

# 智能网联汽车 设计运行条件（ODC）

## 分级研究

### 一、研究背景及概述

随着智能网联汽车的高速发展，驾驶自动化功能分级已相对成熟，但当前驾驶自动化分级及设计运行条件设定还面临着诸多挑战，例如高等级的驾驶自动化功能（如 L4 级别的港口自动驾驶系统）是否一定比低等级功能（如 L3 级别的高速公路巡航系统）的能力更强；相同等级的同一功能，其能力差异如何体现等。这些挑战的解决都需要从系统能力和限制角度出发，重新对设计运行条件（ODC）评估和分级，解决功能分级的局限性；同时，从消费者应用角度出发进行分类分级，体现驾驶自动化系统的外在功能和限制，避免消费者由于理解偏差导致系统误用和交通事故。

本项目对设计运行条件分级展开探索性研究，通过对设计运行范围/设计运行条件定义与分级研究现状及行业应用情况进行系统性调研，进而梳理和提取自动驾驶系统设计运行条件分级关键要素，基于“人-车-环境”系统理论分析的设计运行条件分级方法，针对重点 ODC 要素（目标物、天气、道路、速度）进行了分级逻辑阐述，包括其定义、分级维度、等级描述及示例等，并结合典型自动驾驶功能（L3 级别 HWP，L4 级别 AVP，L4 级别 Robo-taxi）进行了 ODC

分级示例研究。

## 二、研究内容

### 2.1 研究方法及技术路线

本项目采用技术调研与探索研究相结合的方式，围绕驾驶自动化分级、当前运行设计条件定义等面临的挑战，对设计运行条件分级展开探索性研究，总体技术路线如图 2 所示。通过对设计运行范围/设计运行条件定义与分级研究现状及行业应用情况的调研，跟踪国际在 ODC 分级方面的动态，为完善和迭代 ODC 分级策略提供行业基础；进而开展 L3 级及以上自动驾驶系统设计运行条件分级关键要素梳理与提取，基于“人-车-环境”系统理论分析建立设计运行条件分级方法及体系；最后，针对典型 L3 级及以上自动驾驶功能进行设计运行条件分级的实例研究。

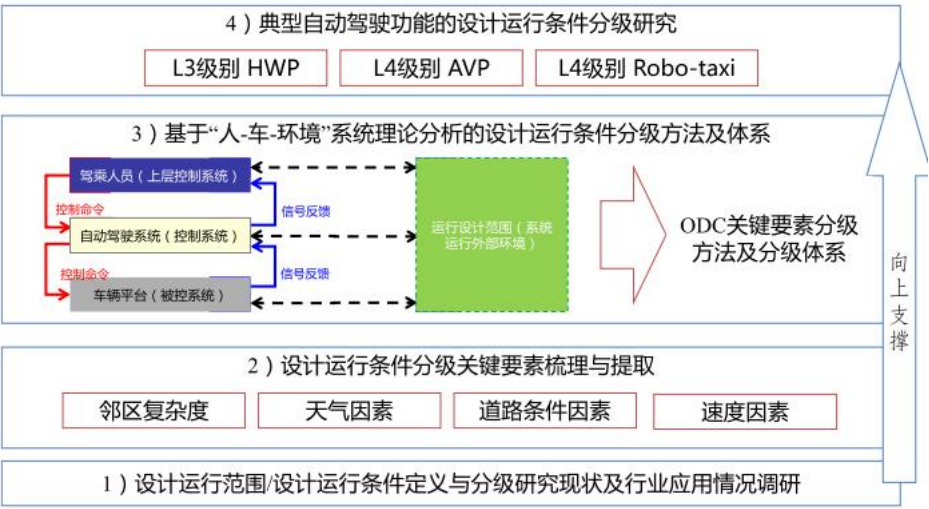


图 2 本项目总体技术路线

### 2.2 具体研究内容

下面主要针对 ODC 分级关键要素提取和分级策略展开介绍。本项目将至少对以下自动驾驶系统设计运行条件分级关键要素进行等级划分策略定义，并给出相应 ODC 等级划

分示例，关键因素至少包括：目标物分级/邻区复杂度等级、天气因素等级、道路条件因素等级和速度因素等级。

以目标物分级/邻区复杂度等级为例，其定义是自车在执行驾驶自动化功能时，所涉及到的合理客观的区域范围内的目标物共同形成的道路行驶条件水平。目标物分级/邻区复杂度等级进一步拟包含 4 个衡量指标，分别为目标物的密集程度、目标物变化性、目标物干扰程度/风险程度、目标物种类多样性。

