



交通仿真软件应用

承向军 ◇ 编著



北京交通大学出版社
<http://www.bjtup.com.cn>



交通仿真软件应用

承向军 编著

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分为6章,第1章和第2章介绍了微观交通仿真的基本概念、模型和建模步骤;第3章和第4章通过单路口和多路口交通信号控制的仿真实例,对采用 Visual C++编程环境的仿真软件开发过程进行了全方位的描述,不仅对建模过程、车辆行驶模型、信号控制模型等逐一介绍,并且针对仿真实验的参数设置、程序流程图、实验结果分析等展开叙述,还列出了软件编写过程中操作界面的截图、主要数据结构和关键功能模块的源代码;第5章讲述专用交通仿真软件 S-Paramics 的建模实例,通过两个典型交叉口的仿真过程,详细介绍了数据调查、建模、仿真实验、结果分析等各个步骤,并配有每个步骤的操作界面图;第6章对自行车与机动车在无隔离路段的干扰行为进行仿真建模,采用 Visual C++编写仿真程序,描述了建模和仿真实验的过程,并配有主要数据结构和关键功能模块的源代码。

本书具有很强的实用性和可操作性,采用仿真实例讲述仿真建模方法,使用操作界面的截图说明建模步骤,并给出关键功能模块的程序源代码以便读者理解。本书适合作为交通仿真课程的教材或参考书,也可以为广大计算机仿真爱好者提供参考和借鉴。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

交通仿真软件应用 / 承向军编著. —北京: 北京交通大学出版社, 2018.10

ISBN 978-7-5121-3728-8

I. ① 交… II. ① 承… III. ① 交通系统-系统仿真-应用软件 IV. ① U491.2-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 219076 号

交通仿真软件应用

JIAOTONG FANGZHEN RUANJIAN YINGYONG

责任编辑: 孙晓萌

出版发行: 北京交通大学出版社

电话: 010-51686414

<http://www.bjtu.com.cn>

地 址: 北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编: 100044

印 刷 者: 艺堂印刷(天津)有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185 mm×230 mm 印张: 15.25 字数: 381 千字

版 次: 2018 年 10 月第 1 版 2018 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-3728-8/U·329

印 数: 1~1 000 册 定价: 49.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质检组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

交通仿真已经逐渐成为交通研究和交通方案设计的重要实验工具和评价手段，仿真软件的应用也愈来愈广泛。在当今计算机科学发展日新月异的背景下，交通仿真技术的发展同样十分迅速。

在十余年的交通仿真研究和教学工作中，笔者不仅使用过多种行业内普遍应用的交通仿真软件，而且专门开发过基于 Visual C++的交通仿真程序，编写的源代码超过 8 万行，对交通仿真的理论、应用和实践都有着比较深入的了解和切身体会。在长期的实践中，笔者将交通仿真的基本理论和道路交通领域的控制与管理相结合，给出采用通用平台开发的路口、路段的仿真实例，并提供仿真程序的源代码。这既是对多年工作成果的总结，也是为读者提供最直接的参考和借鉴。在众多商用交通仿真软件中，笔者选取 S-Paramics 作为专用交通仿真平台案例分析的仿真软件，通过典型交叉口的仿真实例，介绍交通仿真的过程和技巧，便于读者了解交通仿真软件的操作和使用。

本书的撰写除了源于学生时代对计算机科学的浓厚兴趣并长期专注于交通仿真领域外，还应感谢的是杨肇夏老师的教导和传授，他不仅是笔者大学期间计算机模拟课程的任课教师，还是笔者本科毕业设计的指导教师和博士生导师。

笔者希望通过本书为读者提供交通仿真领域的一些应用实例，使更多的人了解交通仿真的基本理论、方法、手段和技术，使更多的人对交通仿真感兴趣，愿意更深入地探索其中的奥妙。

