



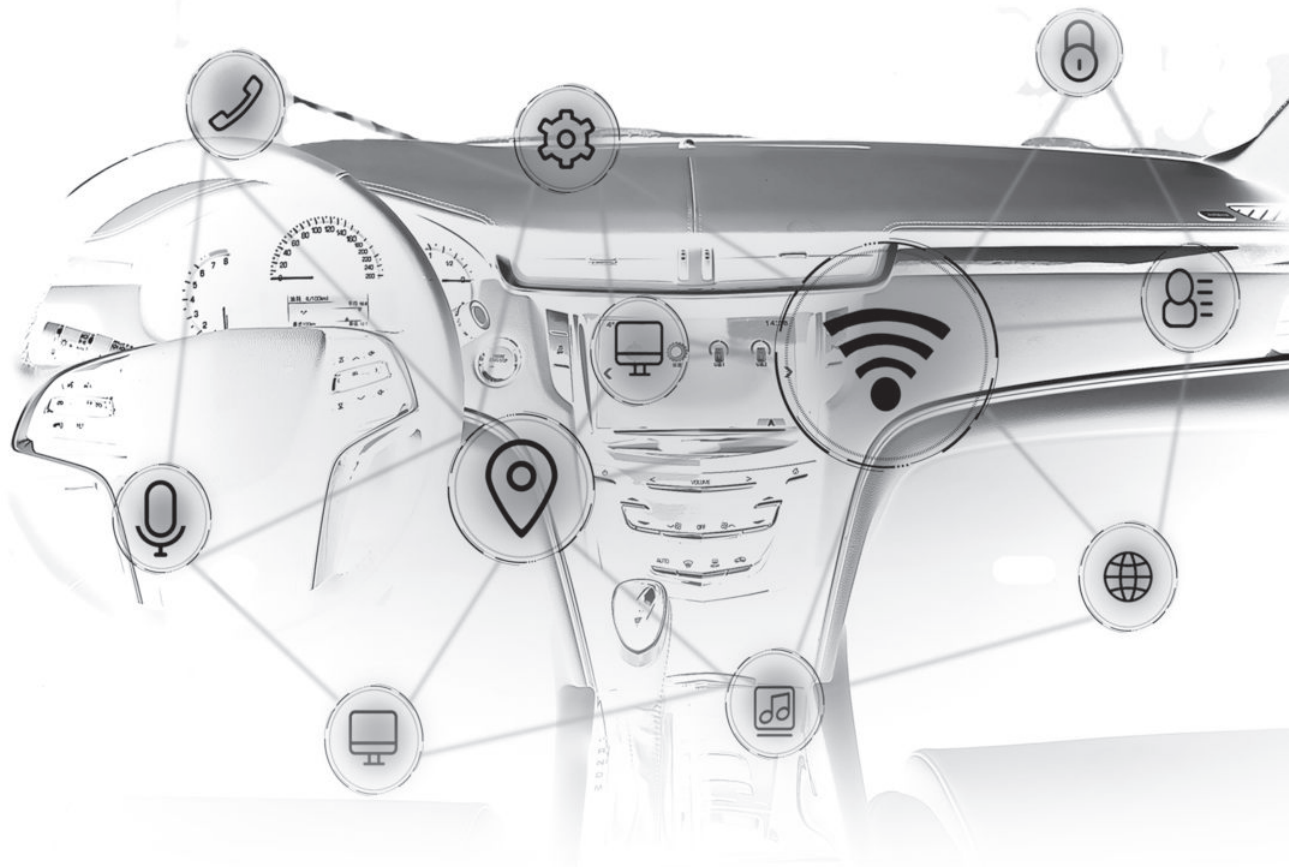
北京理工大学“双一流”建设精品出版工程

智能车辆理论与应用： 慕课版（第2版）

THEORY AND APPLICATION OF
INTELLIGENT VEHICLES
(SECOND EDITION)

熊光明 于会龙 龚建伟 邱慧军◎著
陈慧岩◎审

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



北京理工大学“双一流”建设精品出版工程

智能车辆理论与应用： 慕课版（第2版）

THEORY AND APPLICATION OF
INTELLIGENT VEHICLES
(SECOND EDITION)

熊光明 于会龙 龚建伟 邸慧军◎著
陈慧岩◎审

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是《智能车辆理论与应用》一书的修订版(第2版),同时也是“智能车辆理论与应用”研究生慕课配套教材,慕课网址如下: <https://www.xuetangx.com/learn/bitP0861003987/7526890/progress>.

全书共9章,包括:概述;智能车辆环境感知;深度学习及其在环境感知中的应用;智能车辆SLAM;智能车辆行为决策;智能车辆运动规划;智能车辆模型预测控制;智能网联;智能车辆测试方法与评价。

为了方便教学,书中增加了大量的实际操作案例,包括基于ROS框架的可通行区域检测、基于Python库scikit-learn的激光雷达点云负障碍检测、基于Adaboost与摄像机图像的车辆检测、采用ResNet模型使用Keras框架的场景识别、自制数据集并训练YOLO v5检测模型、ORB SLAM、ROS与V-REP联合仿真实现运动规划案例、综合测试案例等。

本书可作为高等院校机械工程、自动化、计算机等专业的研究生教材,也可供各类具有一定基础知识的智能车辆从业人员参考使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

智能车辆理论与应用:慕课版/熊光明等著.—2
版.--北京:北京理工大学出版社,2021.12

ISBN 978-7-5763-0467-1

I. ①智… II. ①熊… III. ①智能控制-汽车 IV.
①U46

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第259775号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68944723(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/保定市中华美凯印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/19

