



# 网联式自动驾驶技术路线图

状态：最终印刷版本

版次：8

日期：2019 年 3 月 8 日

ERTRAC 网联和自动驾驶工作组



## 鸣谢

作为欧洲的技术平台，**ERTRAC**汇集了来自产业、研究机构以及公共监管部门的专业人员。本次路线图在**Armin Graeter**（宝马）、**Mats Rosenquist**（沃尔沃）、**Eckard Steiger**（博世）以及**Manfred Harrer**（**ASFINAG**）的指导下，由“网联和自动驾驶”工作组完成编写。**ERTRAC**上一版自动驾驶路线图发布于**2017**年，包括了相关定义和发展路线图，同时还介绍了一系列欧盟和国际的研究项目，以及自动驾驶研发所面临的挑战。此次**2019**年版本对上述章节进行了全面地更新。此外，鉴于网联化概念重要性的日渐增长，此版本中还包含了网联化及道路基础设施相关内容。在编写过程中，本工作组与**CEDR CAD**开展合作，获得额外信息。此全新版本还参考了欧盟委员会制定的**STRIA CAT**路线图。

以下欧洲项目为本次路线图编制的顺利完成给予了大力支持。

**ARCADE**

**FUTURE-RADAR**

# 1. 范围和目标

编制 ERTRAC 技术路线图的主要目的是让人们了解各相关方对欧洲发展网联式自动驾驶技术的观点。技术路线图的第一部分明确了自动驾驶系统的定义和分级，以及实现更高等级自动驾驶功能所面临的挑战，提出了三类车型的技术发展路线图。

在确定关键挑战后，ERTRAC 呼吁欧洲产业界和研究机构能够加强协作，以促进研发工作开展。同时，为实现欧洲协同发展，政府监管部门的作用不可忽视，自动驾驶汽车的发展需要满足政策和监管需求，并且需要政府部门提供发展支持。

关于网联化的说明：本次路线图并未包含交通网联的所有要素，本报告只对自动驾驶相关的网联要素进行说明。

## 为什么选择网联式自动驾驶？

网联式自动驾驶被认为是会对人类未来出行和生活质量产生深远影响的关键技术和主要科技成就之一。推动更高级别自动驾驶发展的主要因素包括：

- 安全性：减少人为错误引起的事故；
- 效率和环保目的：通过实施新的城市出行解决方案，提高交通系统效率，减少交通拥堵造成的时间浪费。同时，顺畅的交通有助于降低能耗和汽车排放；
- 舒适性：自动驾驶系统运行期间，乘客可以自由地从事其他活动；
- 社会包容性：确保所有群体都能正常出行，包括老年人和残障人士；
- 便利性：更加便捷地到达城市中心。

网联式自动驾驶将在欧洲交通政策中扮演重要角色，这是由于网联式自动驾驶技术有助于欧洲多个目标的实现，解决多个社会问题，比如道路安全、拥堵、二氧化碳排放、社会包容性等。自动驾驶可以有效提高交通系统的总体效率。交通安全对网联式自动驾驶的重要性不言而喻：要在一个复杂的交通环境中与所有交通参与者安全互动，特别是与弱势群体（Vulnerable Road Users, VRU）和摩托车之间的安全互动。关于“安全道路交通”的更多信息，请见与本报告协同制定的新版 2019 ERTRAC “Safe Road Transport”路线图。

此外，自动驾驶技术并不是独立发展的，它与动力系统电动化、出行模式多元化，特别是共享出行等其他重要道路交通技术发展并行不悖，甚至能够相互融合。网联式自动驾驶路线图能够为 ERTRAC 交通系统长期愿景的实现起到推动作用。长远目标是到 2050 年实现电动化、智能化和共享化。

## 2. 定义

### 2.1 自动驾驶等级

ERTRAC 认可 SAE J3016 中关于自动驾驶等级的定义。相关定义的修订版本于 2018 年 6 月正式生效，因此 ERTRAC 采用的是其最新版本。具体内容可前往以下网址查看：

[https://saemobilus.sae.org/content/j3016\\_201806](https://saemobilus.sae.org/content/j3016_201806)。下图所示为上述定义的汇总和基本的展示，对专业人员而言，建议使用标准文本。