笔 者

2018 年 10 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 交通仿真的基本概念和内容	1
1.2 交通仿真的发展概况	2
1.3 交通仿真的发展趋势	3
第2章 微观交通仿真方法	5
2.1 微观交通仿真模型	5
2.1.1 车辆生成模型	5
2.1.2 路网描述模型	6
2.1.3 交通管理模型	6
2.1.4 车辆行驶模型	6
2.2 微观交通仿真步骤	7
2.2.1 确定仿真目标和工具	7
2.2.2 确定仿真粒度和范围	8
2.2.3 建立模型	8
第3章 基于通用软件平台的单路口微观交通仿真	10
3.1 单路口微观交通仿真建模过程	10
3.1.1 确定仿真目标和工具	10
3.1.2 确定仿真粒度和范围	10
3.1.3 建立模型	11
3.2 单路口微观交通仿真的车辆行驶模型	11
3.2.1 单路口交通信号控制仿真环境	11
3.2.2 单路口交通信号控制微观仿真的实现	11
3.3 单路口微观交通仿真的交通信号智能控制模型	17
3.3.1 智能体的基本特征	17
3.3.2 单路口信号控制智能体的控制结构	18
3.3.3 单路口交通状态的描述	19
3.3.4 单路口交通信号控制规则集	22

3.3.5	单路口交通信号自学习控制	23
3.4	单路口交通信号控制仿真实验	24
3.4.1	单路口交通信号定时控制仿真实验	24
3.4.2	单路口交通信号感应控制仿真实验	24
3.4.3	单路口交通信号自学习控制仿真实验	24
3.4.4	多种交通信号控制方式仿真实验结果比较	28
3.5	重要功能模块的流程图及仿真动态效果图	28
3.6	仿真程序编写步骤	34
3.6.1	创建程序项目	34
3.6.2	选择项目的属性	34
3.6.3	完成创建过程	37
3.6.4	添加绘图相关功能	38
3.7	主要数据结构和部分功能模块的源代码	40
3.7.1	数据结构	40
3.7.2	功能模块	47
第4章	基于通用软件平台的多路口交通仿真	83
4.1	多路口交通信号控制微观仿真软件	83
4.1.1	多路口分布式交通信号协调控制的实现	83
4.1.2	车辆强制性换道的实现	84
4.2	多路口交通信号控制仿真实验	85
4.2.1	多路口道路状况及信号相位的设置	85
4.2.2	绿灯增加时间利用率阈值的确定	88
4.2.3	分布式交通信号控制仿真实验	89
4.2.4	定时单点控制仿真实验	90
4.2.5	感应单点控制仿真实验	90
4.3	多路口交通控制微观仿真结果分析	90
4.4	重要功能模块的流程图及仿真过程的动态效果图	92
4.5	主要数据结构和部分功能模块的源代码	96
4.5.1	数据结构	96
4.5.2	功能模块	100
第5章	基于专用交通仿真平台的单路口交通仿真	131
5.1	交通仿真软件 S-Paramics 的简介	131

5.1.1	S-Paramics 浏览器	131
5.1.2	编辑/模拟/可视器	131
5.1.3	模拟/可视器	132
5.1.4	批运行模块	132
5.1.5	矩阵估计	132
5.1.6	数据分析工具	132
5.1.7	经济分析模块	132
5.1.8	批处理器	132
5.1.9	高级控制接口	132
5.2	基于 S-Paramics 的丁字路口交通仿真	133
5.2.1	路口的几何形状	133
5.2.2	车流量调查	133
5.2.3	信号控制参数调查	135
5.2.4	排队车辆数调查	135
5.2.5	仿真建模	137
5.2.6	仿真实验	155
5.2.7	输出结果及评价分析	158
5.3	基于 S-Paramics 的十字路口交通仿真	162
5.3.1	路口的几何形状	162
5.3.2	车流量调查	163
5.3.3	信号控制参数调查	164
5.3.4	排队车辆数调查	165
5.3.5	仿真建模	167
5.3.6	仿真实验	179
5.3.7	输出结果及评价分析	182
第 6 章	基于通用平台的机非干扰仿真模型	190
6.1	机非干扰行为描述	190
6.2	自行车个体微观行为特点	191
6.3	行为特征描述分析	192
6.3.1	典型行为描述	192
6.3.2	典型行为抽象分析	192
6.3.3	针对典型行为的数据收集	193
6.4	机非干扰模型的建立	194
6.4.1	典型干扰行为模型	195

6.4.2 仿真模型	199
6.5 仿真实现与实验	201
6.5.1 软件结构	202
6.5.2 模型参数确定	203
6.5.3 仿真实验	205
6.6 主要数据结构和部分功能模块的源代码	210
6.6.1 数据结构	210
6.6.2 功能模块	213
附录 A 交通仿真课程设计任务书	233
参考文献	235