彩 插/5

字 数/451千字

版 次/2021年12月第2版 2021年12月第1次印刷

定 价/78.00元

责任编辑/刘派

文案编辑/邓雪飞

责任校对/周瑞红

责任印制/李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

彩 插

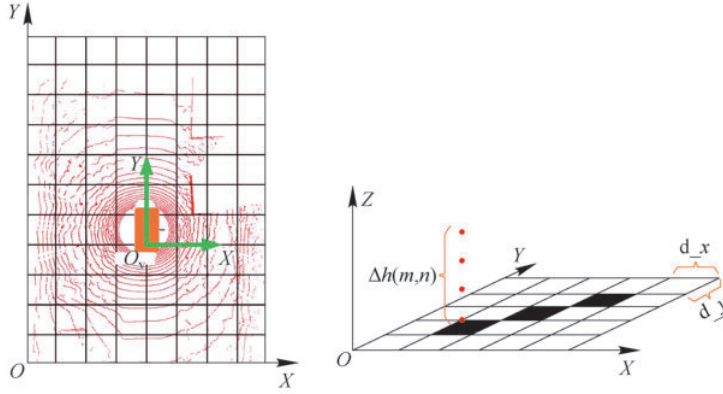


图 2-1 二维栅格地图高度差示意图

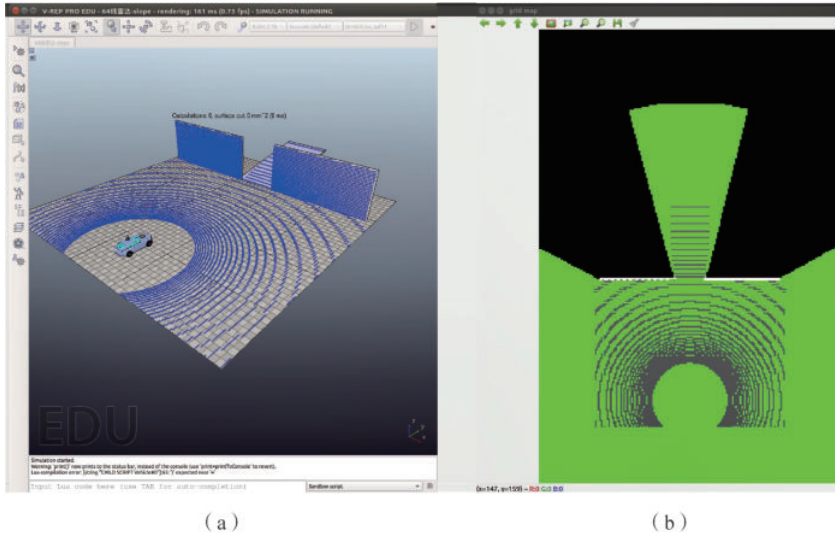
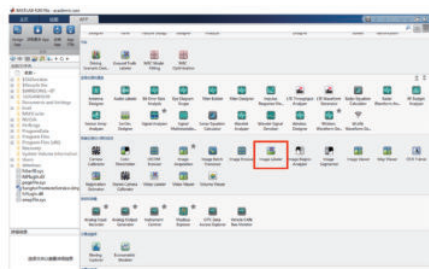


图 2-4 斜坡检测结果与激光雷达扫描情况对照图

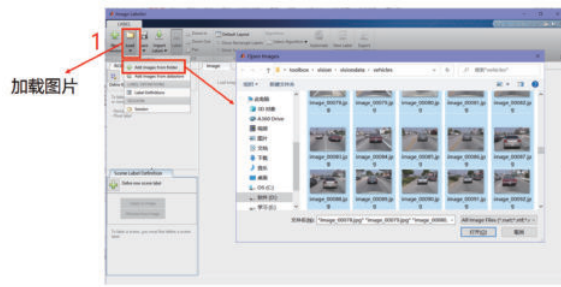
(a) 激光雷达扫描情况；(b) 斜坡检测结果

1. 在APP选项中选择 imageLabeler
2. 直接在命令行输入 “imageLabeler”

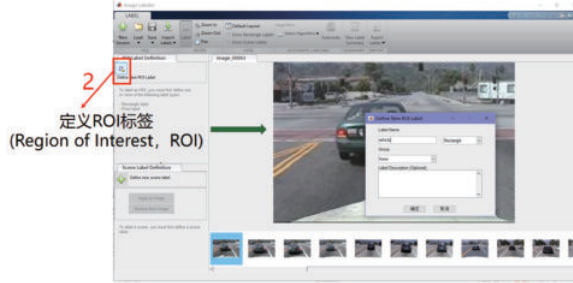


(a)

图 2-10 准备正样本标签的具体操作步骤



(b)



(c)



(d)

工作区
名称 = gTruth
295x2 table

正样本数据集图片路径

| | 1 | 2 |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------|
| targetFileName | vehicle | vehicle |
| vehicleImages/image_00031.jpg | 745, 120, 56, 65 | |
| vehicleImages/image_00032.jpg | 750, 120, 43, 33 | |
| vehicleImages/image_00033.jpg | 775, 120, 43, 33 | |
| vehicleImages/image_00034.jpg | 768, 120, 38, 33 | |
| vehicleImages/image_00035.jpg | 757, 120, 38, 33 | |
| vehicleImages/image_00036.jpg | 763, 141, 40, 31 | |
| vehicleImages/image_00037.jpg | 755, 141, 50, 33 | |
| vehicleImages/image_00038.jpg | 755, 140, 56, 40 | |
| vehicleImages/image_00039.jpg | 762, 141, 38, 28 | |
| vehicleImages/image_00040.jpg | 747, 141, 46, 47 | |
| vehicleImages/image_00041.jpg | 761, 174, 59, 47 | |
| vehicleImages/image_00042.jpg | 761, 126, 49, 47 | |
| vehicleImages/image_00043.jpg | 754, 124, 55, 52 | |
| vehicleImages/image_00044.jpg | 763, 140, 42, 33, 77, 136, 40, 28 | |
| vehicleImages/image_00045.jpg | 755, 140, 49, 36 | |
| vehicleImages/image_00046.jpg | 768, 129, 47, 43 | |
| vehicleImages/image_00047.jpg | 768, 131, 36, 38 | |
| vehicleImages/image_00048.jpg | 752, 125, 45, 43 | |

正样本对象在图片中的位置 [x,y,w,h]

(e)

图 2-10 准备正样本标签的具体操作步骤 (续)