等级	名称	描述性定义	动态驾驶任务 (DDT)		DDT 后备接管	运行设计域 (ODD)
			持续的纵向和横向控制	对象和事件监测及响应 (OEDR)		
驾驶员执行全部或部分的动态驾驶任务						
0	无自动驾驶	由驾驶员执行全部的动态驾驶任务，包括有主动安全系统的情况。	驾驶员	驾驶员	驾驶员	不适用
1	驾驶辅助	在特定的 ODD 范围内,自动驾驶系统持续执行横向或纵向运动控制的 DDT 子任务（不同时执行横向和纵向运动控制），剩余的 DDT 由驾驶员执行。	驾驶员和系统	驾驶员	驾驶员	受限
2	部分自动驾驶	在特定的 ODD 范围内,自动驾驶系统持续执行横向和纵向运动控制的 DDT 子任务，驾驶员执行 OEDR 子任务和监视驾驶自动驾驶系统。	系统	驾驶员	驾驶员	受限
自动驾驶系统（“系统”）执行全部的动态驾驶任务（启动后）						
3	有条件自动驾驶	在特定的 ODD 范围内,自动驾驶系统持续执行整个 DDT，当自动驾驶系统发出接管请求或车辆其他系统出现影响DDT性能的故障时，DDT 后备接管用户需要正确响应。	系统	系统	接管后变为驾驶员	受限
4	高度自动驾驶	在特定的 ODD 范围内,自动驾驶系统持续执行整个 DDT 和 DDT 后备接管，不需要用户接管。	系统	系统	系统	受限
5	完全自动驾驶	自动驾驶系统无条件地（没有特定的 ODD 范围限制）持续执行整个 DDT 和 DDT 后备接管，不需要用户接管。	系统	系统	系统	不受限

图 1：SAE 道路车辆自动驾驶等级（2018 年 6 月，SAE 版权所有）；术语：动态驾驶任务（Dynamic Driving Task, DDT）、运行设计域（Operational Design Domain, ODD）；对象和事件监测及响应（Object and Event Detection and Response, OEDR）；自动驾驶系统（Automated Driving system, ADS）

## 2.2 运行设计域

根据 SAE 定义，ODD 是指“特定自动驾驶系统或系统中的特定功能正常运行所需满足的条件，包括但不限于环境条件、地理条件和时间限制条件，以及/或者是否要求存在或不存在特定交通或道路特征”。（SAEJ3016-201806）。

运行设计域（Operational Design Domain, ODD）是关于自动驾驶系统运行环境的具体描述，包括但不限于道路类别、速度范围、环境条件（天气、白天/夜间等）、现行交通法律法规以及其他限制条件。ODD 的范围可能会非常局限，比如，ODD 可能限定在温暖的白天，在低速开放道路或封闭场地（如商业园区）中的特定路线上。

由于 ODD 属性直接与自动驾驶系统的运行相关，ODD 涉及除 0 级（无自动驾驶）和 5 级（完全驾驶）以外的所有自动驾驶等级。自动驾驶系统的 ODD 一般由自动驾驶系统制造商自行规定，但通过协作来确定 ODD 是理想的做法。欧洲 ITS 平台工作组（EU EIP Activity 4.2）对多个不同的用例进行了分析和评估。

典型的 ODD 差异化基于不同类别的道路：在公开道上部署高等级自动驾驶系统前，某些道路或区域更适合自动驾驶系统部署。

- **限定区域：**通行受管制的限定区域，比如交通场站、机场和港口；
- **专用道路/车道：**允许特定级别自动驾驶车辆驶入的专用道路，比如，停车区和专用车道；
- **公开道路：**指本地道路、区域道路及高速公路上的单车道或多车道复杂混合交通，任何等级的自动驾驶车辆都可使用。在选择自动驾驶等级时，应充分考虑本地和本国，乃至整个欧洲与全球的具体政策法规要求。

## 2.3 车辆和基础设施互联互通

### 长期愿景

道路基础设施可以通过物理和数字元素为自动驾驶汽车提供支持和引导。基于数字化基础设施支撑的网联式协同自动驾驶（Infrastructure Support levels for Automated Driving, ISAD）可以为自动驾驶汽车发送不同路段的信息。下文将会介绍从分散式网联到协作引导的多种底层信息交互类型。目前已经启动了多项研究工作，目的是开发新的基础设施要素及新的交通管理策略，为紧急情况下自动驾驶车辆提供支持。为评估和测试新的基础设施相关概念，目前已经部署了多个自动驾驶测试场地，本报告将对西班牙和奥地利测试场地的最新状态进行说明。此外，基础设施数据可与汽车安全完整性(SIL)等级保持一致。

OEM 应与基础设施建设方展开合作，对用户驾驶和出行方式进行深入研究，这样做可以为 CAV（Connected Automated Vehicle）的感知决策提供更多信息。需要解决车辆对基础设施的要求问题，对基础设施进行分类是解决上述问题的基础，ISAD 项目针对这一问题提供了一套标准。同时，尚需 OEM、汽车产业和道路运营商之间达成共识。

### 2.3.1 ISAD

自动驾驶车辆的环境感知能力受车载传感器感知范围、感知能力的限制。道路基础设施运营商已经部署了大量的交通和环境传感器，并且能够提供自动驾驶车辆所需信息。为对道路基础设施支持和引导自动驾驶汽车的能力进行分类并在业内达成共识，在欧盟研究项目 INFRAMIX<sup>1</sup>的研究工作基础上，我们给出了一个类似于 SAE 针对自动驾驶能力等级的简单分类方法。该项目将对道路基础设施进行升级改造，以便满足过渡时期的需求，可支持传统车辆和自动驾驶汽车混行。该项目的主要目标是对道路基础设施的物理和数