绪 论

1.1 交通仿真的基本概念和内容

仿真就是为了能够以较低成本和风险对真实事物进行再现,揭示事物运行的特征和规律。通过仿真模型建立一个动态系统,在仿真过程中展现系统现在和将来的演化状态,从而获得大量数据,用来描述与实际系统相关的系统行为特征和行为结果。由此可见,仿真是将所研究的问题用数字和实体加以模仿的一种技术。按照使用方法可以将仿真分为物理仿真和数字仿真两大类。物理仿真是根据相似原理,对真实系统建立物理模型;数字仿真也可称为计算机仿真,是利用计算机技术,通过建立系统模型,在计算机平台上反映系统和事件的特征和运行规律。

数字仿真集成了计算机、网络、多媒体、软件工程、自动控制、人工智能、信息处理等多个领域的知识和理论,广泛应用在交通、环保、航空、航天、军事、医学等多个行业。

仿真的主要用途在于:① 节约经费。仿真试验是在可以重复使用的模型上进行,所支出的成本远低于实物试验的费用。② 避免试验的潜在危险。对于某些具有一定危险性的实物试验,仿真试验存在的危险更低。③ 优化系统设计。面对复杂系统的设计和构建,通过调整仿真模型的参数和结构获得不同的试验结果,根据试验结果的优劣优化系统的设计方案。④ 系统性能的评价。通过改变环境变量进行多次的仿真试验并获得结果,可以根据试验结果针对不同的系统方案进行评价等。⑤ 辅助训练。利用仿真器对操作人员进行模拟训练,如汽车驾驶模拟训练、飞机驾驶模拟训练等。

交通仿真是指利用数字仿真技术再现交通行为的研究方式,是揭示在时间和空间上的交通运行规律的一种现代技术手段。

交通仿真的优势主要体现在以下几个方面:① 经济性。当很难通过实地调研和试验获得

数据及得到数据的成本巨大时,可以通过交通仿真的方法获得相应的数据。② 安全性。使用计算机进行的交通仿真试验能够有效地避免实地调研和试验中发生意外伤害的可能性。③ 可重复性。只要建立了仿真模型,就可以任意次地重复仿真的试验过程。④ 方便性。交通仿真方法比其他传统方法更易于使用,不需要太多的数学知识来建立数学解析模型。⑤ 可控制性。数字仿真模型通过程序控制仿真的过程,很容易将参数限定在一定的范围内。⑥ 可拓展性。因为数字模型的灵活性,可以在参数设置时超出调查数据的范围,还可以将将来的交通流量数据作为参数进行设定。

1.2 交通仿真的发展概况

交通仿真是 20 世纪 50 年代以来,随着计算机技术的进步而发展起来的采用数字模型反映复杂道路现象的交通分析技术和方法。道路交通仿真可以再现交通流在时间和空间上的变化过程,能够动态地模拟真实交通流和交通事件等各种交通现象,为深入分析车辆、驾驶人员和行人等交通参与者的特征,有效进行交通规划、交通组织与管理、交通能源节约与环境保护等研究,提供了良好的工具和平台。

1949 年, M. A. Simow 和 D. L. Gerlough 提出了对交通流模拟的建议并得到实施。20 世纪 50 年代,软件“GOODE”问世,标志着道路交通仿真的真正开端。20 世纪 60 年代,交通仿真的可行性和实用性得到确认,美国的 TRANSYT 是这个时期开发使用的最具有代表性的交通仿真软件。TRANSYT 是一种宏观仿真模型,用来确定定时交通控制的信号参数最优值。此时期的道路交通仿真软件主要以优化城市道路的信号设置为目的,模型大多采用宏观模型,模型的灵活性和描述能力比较有限,仿真结果的表达方式也不够理想。20 世纪 70 年代,随着计算机技术的飞速发展,交通仿真模型的精度大为提高,功能也更加多样化。这期间出现了 NETSIM、FRESIM、FLEXSYT II、AIMSUM2(早期版本)等为代表的一批仿真软件。典型代表是美国联邦公路局开发的微观交通仿真模型。它可以模拟跟车行驶、变换车道、车流冲突、公交运行、行人冲突等交通现象,还可以仿真常见的交通管理与控制措施,如定时信号控制、感应信号控制、主(次)优先控制、车道关闭等。评价指标有延误、速度、行程时间、排队长度、油耗、废气排放等可供选择。

