此外，地图及通信的国际通用化、更牢靠的网络安全技术的导入，以及车辆固有的隐私问题的解决将变得越发重要。

本书介绍了大量与自动驾驶汽车相关的实际情况，笔者在 ICT 及汽车行业均有涉足，相信本书一定能为大家提供参考。

祝各位读者身体健康。

野边继男



前言

第1章 美国 NHTSA 关于自动驾驶的提议 // 001

- 1-1 提议的定位 // 002
- 1-2 NHTSA 的自动化水平定义 // 010
- 1-3 NHTSA 的自动化研究项目 // 019
- 1-4 无人驾驶公开道路试验及牌照颁发的推荐原则 // 024
- 1-5 人为因素研究的重要性 (对 NHTSA 资料的补充) // 029

第2章 ICT 如何为自动驾驶的实现做出贡献 // 041

- 2-1 人类视角所见“自动驾驶”与“普通驾驶”的本质区别 // 042
- 2-2 SLAM 的应用 // 061
- 2-3 识别外部环境, 预测物体运动 // 071
- 2-4 规划无碰撞路径 // 073

第3章 自动驾驶所必需的图像技术及人工智能 // 075

- 3-1 各类传感器的技术动向与未来预测 // 076
- 3-2 图像识别技术 // 084
- 3-3 什么是机器学习和深度学习 // 086
- 3-4 自动驾驶的适用范围和必要的智能判断 // 092
- 3-5 机器学习与自动驾驶 // 094

第4章 实现自动驾驶所面临的课题 // 101

- 4-1 网络安全的风险与对策 // 102
- 4-2 隐私保护问题与对策 // 113
- 4-3 全球化竞争中是否能取胜 // 117

深入理解
ICT与自动驾驶

第 1 章



美国 NHTSA 关于 自动驾驶的提议

1-1 提议¹的定位

1 “Statement”可翻译为声明、告示等，但NHTSA文中有Preliminary（初步）之意，并在文中使用了Guideline（指导方针）以及Recommendation（推荐）等词，因此将其翻译为“提议”。

NHTSA（美国公路交通安全管理局）在2013年5月30日提出的“Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles”（针对自动驾驶汽车的初期陈述）综合讨论了对于自动驾驶实现至关重要的项目。文件中指出，“汽车自身以及汽车与驾驶人的关系，到今天为止的100年里发生了很大的变化。然而，今后10~20年将有可能发生比这100年以来更大的变化，当前美国正处于历史的转折点。”

NHTSA负责管辖Highway（意义比日本的“高速公路”更加广泛）的安全性提高及环境改善。此外，该文件对“虽是NHTSA的责任范围之外”的雇佣和投资等也有所提及（图1-1）。该提议虽如标题所示，仅给出了自动驾驶的初步定位，但对于关心自动驾驶的人士而言，文件原文仍包含着极其重要的内容，需细加研读。另外，该提议还明确了在自动驾驶定级及正式法规出台前，各州在进行公开路试时需如何应对的描述。

其次，NHTSA还明确了其自身的责任范围（图1-2）。

NHTSA的责任范围是，设定并执行车辆及其装备所对应的安全基准，以及汽车燃油消耗基准两项²。若要装载用于汽车自动驾驶的ICT（信息通信技术）装备³，也将在NHTSA的责任范围之内。

NHTSA在安全相关领域的目的是“减少车辆碰撞事故数以及由此造成的伤亡人数”。因此，NHTSA制定了关于自动驾驶安全基准的责任，并对此展开相关研究。文中明确指出，由于“汽车自动化技术”可能大幅减少碰撞事故中的伤亡人数，因此其开发及导入“值得期待”。作为该提案的前提，推进自动驾驶的意向得到了明确。

2 燃油消耗的改善也是其重要职责。在何年达到何等级的燃料消耗，即CAFE（企业平均燃料经济性）的规定，是NHTSA所提议的。

3 此公示中没有此装置名称的明确表达，一般情况称为“Electric Control Systems（电子控制系统）”或者简称为“Systems（系统）”。相反，例如Computer（计算机）等词则一次都没有出现过。