---

<sup>1</sup> <https://www.inframix.eu>

字元素进行设计、更新、调整和测试，确保交通的连续性、可预测性、安全性及高效性。INFRAMIX 主要针对高速公路，因为高速公路是混合交通的主要载体，但其关键研究结果可以轻易地应用到一般城市道路上。

INFRAMIX 中我们支持制定的等级分类被称为 ISAD。这个分级也可用于交通网络各个部分，为自动驾驶车辆及其运营商提供道路网络的相关引导信息，迎接即将来临的道路交通自动化时代。

	等级	名称	描述	数字化地图和静态道路标识信息	VMS、预警、事故、天气信息	局部区域交通状况信息	引导行驶速度、车辆间距、车道选择
数字化基础设施	A	协同驾驶	基于车辆的实时行驶状态信息，基础设施能够引导自动驾驶车辆（队列行驶车辆或单一车辆）行驶，从而使得整体交通流达到最优。	√	√	√	√
	B	协同感知	基础设施能够获取局部区域交通状况信息并实时向自动驾驶车辆传输。	√	√	√	
	C	动态数字化信息交互	所有静态和动态基础设施信息均以数字化形式提供给自动驾驶车辆。	√	√		
传统基础设施	D	静态数字化信息交互/地图支持	可提供数字化地图数据和静态道路标志信息。地图数据可以通过物理参考点（如地标）来补充。交通灯、临时道路施工和 VMS（动态信息标识）仍需要由自动驾驶车辆识别。	√			
	E	传统基础设施（不支持自动驾驶）	传统基础设施不能提供数字化信息，需要自动驾驶车辆本身来识别道路几何形状和交通标志。				

图 2：ISAD

ISAD 针对的是特定道路或高速公路路段，而不是整个道路网络。这也正好体现了基础设施部署的常规做法：即交通控制系统（传感器和 VMS）等经常布置在交通流量容易达到上限（例如大城市区域）的路段，而其他路段很少出现交通被中断的情况，因而一般不需要安装这类交通控制系统。从 E 到 A，道路基础设施对自动驾驶的支持逐渐加强。以下范例（如图 3）演示了 ISAD 如何发挥作用，不同路段上基础设施等级不同，对自动驾驶的支持和引导也会不同。

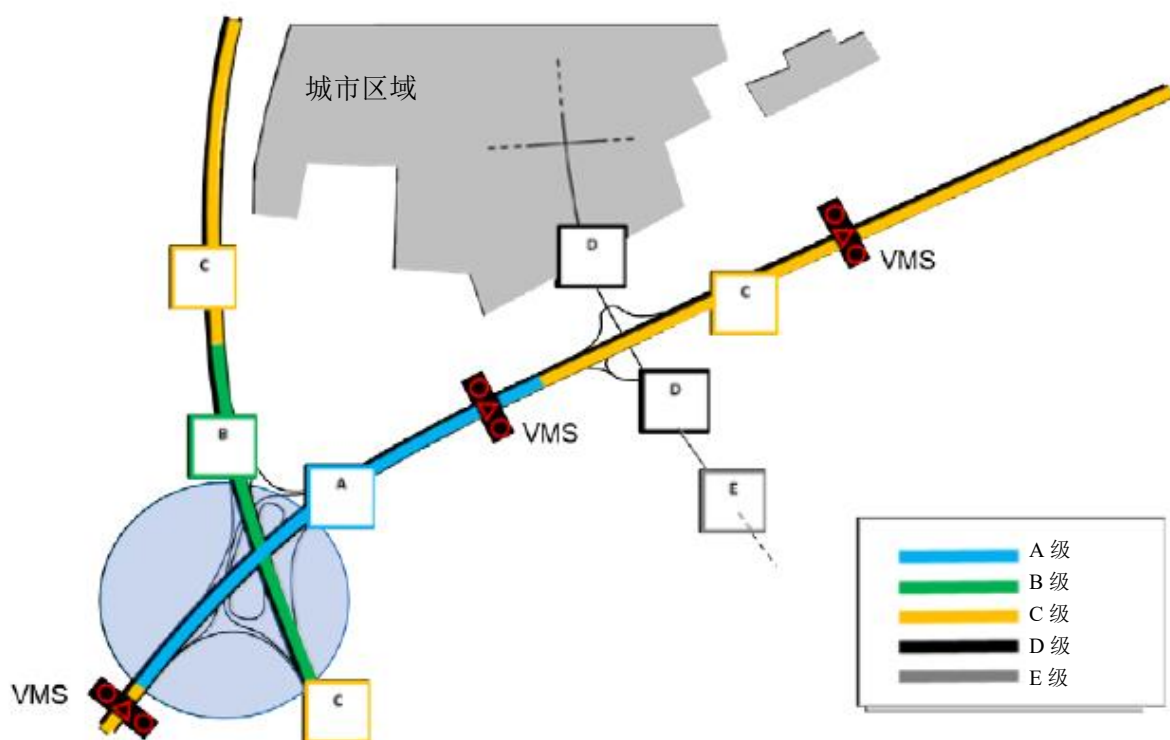


图 3: ISAD 范例

## 2.4 自动驾驶的法规和标准框架

车辆的运行主要遵守两项主要法规：认证法规和交通法规。ODD 和 ISAD 这两个新的概念应该遵守上述两个法规中的限制条件。当下监管和标准框架中存在对自动驾驶汽车发展的限制，也应当根据将来的交通状况进行适当的调整，以满足更高等级的自动驾驶和混合交通的需求。

