

Summarization of Typical Scenarios of AdaptiveCruise Control Based on Natural Drive Condition

Gu Rongrong, Zhu Xichan

College of Vehicle Engineering, Tongji University, 201804, Shanghai ,China
E-mail:grrong1990@163.com

Abstract: Recently, the topic of autonomous drive is hot. The development of different kinds of advanced driver assistant systems are necessary to realize the autonomous drive. To some degree, ACC realizes the longitudinal autonomous drive. Nowadays, the development of ACC emphasizes on the realization of function while ignoring the research of driver behavior. This article summarizes the ACC typical scenarios based on the natural drive conditions collected by drive video record. The ACC typical scenarios can be the important basis of the research of the driver behavior. The laboratory collects the natural drive videos of the drivers in Shanghai in 2013. This article summarizes the types of ACC typical scenarios by referring to the definition of ACC test scenarios in ISO15622 and the features extracted from the natural drive videos. According to the features such as the shapes of the road, the relative movement of the subject vehicle and the target vehicle, summarize the typical ACC scenarios. Use PreScan to draw the typical ACC scenarios. The summarization of typical ACC scenarios provides a detailed and actual reference for the research of driver behavior in typical scenarios. The further analysis of performance parameters such as the velocity of the subject car and THW(Time headway) of the typical ACC scenarios can improve the ACC control strategy to increase the comfort of ACC product.

Keywords: Adaptive Cruise Control; Natural Drive Condition; ACC typical scenarios

基于自然驾驶工况的自适应巡航控制典型工况类型总结

顾荣荣, 朱西产

同济大学汽车学院, 上海, 中国, 201804
E-mail:grrong1990@163.com

摘要: 自动驾驶的话题如今愈演愈热,各种辅助系统的开发完善是自动驾驶的必要条件。自适应巡航控制 ACC (Adaptive Cruise Control) 系统一定程度上实现了车辆纵向自动驾驶,是实现自动驾驶的重要条件。目前,自适应巡航控制的控制策略着重于功能实现,缺乏对于驾驶员行为的研究,ACC 产品舒适性有待提高。本文旨在从行车记录仪所采集的大量自然驾驶工况中总结出 ACC 典型工况,为 ACC 典型工况中驾驶员行为的研究提供基础。参考 ISO15622 (自适应巡航控制的性能要求和测试流程) 中 ACC 的测试场景的要求,研究 TWIN 行车记录仪采集到的 2013 年上海市私家车自然驾驶工况,总结出 ACC 典型工况的类型。研究 ISO15622 中 ACC 测试场景以及行车记录仪记录的自然驾驶工况,提取出道路形状、两车相对运动状态以及前车运动状态这些 ACC 典型工况基本特征,进而总结出 ACC 典型的工况类型,并且利用 PreScan 画出对应的场景示意图。ACC 典型工况的总结为进一步研究典型工况下驾驶员的行为奠定了基础,驾驶员行为的研究能够为 ACC 控制策略的改善提供重要的参考,最终能够实现提高 ACC 产品的舒适性以及用户满意度的目的。

关键词: 自适应巡航系统 ACC; 自然驾驶工况; ACC 典型工况类型

1 前言

自动驾驶的话题如今愈演愈热。各种辅助系统的开发完善是自动驾驶的必要条件。自适应巡航控制一定程度上实现了车辆纵向的自动驾驶。

自适应巡航控制系统从传统定速巡航控制系统发展而来，不仅具有定速功能，又具有车载雷达传感器信息自动调整行驶速度，保持本车与前车安全距离的功能^[1]。由自适应巡航控制系统进一步发展而来的全速自适应巡航系统能够在低速工况下实现对车辆速度的控制，减轻驾驶员负担。

任何一款产品的开发都是为了解决驾驶员在行车过程中实际遇到的问题。任何一款汽车辅助功能产品的开发都是为了辅助驾驶员实际行驶工况中所遇到的问题。定速巡航起初正是为了解决高速公路上车速较为恒定的时候驾驶员双脚必须一直踩着油门的问题。定速巡航系统解放了驾驶员长期放在油门踏板上的双脚，属于驾驶辅助系统中重要的组成部分。由之发展而来的自适应巡航系统除了定速功能，还具备跟车功能，进一步提高了自动化程度。

目前，ACC 在中高档车上已经成熟应用，但是用户对于 ACC 的抱怨声却非常大。原因之一是在开发 ACC 控制策略的过程中过多地考虑到功能实现，缺乏了对于驾驶员行为的研究分析，使得开发出来的产品的舒适性水平不高。

