

自动驾驶系统设计运行条件白皮书

全国汽车标准化技术委员会

智能网联汽车分技术委员会

2020年9月

主要执笔人

孙 航 中国汽车技术研究中心有限公司

夏 媛 华为技术有限公司

参与编写人

张 行 中国汽车技术研究中心有限公司

陈 瑶 华为技术有限公司

陈 蓀 中国汽车技术研究中心有限公司

陈 音 北京汽车集团有限公司

郭立群 一汽解放汽车有限公司

禹 尧 戴姆勒大中华区投资有限公司

黄武陵 阿里巴巴菜鸟网络科技有限公司

罗先银 上海机动车检测认证技术研究中心有限公司

周亦威 图森未来科技有限公司

徐悦云 国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司

全国汽车标准化技术委员会发布

目 录

1	设计运行条件概述.....	1
2	设计运行条件应用.....	3
3	研究现状.....	4
3.1	ODD 与 ODC 的主流相关定义.....	4
3.2.1	GBT 驾驶自动化分级相关定义.....	4
3.2.2	SAE J3016 相关定义.....	4
3.2.3	WP29 相关定义.....	5
3.2	ODD 主流构建框架.....	6
3.2.1	NHTSA ODD 构建框架.....	6
3.2.2	SAE AVSC ODD 构建框架.....	8
3.2.3	PEGASUS 6 层模型.....	10
3.2.4	BSI ODD 构建框架.....	11
4	设计运行条件的原则.....	14
4.1	ODC 的设计原则.....	14
4.2	ODC 元素的制定原则.....	14
4.3	ODC 的使用原则.....	16
5	设计运行条件的元素.....	17
5.1	ODD 元素.....	17
5.2	驾乘人员状态.....	22
5.3	车辆状态.....	24
附录 A	ODC 元素相关定义.....	25
附录 B	ODC 描述示例.....	26
1	ODC 描述示例一.....	26
2	ODC 描述示例二.....	27
	参考文献.....	33

1 设计运行条件概述

企业定义自动驾驶系统的第一步是定义其设计运行条件，即自动驾驶系统可以启动、安全执行动态驾驶任务的条件。通过定义设计运行条件，明确自动驾驶系统的功能和局限性，并将该功能和局限传递给自动驾驶系统或用户。也就是说，自动驾驶系统的启动和运行是限定在其设计运行条件内的。在既定的条件内，自动驾驶系统可以安全的启动和运行，超过了该条件，自动驾驶系统就会存在风险。

本白皮书对自动驾驶系统安全启动和运行的条件进行分析，参考 GB/T《汽车驾驶自动化分级》^[1] 中设计运行条件 and 设计运行范围的概念：

[1] 设计运行范围 operational design domain (ODD)

驾驶自动化系统设计时确定的适用于其功能运行的外部环境条件。

注：典型的外部环境条件有道路、交通、天气、光照等。

[2] 设计运行条件 operational design condition (ODC)

驾驶自动化系统设计时确定的适用于其功能运行的各类条件的总称，包括设计运行范围、车辆状态、驾乘人员状态及其他必要条件。

本白皮书中的 ODC 主要应用于自动驾驶系统，自动驾驶系统和驾驶自动化系统的定义如下：

[1] 驾驶自动化系统 driving automation system

由实现驾驶自动化的硬件和软件所共同组成的系统。可持续执行部分或者全部动态驾驶任务的任何 1-5 级系统或功能。

[2] 自动驾驶系统 automated driving system (ADS)

能够持续执行全部动态驾驶任务的硬件和软件所共同组成的系统。

注：自动驾驶系统一般指 3 级、4 级或 5 级驾驶自动化系统。

如图 1 所示，ODC 是 ODD 的超集，在 ODD 条件的基础上进一步增加自动驾驶安全启动和运行的内部条件，如驾乘人员状态、车辆状态和其他必要条件。对 ODC 中 ODD、驾乘人员状态、车辆状态的必要性分析如下：

1) ODD：自动驾驶系统安全启动和运行的外部环境条件。不同自动驾驶系统启动、运行的外部适用范围不一样：如高速下的自动驾驶系统，A 系统只能在白

天启动和运行，B系统能够在白天和晴朗的夜晚启动和运行。自动驾驶系统在启动时需要判断当前所处的环境，如白天与否，从而判断能否启动该自动驾驶功能。在运行时需要识别是否超出该ODD，从而判断该自动驾驶系统能否安全运行。因此，在定义自动驾驶系统的设计运行条件时，需要明确自动驾驶系统能够安全启动和运行的外部环境条件。



图 1 设计运行条件 ODC 的组成

2) 驾乘人员状态：驾乘人员包括驾驶员/动态驾驶任务后援用户和乘客。为使自动驾驶系统及时被接管，需要对动态驾驶任务后援用户进行监测，要求动态驾驶任务后援用户的状态满足接管的条件，如不存在疲劳、酒驾等状态；为使驾乘人员满足基本的安全要求，需要对驾乘人员进行监测，如安全带监测；为使自动驾驶系统能够安全运行，需要对乘客抢夺自动驾驶设备的行为进行监测。

注：动态驾驶任务后援用户在接管后并执行部分或全部动态驾驶任务时成为驾驶员。驾驶员可分为远程驾驶员和传统驾驶员。

3) 车辆状态：包括车辆速度和功能状态（包括软硬件状态）。车辆速度包括激活速度范围，通过激活速度范围判断此刻自动驾驶系统是否能够被激活。另一方面，自动驾驶系统启动、运行的前提条件之一是车辆状态能够达到自动驾驶系统的安全启动和运行的要求。如高速下的自动驾驶系统需要具备功能自检能力，并在启动前需要进行功能自检，要求感知功能状态、定位功能状态和计算功能状态等满足系统设计的要求。

只有当上述 ODD、驾乘人员状态、车辆状态等全部条件都满足的时候自动驾

驶系统才能正常启动和安全运行。相反，欠缺任何一个前提条件，该自动驾驶系统都有可能无法启动或者无法安全运行（包括运行时功能降级），或者导致动态驾驶任务后援用户因接管不及时而造成危险。

2 设计运行条件应用

ODC 包含 ODD、驾乘人员状态、车辆状态以及其他必要条件，在这些条件中，自动驾驶系统可被设计为安全启动和运行。本白皮书规定了用于实现自动驾驶系统的安全启动和运行的 **ODC 最小元素集合**。其中，ODC 最小元素集合为第 5 章所列的所有层级的 ODC 元素集合。如表 5，ODC 逐层向下分解，得到不同层级的元素，且各层级的元素详细程度不同。ODC 及最小元素集合可为企业、测试机构、监管机构和用户等利益相关者提供参考。同时，允许利益相关者在 ODC 元素中增加层级进行横向扩展，或将更多元素增加到现有层级中进行纵向扩展。本白皮书通过定义 ODC 及 ODC 元素，统一不同利益相关者对 ODC 的认识和理解。

本白皮书可为企业设计开发、政府监管、自动驾驶系统测试和用户说明提供参考，如下：

1) 企业可依据本白皮书的 ODC 元素，定义自动驾驶系统能够安全启动的前提条件和运行的适用范围。如在自动驾驶启动和运行前，企业需要依据车辆状态元素设计各项自检功能；对动态驾驶任务后援用户的接管能力和驾乘人员的安全状态进行监测；对车外的 ODD 环境进行监测，识别该 ODD 是否在自动驾驶系统的能力范围之内；