此外，还应通过开展更多的研究工作、协同通信与汽车行业发展，开展跨国试点项目，调整欧盟成员国道道路交通规则等来达成共识。如果各方不采取合作行动，加快全欧洲范围内法律法规的协调，允许在公共道路上测试和使用自动驾驶车辆，CAD 的部署就会遭到严重阻碍。监管问题解决后，公众才能开始接受和使用自动驾驶汽车，这样一来，欧盟国家在自动驾驶领域的市场渗透率和竞争优势才有望得到提升。

交通法规规定了车辆在道路上行使时必须遵守的各项限制条件，包括行驶速度，车身宽度、高度和重量等车辆特征以及变道、左转/右转、超车等。任何自动驾驶等级的车辆都必须遵守交通规则，交通法规的实施与自动化水平无关，因此交通法规可以作为 ODD 评估的重要依据。

就 ISAD E 级而言，交通规则主要体现在道路两旁、上方或附近设置的“道路标识”上，包括路面标记。车辆通过传感器（如摄像头）探测交通规则，但车辆对交通规则的识别概率在复杂环境下（比如恶劣天气，城市环境中众多交通标识林立等）会大大降低，因此当前的交通规则也构成了 ISAD 的重要组成部分。在未来的 L5 级自动驾驶情景中由于不依赖于传统视觉技术，因此可适用更多的动态交通规则，比如可根据特定条件下特定的车辆标准来采用某些规则。这样一来，交通规则将有望成为 ISAD 强制要求的要素之一。

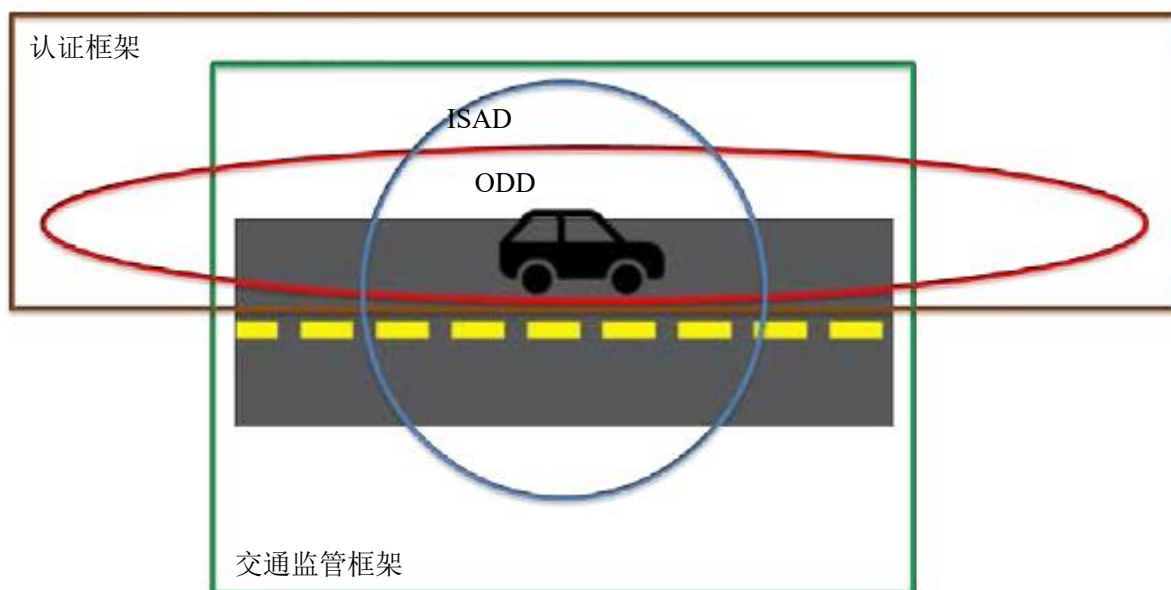


图 4：自动驾驶汽车的监管和标准框架

ODD 和 ISAD 的具体设计需要汽车行业与基础设施相关部门协同发展。ISAD 能够为 ODD 定义提供重要元素，比如数字基础设施（如电子交通规则的可可用性）以及物理基础设施（如路面标记质量或道路工程中的标准化道路布局）。ISAD 接口应根据 ODD 要求进行标准化处理。