目标物的密集程度：描述自车驾驶自动化功能合理客观的区域范围内目标物的密集程度。客观全局的评估与自车执行该驾驶自动化功能功能所涉及的目标物密集程度，其目标物应包含与自车执行该驾驶自动化功能直接影响和间接影响该功能的所有机动车，非机动车，行人，动物，障碍物等。

目标物变化性：描述一定时间内自车在执行驾驶自动化功能时与与所涉及到的合理客观的区域范围内的目标物的关系变化程度。可包含邻区内自车与相关目标物之间相对速度的变化性、相对位置的变化性、相关目标物数目的波动性。

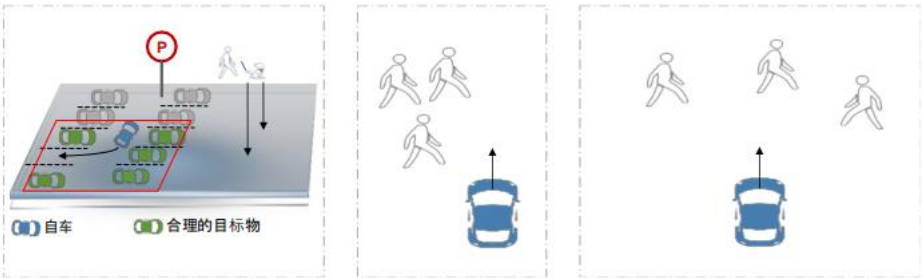


图 3 目标物的密集程度示例

目标物干扰程度/风险程度：描述周围目标物在未来一段时间段内的轨迹或运动意图对自车安全的执行该驾驶自动化功能功能产生的干扰程度或风险程度。由于目标物干扰程

度/风险程度的刻画较为复杂，项目将确认最终选择碰撞次数、严重程度、碰撞种类、风险评价指标（人身伤亡 vs 经济损失）中的一个或其组合来表征。值得注意的是，此处 ODC 要素的分级需要单纯从目标物本身出发，与目标和事件的识别与响应（Object and Event Detection and Response，OEDR）能力进行解耦。