2) 本白皮书的 ODC 元素可为政府监管提供参考。如政府需要对企业自动驾驶系统启动和运行时的条件进行监管，包含自动驾驶系统的 ODD，驾乘人员的状态以及车辆状态；

3) 企业可依据本白皮书的 ODC 元素制定用户说明手册，有助于用户理解自动驾驶系统的使用条件和运行范围。如用户应理解自动驾驶系统需要车辆状态得到满足，在定义的 ODD 范围内，且驾乘人员状态足够安全时才能启动；

4) 测试机构可依据本白皮书的 ODC 元素，制定相应的自动驾驶系统的安全测试用例。如基于给定的车辆状态，制定测试用例检测自动驾驶系统的 ODD 覆盖

能力，制定测试用例检测自动驾驶系统对驾乘人员的监测能力。

3 研究现状

3.1 ODD 与 ODC 的主流相关定义

3.2.1 GB/T 驾驶自动化分级相关定义

2020年3月9日，工信部正式公示了《汽车驾驶自动化分级》推荐性国家标准报批稿^[1]，并拟于2021年1月1日开始实施。其中对设计运行条件 and 设计运行范围进行了定义：

[1] 设计运行条件 operational design condition

驾驶自动化系统设计时确定的适用于其功能运行的各类条件的总称，包括设计运行范围、驾乘人员状态及其他必要条件。

[2] 设计运行范围 operational design domain

驾驶自动化系统设计时确定适用于其功能运行的外部环境条件。

注：典型的外部环境条件有道路、交通、天气、光照等。

总结：本白皮书关于 ODD 和 ODC 的定义与国标一致，本白皮书对 ODC 的使用范围是自动驾驶系统，即 L3 级及以上的驾驶自动化系统。

3.2.2 SAE J3016 相关定义

国际自动机工程师学会 (Society of Automotive Engineers International, 以下简称 SAE International) 2014 年 1 月发布第一版《SAE J3016: 道路车辆驾驶自动化相关的分级和术语定义 Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles》，并在 2016 年 9 月和 2018 年 6 月进行了修订^[2]，用以明确不同级别自动驾驶技术之间的差异性。SAE J3016 对 ODD 的定义如下：

[1] 设计运行范围 operational design domain

特定的驾驶自动化系统或其功能的运行条件，包括但不限于环境、地理和时间限制，以及拥有特定条件的交通或道路。

示例 1：在晴朗的天气条件和最佳的道路维护条件下（例如，良好的车道标

记且未在施工中)，自动驾驶系统能够在低速交通流且出入控制的高速公路上运行。

示例 2：自动驾驶专用车辆设计为只能在地理上限定的军事基地范围之内运行，并且只能在白天以不超过 25 mph 的速度运行。

示例 3：自动驾驶专用商用卡车的设计目的是从港口地理围栏区域装载货物，并通过特定路线将其运送到 30 miles 外的配送中心。车辆的 ODD 仅限于白天运行在指定海港和该海港与配送中心之间的规定路线的特定道路内。

总结：SAE J3016 中 ODD 的定义为驾驶自动化系统能够运行的条件，本白皮书对 ODD 的定义限定在自动驾驶系统能够运行的外部条件，其中 ODD 是 ODC 的内容之一。

3.2.3 WP29 相关定义

(1) WP 29 FRAV

2020 年 1 月 14 至 17 日，联合国自动驾驶与网联车辆工作组功能要求非正式工作组（World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations/ Working Party on Automated/Autonomous and Connected Vehicles/ Functional requirements for automated vehicles, WP.29/GRVA/FRAV）第二次会议上，中国代表团提交了术语 ODC 及 ODC 与 ODD 关系的提案^[3]，并指出：

为更准确的描述自动驾驶系统启动和工作的条件，建议对 SAE J3016 中 ODD 定义中的“条件”进行修正，将其更改为“外部条件”，从而表明 ODD 指的是车辆外部的条件，与内部条件或车辆本身的条件无关。同时中国代表团提出 ODC 的概念：

[1] 设计运行条件 operational design condition

自动驾驶系统可以工作的所有设计条件，包括但不限于设计运行范围、车辆状态、驾驶员和乘客状态。

WP29 FRAV 形成的初步结论：ODD 为车辆的外部环境条件，对于自动驾驶系统启动或运行的其他内部条件可参考中国代表团 ODC 的相关输入。

(2) 自动车道保持系统 ALKS

WP.29 第 181 次全体会议于 2020 年 6 月 24 日以网络会议形式顺利召开，会上《1958 年协定书》管理委员会（AC.1）投票表决通过了《自动车道保持系统 Automated Lane Keeping Systems, ALKS》等 3 项智能网联汽车领域的联合国法规。联合国《自动车道保持系统, ALKS》(UN Regulation No.15X) 法规^[4] 是针对“3 级”驾驶自动化功能的第一个具有约束力的国际法规，将于 2021 年 1 月起生效。ALKS 对自动驾驶的激活条件进行规定，如表 1 所示，其激活条件可分为 3 部分，与本白皮书的思路一致：

表 1 ALKS 激活条件及其与 ODC 的对应关系

ALKS 激活条件	对应 ODC 部分
驾驶员坐在驾驶员座椅上并系好安全带	驾乘人员状态
驾驶员可以接管驾驶任务的控制	
未检测到影响系统安全运行或某些功能的故障	车辆状态
DSSAD 可以运行	
积极确认系统自检	
该车辆位于禁止行人和骑自行车者行驶的道路上，根据设计，该道路上设有物理分隔物，用于分隔沿相反方向行驶的交通。	ODD
环境和基础设施条件允许操作	

总结：从 WP29 FRAV 关于 ODD 的定义及 ALKS 关于自动驾驶系统的激活条件来看，WP29 对自动驾驶的设计运行条件与本白皮书的思路基本一致。本白皮书将在 FRAV 的定义和 ALKS 的激活条件上，进一步丰富 ODC 元素，形成满足企业最低要求的 ODC 最小元素集合，供不同利益相关者参考。

3.2 ODD 主流构建框架

3.2.1 NHTSA ODD 构建框架

美国运输部国家公路交通安全管理局（National Highway Traffic Safety Administration，以下简称 NHTSA）2018 年 9 月发布《自动驾驶系统测试案例和场景的框架 A Framework for Automated Driving System Testable Cases and Scenarios》^[5]，对 ODD 的分类框架和应用方法进行了系统的介绍。

NHTSA 对 ODD 的定义为：自动驾驶系统可以设计运行的操作范围，包括道路

类型、速度范围、光照条件、天气条件和其他相关的运行约束。NHTSA 的 ODD 分类法通过结构化的方法定义自动驾驶系统的 ODD，如图 2 所示：

NHTSA 将 ODD 进一步分为六大构建要素：基础设施 Physical Infrastructure、驾驶操作限制 Operational Constraints、周边物体 Objects、连接性 Connectivity、环境条件 Environmental Conditions 和区域 Zones。