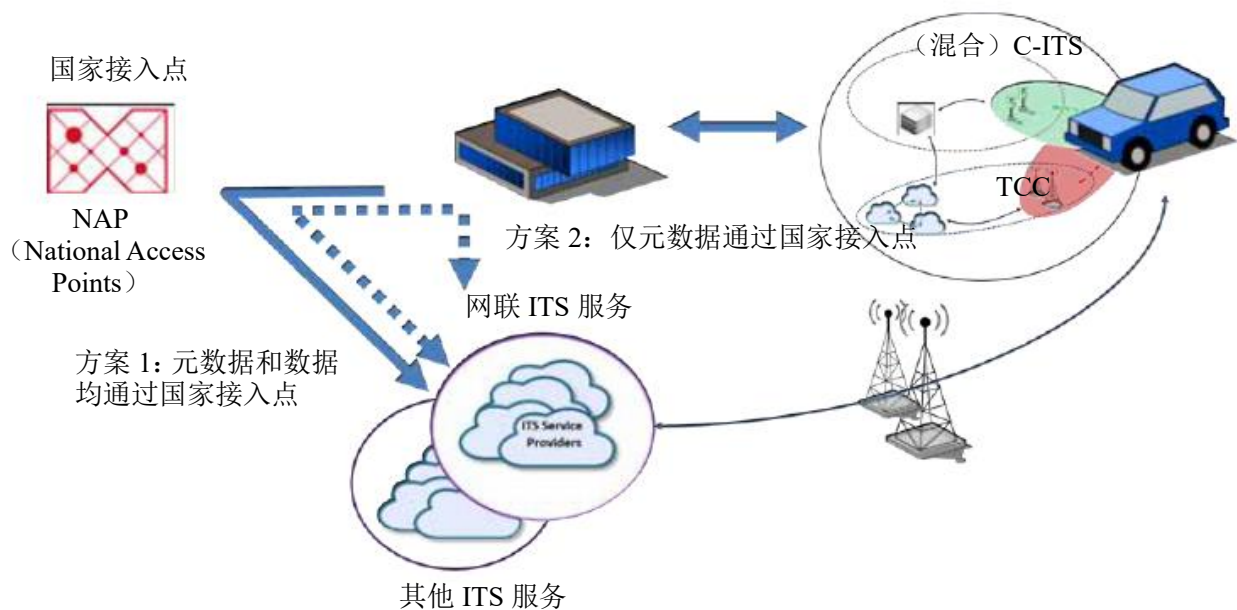
## 2.5 网联化对基础设施与车辆交互的必要性

为实现更高等级的自动驾驶，网联是保障所有参与方之间互联互通的关键因素。为加快 CAD 产业化发展，每位参与者都应该清楚了解自身在网联系统中的定位，与其他利益相关方之间的相对位置，这里所说的相对位置包括地理位置和数字位置。因此，参与其中的利益相关方应进一步细化对网联化的理解，推动网联化发展。

目前已经开发出来的通信协议和服务能够通过短程通信将所有参与方连接起来。如需进一步加强参与方之间的互联互通，也可以选择混合子协议，可通过兼容且支持互操作的不同的途径发送相同的内容。

图 5 描述了国家道路管理部门（National Road Authorities, NRA）中的数据交互模式。





**图 5: NRA 数据交互中的利益相关方**

可采用多通道通信,使用常规标准系统构架和消息格式对现有的 ITS 服务进行升级,进一步增强上述功能。在此过程中,需要将 C-ITS 数据结构向现有标准(如 DATEX II)进行标准化的映射转化,以确保二者之间的互操作性。这样做有助于进一步增强网联性能。

5G 网络的出现将会是未来网联变革的一个重要因素。5G 技术要比现在的 3G/4G 网络强大得多。目前,移动网络主要被简单的用作移动互联网接入。移动终端(车辆和智能手机等)都拥有上述服务的点到点连接功能。虽然上面提到的混合通信构架实际上能够通过消息代理实现地理寻址功能,但底层通信技术仍然是基于点到点的通信。5G 技术具有更加复杂的构架特征,比如移动边缘计算,以及前所未有的高带宽和低时延特征,因此可能彻底改变这一现状。这样一来,我们就可以在将来实现当前无法想象的网联模式。

### 3. 发展路线

ERTRAC 的利益相关方有一个共识，那就是在接下来的十年间，自动驾驶等级会出现阶梯式上升。下图所示为不同自动驾驶等级的主要发展路线。

由欧盟出资的主要合作项目目前正在着力研究自动驾驶的前几个等级，同时正在组织相关的测试，为网联式自动驾驶技术在欧洲的全面推行打下基础：乘用车自动驾驶 L3Pilot<sup>2</sup>项目、多品牌卡车编队 ENSEMBLE<sup>3</sup>项目。上述项目的快速发展得益于之前版本的 ERTRAC 路线图，这一版本路线图将重点放在 L4 级自动驾驶上。

下图所示为发展路线达到 TRL 7-9 级的时间表，路线图主要从技术成熟度角度进行分析。本次路线图中使用的是 Horizon 2020 项目中使用的 TRL 等级定义：<sup>4</sup>