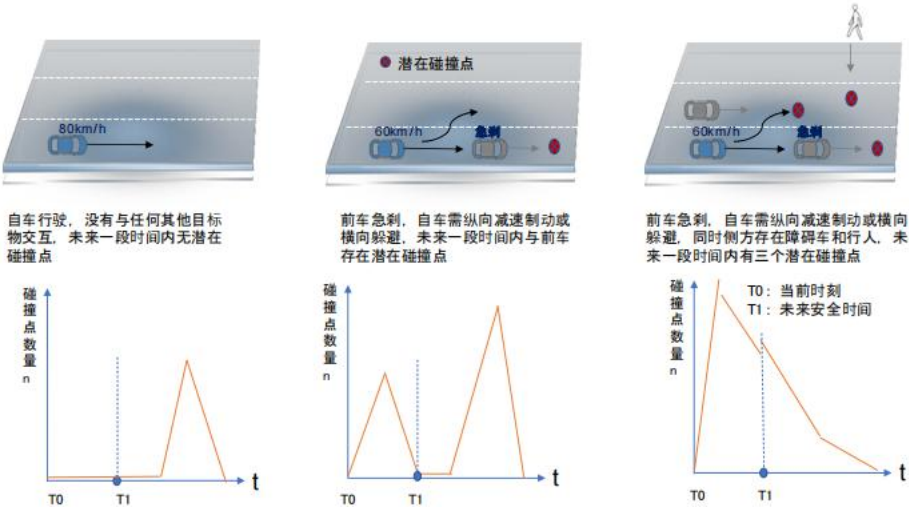


图 4 目标物干扰程度/风险程度（以碰撞次数为例）

目标物种类多样性：从功能设计出发，描述自车驾驶自动化功能的设计运行条件涉及到的所有目标物种类多样性。

| 高速&快速路 (H) |    |    |    |    | 城区 (C) |    |    | 停车区域 (P) |    |    |    |    |
|------------|----|----|----|----|--------|----|----|----------|----|----|----|----|
| H0         | H1 | H2 | H3 | H4 | C2     | C3 | C4 | P0       | P1 | P2 | P3 | P4 |
| √          | √  | √  | √  | √  | √      | √  | √  | √        | √  | √  | √  | √  |
|            |    |    |    |    |        |    |    |          |    |    |    |    |
| √          | √  | √  | √  | √  | √      | √  | √  | √        | √  | √  | √  | √  |
|            |    | √  | √  | √  | √      | √  | √  |          | √  | √  | √  | √  |
|            | √  | √  | √  | √  | √      | √  | √  |          | √  | √  | √  | √  |
|            |    |    |    | √  |        |    | √  |          |    |    |    | √  |
|            |    |    |    | √  |        |    | √  |          |    |    |    | √  |

0

低

1

较低

2

中

3

较高

4

高

图 5 目标物种类多样性示例

基于“人-车-环境”系统视角、结合系统理论过程分析（System Theoretic Process Analysis，STPA）方法，如图 6 所示，可以高效地回答自动驾驶系统安全

开发和安全运行的四个核心问题，即：

a) 自动驾驶系统（控制系统）提供什么功能？

- b) 自动驾驶系统（控制系统）在什么样的运行设计范围（系统运行外部环境）内可以安全地提供上述功能？
- c) 自动驾驶系统运行时，需要驾乘人员（上层控制系统）做什么（即驾乘人员状态）？
- d) 自动驾驶系统运行时，需要车辆平台（被控系统）提供什么支持（即车辆状态）？

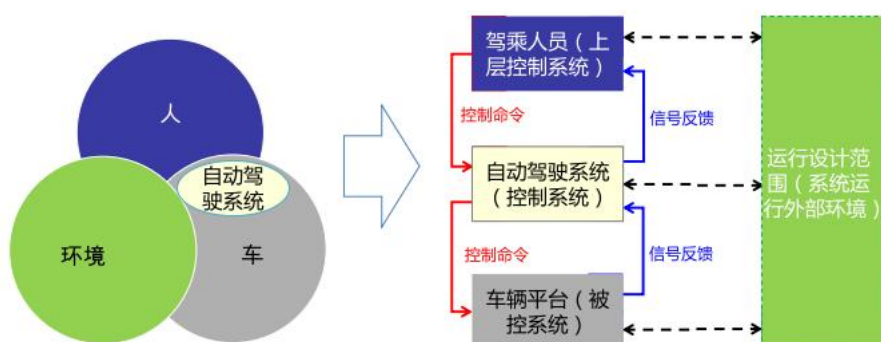


图 6 基于“人-车-环境”系统视角下的自动驾驶初始架构

通过系统性地回答上述四个问题，可以高效且高覆盖度地涵盖自动驾驶系统设计运行条件 ODC 的关键要素，理清各关键要素之间的耦合关系，并进一步整合得出不同 ODC 分级要素差异化评价的全局评定方法。

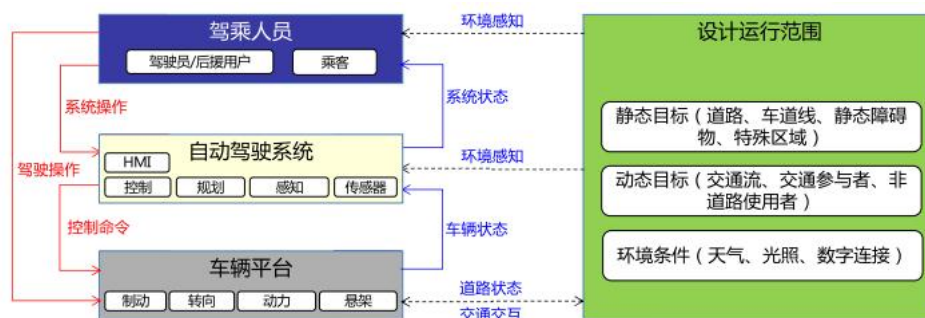


图 7 基于系统理论过程分析进行自动驾驶系统 ODC 要素分级