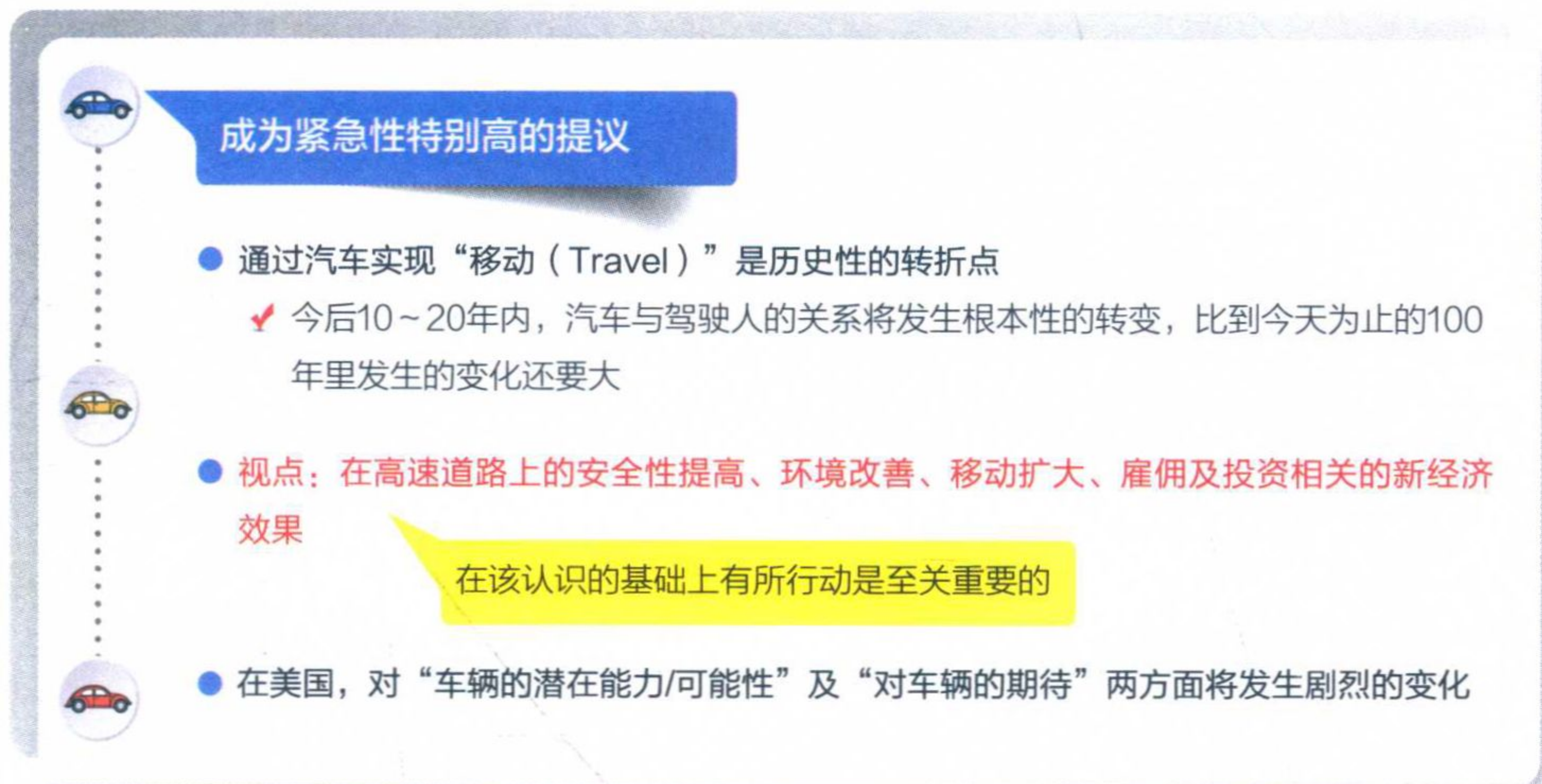


图 1-1 NHTSA 对公开道路测试的立场 (一)