- TRL 7-在运行环境中进行系统原型演示；
- TRL 8-系统已经完成且通过验证；
- TRL 9-真实系统已在运行环境中经过验证。



<sup>2</sup> <https://www.l3pilot.eu>

<sup>3</sup> <https://platooningensemble.eu>

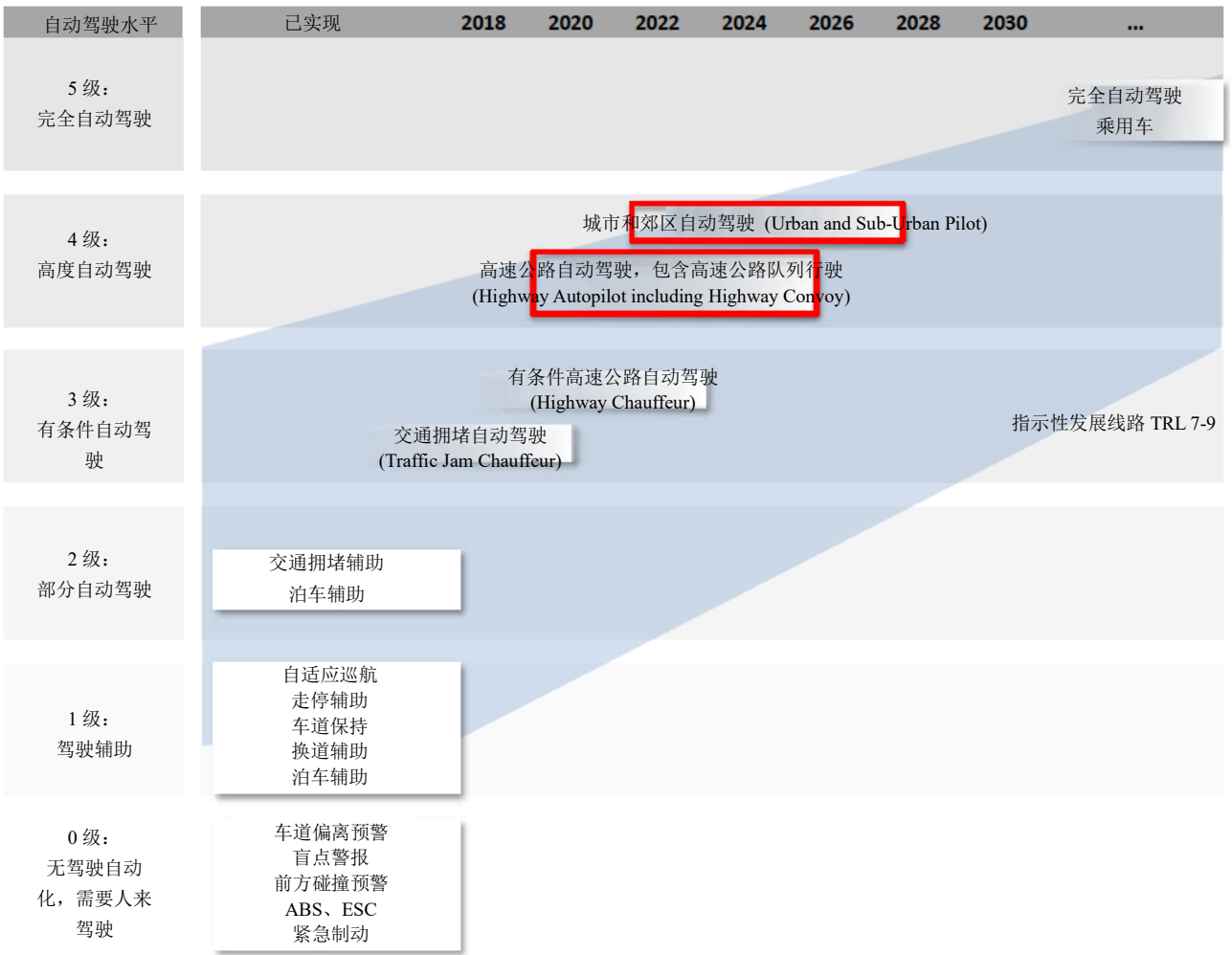
<sup>4</sup> [https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014\\_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf)

图 6：车辆自动驾驶发展路线

由于道路运输涉及多种类型的车辆，因此，细分不同类型汽车的特定路线图以及发展机遇是非常重要的。下面的章节将呈现三个不同的路线图，分别对应乘用车、货车、城市出行车辆（包括公交车）。

3.1 乘用车自动驾驶路线图

乘用车是推动自动驾驶技术发展的主要因素之一，乘用车市场保有量高，可为相关技术的发展提供支持。随着传感器的增多，网联化水平的提升以及车载及云端计算能力的增强，乘用车的自动驾驶等级会不断提高，从驾驶应用上，也可以分为驾驶和泊车两个场景。此版本路线图附件中列出了所有 0 级到 2 级系统以及自动泊车辅助系统的相关定义。