本文基于国际标准以及行车记录仪采集到的大量实际驾驶工况，提取出 ACC 典型工况，为驾驶员行为分析提供基础，进而为 ACC 控制策略的改善提供现实依据。

目前对于 ACC 工况的分类主要是基于功能实现分为车辆切入、跟车、车辆切出、定速这四种工况。该工况分类比较笼统，只考虑到了车辆与车辆之间的相对运动关系，忽略了道路环境、天气情况等因素的考虑。

本文结合 ISO15622 中对于 ACC 测试场景的定义以及大量自然驾驶工况，提取出 ACC 典型工况特征，并总结出典型的 ACC 驾驶工况。再通过 PreScan 软件对这些工况进行场景复现。

2 ACC 分类方法

2.1 ACC 国际标准相关总结：

ISO15622 是 2002 年颁布的关于自适应巡航控制系统的国际标准^[2]。ISO15622 描述了自适应巡航控制系统的基本控制策略、最低功能要求、基本的人机交互界面、故障诊断及处理的最低要求以及性能检测规程。着重参考性能检测规程。

ACC 的性能检测主要分为探测距离测试、目标识别测试和弯道适应能力测试。

探测距离测试主要是保证一定距离的车辆参考平面内并且具有一定的横向位置偏移的反射体被检测到。

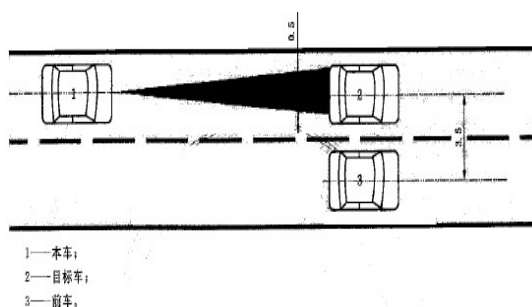


Figure1. the original condition of the target distinguish test

图 1 目标识别试验初始状态

目标识别能力是在直道上测试装载有 ACC 的本车是否能够排除相邻车道车辆的干扰，识别出本车道在探测距离之内的前车。图 1 是初始状态，1 是本车，2 是目标车，3 是另一车道上的前车，目标车与另一车道上的前车纵轴线之间的横向距离是 3.5m。本车与目标车纵轴线之间的横向距离不大于 0.5m。当本车行驶超过相邻车道的前车时，实验结束，成功完成目标识别能力测试。如图 2 所示^[4]。

而弯道适应能力测试主要是判断车辆在弯道上能否在一定时间内做出跟随前车的正确反应。ISO15622 根据弯道行驶能力对 ACC 进行了如下分类。如表 1 所示。所定义的弯道最小半径是 125m。

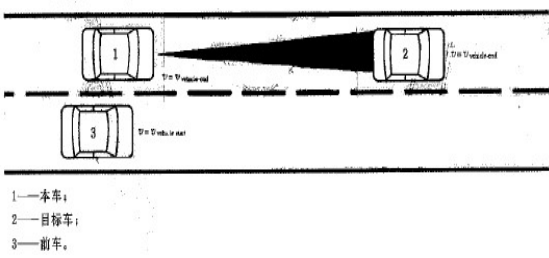


Figure 2. the end of the target distinguish test
图 2 目标识别实验结束状态

图 3 中 1 是初始位置，2 位置是试验结束位置。在位置 2 处，本车开始减速或者车头时距降至 2/3 (THW) 时实验结束。跟车时距 THW 定义为本车车头到前车车尾的距离除以本车的速度。该参数表征了自车前部边缘行驶到前车后部边缘的当前位置所需的时间^[3]。ACC 控制依据：定速工况下对于车速的控制，跟车工况下对于车头时距的控制。

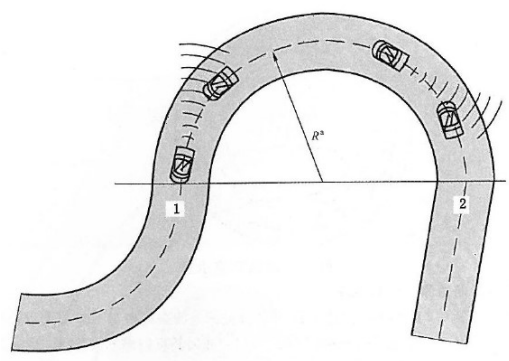


Figure3. bend road test
图 3 弯道适应能力试验

探测距离测试针对 ACC 上所用探测传感器雷达的测试。目标识别能力测试主要是针对 ACC 直道工况的测试。弯道适应能力测试主要是针对 ACC 弯道工况的测试。从 ISO 标准中总结得到道路形状这一特征参数。