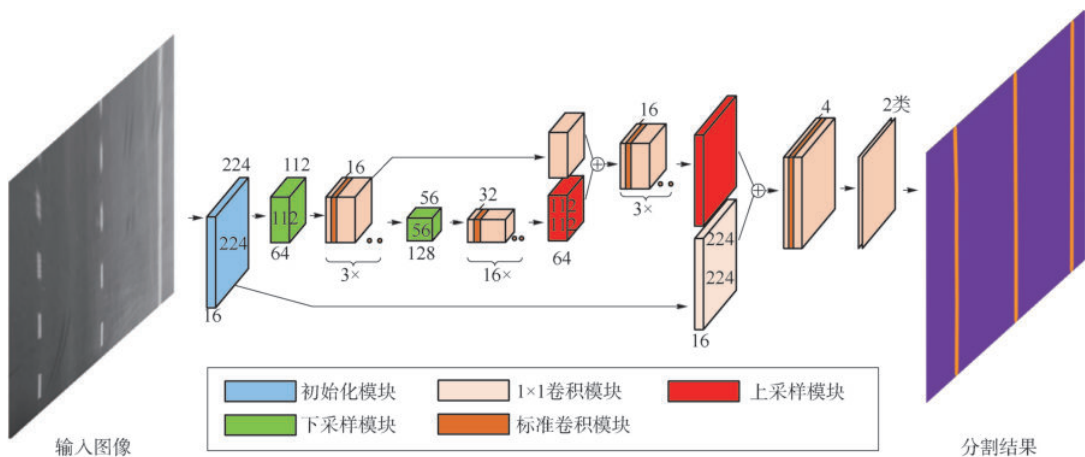


图 3-35 车道线分割网络模型结构

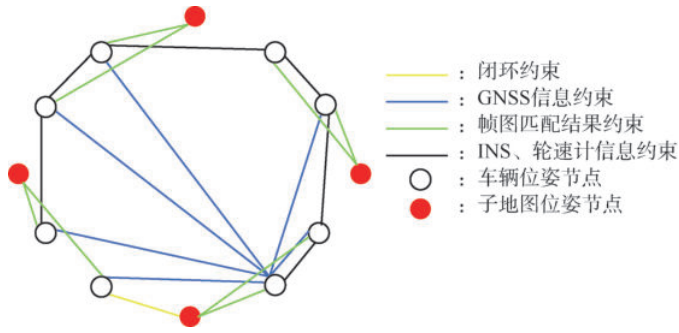


图 4-41 位姿图

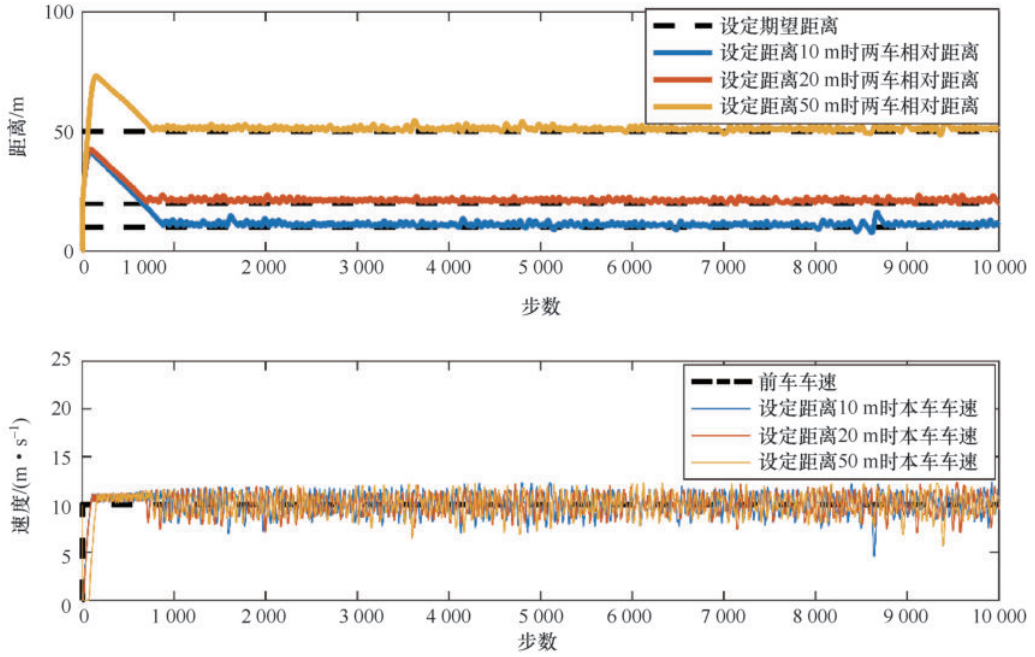


图 5-22 Q Learning 纵向定距离模型测试图

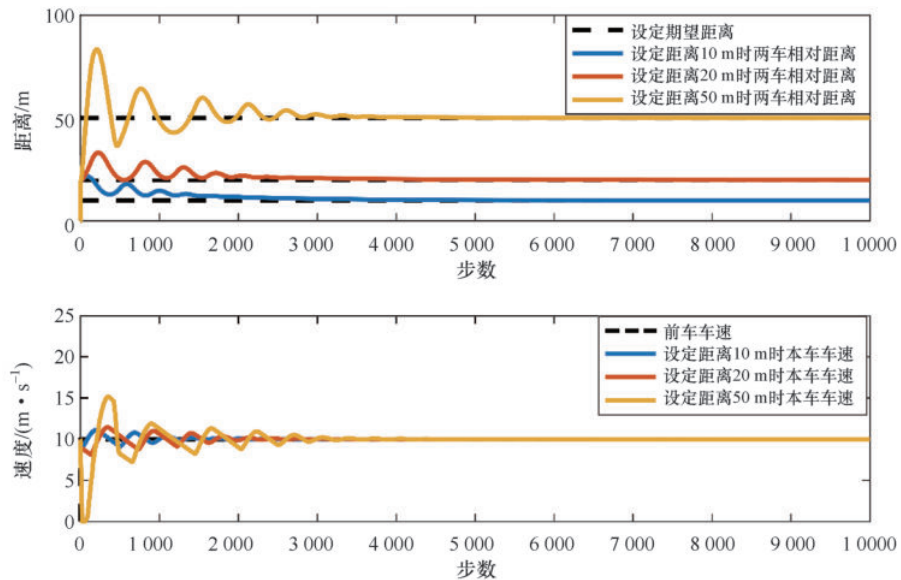


图 5-23 NQL 纵向定距离模型测试图

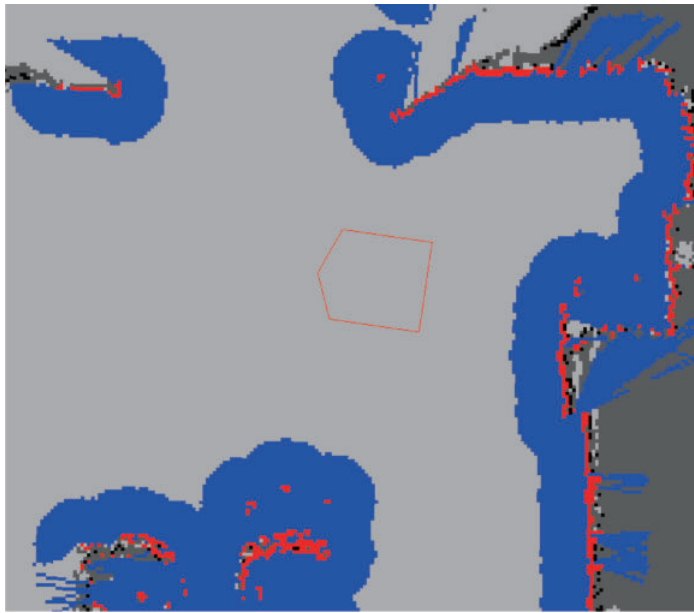


图 6-6 代价地图

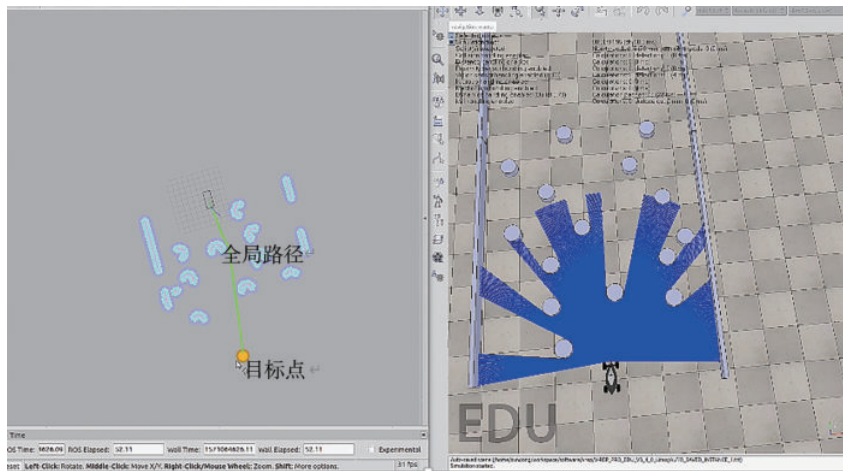


图 6-12 仿真运行起始阶段