乘用车：M1 类

图 7：乘用车自动驾驶路线图

### **3.1.1 交通拥堵自动驾驶（L3 级）**

有条件的自动驾驶，能够在拥堵的高速公路或类似高速公路的道路上以不超过 60 千米/小时的车速行驶。在发生交通拥堵场景下可以启动该系统。该系统可以探测到前方缓慢行驶的车辆，并对自车进行横向和纵向控制。此功能下一代还会包含换道功能。该系统需要由驾驶员亲自启动，但驾驶员不需要持续对系统进行监控。驾驶员可以在任何时候接管或关闭系统。当系统向驾驶员发出接管请求时，会给驾驶员预留足够的时间调整自己的状态并接管驾驶任务。如驾驶员没有及时接管驾驶任务，系统会自动降低风险状态，比如将车辆安全停下来。

### **3.1.2 有条件高速公路自动驾驶（L3 级）**

有条件的自动驾驶，能够在高速公路或类似高速公路的道路上以不超过 130 千米/小时的车速行驶。从入口到出口，可在所有车道行驶，可实现超车。该系统需要由驾驶员亲自启动，但驾驶员不需要持续对系统进行监控。驾驶员可以在任何时候接管或关闭系统。当系统向驾驶员发出接管请求时，会给驾驶员预留足够的时间调整座椅并接手驾驶任务。如驾驶员没有及时接管驾驶任务，系统会自动进入降低风险状态，将车辆安全停稳。在条件允许时，根据交通状况和系统能力，降低风险还包括必要的车道变更，以使车辆可以停到路肩上，如路边或应急车道上。

### **3.1.3 城市和郊区驾驶（L4 级）**

在城市和郊区能够在一定速度限制内实现高度自动驾驶。驾驶员可以在所有交通状况下启动该系统，并且可以在任何时候接管或关闭系统。

### **3.1.4 高速公路自动驾驶（L4 级）**

高度自动驾驶能够在高速公路或类似高速公路的快速路上且速度在 130 千米/小时情况下运行，从入口到出口，可在所有车道上行驶，可实现超车和车道变更。该系统需要由驾驶员亲自启动，但驾驶员不需要持续对系统进行监控。驾驶员可以在任何时候接管或关闭系统。系统处于正常运行区域时（如在高速公路上），并不会向驾驶员发出接管请求，因此驾驶员可以在此期间睡觉。如果驾驶员想要终止行程，或者遇到特殊情况（比如极端天气）需要停车，而驾驶员又没有接管驾驶任务，系统有能力驶离高速公路并安全泊车。

### **3.1.5 高速公路列队行驶（L4 级）**

能够在高速公路或类似高速公路的快速路上，多辆不同类型的汽车通过网联的方式相互连接，并在同一个车道内队列行驶，车距控制在最小范围。随着网联式协同系统的发展，V2V 通信实时性会不断增强，不同品牌的车辆建立的临时行驶队列，并且可将车间安全距离降低到远低于当前人工驾驶安全距离的水平。这样一来，公路交通效率会大大提高（人均交通空间减小、单车能耗降低等），这一效果在城市区域将尤为明显。

### **3.1.6 公开道路完全自动驾驶（L5 级）**

完全自动驾驶汽车能够从 A 点行驶到 B 点，过程中不需要乘客输入任何信息。驾驶员可以在任何时候接管或关闭系统。注意：对于此系统的问世时间，当前只能做一个粗略的估计。在乡村道路，自动驾驶所需的技术途径和相关地图（没有路面标志的窄车道、各色各样的道路使用者等）在近期内是难以实现的。

### 3.2 货车自动驾驶路线图

此路线图针对的是特定区域的高度自动驾驶（L4 级）货车，包括仓到仓（Hub-to-Hub, 译者注：在美国仓库/仓储中心一般布局在干线道路附近，采用“仓到仓”能反映场景特点）、开放道路、城市内或跨城场景。上述车辆包括两类：带驾驶室、可选择手动驾驶和自动驾驶模式的车辆，以及无驾驶室、可远程网联监控和控制的车辆。不论是哪种车辆，货运物流、道路网和运营商等多方协同是非常重要的。

自动驾驶对物流行业的影响以及运营商需求的详细信息，请见 ERTRAC “长途货物运输” 路线图。



卡车：重量超过 3.5 吨的货运车辆，N3 或 N3 类

图 8：货车自动驾驶路线图

### 3.2.1 限定区域内高度自动驾驶货车（L4 级）

此使用案例涵盖货运枢纽、航站楼、港口等限制区域内的高度自动驾驶货运车辆。限定区域内由于条件特殊，因此可以使用无驾驶室的无人操纵和远程网联监控车辆。可由控制塔对车辆的控制进行监督和监控。在限制区域内，为提高货物联合运输和转运效率，可制定专门的法规和标准。