进入 20 世纪 80 年代后,标准化的软件开发成为潮流。此时,具有代表性的仿真软件是 1982 年美国联邦公路局开发的 TRAF 交通仿真系统。该系统包括道路网宏观仿真、道路网微观仿真、高速公路宏观仿真和高速公路微观仿真四个部分,可以模拟任意现有道路设施上的交通情况,这在交通仿真领域达到了空前的水平。进入 90 年代后,随着 Windows 操作系统的出现,计算机程序开始向可视化方向发展,用户界面友好,系统集成性更高,交通仿真的实用性得到进一步的提高,仿真软件的应用也更为广泛。1998 年问世的 TSIS 系统 4.2 版,反映了这个时期的软件特点。此系统基于 Windows 95 或 Windows NT 平台,集成 CORSIM、TRAFVU、ITRAF 系统,可以模拟演示城市道路网、公路网和城乡公路一体化路网交通情况。

进入 21 世纪后, 智能交通系统 (intelligent transportation system, ITS) 的研究日益深入, 世界各国展开以 ITS 为应用背景的交通仿真软件的研究, 出现了许多评价和分析 ITS 系统效益的交通仿真软件。具有代表性的仿真软件是西班牙开发的 AIMSUM2 仿真系统, 这是一个交互式交通仿真模型, 主要用于测试和评价新的交通控制系统和交通管理策略, 但它同时还可以用于交通状况的预测, 以及车辆导航系统和其他实时交通信息的应用。该系统能够对不同类型的交通控制建立相应的模型, 如交通信号控制、让路标志、匝道控制等, 在同一个仿真试验中可以处理不同的控制方案。动态车辆导航系统微观交通模型包括路网几何特性的精确模型、详细的车辆行为模型、确定性的交通控制方案等。它需要对模型的参数进行标定, 如跟车、可接受车距、变换车道等, 以保证模型能够输出流量、速度、占有率、出行时间、平均队长等统计指标。

与国外相比, 我国交通仿真领域的研究起步较晚, 大约始于 20 世纪 80 年代末, 在一段时间内主要以研究一些局部和特定问题为主。90 年代以后, 展开了一系列实质性研究, 使得我国在交通仿真领域取得较大的进展, 并取得一定的成果。TransCAD 在国内的用户既有道路规划领域的单位, 如交通部规划研究院, 中交第一、第二公路勘测设计院, 江苏、河北、陕西等省交通规划设计院, 中交第二航务勘察院, 铁道部第二勘察设计院等, 还有众多高等院校, 如清华大学、北京交通大学、北京工业大学、重庆交通大学、长安大学、东南大学等。CUBE 在国内的主要用户有北京城市规划设计院、广州交通科研研究所、宁波城市规划设计研究院、沈阳城市规划设计院、同济大学、长安大学、北京工业大学等。EMME/2 在国内的主要用户有上海综合交通规划研究所、中国城市规划研究院交通中心、杭州市城市规化院、青岛城市规化院、长安大学、中山大学、沈阳城市规划设计研究院等。

21 世纪初, 国内专家开发出一系列面向交通环境的实用交通仿真系统, 比较有代表性的包括由建设部城市交通工程中心主持开发的 GIS 支持下的城市交通需求分析系统软件 TranSolution, 东南大学开发的交运之星 TranStar。另外, 部分高等院校如同济大学、东南大学、华中科技大学、中南大学、西北工业大学、北京工业大学、北京交通大学等, 还有一些科研院所如交通部公路科学研究所等研究部门及其他一些开设了交通技术类课程的大专院校也陆续开展了交通仿真方面的研究工作。如同济大学开发的 TJTS 和 TESS 仿真系统, 东南大学开发的 NITS 仿真系统, 山东省科学院开发用于实时交通预测的仿真模型 DynaCHINA。但是, 目前国内交通仿真软件与国外相比, 不仅界面的友好度较差、使用不够便捷、应用方面的故障偏多, 而且接口能力和二次编程能力都有所欠缺, 要达到商用化水平尚需进一步的努力。