Table1. The Types of ACC Based on the Ability onBend Road

表 1 基于弯道行驶能力的 ACC 系统分类

类型	对弯道半径的适应能力
ACC I	没有要求
ACC II	$R \geq 500\text{m}$
ACCIII	$R \geq 250\text{m}$
ACCIV	$R \geq 125\text{m}$

2.2 TWIN 行车记录仪采集的上海市私家车数据

实验室利用 TWIN 行车记录仪采集了 2013 年上海市私家车驾驶数据。将 TWIN 行车记录仪装在前挡风玻璃内侧，摄像头视角朝外，探测本车前方的行驶工况。通过大量的工况总结，从这些数据可以找到 ISO15622 中没有提到的典型场景，进而完整 ACC 典型工况的分类。

3 ACC 典型工况总结

3.1 ACC 典型工况定义

将自然驾驶工况中符合 ACC 应用场合的工况定义为 ACC 工况，将这些 ACC 工况分类，总结出代表性的工况即为 ACC 典型工况。



Figure 4.the window of drive recorder TWIN

图 4 TWIN 行车记录仪界面截图

3.2 ACC 典型工况类型

通过参考 ISO15622 以及对大量行车工况的观察，得到以下结论：ACC 工况主要地理位置为高速公路和高架桥，因为在这两种道路上车流量相对较小，稳定跟车阶段比较多。并且提炼出 ACC 典型工况的三个主要特征参数：道路形状、本车与前车相对运动状态以及前车运动状态。针对三个特征参数分别讨论：道路形状主要分为直道、弯道、直道与弯道交汇处。本车与前车运动状态主要是针对车道而言，根据标准 ISO15622 定义，雷达只能检测本车道上的车辆，两者纵轴线横向距离在 0.5m 的范围内。两车相对运动状态即前车切入本车车道，本车跟随前车行驶以及前车切出本车车道这三种运动状态。在稳定跟车过程中，前车的运动状态又影响着本车的运动状态。当前车加速时，本车加速；前车匀速时本车匀速；前车减速时本车减速。总共有十五种具体类型，如表格 2 所示。

Table 2. Summarization of the typical ACC scenarios

表 2 ACC 典型工况类型总结

特征参数 类型种类	道路类型	两车相对运动状态	前车运动状态	本车运动状态
1	直道	前车切入		
2			前车加速	本车加速
3		稳定跟车	前车匀速	本车匀速
4			前车减速	本车减速
5		前车切出		
6	弯道	前车切入		
7			前车加速	本车加速
8		稳定跟车	前车匀速	本车匀速
9			前车减速	本车减速
10		前车切出		
11	直道弯道交汇处	前车切入		
12			前车加速	本车加速
13		稳定跟车	前车匀速	本车匀速
14			前车减速	本车减速
15		前车切出		

3.3 ACC 典型工况 PreScan 场景建立

PreScan 是荷兰 TNO 公司开发的一款为汽车智能系统提供设计、验证和评价环境的仿真软件。PreScan 中可以快速建立场景(自然环境, 交通环境)、添加传感器、定义车辆运动学和动力学模型等, 并与 Matlab/Simulink 交互使用, 也可以在 Simulink 模型中添加自定义的控制算法。

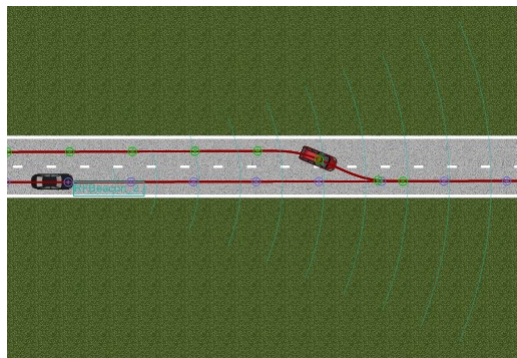


Figure 5. straight road cut in

图 5 直道切入

为了更加直观地表示这些场景, 利用 PreScan 建立场景示意图, 如图 5-11。图中黑色车辆是本车, 红色车辆是前车。两车行驶方向相同, 均为向右行驶。红色直线表示两车行驶路线。图 5 中, 道路为两车道或三车道, 每条车道的宽度均为 3.5m。蓝色曲线为雷达信号。

当前车变换车道进入到本车同一车道时，本车探测到前车，并将前车确定为目标车辆。图 5 表示直道切入工况。红色车辆变道到本车车道，并且被本车探测到，识别成目标车辆。该工况为直道切入工况。