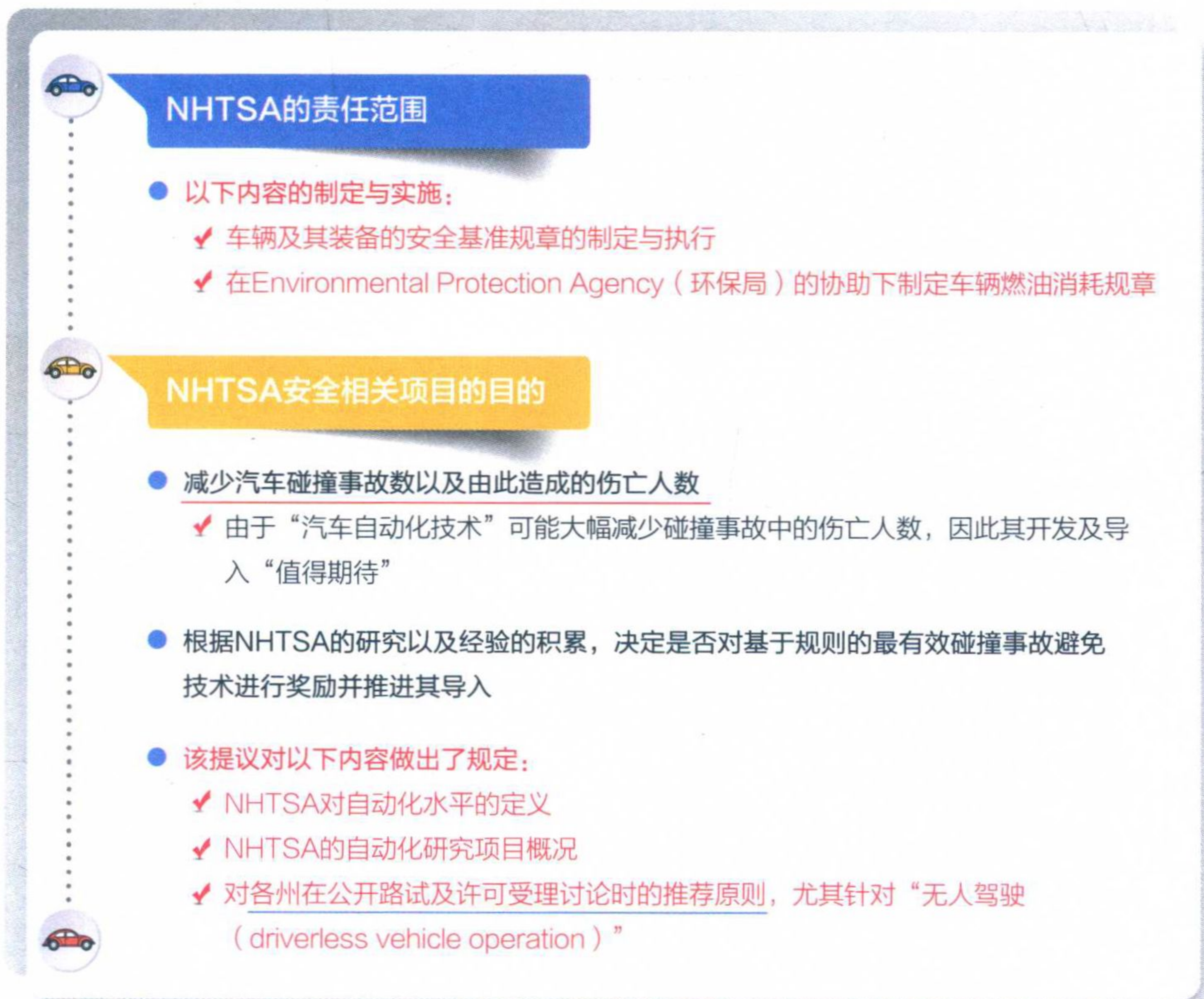


图 1-2 NHTSA 在安全上的职责及提议的目的 (一)



法无禁止即可行？

在美国，一般如果没有法律明确规定的話，将被解释为“没有被禁止”，有在某种程度上直接实施新生事物的倾向。2013年5月，美国在法律上还未有“在公路上可以进行自动驾驶”的规定，也没有关于公路试验的管理制约。然而，许多州向NHTSA进行求助，希望为研发企业提供自动驾驶公路试验场所，并确保包括技术开发企业在内的各企业，进行公路试验的安全性。NHTSA通过与众多当事方进行商议，在事态初步明了的前提下，提出了NHTSA对于汽车自动化开发中主要安全事项的意见，并整理出了上述提案。

在日本，在法律给出规定前将被先判断为“大概不能实施吧？”然而在美国，如果法律未规定，则将被解读为“未被禁止”，但在实施时需承担“不给周边带来麻烦”的责任。NHTSA的提案秉承了上述逻辑，其中多次强调：公路试验车辆要将周边的道路使用者可能遭受的风险限制在最低范围内。

在ICT的开发上，日美间的差异在此得以展现。日本由于在意“政府是否允许？”“法律上是否允许？”，从而变得行动迟缓。在美国，不仅是中小新兴企业，即使是大企业，都有“还未被决定的话，姑且先做起来”的倾向。