1.3 交通仿真的发展趋势

随着计算机软硬件技术的日新月异和交通仿真理论不断发展, 交通仿真技术将朝着以下几个方向发展。

1. 应用领域持续扩大

交通仿真的应用规模和范围将继续扩大，研究对象将从局部或一种设施的应用发展为多种设施的网络系统。系统开发将面向 ITS，在完善模型的同时，考虑智能交通运行的影响将是仿真软件开发的另一个重要目标。

2. 仿真功能日益拓展

计算机软硬件技术的迅速发展促使交通仿真从单路口和路段转向城市局部路网，甚至城市整体路网，从宏观转向微观和细节，最终使得对道路环境的描述越来越细致。另外，系统软件编程方法将得到改进。编程方法将由面向过程的模块发展成为面向对象，现在以 C++ 为代表的面向对象的程序设计方法（OOP）已日趋成熟，而面向对象的编程方法很适合描述交通环境中的人、车、路和环境之间的相互作用，使其能够非常接近实际情况，从而使得程序设计、维护和更新更加容易，用户使用、操作更加便捷，为设计更先进的交通系统仿真程序提供了可能。另外，开放的系统仿真环境将陆续呈现。系统仿真要求开发一个开放的环境，多种分析工具交互应用能够解决多种问题且每种工具对特定的问题都是最合适的。

3. 展示手段更加丰富

在计算机技术飞速发展的今天，新的仿真方法和手段不断涌现。例如，用户图形界面和综合利用 GIS 和 CAD 系统已经成为可行的方法。可视化仿真、多媒体仿真、虚拟现实仿真等新的仿真技术的开发应用对交通仿真产生了深远的影响。交通仿真技术正朝着三维、动画、多媒体的方向发展，仿真结果的展现形式将更加形象、真实和丰富化。

4. 仿真模型不断完善

交通仿真技术的研究已经十分深入，但是交通系统的复杂性导致目前的任何交通仿真软件都无法完全考虑到交通系统中的所有影响因素，尤其是在微观交通仿真方面。因此，对交通仿真模型的进一步完善仍然是今后的一项重要工作。例如，交通仿真模型将不仅局限于单个路口的运行状况，更应全面反映上、下游路段及整个路网的动态交通状况；车辆运行模型中增加关于自行车等非机动车、行人等行为的描述；考虑到车辆对环境的影响与评价；增加对车辆优先的描述等。

微观交通仿真方法

为了研究路网中车辆的行驶规律、再现复杂的交通流变化情况，并为交通管理和决策提供有效的依据，特别是满足对不同的交通管理方案所产生的效果进行评价的需要，面向微观交通的仿真技术和方法逐渐形成和完善。

微观交通仿真是将车辆的行驶行为和交通管理措施等具体的交通现象进行模拟的仿真方法。由于所需的计算资源较多，受到计算机性能的限制，在早期只能针对单路口或较小的路网进行微观交通仿真。随着计算机性能的飞速提高，以前只能在中型机和大型机上进行的交通网络微观仿真实验，现在可以在单机上轻松地完成。因此，模拟精度比中观和宏观交通仿真更高、受到计算机性能制约越来越小的微观交通仿真的应用范围也越来越广泛。

微观交通仿真从车辆的产生开始仿真，利用不同的随机数模拟车辆到达路网时的随机现象。在仿真过程中，需要对路网进行比较详细的描述和模拟，包括车道、标志和标线、交叉口的几何形状等，还有交通管理措施，如交通信号灯、禁行措施等。车辆的行驶行为是仿真的重点，也是难点。这些行为需要通过对实际驾驶行为的归纳和提炼，得到抽象的模型来模拟具体的行驶行为，涉及车辆的起停车、车辆的加减速、车辆的跟驰行为、车辆的换道行为等。

2.1 微观交通仿真模型

2.1.1 车辆生成模型

车辆的生成模型是仿真过程的起点，用来模拟车辆的产生，完成交通流的输入。模型根据路网中实际得到的交通流量数据，拟合成按照特定概率分布的随机数序列，用随机函数在

路网车辆生成源不断随机产生车辆。描述这种随机性分布规律的方法有两种：一种是以离散型分布为工具，考察在一定时间内或距离内到达某区域的车辆数的波动性，如用二项分布、泊松分布、负二项分布等来描述车辆的到达；另一种是以连续型分布为工具，研究车辆间隔时间、车速等交通流参数的统计分布特性，如用韦伯尔分布、负指数分布、移位的负指数分布、爱尔兰分布等来描述车头时距的统计特性。