### 3.2.2 仓到仓高度自动驾驶货车（L4 级）

用于仓到仓运输的高度自动驾驶货车，仅在指定的车道内行驶。这类车辆包括有驾驶室的高度自动驾驶卡车，和没有驾驶室的无人操纵网联式遥控车辆。仓到仓的运输也可以是由指定的开放道路连接起来的两个枢纽之间的且距离较远的货运。对于高度自动驾驶的货运，可设置速度限制等仓到仓运输流量相关法规和条例。因此，仓到仓运输是进行实际测试和试运营的理想案例。道路基础设施、交通管理和物流系统等都需要做相应调整。所有车辆都应能够在预先设定的 ODD 内且无驾驶员介入的情况下正常运行。

### 3.2.3 开放道路和城市区域内的高度自动驾驶（L4 级）

下一个需要攻克的难关是开发出能够在开放道路和城市环境中运行的高度自动驾驶货运车辆。这类车辆需要在无驾驶员介入的情况下满足典型场景（ODD）中混合交通的运行需求。对于在开放道路上行驶的高度自动驾驶货运车辆，可采用与非自动驾驶车辆相同的交通法规和条例，并需要注意道路上的弱势道路使用者，需与车队、交通和运输管理等因素整合。对于高度自动驾驶汽车队列行驶，可以将驾驶员监督任务移交给队列行驶中的其他车辆。

## 3.3 城市出行车辆路线图

此路线图针对的是城市出行中使用的高度自动驾驶汽车。目前，在欧洲一些区域，采用低速和/或专用基础设施方案的高度自动驾驶汽车已经存在。本次路线图针对两类出行工具。

个人快速公交系统（PRT），包括城市客车、小型城市出行工具，用于客运、最后一英里出行服务，以及在条件允许情况下，在限定、专用、开放道路作长途运输。应同时考虑群体和个人（“出租车”）角色的运行模式。

城市公交和长途客车，具备多种自动驾驶功能，包括驾驶员辅助、公交汽车站自动化、公交车编队以及在限定、专用、开放道路上的交通拥堵辅助。



PRT（个人快速公交系统），包括城市班车  
城市公交/长途客车：M2<5 吨<M3

图 9：城市出行车辆自动驾驶路线图

### **3.3.1 专用道路上行驶的自动驾驶 PRT/客车（L4 级）**

在指定车道或专用基础设施上行驶的自动驾驶 PRT/客车。通过融合自动驾驶功能，提高安全性以及改善交通流量和网络利用率。因此，基于这类车辆的服务最有可能与传统的公共交通服务整合。

### **3.3.2 混合交通环境下的自动驾驶 PRT/客车（L4 级）**

自动驾驶 PRT 或客车可供个人和群体使用。达到 SAE 4 级是实现经济效率的先决条件。SAE 4 级是指驾驶全过程都不需要乘客介入。在混合交通环境下，自动驾驶 PRT/客车的行驶速度与其他车辆保持一致。这类车辆最有可能通过出行服务与智能网联生态系统对接，包括预订、共享和网联平台、停车和充电服务以及车辆管理和维护的软件解决方案等。

随着人们对共享出行服务需求的日益增加，客车细分市场逐渐兴起，并且每天 24 小时都可以使用。后台使用的是一种特殊算法，可以找到距离请求位置最近的车辆，并寻找其他出行路线相同的用户。单个客车内的乘客数量越多，每位乘客需要支付的出行费用就越少。这种方法可以有效减少城市内的交通量，降低交通对环境造成的影响。

基于地图的定位服务是保障自动驾驶客车安全性的必要条件。有了基于地图的定位服务，自动驾驶车辆可以准确地确定自身在车道上的具体位置，误差只有数厘米。另一个先决条件是信息安全：与外部世界的交互和数据安全的有效软件升级方案是关键因素。

L4 级自动驾驶 PRT 或客车车队解决方案都离不开控制中心和数据云支持等特殊后台结构。在紧急条件、车辆维护或监管需要等情况下，控制中心可以为车辆的远程控制提供所需的服务和功能。云可以为自动驾驶功能、协作和交通数据提供额外的信息。

### **3.3.3 专用车道高度自动驾驶公交（L4 级）**

指在专用公交车道上行驶的高度自动驾驶公交车，与无自动驾驶功能的城市公交车混行，可以实现的功能包括公交队列、自动跟车驾驶和公交车站自动驾驶，其作用是提高安全性、载客量，以及交通流量和网络的利用率。为满足专用车道行驶要求，还可制定速度限制等特定规则和条例。在预先设定的 ODD 内，车辆可在无驾驶员介入的情况下正常运行。

### **3.3.4 混合交通环境下的高度自动驾驶公交（L4 级）**

指在开放道路和城市道路混合交通环境下行驶的高度自动驾驶公交车，可实现的功能包括公交队列行驶、自动跟车驾驶和公交车站自动化，其作用是提高安全性、载客量，以及交通流量和网络的利用率。在预先设定的 ODD 内，车辆可在无驾驶员介入的情况下正常运行。