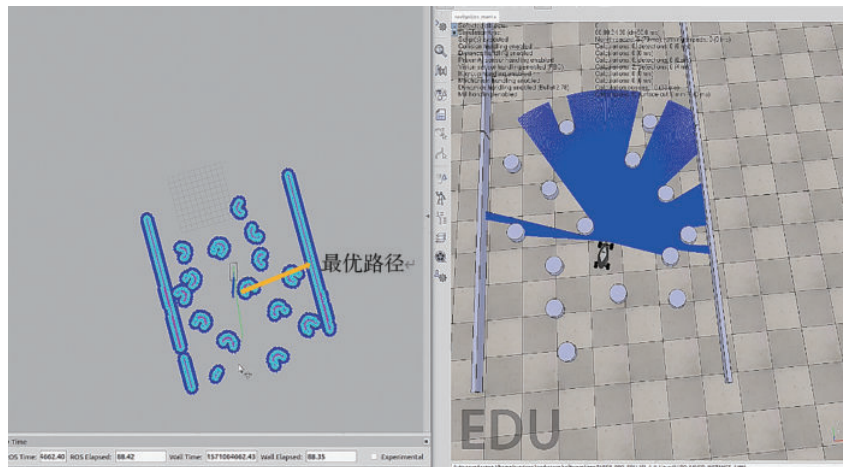


图 6-13 仿真运行中间阶段

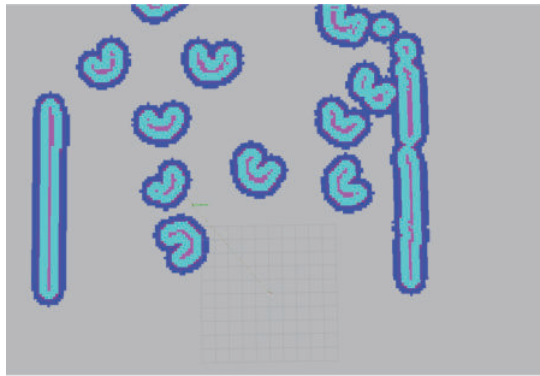
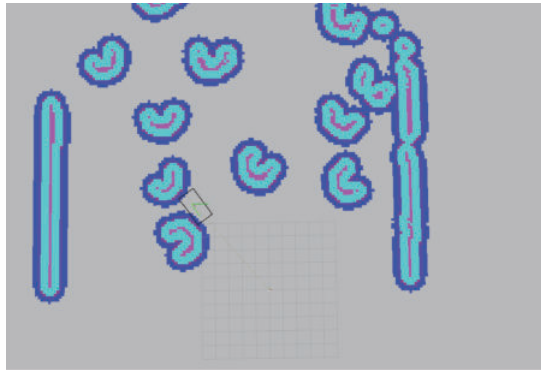
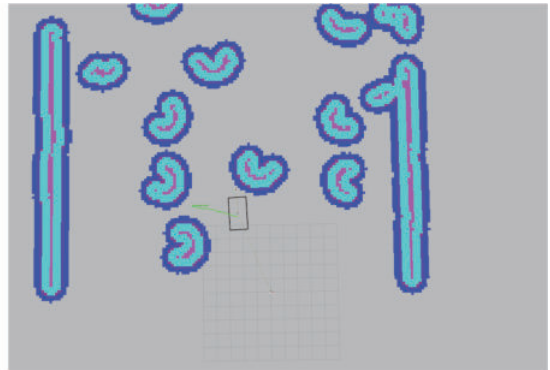


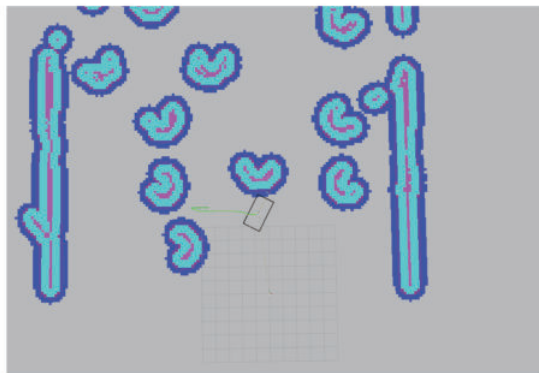
图 6-16 目标点和起始点示例 1



(a)



(b)



(c)

图 6-17 仿真结果 1

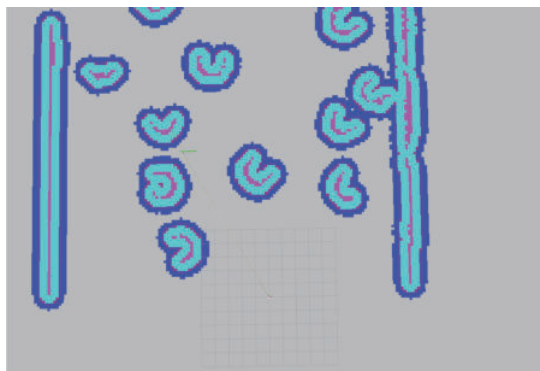
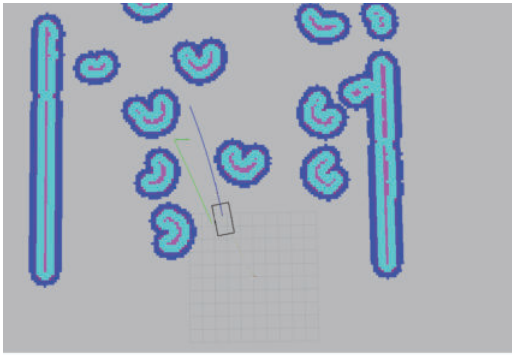
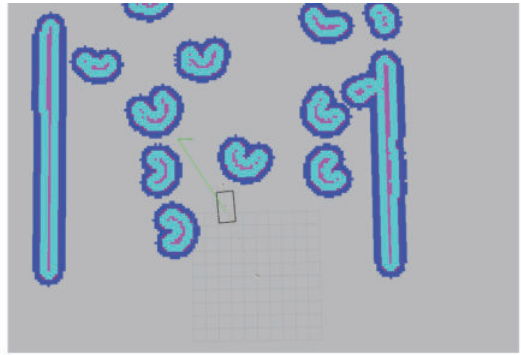