当目标车辆稳定行驶于本车前方时，处于直道稳定跟车阶段。根据设定的车间时距值，本车跟随前车运动状态的改变来改变自身的运动状态，如图 6 所示。此工况为直道稳定跟车工况。

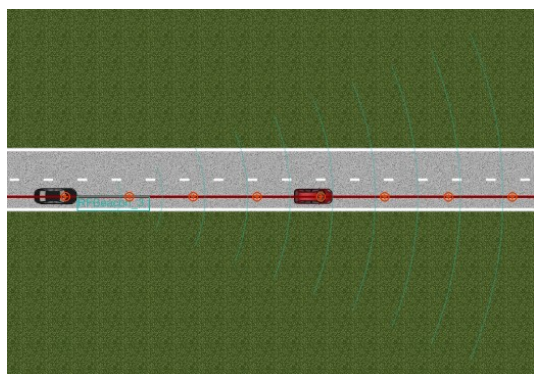


Figure 6.straight road follow up

图 6 直道稳定跟车

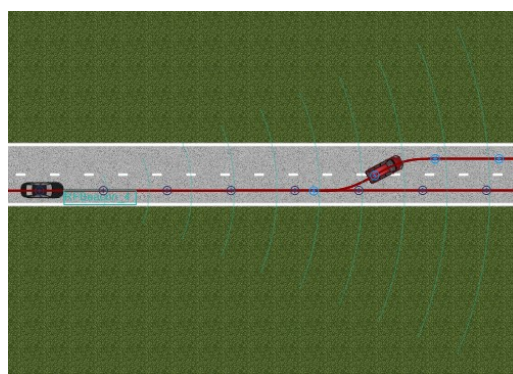


Figure7. straight road out

图 7 直道切出

当前车变道，驶出本车道时。本车不再将前车当做目标车辆。如图 7 所示，该工况为直道切出工况。

弯道时，同样有这样三种工况，前车切入、本车跟车以及前车切出工况，如下图 9-11 所示。在本车稳定跟车情况下根据前车的运动状态又分为前车加速、匀速、减速三种工况。ISO15622 中定义的弯道半径很大，所以示意图弯道半径也很大。

图 8 表示弯道切入工况，前车变道到本车道。成为本车目标车辆。图 9 表示弯道跟车工况，本车稳定跟随前车在同一车道上行驶。图 10 表示弯道切出工况。

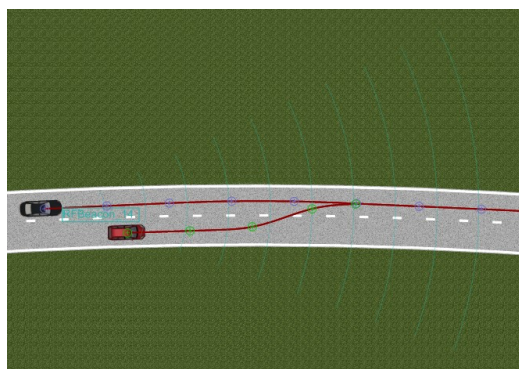


Figure 8. bend road cut in

图 8 弯道切入

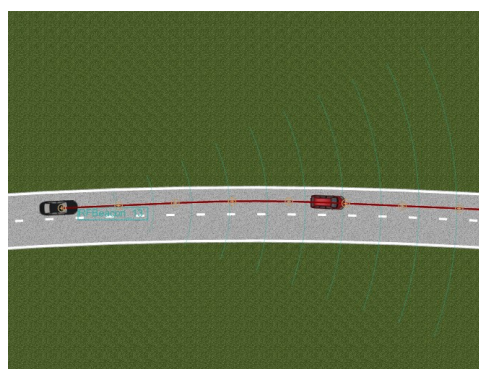


Figure 9. bend road follow up

图 9 弯道跟车

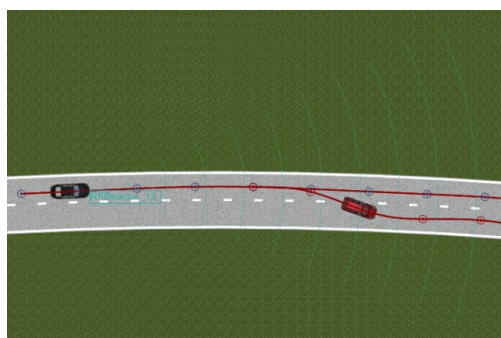


Figure10.bend road out

图 10 弯道切出图

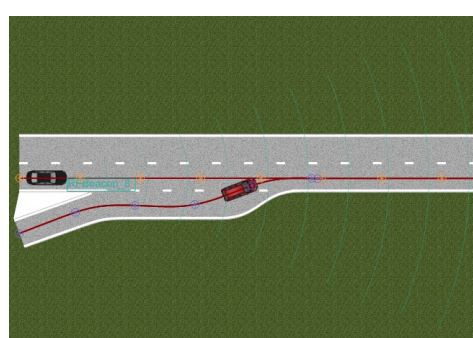


Figure 11. straight and bend road cut in

11 直道弯道交汇处切入

除了弯道和直道这两种典型路面，在高速公路或者高架桥路上，一旦分方向的时候，出现直道与弯道交汇的道路形状。图 11-13 为直道与弯道交汇处的三种工况。图 11 为前车从弯道驶出切入直道。