基础设施	驾驶操作限制	周边物体	连接性	环境条件	区域
道路类型	速度限制	标志标牌	车辆	天气	地理围栏
道路表面	交通条件	道路使用者	交通密度信息	天气导致的路面条件	交通管控区域
道路边缘		非道路使用者物体	远程车队管理系统	颗粒物形式	学校区域
道路几何			设施传感器等	光照	州/国家
					干扰区域

图 2 NHTSA ODD 分类框架^[5]

NHTSA 在 ODD 的描述中给出了 L3 有条件拥堵驾驶的 ODD 部分检查清单，同时在附录中提供了其他支持材料，如表 2 所示，其中 Y 表示可允许的设计元素，N 表示不允许的设计元素：

表 2 NHTSA 中 ODD 清单示例^[5]

ODD 清单：L3 Conditional Traffic Jam Drive	
基础设施	
道路类型	
隔离的高速公路	Y
无隔离的高速公路	N
主干路	
城市道路	
乡村道路	
停车场（地面，结构化，私人/公共场所）	
管控车道（HOV, HOT, etc.）	Y
上下坡	N
应急道路	N
路口	N
道路表面	

沥青	Y
混凝土	
道路边缘和标记	
车道标记	必须清晰可见
临时的车道标记	N
路肩（铺砌或碎石）	限定于隔离的高速公路
路肩（草丛）	限定于隔离的高速公路
车道屏障	屏障，混凝土或金属
铁轨	屏障，混凝土或金属
驾驶操作限制	
速度限制	
最低速度限制	0 mph
最高速度限制	< 37 mph
交通条件	
交通密度	有前车跟随的交通繁忙路段

总结：NHTSA 关于 ODD 的定义主要为自动驾驶系统可以运行的操作范围，主要集中在车辆的外部环境，与本白皮书 ODD 的思路一致。同时，NHTSA 中 ODD 的分类和清单描述形式可供本白皮书参考。

3.2.2 SAE AVSC ODD 构建框架

SAE 工业技术协会（SAE Industry Technologies Consortia, SAE ITC）的自动车辆安全协会（Automated Vehicle Safety Consortium, AVSC）于 2020 年 4 月发布了一项新的最佳实践《描述设计运行范围的 AVSC 最佳实践：概念框架和词典 AVSC Best Practice for Describing an Operational Design Domain: Conceptual Framework and Lexicon》^[6]，为开发人员和企业定义自动驾驶系统的 ODD。SAE AVSC 关于 ODD 的定义主要参考 SAE J3016，同时该最佳实践通过概念框架和词典文档建立了 ODD 通用术语及框架。

（1）ODD 元素框架

如图 3 所示，ODD 主要由以下 7 个维度构成：天气相关的环境条件 Weather-Related Environmental Conditions、道路表面条件 Road Surface Conditions、道路设施 Roadway Infrastructure、操作限制 Operational Constraints、道路使用者 Road Users、非静止的道路目标 Non-static Roadside

Objects 和连接性 Connectivity。

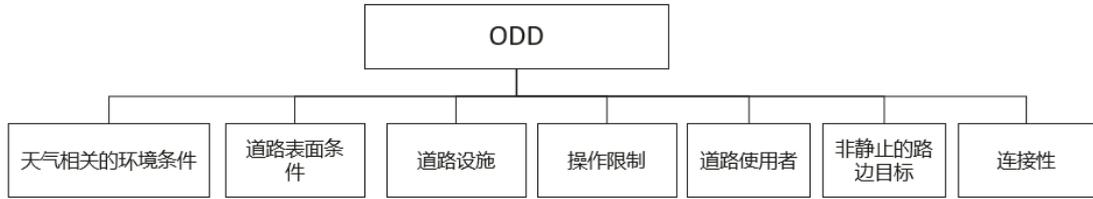


图 3 SAE AVSC ODD 框架^[6]

(2) ODD 描述示例：

SAE AVSC 在描述 ODD 时，通过使用允许和不允许的元素来进行描述，如允许使用的元素包括：自动驾驶的路线（包括交叉路口和其他物理基础设施），路线特征（例如环境条件等）；不允许的元素包括：自动驾驶系统无法可靠处理的路段和条件。

SAE AVSC 分别通过表格描述和文字描述的形式对自动驾驶系统的 ODD 进行说明。如下所示，图 4 为该自动驾驶系统的道路网络边界范围，在该地图基础上，通过表 3 描述的方法进一步说明自动驾驶系统的 ODD。而文字描述则直接通过地理位置约束对道路网络边界进行描述，同时通过文字对自动驾驶系统 ODD 的其他条件进行进一步的说明。

例 1： ODD 表格描述

表 3 SAE AVSC ODD 的表格描述^[6]

ODD 分类	ODD 内明确允许元素	明确超出 ODD 的元素
道路网络	密歇根州底特律市中心， 请参阅图 7 地图边界	底特律警察局和公共安全部周围的区域， 图 7 地图边界（红色阴影线）
阳光角度	明显的日出/日落 （太阳在地平线以上）	
颗粒物	小雨和小雪 （前提是路面条件不超过限制条件）	薄雾，霾（5 级）
运行速度	≤35mph	
风	不超过微风（31mph）	
道路宽度	≥12ft	
道路表面条件	干燥或潮湿	积水，积雪
连接性	需要蜂窝连接	

高峰时间	是	
------	---	--

注意：所描述的数值是基于自动驾驶系统的测量能力而定。自动驾驶系统测量能力中的任何误差幅度都应包含在 ODD 描述中。

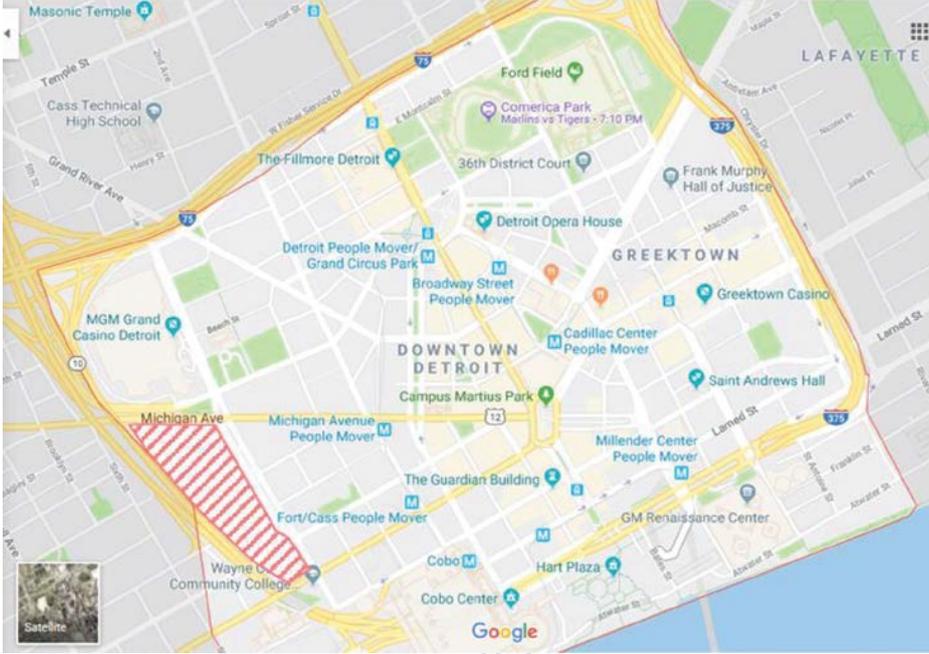


图 4 SAE AVSC ODD 路网边界（地理围栏区域）^[6]