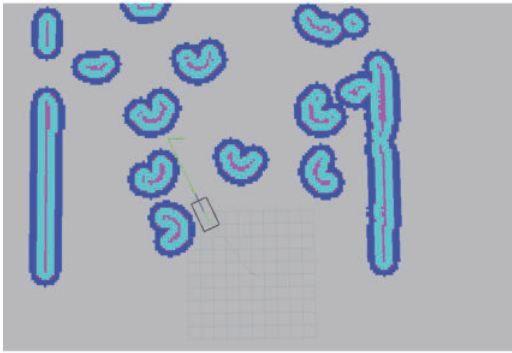
图 6-18 目标点和起始点示例 2



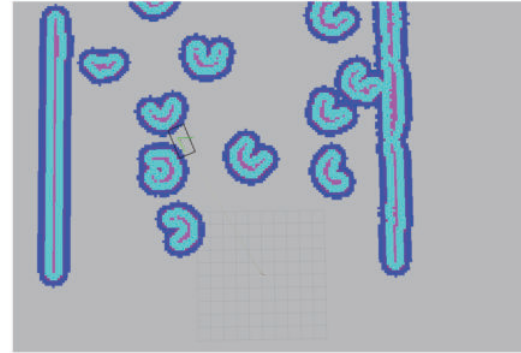
(a)



(b)

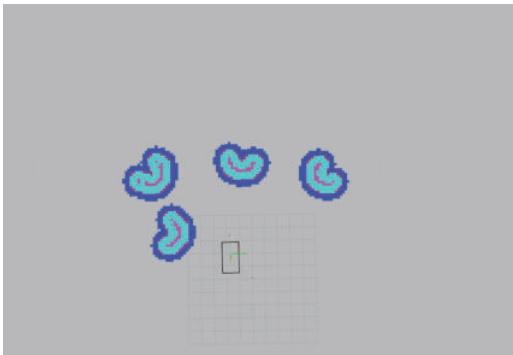


(c)

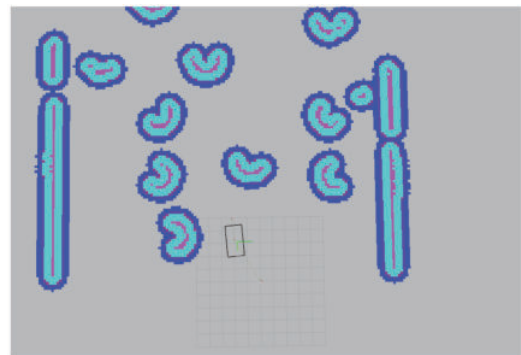


(d)

图 6-19 仿真结果 2

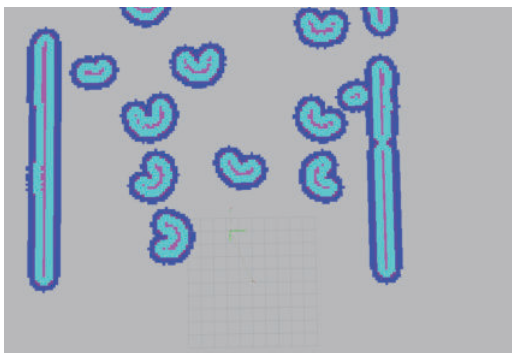


(a)

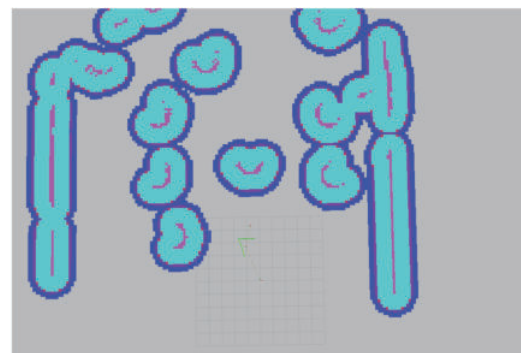


(b)

图 6-20 仿真结果 3

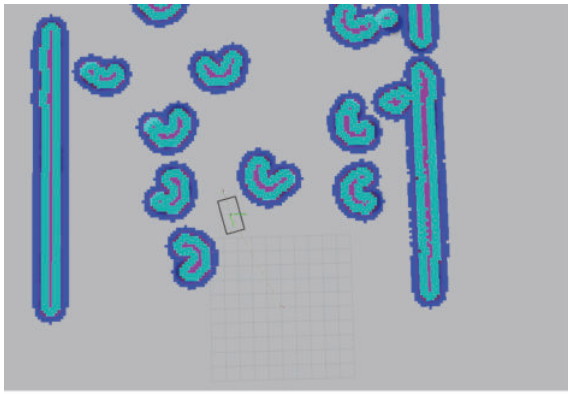


(a)

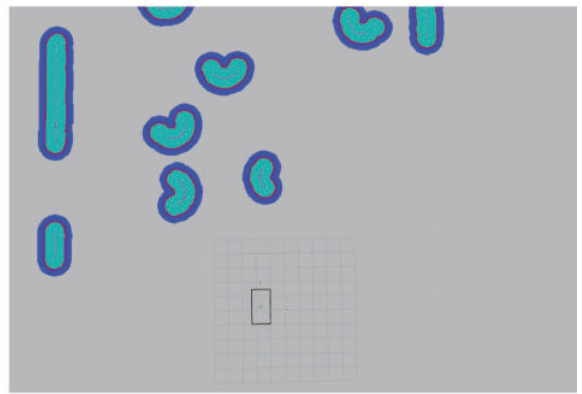


(b)

图 6-21 仿真结果 4



(a)



(b)