NHTSA要求：在法规制定完善前，文件中所记载的安全条例需得到遵守，根据各州的判断，在确保安全的同时对自动驾驶的公路试验进行管理。为此，鲁莽地、无规划地进行自动驾驶汽车公路试验是不可取的。现阶段，各州分别对试验车辆进行安全性确认，并向驾驶员颁发试验驾驶许可，是对自动驾驶试验进行风险确认、判断的原则。此外，NHTSA自身同时也在积极地参与可获取重要相关数据的车辆传感器、摄像头等对车辆自动化不可或缺的先进技术的调查研究（图1-3和图1-4）。目前，作为NHTSA参与研究工作的一部分，对自动制动系统的

有效性评价研究正在开展，与此相关的试验流程技术评价及安全性测算方法得到了 NHTSA 的开发。

今后，随着 NHTSA 的研究推进及经验值的提高，最具前景的“碰撞避免技术”将得到推荐，并可能通过法规进一步规定相关设备是否需得到强制安装。在当前技术开发的初期阶段，如果在州层面上对自动驾驶做出限制规定的话，反而会阻碍今后的技术进展。对此 NHTSA 明确表示不推荐⁴。此外，到目前为止的自动驾驶汽车公开道路运行，都被要求仅限于试验目的。

⁴ 加利福尼亚州预计在 2016 年 1 月发布自动驾驶的消费者级的规则草案，有可能成为其他州的范例。
http://www.mercurynews.com/news/ci_29027362/google-tesla-others-wait-for-dmvs-selfdriving-rules