例 2：文字描述

该系统能够在密歇根州底特律市中心的所有街道上的道路网络上以 35mph 或以下的速度运行。运行范围为：北至 I-75、东至 I-375、西至 M-10，沿着底特律河往南至阿特沃特街。该 ODD 不包括底特律警察局和公共安全部周围的区域。该系统能够在白天，当太阳在地平线时或地平线以上时运行。如果路面没有积雪和积水，系统可以在天气晴朗的情况下运行，同时能够处理高达 35 mph 的阵风、小雨和小雪。系统能够识别并了解此 ODD 中的所有标牌和交通控制设备。此外，系统的工作区域需与当地运输部门进行协调，并根据需要排除在路线网络之外。

总结：SAE AVSC 对 ODD 的组成元素、设计和描述形式进行了详细的介绍，其中 ODD 主要集中在车辆外部环境，可供本白皮书参考。

3.2.3 PEGASUS 6 层模型

PEGASUS 项目的目标是“为高度自动驾驶功能建立通用的质量标准、工具和方法、场景和情景”^[7]，如图 5 所示，PEGASUS 研究小组使用六层模型确定场景

中与 ODD 有关元素，六层模型具体内容如下所示：

- 1) 道路：几何结构，路面质量、边界（路面）；
- 2) 基础设施：边界（结构），标志牌、信号灯等；
- 3) 暂时性操纵：道路的临时性设施，如临时封路、道路施工现场等；
- 4) 目标物：交通参与者状态、行为等；
- 5) 自然环境：天气、光照等其他环境信息；
- 6) 数字信息：数字信息，如 V2X 信息、数字地图信息等。



图 5 PEGASUS 六层模型^[7]

总结：PEGASUS 的六层模型主要描述了与 ODD 相关的场景元素信息，该场景元素主要集中在车外环境。本白皮书中 ODD 分类将包含 PEGASUS 的六层模型信息。

3.2.4 BSI ODD 构建框架

英国标准协会 (British Standards Institution, BSI) 在 2020 年 8 月发布一项新的标准规范 PAS 1883:2020 《自动驾驶系统 (ADS) 的运行设计范围 (ODD) 分类标准规范 Operational Design Domain (ODD) taxonomy for an automated driving system (ADS) - Specification》^[8]，该规范将于 2020 年 8 月 31 号生效。该标准提供了为实现自动驾驶系统的安全运行而定义的 ODD 最低层分类法的要求，其中 ODD 的定义主要引用 SAE J3016 标准中 ODD 的定义。

(1) BSI ODD 顶层分类

图 6 为该规范的 ODD 顶层分类，ODD 主要分为“静态场景 Scenery”、“环境条件 Environmental Conditions”和“动态元素 Dynamic Elements”。

需要注意的是 BSI ODD 在“动态元素”中还包含“自车”这个分类，包括自车速度，预定义路线，自车的操作（如左转，右转等）等。这一点与本白皮书以及前述标准均有差异。

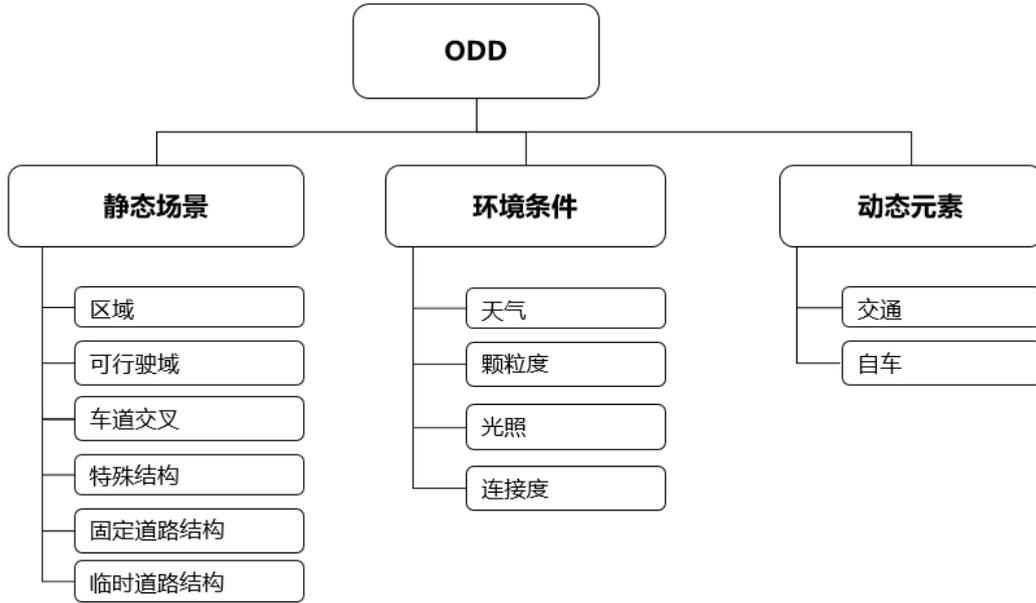


图 6 BSI ODD 顶层分类^[8]

(2) ODD 定义示例

BSI ODD 标准不仅为 ODD 定义了分类法和分类元素，同时采用表格清单（示例 1）或文本指南（示例 2）的形式对 ODD 进行描述和说明。如表 4，表格格式能够以简单清晰的方式进行描述，但在叙述 ODD 属性之间的依赖关系时存在不足。而文本格式可以成功描述 ODD 属性的条件依赖性，如“高速公路道路类型”是可接受的 ODD 属性，但仅在没有降雨时才可以。BSI 在定义 ODD 时并没有对所有元素进行说明，只对感兴趣元素进行抽取定义。

示例 1：表格描述

表 4 BSI ODD 定义示例——表格描述^[8]

属性	子属性 1	子属性 2	功能
可行驶区域	高速公路	—	Yes
	主干路		Yes
	次干路		Yes
	支路		No
车道规格	车道数量	—	Yes, 至少两车道

	车道宽度		至少 3.7 m
	车道类型	交通车道	Yes
		公交车道	No
		自行车道	No
		电车道	No
		紧急车道	No
		其他专用车道	No
	车道方向	右手交通	No
左手交通		Yes	
可行驶区域道路几何	水平面	直路	Yes
		弯路	曲率半径不超过 1/500 m
	纵断面	上坡	Yes
		下坡	Yes
		水平面	Yes
	横断面	分离/不分离	分离
		人行道	Yes
		边缘障碍	No
车道类型		只支持交通车道	
可行驶区域道路表面	沥青	—	Yes
	混凝土	—	Yes
	鹅卵石	—	No
	砾石	—	No
	花岗岩	—	No
可行驶区域标志	类型	法规类	Yes
		警示类	Yes
		信息类	Yes
	时间相关性	临时的	No
		全时的	Yes
	状态	变化的	Yes
不变的		Yes	