图 6-22 不同分辨率下的代价地图



图 6-26 二维碰撞检测示意图

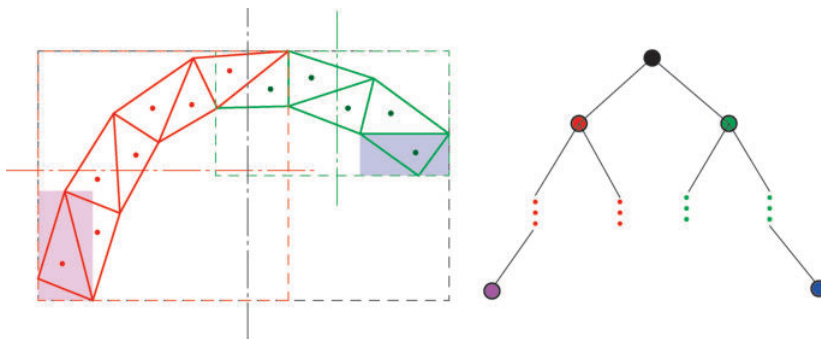
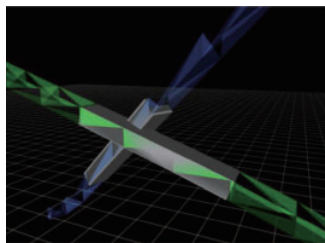
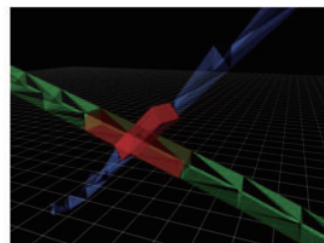


图 6-29 层次包围盒树构造示意图



(a)



(b)

图 6-30 三维碰撞检测两阶段对比图

(a) 粗略阶段碰撞检测结果; (b) 精细阶段碰撞检测结果

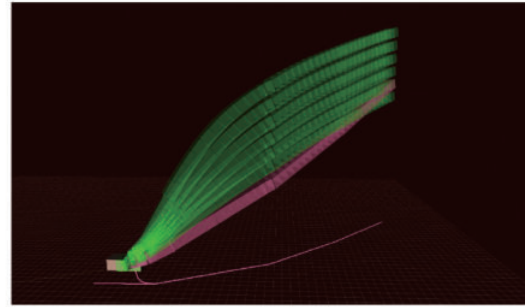
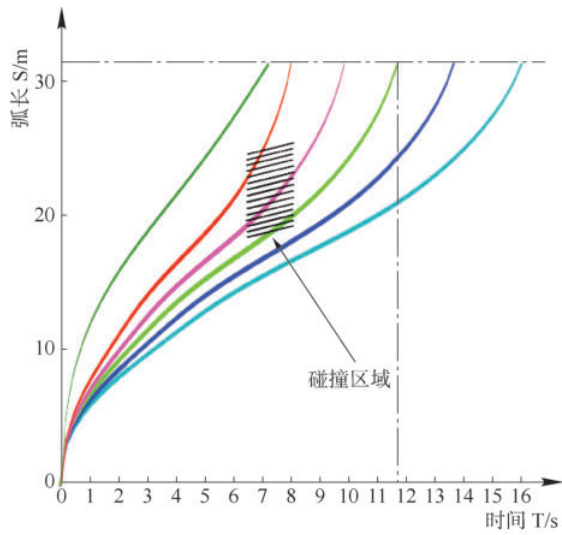
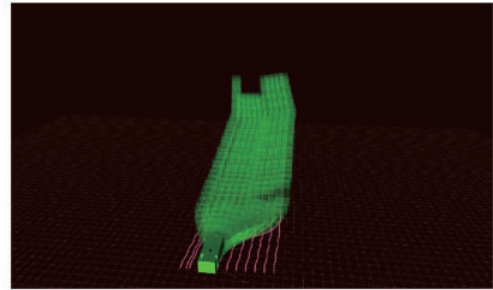
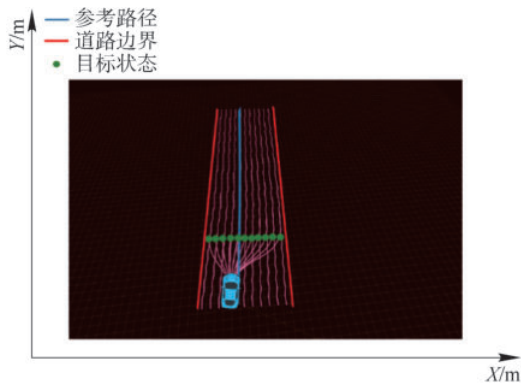


图 6-32 纵向状态空间采样轨迹生成

(a) 纵向状态空间采样示意图; (b) 纵向状态空间采样轨迹束



(a)

(b)