2.1.2 路网描述模型

路网描述模型属于静态模型，用来刻画路网的拓扑关系和道路的几何特性。为了交通模拟更能接近实际情况，首先需要有一个尽可能反映真实状况的路网描述。因此，路网描述模型除了要表达道路的拓扑关系外，还应包括对各种道路几何特性的描述。在微观交通仿真中，节点表示车辆的发生点、吸引点或交叉口；车道包含车道号、类型、限速、转向限制等基本数据；路段是连接各个节点的有向道路，每条路段可以包含一条或多条车道。节点、车道、路段是描述路网的三个层次的结构体。

2.1.3 交通管理模型

交通管理包括交通规则、信号控制和交通管理措施等。交通规则一般是指对驾驶行为的限制，是在车道上行驶的车辆必须遵守的规则。常见的交通规则有分车道车辆类型限制、车道限速限制、车道转向限制和车道优先规则等。信号控制主要是交叉口的信号灯对车辆通过路口的管理，也包括在路段中间的行人过街信号灯控制。信号灯控制模型是对交通信号的相位、绿信比、相位差和信号配时等信号控制参数的模拟，表现为各个信号相位的绿灯时间、黄灯时间和红灯时间的长度及间隔次序。交通管理措施主要涉及路段的单向行驶、路口转向的禁行、交通管制时的特殊禁行和绕行措施等。

2.1.4 车辆行驶模型

车辆行驶是指车辆从停车状态开始，经过启动、加速、减速、转弯、换道等一系列的驾驶行为，在车道内移动的过程。使用模型来描述车辆的行驶行为，主要有两个模型，即跟驰模型和换道模型。车辆跟驰模型是描述在同一车道内无法超车的相邻车辆相互作用的行驶行为。根据车辆跟驰行为的动机，可以将车辆跟驰分为基于交通工程的跟驰模型、基于心理学的跟驰模型和基于两者结合的跟驰模型。换道模型是描述车辆因为速度的改变或行驶条件的限制变换车道的行为。车辆在行驶中改变车道的原因有很多，大体上可以将换道行为分为强制性车道变换行为和主动性车道变换行为。其他的车辆行驶行为可以通过跟驰和换道行为的组合得到。例如：车辆的停车、减速和加速，可以在跟驰模型中由前车与后车距离的变化而导致后车停车、减速或加速；超车行为可以通过换道模型由两次主动性换道行为实现。

2.2 微观交通仿真步骤

2.2.1 确定仿真目标和工具

1. 明确目的

多数交通仿真实验是针对特定交通问题或特定交通环境下的交通行为进行的，需要解决的问题具有明确的范围和要求，针对性比较强；另外，还有部分需求是面向众多交通问题或针对多种不同的交通环境下的交通行为进行研究，所需要的交通仿真环境必须有较广泛的适用性和通用性。

根据交通仿真实验的目的来确定仿真实验的平台，针对特定问题和交通环境的仿真实验，通常需要开发或使用专用型仿真实验软件，或在商用交通仿真软件上进行二次开发来完成特定的交通仿真实验。为了实现通用型交通仿真的要求，有必要进行交通仿真实验平台的开发，特别是仿真需求中有些具有很强的专业性和特殊性，则只能通过开发通用性交通仿真软件来满足需求。如果仿真实验的需求虽然多种多样，但是难度不高、专业要求不强，也可以采用商用交通仿真软件来实现其目的。

2. 针对特定交通问题的仿真环境

不同目标对仿真开发的要求相差巨大，表现在以下方面：系统架构、可移植性、可拓展性、模块化程度、软件规模等。一个针对特定交通问题或交通行为的仿真系统，一般不需要规模过大和具有很强的适用范围，能够满足仿真需求即可。因此，系统架构尽可能简单，具有一定的可移植性和拓展性。在模块化程度方面，如果是多人共同参与编程的仿真系统，则应使系统的模块化程度较高，这样有利于系统的集成和总体调试。另外，仿真系统的规模越大，则模块化程度应越高，也是为了有助于各个子系统的分阶段测试和系统总体调试。