示例 2：文字描述

对应于示例 1 中 ODD 的表格描述，以下是文本描述示例。

可驾驶区域

允许: motorways, radial roads, distributor roads

不允许: minor roads

<p>可驾驶区域车道规格</p> <p>车道规格允许：至少两个车道，宽度至少[3.7m]；</p> <p>车道类型允许：交通车道；不允许：公交车道，自行车道，电车道，紧急车道</p> <p>车道方向允许：左手交通</p>
<p>可驾驶区域道路几何</p> <p>水平面允许：直线，弯曲道路，对于弯曲道路，要求曲率半径$<1/500$ m；</p> <p>纵断面允许：上坡，下坡，水平面</p> <p>横断面允许：分隔路，人行道，车道类型允许交通车道，不允许：边缘有障碍；</p>
<p>可行驶区域标志</p> <p>标志允许：管制，警告，信息</p> <p>允许交通标志：全时</p> <p>允许交通标志：可变交通标志</p>
<p>可驾驶区域表面</p> <p>表面类型允许：沥青、混凝土，不允许：鹅卵石、砾石、花岗岩。</p>
<p>例外情况</p> <p>在降雨时，不允许高速公路。</p>

总结：BSI 文档自车速度和自车行为也是 ODD 的部分，与本白皮书 ODD 的定义存在差异。另外，在 ODD 的描述上，BSI 中的 ODD 元素并不是全部需要强制描述的，利益相关者根据需求进行选择。

4 设计运行条件的原则

4.1 ODC 的设计原则

ODC 为设计时确定的自动驾驶系统可以安全启动和运行的所有条件。不同企业的 ODC 元素和设计方案并不完全一致，因此在 ODC 设计时需要考虑如下原则：

1) 本白皮书中的 ODC 为企业满足最低安全要求所定义的最小元素集合。并允许用户、测试机构和监管机构在其使用中参考 ODC 最小元素集合的条件要求。

2) 不同的利益相关者可能会使用不同的详细程度来制定其 ODC。同时，ODC 最小元素集合允许利益相关者添加新层级进行横向扩展，或将更多元素信息添加到现有层级中进行纵向扩展。

4.2 ODC 元素的制定原则

ODC 指设计时确定的自动驾驶系统可以安全启动和运行的所有条件，包括 ODD、驾乘人员状态、车辆状态以及其他必要条件。在制定 ODC 元素时需要分别可考虑以下原则：

1) ODD：在制定自动驾驶系统运行的外部环境时，需要考虑自动驾驶系统能够实时获取的信息，以使自动驾驶系统能够识别 ODD 范围及限制。ODD 元素可以通过自动驾驶传感器等实时感知，也可以通过 V2X、高精地图等形式获得，如红绿灯、降雨量、光照度等。

注：自动驾驶企业在设计 ODD 时所描述的 ODD 元素是基于自动驾驶的测量能力而定的。因此，自动驾驶系统测量能力中的任何误差幅度都应包含在该 ODD 描述中。如企业 A 在开发设计时通过云端气象环境信息对雨量进行判断，而实际气象环境监测存在误差，企业 A 在描述其雨天时应该考虑该误差。

2) 驾乘人员状态：一方面，动态驾驶任务后援用户需要达到及时接管的条件状态，如无酒驾、无疲劳、在驾驶位置上等；另一方面，需要在驾乘人员足够安全这个前提条件下，才能开启和运行自动驾驶系统，足够安全的状态包括：驾乘人员的安全带系上、乘客无抢夺驾驶设备行为等。

企业在对驾乘人员状态进行描述时可采取不同的策略，如 L3 自动驾驶系统需要对动态驾驶任务接管用户状态进行说明；L4 自动驾驶系统在设计为搭载乘客时需要对乘客状态进行说明，在设计为非搭载乘客时则无需对驾乘人员状态进行说明，可用 NA 进行表示。

3) 车辆状态：包括激活速度范围和功能状态，其中激活速度范围为自动驾驶系统能够开启的速度，通过识别车辆是否达到激活速度范围来判断车辆是否能够开启。功能状态为自动驾驶系统启动和运行时与自动驾驶功能相关的状态，本白皮书通过功能自检（包括软硬件模块）对自动驾驶的车辆状态进行说明。车辆自检时的信息可以听觉、视觉、触觉等任意一种或以上形式向用户传达，以自动驾驶系统理解的形式向系统传达。

企业在设计车辆状态条件时可以采取不同的策略，如企业 A 功能自检时要求所有硬件和软件功能都达到条件。企业 B 在功能达到要求的条件下，对硬件模块有不同的设计策略，如在某个冗余摄像头未达到标准时，设计只要感知功能达到

要求即可。

4.3 ODC 的使用原则

如上所述，本白皮书通过定义 ODC 最小元素集合来说明自动驾驶系统能够安全开启和运行的条件，为企业、监管机构、用户和测试机构等利益相关者提供参考。企业在设计中应选取该满足最低安全要求的 ODC 最小元素集合，用户、监管机构和测试机构可参考 ODC 最小元素集合的条件要求。利益相关者的使用形式和原则如下：

1) ODC 元素的**相关性描述**：在描述 ODC 时需要考虑自动驾驶系统的启动条件和安全运行边界，这些条件和边界往往是由多个元素组合构成的。因此，ODC 描述需要考虑多个元素的合理组合关系。如在小雨天的时候，只有低速行驶时自动驾驶系统才能启动运行。可通过“下雨天需低速行驶”这个描述，体现“小雨”与“车辆速度”这两个 ODC 元素的组合关系和约束条件。

2) ODC 的使用形式：ODC 描述可使各利益相关者了解自动驾驶系统的启动和运行的条件。可使用“**元素列表 +相关性描述**”的形式进行说明，见附录 A，如对元素“雨天”，其条件为“Y，需低速行驶”，其中“雨天”为元素列表中的某一行，“Y，需低速行驶”为相关性描述。

3) 用于 ODC 定义的详细程度应由利益相关者自行决定。在为特定的 ODC 元素选择较高的子类别时，利益相关者应在指定其符合性时应明确表示所选较高层级的所有较低层级。如在选择“雨天”时，则表明自动驾驶系统能够在所有雨天条件下（包括小雨，大雨和暴雨等）启动和运行；在选择“雨天”较高层级时，同时在下一层级选择“小雨”，则表明该自动驾驶系统只能在小雨条件下启动和运行。

4) 自动驾驶系统或远程调控平台应监控当前的 ODC，以使自动驾驶系统保持在设计和定义的 ODC 之内。在即将超出 ODC 边界的情况下，自动驾驶系统可能会触发最小风险操作（Minimal Risk Manoeuvre, MRM）以达到最小风险条件（Minimal Risk Condition, MRC）或将运行模式更改为降级模式，或者自动驾驶系统可以触发接管请求。

5 设计运行条件的元素

ODC 指设计时确定的自动驾驶系统可以安全启动和运行的所有条件，如图 7 所示，包括 ODD、驾乘人员状态、车辆状态以及其他必要条件。如下，本白皮书将对 ODD、车内人员状态和车辆状态进行详细介绍。