图 6-35 横向状态空间采样轨迹生成

(a) 横向采样路径束; (b) 横向采样轨迹束

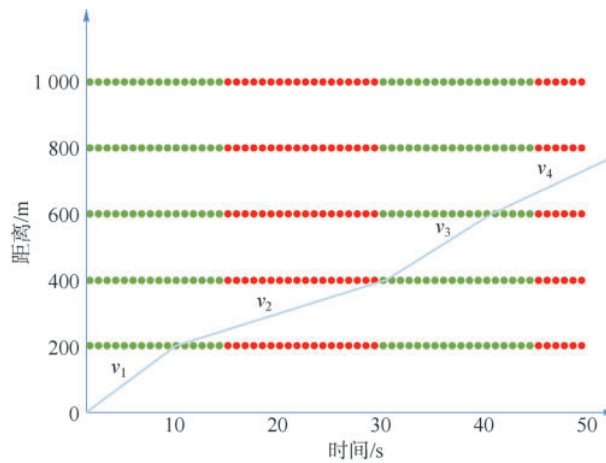


图 8-13 通行示意图

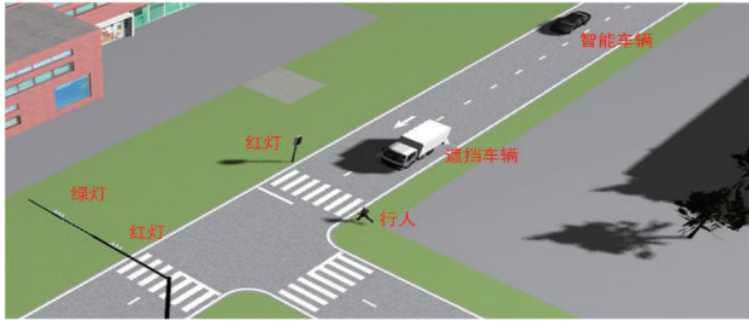


图 8-23 遮挡环境场景示意图

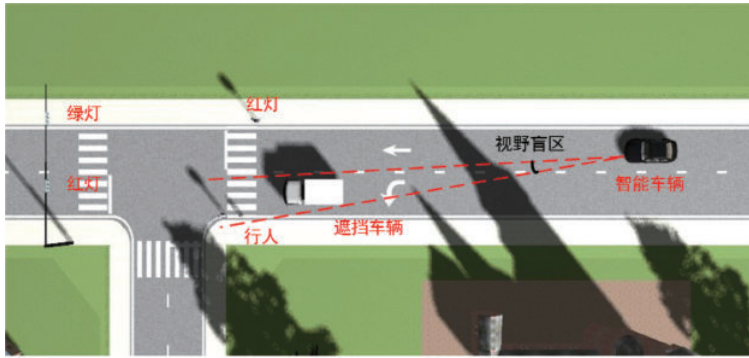


图 8-24 车辆盲区示意图

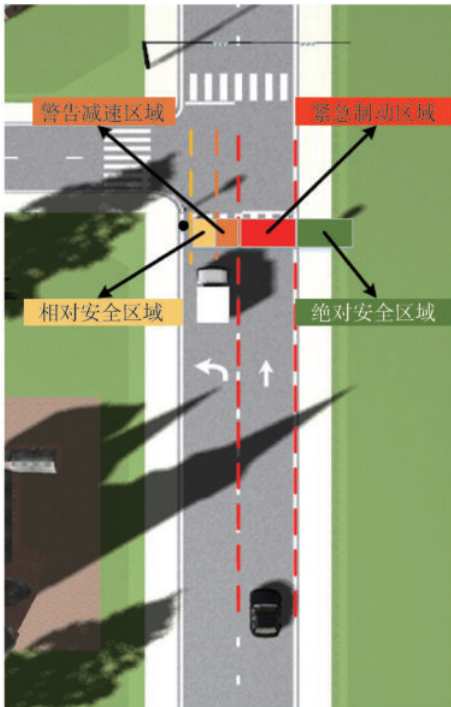


图 8-29 分级冲突区域示意图

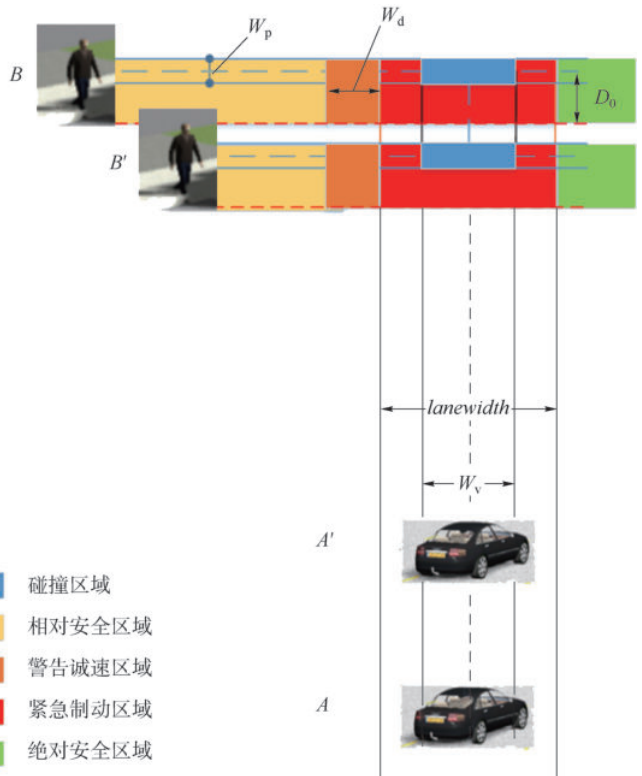


图 8-30 分级冲突区域及碰撞区域建立方法

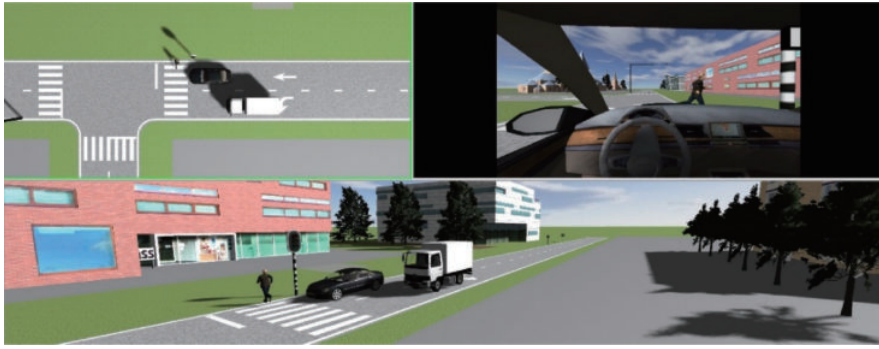


图 8-34 试验结果场景

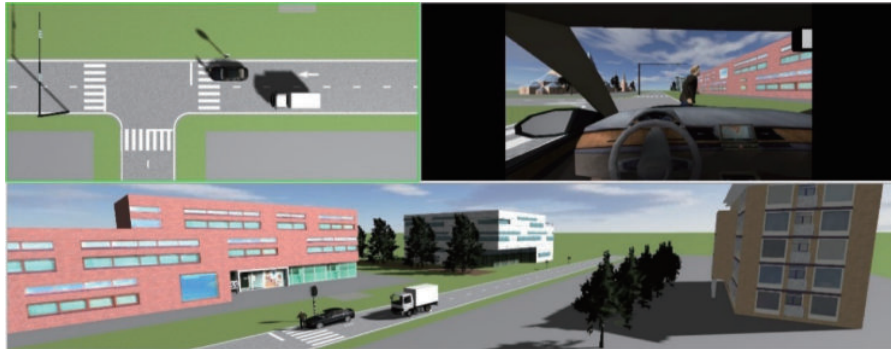


图 8-36 试验结果场景

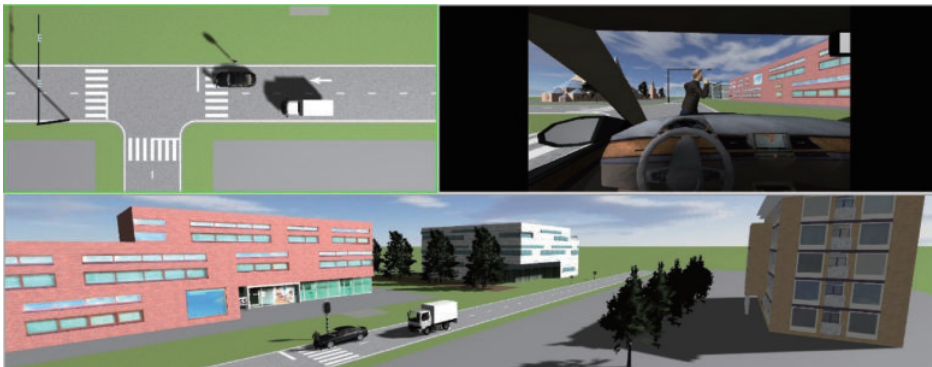


图 8-38 试验结果场景

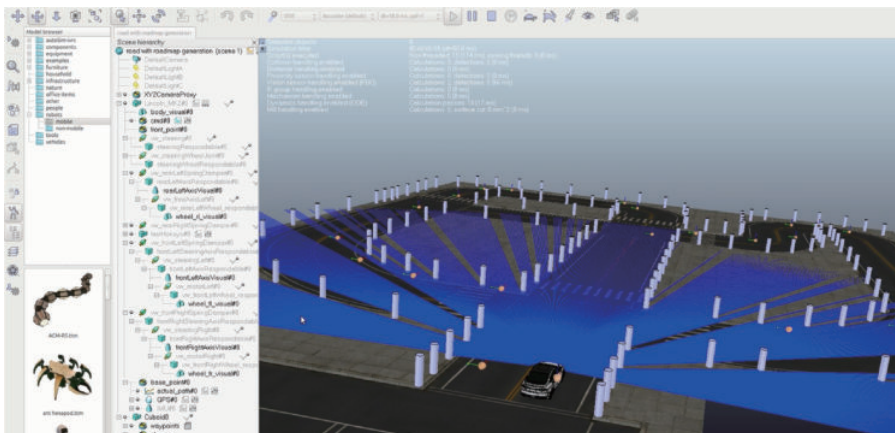


图 9-15 仿真场景

教学支持说明

本书是“智能车辆理论与应用”研究生慕课配套教材，慕课网址：

<https://www.xuetangx.com/learn/bitP0861003987/bitP0861003987/7526890/progress>

为了更好地促进教学，我们向采用本书作为教材的教师免费提供课件。

为保证该课件仅为教师获得并仅为教学使用，烦请授课教师填写以下证明，扫描或拍照发到邮箱：
64373050@qq.com，也可通过QQ：64373050 进行索取。

咨询电话：68944439

证 明

我校需要“智能车辆理论与应用”慕课课件，并仅为教学使用。相关信息如下：

学校名称：

学院/系名称：

课程名称：

开课学期：

上课学生人数：

授课教师姓名：

授课教师联系电话：

学院/系主任（签字）：

学院/系盖章

年 月 日

第2版前言

2018年，我们出版了本科生教材《无人驾驶车辆理论与设计》和研究生教材《智能车辆理论与应用》，其中《智能车辆理论与应用》一书是北京理工大学机械工程“智能车辆基础”专业核心课教材。

2019年，在北京理工大学教务部立项资助下，由本团队精心打造的“无人驾驶车辆”慕课在中国大学MOOC网站上线，该课程是针对初学者选材制作的。

2020年2月，国家发展和改革委员会等11部委联合发布《智能汽车创新发展战略》，这对进一步加快“智能车辆技术”人才培养提出了更高要求。

教育部高教司司长吴岩指出，融合了“互联网+”“智能+”技术的在线教学已经成为高等教育在教与学方面的重要发展方向。

2020年，“智能车辆基础”课程入选北京理工大学研究生教育培养综合改革项目（重点项目）——研究生网络共享课程建设项目。

项目组根据智能车辆技术最新发展成果和国家发展战略相关文件，着手准备研究生网络共享课程的制作，并同步开展《智能车辆理论与应用》一书的修订再版工作，在成体系的智能车辆技术人才培养模式上做出进一步的探索与实践，为智能车辆高端技术人才培养贡献力量。