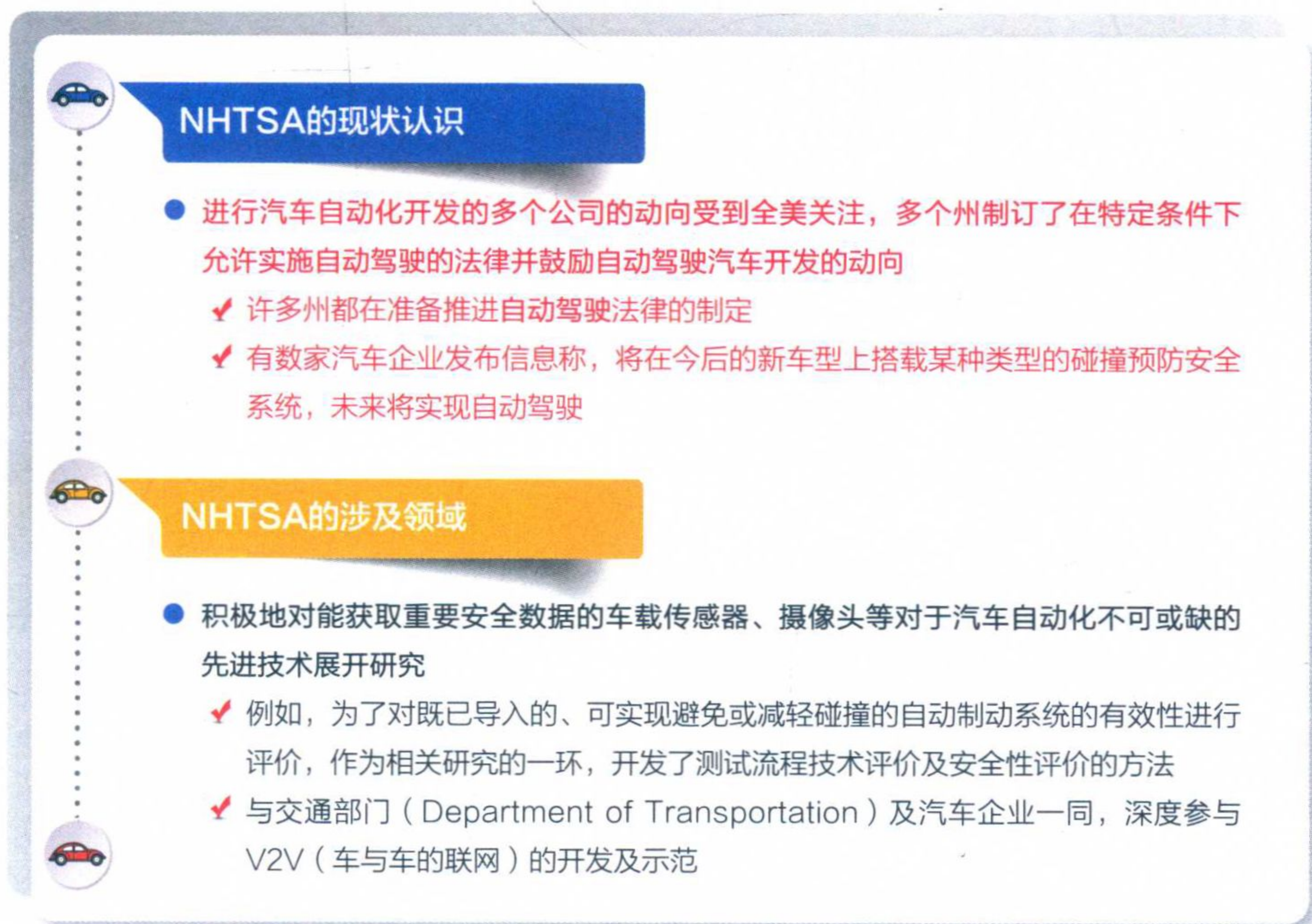


图 1-3 NHTSA 在安全上的职责及提议的目的（二）

今后，在 NHTSA 定义自动驾驶的安全基准之前，在州层面对公路测试时应遵守的注意事项做出提示，这正是本次提议的目的。



该提议以协助各州安全导入自动驾驶技术并实现利益最大化为目的

- 由于与安全有关的混乱、无序会对自动化技术开发带来巨大阻碍，在此将NHTSA的指标进行了明示
 - ✓ 实际上，在进行最前端技术的试验时，一部分州和企业已经在询问NHTSA如何安全地在高速公路上进行测试了



当前的现状是，将自动驾驶的公开道路运行局限于试验目的



虽然在现阶段对“存在实现在所有行驶环境及道路状况下均可完全自动（或无人驾驶）、安全行驶的车辆的可能性”下结论还为时尚早，但NHTSA的研究计划包含了从“预警”到“无人驾驶”的所有自动化领域，并将在今后一直继续掌控其风险与收益

图 1-4 NHTSA 对公开道路测试的立场（二）

该提议虽然于2013年5月发布，但仅是暂定的，并非是绝对的、无法变更的。此外，并非一切均由NHTSA一家决定，而是期待有更多相关企业、团体的参与。提议中有类似“请大家陈述意见”“如果有其他想法或者认为有错误的地方就请指出”等明确的描述。因此，该提议将会得到定期、灵活的更新。各种测量、试验的结果也将在今后的提议中得以反映。当自动驾驶实现时，相关规定将得到明确。然而，NHTSA强调在现阶段该提议绝非最终版本。

在“自动驾驶”之前，还有车辆的自动化

NHTSA将自动化定义为“不通过驾驶人的直接输入，自动执行安全所需的重要控制机能”（图1-5）。

自动化汽车“不通过驾驶人的直接输入就能自动执行安全所需的重要控制机能”

- “安全所需的重要控制机能”指的是以下操作：
 - ✓ 转向
 - ✓ 加速
 - ✓ 制动
- 另一方面，对于仅给出“前方碰撞预警”等报警，而不实际执行控制机能的车辆不能被称为自动化车辆
 - ✓ 然而，可以说为了实现预警功能，也在一定程度上应用了自动化技术
- 自动化车辆通过收集车载传感器、摄像头、GPS及通信设备信息，对行驶安全上的重要状况进行判断，在某种程度上对车辆进行控制
 - ✓ 具备V2V通信技术却仅有预警功能的汽车，虽然不能被称为自动化汽车，却可以说也提供了重要的安全价值

图 1-5 自动化的概要

当前，驾驶人的操控对象有转向盘（转向）、加速踏板（加速）、制动踏板（减速）三项。提议中还定义了“其他可操控对象”，但并未具体指明，因此，暂且认为就是指上述三项。除上述三项操作外，驾驶人还有观察车辆外部环境，确保车辆在安全状态下行驶的责任。

重要的是“控制”一词。即使对出现的危险发出警告，但到了最后关键时刻，还是由人来完成驾驶控制，该情形并不能称之为自动驾驶。

例如，荷兰 Mobileye 公司所开发的后置防碰撞辅助系统“Mobileye”在两三年前已得到了许多汽车企业使用。由于 Mobileye 自身从功能讲仅有预警作用，因此 NHTSA 将其作为非自动化产品的例子。从另一方面看，正是由于 NHTSA 对 Mobileye 的功能给予了很高的正式评价，才使得各汽车制造商对其产品青睐有加。