图 7 ODC 元素分类

5.1 ODD 元素

ODD 为自动驾驶系统运行的外部环境，在最高一级，ODD 应分为“静态实体”、“环境条件”和“动态实体”属性，图 8 为 ODD 的分类。

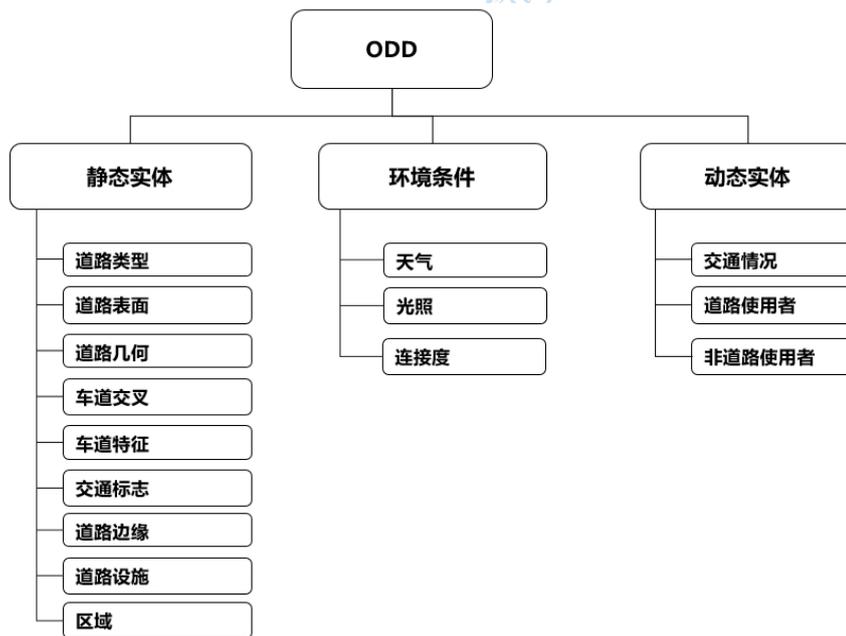


图 8 ODD 分类

“静态实体”应由运行环境下状态不改变的实体组成，如：道路、交通灯等；

“环境条件”应包括天气、大气条件和信息环境；

“动态实体”应由运行时间内状态发生变化的实体组成，如交通情况、道路

使用者等。

注：实体在一种情况下是静态的，在另一种情况下可能是动态的。例如，一棵树通常是静态实体，但在自动驾驶系统运行过程中突然倒下的树将会对自动驾驶系统造成干扰，此刻该倒下的树为动态实体。

表 5 为是企业满足最低安全要求需要说明的 ODD 最小元素集合，监管机构、用户和测试机构对 ODD 元素的使用可从中抽取。同时，ODD 元素可扩展，即 ODC 最小元素集合允许利益相关者添加新层级进行横向扩展，或将更多元素信息添加到现有层级中进行纵向扩展。

表 5 ODD 最小元素集合

第一层级	第二层级	第三层级	第四层级	第五层级
ODD	静态实体	道路类型	城市道路 ^[9]	快速路
				主干路
				次干路
				支路
			公路 ^[10]	高速公路
				一级公路
				二级公路
				三级公路
			厂矿道路	四级公路
				厂外道路
				厂内道路
			林区道路	露天矿山道路
				集材道路
		运材道路		
		乡村道路	营林道路	
		停车场	室内停车场	
			室外停车场	
		道路表面	材质	沥青混凝土
				水泥混凝土
铺石				
其他如涂装材料、工业废渣、泥土				
	开裂			

		道路几何	道路损坏	车辙
				沉陷
				坑洼
				表面松散
			道路路面	干燥
				湿滑
				结冰
				积雪
				积水
				路面有油
				泥泞
				特殊覆盖（铁板、减速带等）
			平面	直线
				平曲线
		超高		
		加宽		
		纵断面		上坡
				下坡
				水平
		横断面		分离
				不分离
				人行道
			道路边缘屏障	
		平面交叉	信号控制交叉口	
			无信号控制交叉口	
			主路优先控制交叉口	
			环形交叉口	
立体交叉	枢纽立交			
	一般立交			
	分离式立交			
车道特征	车道线清晰			
	车道线模糊			
	无车道线			
	临时车道线			
	可变车道线			
车道类型	交通管制车道			

				混合车道
				专用车道
				应急车道
				人行横道
				自行车道
				公交车道
			车道数	>2 车道
				单车道
				2 车道
			车道宽度	
			车道方向	靠左行驶
				靠右行驶
		交通标志	标志牌	固定标志
				临时标志
				状态变化的 状态不变的
			信号灯	固定信号灯
		移动信号灯		
		道路边缘	边界线	道路边界线清晰
				无道路边界线
				临时道路边界线
			路肩	硬路肩(铺装, 碎石)
		软路肩(草丛)		
		屏障(格栅、栏杆、路缘石、锥桶)		
		道路设施	特殊设施	桥
				隧道
				收费站
				铁路交叉口
			临时设施	道路施工
				交通事故
		固定设施	建筑	
			树木	
		区域	地理围栏区域	
			交通管制区域	
学校区域				
环境	天气	风速 ^[12]	[0-5]级: <10.7m/s	

条件			6级强风：10.8m/s-13.8m/s
			7级劲风：13.9m/s-17.1m/s
			8级大风：17.2m/s-20.7m/s
		能见度（雾/霾） ^[13]	优：≥10km
			良：[2, 10) km
			一般：[1, 2) km
			较差：[500, 1000) m
			差：[50, 500) m
			极差：<50m
		雨天 ^[14]	小雨：<2.5mm/h
			中雨：2.5mm/h-7.6mm/h
			大雨：7.6mm/h-50mm/h
	暴雨：>50mm/h		
	雪天 ^[15]	小雪水平能见度：≥1000m	
		中雪水平能见度：[500, 1000) m	
		大雪水平能见度：<500m	
	光照	光照度 ^[8]	白天：≥2000 lux
			照度差：[1000, 2000) lux
			夜晚：<1000 lux
		光照方向	光源在前侧
			光源不在前侧
		光照角度	地平线及地平线上
			地平线下
		人工光源	路灯
	对向车灯		
	连接性	通信类型	V2V
			V2I
			V2P
V2N			
信号强度		信号强	
		信号干扰(时延)	
		无信号	
定位类型		GALILEO	
		GLONASS	
		GPS	
		BEIDOU	

动态 实体			路侧辅助定位设施		
			高精地图		
		道路使用 者	交通情 况	交通条件	需前方有车
				机动车	大型汽车
			小型汽车		
			专用汽车		
			特种车		
			三轮车		
			二轮摩托车		
			挂车		
			其他机动车		
			非机动车	畜力车	
				人力三轮车	
				自行车	
				电动自行车	
手推车					
残疾人专用车					
行人					
非道路 使用者	动物				
	其他	掉落的货物等			
动态道路垃圾					

注：实体在一种情况下是静态的，在另一种情况下可能是动态的。例如，一棵树通常是静态实体，但在自动驾驶系统运行过程中突然倒下的树将会对自动驾驶系统造成干扰，此刻该倒下的树为动态实体。

5.2 驾乘人员状态

驾乘人员主要分为驾驶员/动态驾驶任务后援用户和乘客。自动驾驶系统安全启动和运行时要求动态驾驶任务后援用户的状态满足及时接管的条件，同时要求驾乘人员的状态达到一定的安全条件。其分类如表 6 所示：