图 12 表示本车跟随目标车，两车同时改变直行方向，驶入弯道。此为直道弯道交汇处跟车工况。

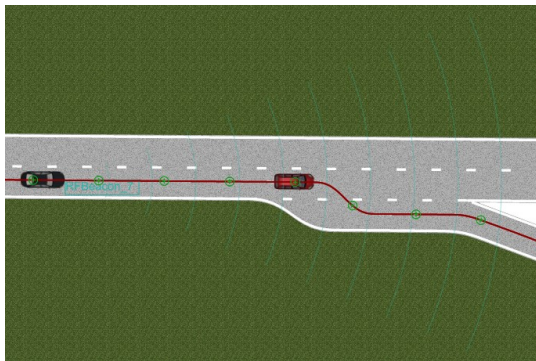


Figure12.straight and bend road follow up

图 12 直道弯道交汇处跟车

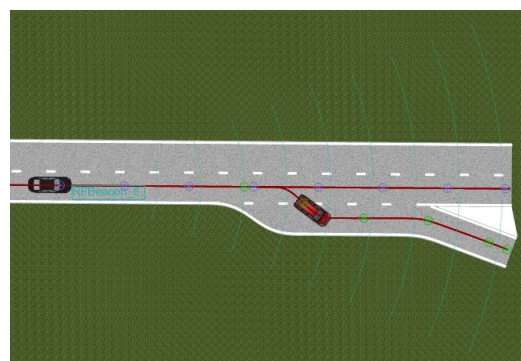


Figure 13. straight and bend road follow up

图 13 直道弯道交汇处切出

前车离开直道改变行驶方向，本车维持直道行驶时。如图 13 所示，此为直道弯道交汇处切出工况。

在所有的工况中，如果考虑环境天气。又分为白天和黑夜两种大环境。环境感知传感器对于环境较为敏感，在白天和夜晚，传感器的性能也会有所不同白天和黑夜能见度差别较大，对车载传感器的要求不一样。

4 结论

本文参考 ISO15622 中对于 ACC 性能试验场景的定义以及 TWIN 行车记录仪所采集的 2013 年自然驾驶工况，提炼出道路基本形状，两车相对运动状态，前车运动状态者三个特征参数，将 ACC 工况总结成如表 2 所示的 15 类。除了这 15 类工况，本车定速行驶也是一个最基本的工况。

在基本工况确定的基础上，可以进一步分析这些自然驾驶工况的速度信息，车间时距信息。通过这些信息的分析可以了解自然驾驶工况下驾驶员行为。从而改进现有 ACC 控制策略的开发，提高 ACC 产品的舒适性。

5 致谢

感谢导师朱西产老师为本文撰写提供的指导。

参考文献

- [1] Zhang Nanfeng, Chen Junhui, Chen Shuguan. *The Research and development of Adaptive Cruise and Control*[J]. A collection of Papers from the Twentieth Annual Conference of the teaching of basic courses in Higher School in electronic and electrical appliances of the ministry of education. 2010/07
张南峰，黄军辉，陈述官. *汽车自适应巡航控制系统应用研究与发展*[J]. 教育部中南地区高等学校电子电器基础课教学研究会第二十届学术年会论文集，2010 年 7 月
- [2] Bosch Company. Translated by Wei Chunyuan and so on. *Comfort and Convenience Systems. Beijing: The Press of Beijing Insititute of Technology.*2007
德国 BOSCH 公司编，魏春源等译. *汽车安全性与舒适性系统*//Safety, Comfort and Convenience Systems. 北京：北京理工大学出版社，2007
- [3] ISO15622. *Transport information and control system – Adaptive Cruise Control systems- Performance requirements and test Procedures .*2002
- [4] GB/T20608. *Intelligent transportation information systems – Adaptive Cruise Control systems- Performance requirements and test Procedures.*2006
- [5] GB/T 20608. *智能运输系统-自适应巡航系统-性能要求和检测方法.* 2006