期待通过缓解交通拥堵节省能源

有说法指出，在实现自动驾驶之后，交通流也将达到最优化。由此，交通拥堵造成的不必要的发动机废气排放也将随之减少。废气的排放量与燃料的消耗量几乎成正比，由此自动驾驶也避免了不必要的能源浪费（图1-6）。

社会成本也将由此降低。诸如交通事故发生时的处理成本、事故受害者的生命损失及家庭感情负担、劳动时间的损失、医疗成本、公共财产、个人财产损失等，都将减少。若交通事故留下后遗症，还将给社会带来长期的负担，这在医疗成本中也需得到考虑（图1-6）。

通过V2V（即Vehicle-to-Vehicle，车与车间通信）、V2I（即Vehicle-to-Infrastructure，路与车间通信）可实现车辆安全、高效的行驶。能扩大数百万残疾人士的移动范围，这也是

“安全性（=NHTSA的责任）”以外的利益

- **降低能耗**
 - ✓ 通过实现与交通状况相符的自动加速或减速，比普通驾驶人操控更有效地降低能耗
 - ✓ 大大减少交通事故，从而减少了由此引发的交通拥堵，以此降低能耗
 - ✓ 在燃料能耗降低的同时，温室气体的排放随之减少
- **交通事故的减少可节省每年数千亿美元的社会成本**
 - ✓ 家庭情感负担、生命损失、医疗成本、劳动时间损失、公私财产损失
- **运用车车间通信及路车间通信实现更加安全有效的运行**
 - ✓ 驾驶人或车辆自身能得到实时天气及交通信息，以实现更加智能的路径选择
- **如果基本的驾驶功能能够安全实现自动化，则规模达数百万的残疾人士的出行能力将得到提高**
- **对许多产业而言，是技术革新及投资/就业增大的新机会**

图1-6 NHTSA对公开道路测试的立场（三）

自动驾驶的优点。以美国为首，今后发达国家的老龄化问题将进一步加剧。作为年长者生存的命脉，为其提供便利的出行设备是不可或缺的。实现自动驾驶相关的研究，不仅给汽车产业，同时将给其他更多产业带来技术革新、投资/就业增大的全新机遇。这值得期待。

本次的提议是自2013年5月提出起算的四年计划。可以认为，在2017年或在此之前，自动驾驶相关的规则将得到明确。

1-2 NHTSA 的自动化水平定义

NHTSA 将自动化水平划分为 Level 0 到 Level 4。在本提议所涉及的阶段，即便 Level 4 很重要，但 NHTSA 明确指出“对于完全自动驾驶或无人驾驶，是否能够实现在任何行驶环境及交通状态下实现自动驾驶，在当前还不得而知”。为此，NHTSA 的态度是，使用 Level 2 及 Level 3 的汽车，在今后车辆自动化控制的持续发展过程中，对所有 Level 下的潜在风险与收益进行技术检验。NHTSA 进一步指出，在实现 Level 4 的过程中，对 Level 2 和 Level 3 的汽车进行积极的公开公路试验是非常重要的。通过积累碰撞等事故经验，吸取人为错误、机械错误、自动化程序错误等教训，明确为了实现自动驾驶必须解决何种问题。提议指出，将用四年时间研究上述课题，虽然 Level 4 暂未得到明确定义，但在 2017 年该定义可能得以明确。

Level 1 与 Level 2，以及 Level 2 与 Level 3 之间的明确差异

Level 0 是指没有任何自动化装置，无法实现任何自动化的状态（图 1-7）。

驾驶人对转向、制动、加速这三项操作承担全部责任。Level 0 也包括能够针对前方碰撞、车道偏离、盲点等对驾驶人进行警告的车辆。虽然刮水器、前照灯等的自动操作也是自动化的，但只要是与转向、制动、加速等不相关的操作，就不是本书所说的自动化。

当转向、制动、加速三个当中有一个或一个以上实现了自动化控制，且彼此相互独立时，被定义为 Level 1 的自动化。当车辆在 Level 1 上运行时，驾驶人对驾驶承担全部责任。

与此相对，虽然 Level 2 的自动化对象与 Level 1 相同，但 Level 2 能够对转向、制动、加速这三种功能中的两种或以上进行协调（图 1-8）。