表 6 驾乘人员状态最小元素集合

第一层级	第二层级	第三层级	第四层级
		疲劳状态	非疲劳
			一般疲劳
			严重疲劳

驾乘人员 状态	驾驶员/动态驾驶任务后援用户状态	注意力分散状态	无分散
			瞬态分散
			反复瞬态分散
			长时间分散
		位姿状态	驾驶姿态正常
			驾驶姿态不正常
			在驾驶位
			不在驾驶位
		极端异常状态	生命指征正常（体温，心跳，脉搏）
			酒驾
	路怒暴躁		
	毒驾		
	安全带状态	系上	
		未系	
	与系统匹配度	匹配	
		不匹配	
	乘客状态	位姿状态	无抢夺驾驶设备行为
			有抢夺驾驶设备行为
		极端异常状态	生命指征正常（体温，心跳，脉搏）
			愤怒暴躁行为
打架行为			
儿童约束系统状态		正确使用	
		未正确使用	
安全带状态		系上	
		未系	
与系统匹配度		匹配	
	不匹配		

其中，“疲劳”的严重程度和“注意力分散”的等级程度由企业自定义，并进行说明，如可从闭眼时间、打哈欠时间等对疲劳程度进行判断，可从视线方向、是否接打手机等状态对注意力分散程度进行判断。

针对“乘客状态”中的“儿童约束系统”，主要是在车内有儿童时，自动驾驶系统需要能够监测该儿童约束系统已正确使用，使车内儿童达到基本的安全条件。如无儿童时可用“NA”进行表示。

针对“驾驶员/动态驾驶任务后援用户状态”中的“与系统的匹配程度”，主

要是动态驾驶任务后援用户的基本情况识别，从而判断自动驾驶系统是否可以为其提供服务，如部分车辆要求成年人才能成为动态驾驶任务后援用户。针对“乘客状态”中的“乘客与系统的匹配程度”，主要是对乘客的基本情况识别，从而判断自动驾驶系统是否可以为其提供服务，如部分车辆无法为单独乘车的儿童提供服务。

5.3 车辆状态

正常运行的车辆状态是自动驾驶系统启动和运行的前提条件之一。车辆状态包括激活速度范围和功能状态，如表 7 所示。

“激活速度范围”主要是自动驾驶系统能够开启的速度，通过识别车辆是否达到激活速度范围来判断车辆是否能够开启。

“功能状态”为自动驾驶系统安全启动、运行前需要进行自检的功能模块达到的状态，包括系统的软硬件功能状态，要求该自动驾驶功能状态能够满足自动驾驶系统安全启动和运行的条件要求。

表 7 车辆状态最小元素集合

第一层级	第二层级	第三层级		第四层级	
车辆 状态	激活速度范围				
	功能状态	感知功能		满足要求	
		定位功能			
		V2X 功能			
		高精地图功能			
		决策规划功能			
		控制功能	转向		
			制动		
			动力		
			热管理及监控		
			胎压监测		
	人机交互功能				
最小风险策略功能					
数据记录功能	DSSAD				
	EDR				

		车身	传感器清洗功能		
			照明和信号灯功能		
			车门	车门关闭	
			雨刮功能	满足要求	
		车内通讯			
		安全功能	被动安全系统		
			主动安全系统		
			信息安全状态		安全
			SOS 系统		满足要求

附录 A ODC 元素相关定义

城市道路等级[9]：

- [1] 快速路：应中央分隔、全部控制出入、控制出入口间距及形式，应实现交通连续通行，单向设置不应少于两条车道。快速路的设计行车速度为 60-100km/h。
- [2] 主干路：连接城市各分区的干路，以交通功能为主。主干路的设计行车速度为 40-60km/h。
- [3] 次干路：承担主干路与各分区间的交通集散作用，兼有服务功能。次干路的设计行车速度为 30-50km/h。
- [4] 支路：与次干路和居住区、工业区、交通设施等内部道路相连接，应解决局部地区交通，以服务功能为主。支路的设计行车速度为 20-40km/h。

公路等级^[10]：

- [1] 高速公路：专供汽车分向、分车道行驶并应全部控制出入的多车道公路；设计速度 80-120km/h。
- [2] 一级公路：供汽车分向、分车道行驶，并可根据需要控制出入的多车道公路，设计速度 60-100km/h。
- [3] 二级公路：供汽车行驶的双车道公路，设计速度 60-80km/h。
- [4] 三级公路：供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道公路，设计速度 30-40km/h。

[5] 四级公路：供汽车、非汽车交通混合行驶的双车道或单车道公路，设计速度 20-30km/h。

附录 B ODC 描述示例

1 ODC 描述示例一

示例一以简要的描述信息，对 ODC 条件元素进行说明。如高速运行范围，只需考虑高速的 ODC 允许和不允许的元素，其他红绿灯信息，城市道路信息可以不进行体现和说明。另外，对于多个元素组成的边界条件，可以“约束条件”的形式进行说明，如小雨（需低速行驶）。

ODD 分类		ODD 内明确允许元素	明确超出 ODD 元素	
ODD	静态 实体	道路类型	具有分隔栏的快速路或高速公路	
		道路表面	道路材质：沥青、混凝土 道路路面：干燥或湿滑，特殊覆盖（减速带等）	积水/积雪/结冰/油污路 损坏严重路面
		道路几何	平面：直线、曲线、加宽、超高 纵断面：上坡、下坡、平面 横断面：分离，道路边缘屏障	不分离道路，人行道
		车道特征	标线清晰 车道宽度： $\geq 3.5\text{m}$ 车道方向：靠右行驶	模糊/临时/可变车道线 其他车道类型
		交通标志	固定标志，所有状态	临时标志，信号灯
		道路边缘	路肩，屏障，边界线清晰	临时/无边界线
		道路设施	固定设施 特殊设施：收费站/桥/隧道	临时设施；铁路交叉口，
	区域		学校，交通管理区域	
	环境 条件	风	不超过 6 级风 ($\leq 13.8\text{m/s}$)	
		能见度	$\geq 2\text{km}$	
		雨天	小雨：日降雨量 $\leq 10\text{mm}$ (需低速行驶)	
		光照度	$>= 1000\text{ lux}$	
		光照方向	所有方向	

			光照前侧：隧道口强光除外	
		光照角度	地平线及地平线以上	
		光照来源	太阳光	
		连接性	V2V 通信和 GPS, 北斗定位, 高精地图, 在长隧道时需要路测辅助定位设施	
	动态实体	交通条件	无需前方有车	
		道路使用者	机动车（事故车除外）	行人，非机动车
		非道路使用者		动物，其他动态障碍物

驾乘人员状态元素要求		
驾乘人员状态	驾驶员/远程驾驶员/动态 驾驶任务后援用户状态	非疲劳
		注意力无分散
		驾驶姿态正常
		在驾驶位
	乘客状态	无极端异常状态
		安全带系上
		无抢夺驾驶设备行为
		安全带系上
车辆状态元素要求		
车辆 状态	激活速度范围（20-50）km/h	
	功能状态满足要求	

2 ODC 描述示例二

示例二描述了所有的 ODC 元素。Y 表示自动驾驶系统安全启动和运行时允许或者要求的元素，N 表示不允许的元素，NA 表示不涉及的元素。另外，对于多个元素组成的边界条件，可以“约束条件”的形式进行说明，如小雨（Y，需低速行驶）。