修订后的内容共分9章。第1章在第1版的基础上，增加了目前智能车辆上广为应用的ROS的相关介绍。第2章是全新的内容，从应用的角度，结合基于ROS框架的可通行区域检测、基于（传统）机器学习与激光雷达点云的负障碍检测、基于Adaboost与摄像机图像的车辆检测等具体案例介绍智能车辆环境感知技术。第3章是全新的内容，介绍了越野环境场景识别、目标检测模型及其在智能车辆上的应用、基于深度学习的车道线语义分割等具体应用案例。第4章把SLAM作为独立的一章，体现出SLAM技术在智能车辆上的发展地位。第5章仍沿用第1版的内容。第6章是全新的内容，结合一个具体的ROS操作介绍了静态环境下的运动规划，并介绍了动态环境下的运动规划。第7章对第1版内容进行了修订，并增加了详细方案。第8章是全新的内容，从基于网联技术的多车编队自动驾驶、基于V2X的红绿灯路口通行方法、基于V2X的遮挡环境下智能

车辆避让行人等方面阐述了智能网联技术在智能车辆上的应用。第9章对第1版书中ROS+VREP案例进行了详细介绍。

本次修订版由熊光明、于会龙、龚建伟、邱慧军执笔，由陈慧岩审稿。实验室教师吕超、吴绍斌，研究生陈晨、黄书昊、马君驿、于全富、杨天、李江南、周梦如等参加了部分章节的编写及部分文字、图表的修订工作。

本书撰写过程中融入了作者长期科研实践，参与这些实践项目并对本书内容做出贡献的研究生有张玉、陈建松、丁泽亮、韩雨、季开进、朱宝昌、王超然、王超、李明红、文巧稚、宋威龙、陈昕、徐优志等，在此向他们在实验室期间做出的贡献表示感谢。本书也参考了国内外公开发表的资料，也向相关资料的作者表示感谢。

本书的出版得到北京理工大学2020年研究生教育培养综合改革项目——研究生教材建设立项资助。

智能车辆理论仍在不断发展过程中，我们将根据技术进展以及实际教学效果持续改进提高。欢迎社会各界提出意见和建议。

作者

2021年1月

目 录

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| 第 1 章 概论 | 001 |
| 1.1 智能车辆概述 | 001 |
| 1.2 人工智能概述 | 002 |
| 1.3 智能车辆体系结构 | 005 |
| 第 2 章 智能车辆环境感知 | 009 |
| 2.1 以斜坡为例的可通行区域检测 | 009 |
| 2.1.1 检测原理 | 009 |
| 2.1.2 场景构建 | 010 |
| 2.1.3 检测程序 | 012 |
| 2.1.4 操作步骤 | 021 |
| 2.2 基于机器学习与激光雷达点云的负障碍检测 | 023 |
| 2.2.1 三种机器学习算法介绍 | 023 |
| 2.2.2 数据采集与处理 | 026 |
| 2.2.3 基于 Python 库 scikit-learn 的实现 | 028 |
| 2.3 基于 Adaboost 与摄像机图像的车辆检测 | 035 |
| 2.3.1 分类器训练参数设置 | 035 |
| 2.3.2 正负样本的提供 | 036 |
| 2.3.3 训练分类器 | 037 |
| 2.3.4 使用级联分类器检测 | 041 |
| 第 3 章 深度学习及其在环境感知中的应用 | 044 |
| 3.1 卷积神经网络 | 044 |
| 3.2 越野环境场景识别 | 047 |
| 3.2.1 场景数据集 | 047 |