第一层级	第二层级	第三层级	第四层级	第五层级	条件
			城市道路	快速路	Y

ODD	静态 实体	道路类型		主干路	N
				次干路	
				支路	
			公路	高速公路	Y
				一级公路	N
				二级公路	
				三级公路	
				四级公路	
			厂矿道路	N	
			林区道路		
			乡村道路		
		停车场			
		道路表面	材质	沥青混凝土	Y
				水泥混凝土	
				铺石	N
				其他如涂装、废渣、泥土	
			道路损坏	开裂	N
				车辙	N
				沉陷	Y
				坑洼	Y
				表面松散	N
			道路路面	干燥	Y
				湿滑	Y
				结冰	N
				积雪	
				积水	
				路面有油	
				泥泞	Y
				特殊覆盖	
			道路几何	平面	直线
		平曲线			
		超高			
		加宽			
纵断面	上坡	Y			
	下坡				
	水平				

		横断面	分离	Y	
			不分离	N	
			人行道	N	
			道路边缘屏障	Y	
		车道交叉	平面交叉		N
			立体交叉		N
		车道特征	车道线	车道线清晰	Y
				车道线模糊	N
				无车道线	
				临时车道标线	
				可变车道线	
			车道类型		N
			车道数量	单车道	N
				2 车道	Y
				>2 车道	
			车道宽度		≥3.5m
		车道方向	靠右行驶	Y	
			靠左行驶	N	
		车道标志	标志标牌	固定标志	Y
				临时标志	N
				状态变化的	Y
				状态不变的	Y
			信号灯		N
		道路边缘	边界线	道路边界线清晰	Y
				无道路边界线	N
				临时道路边界线	N
			路肩	硬路肩	Y
				软路肩	Y
			屏障		Y
		道路设施	特殊设施	桥	Y
				隧道	
				收费站	
铁路交叉口	N				
临时设施	道路施工		N		
	交通事故				
固定设施	建筑		Y		

				树木	
		区域	地理围栏		N
交通管理					
学校区域					
环境 条件	天气	风速	[0-5]级: <10.7m/s	Y	
			6级强风 10.8m/s-13.8m/s		
			7级劲风 13.9m/s-17.1m/s	N	
			8级大风 17.2m/s-20.7m/s		
		能见度	优: ≥ 10 km	Y	
			良: [2, 10) km		
			一般: [1, 2) km	N	
			较差: [500m, 1000m)		
			差: [50m, 500m)		
			极差: <50m		
		雨天	小雨: <2.5mm/h	Y, 需低速行驶	
			中雨: 2.5mm/h-7.6mm/h	N	
			大雨: 7.6mm/h-50mm/h		
			暴雨: >50mm/h		
		雪天		N	
		光照	光照度	优: ≥ 2000 lux	Y
	良: [1000 lux, 2000 lux)				
	一般: [500 lux, 1000 lux)			N	
	差: <500 lux				
	光照方向		光源在前侧	隧道口强光除外	
			光源不在前侧	Y	
	光照角度		地平线及地平线上	Y	
			地平线下	N	
	人工光源		路灯	N	
			对向车灯	N	
	连接性		通信	V2V	Y
		V2I		Y	
V2P		N			
V2N		Y			
信号强度		强	Y		
		信号干扰	Y		
		无信号	N		

			定位	GALILEO	N
				GLONASS	
				GPS	Y
				BEIDOU	
			高精地图	Y	
	路侧辅助定位设施	长隧道需要			
	动态实体	交通情况	交通条件	需前方有车	N
		道路使用者	机动车		Y, 事故车除外
			非机动车		N
			行人		N
非道路使用者		动物		N	
	其他动态物		N		

第一层级	第二层级	第三层级	第四层级	条件	
驾乘人员状态	驾驶员/动态驾驶任务后援用户状态	疲劳状态	非疲劳	Y	
			一般疲劳	N	
			严重疲劳	N	
		注意力分散状态	无分散	Y	
			瞬态分散	N	
			反复瞬态分散	N	
			长时间分散	N	
			驾驶姿态正常	Y	
		位姿状态	驾驶姿态不正常	N	
			在驾驶位	Y	
			不在驾驶位	N	
			极端异常状态	生命指征正常(体温, 心跳, 脉搏)	Y
		酒驾		N	
		路怒暴躁		N	
		毒驾		N	
		安全带状态	系上	Y	
			未系	N	
		与系统匹配程度		NA	
		乘客状态	位姿状态	无抢夺驾驶设备行为	Y
				有抢夺驾驶设备行为	N

		极端异常状态	生命体征正常(体温, 心跳, 脉搏)	Y
			愤怒暴躁行为	N
			打架行为	N
		儿童约束系统状态		NA
		安全带状态	系上	Y
			未系	N
与系统匹配程度		NA		

第一层级	第二层级	第三层级		第四层级	条件		
车辆状态	激活速度范围				(20-50) km/h		
	功能状态	感知功能				Y	
		定位功能				Y	
		V2X 功能				Y	
		高精地图				Y	
		决策规划功能				Y	
		控制功能	转向				Y
			制动				Y
			动力				Y
			热管理及监控				Y
			胎压监测			满足要求	Y
		人机交互功能				Y	
		最小风险策略功能				Y	
		数据记录功能	DSSAD				Y
			EDR				Y
		车内通讯功能				Y	
		车身	传感器清洗功能				Y
			照明和信号灯功能				Y
	车门				关闭	Y	
		雨刮功能				Y	
	安全功能	被动安全系统			满足要求	Y	
		主动安全系统				Y	
		信息安全状态			安全	Y	
SOS 系统				满足要求	Y		

参考文献

- [1] GB/T XXXXX—XXXX 汽车驾驶自动化分级
- [2] J3016. Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems[S]. Society of Automotive Engineers (SAE), 2018.
- [3] WP29 FRAV-02-09 2019, China proposal on using term “ODC”, <https://wiki.unece.org/display/trans/FRAV+2nd+Session>.
- [4] ECE/TRANS/WP.29/2020/81, Proposal for a new UN Regulation on uniform provisions concerning the approval of vehicles with regards to Automated Lane Keeping System. <https://undocs.org/ECE/TRANS/WP.29/2020/81>
- [5] Thorn E. , Kimmel S. and Chaka M. , “A Framework for Automated Driving Systems Testable Cases and Scenarios,” U. S. Department of Transportation National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D. C. , 2018.
- [6] AVSC 0000220–2004, AVSC Best Practice for Describing an Operational Design Domain: Conceptual Framework and Lexicon.
- [7] “Project Pegasus, ” [Online]. Available: <https://www.pegasusprojekt.de/en/about-PEGASUS>.
- [8] PAS 1883–2020 Operational Design Domain (ODD) taxonomy for an automated driving system (ADS) - Specification
- [9] CJJ 37–2012 城市道路工程设计规范
- [10] JTG B01–2014 公路工程技术标准
- [11] CJJ 152–2010 城市道路交叉口设计规程
- [12] National Oceanic and Atmospheric Administration, “Beaufort Wind Scale,” National Weather Service Storm Prediction Center, [Online]. Available: <https://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/beaufort.html>.
- [13] GB/T 33673–2017 水平能见度等级
- [14] Monjo, R. (2016). "Measure of rainfall time structure using the dimensionless n-index". Climate Research. 67 (1): 71 - 86.
- [15] "Snow - AMS Glossary". glossary.ametsoc.org. Retrieved 28 December 2018.