3. 交通仿真实验平台

对于针对多种交通行为、用于模拟各类交通问题的通用型仿真系统，一般都规模较大，采用面向对象的编程工具，模块化程度较高，需要很多人员参与开发和编程工作，仿真系统面临不断升级和扩展的需要，应具有较好的可移植性和可拓展性。

4. 确定工具

1) 通用软件

无论是开发针对特定交通问题的仿真环境还是通用型的交通仿真平台，都可以选用通用软件。在通用平台上开发仿真系统，优势在于可以根据具体需要，开发具有特定功能的模块；能够面向实际交通问题，模拟特定的交通行为和交通管理措施，满足交通研究的特殊要求。但是，编程的工作量相对较大。

2) 交通仿真软件

选用大家普遍使用的交通仿真软件，可以节省很多编程时间。在一个通用的交通仿真平

台上,针对所面临的交通问题,进行二次开发,工作量相对较小。但是,一些特殊的仿真需求可能在这些仿真平台上无法实现。

2.2.2 确定仿真粒度和范围

仿真粒度是指模拟的交通行为涉及哪个层次,以及对路网模拟的精细程度。仿真范围是指模拟哪些交通行为和交通要素。仿真粒度可以划分为宏观、中观和微观三个层次。仿真范围则需要根据具体的要求来确定。

1. 仿真粒度

① 宏观。宏观仿真是将交通流按照流体力学的规则来建模,忽略单个车辆的驾驶行为和车辆之间的跟驰行为,也不考虑交叉口的交通信号控制和交通管理措施,将这些对车辆行驶造成影响的因素都以流体所受到的阻力来考虑。在这种粒度下,大为简化车辆的行为和交通管控措施,可以对城市路网等大规模的交通网络进行宏观交通仿真。

② 中观。中观仿真是介于宏观仿真和微观仿真之间的交通仿真粒度。模拟简化的交通行为和交通控制措施,可以对局部路网进行交通仿真。

③ 微观。微观仿真不仅模拟各种具体的交通行为,如转弯、跟驰、换道等,还模拟各种交通管理和控制措施,如交通信号、禁行、路口拓宽等。由于微观仿真所模拟的交通行为多、涉及的交通管控措施复杂而全面,它对实际交通状况的贴近程度最高,在三种粒度的仿真中,微观交通仿真的精度最高。

2. 仿真范围

交通仿真是为研究交通行为、评价交通建设方案、评价交通管理措施的优劣而进行的数字化实验。因此,在满足仿真目标的前提下,应明确和控制仿真的范围,尽量减少计算资源的消耗。

确定仿真范围实际上就是要回答三个问题:① 哪些交通要素和交通行为必须对细节建模?② 哪些交通要素和交通行为可以简化后建模?③ 哪些交通要素和交通行为可以忽略?

在众多交通行为和交通管理措施中,需要从中挑选和仿真的目标有着密切联系的交通要素和交通行为、简化相关性一般的交通要素和交通行为、忽略关联性不大的交通要素和交通行为。选择的范围包括交叉口的车辆行为、路段车辆行为、交通信号、自行车、行人、交通管理措施、行人和自行车对机动车的干扰行为等。

2.2.3 建立模型

仿真模型的建立需要一个过程,可以通过三个阶段的模型,逐步明确和完善所需的交通仿真模型。这三个阶段的模型分别是概念模型、算法模型和逻辑模型。

1. 概念模型

概念模型是用自然语言描述的模型。它通过自然语言对所研究问题涉及的因素、结构、关系等进行描述,给出一个对仿真对象在宏观意义上的清晰叙述。

通过建立概念模型，检验是否已经把握了问题的关键环节，是否认清了外部环境和内部结构，对所有关系是否已了解清楚。

2. 算法模型

算法模型是对仿真对象中存在的数量关系，以表达式的方式给出数量关系式，是对问题中的关系以数学算式的形式建立的模型。

通过建立算法模型，明确仿真对象中涉及的数量关系，并通过抽象和概括的数学表达式反映其本质内容。

3. 逻辑模型

仿真对象中的很多关系是无法用明确的数学关系和表达式来反映的，这也正是需要通过仿真的方式来研究交通问题的必要性。这些复杂的关系可以通过示意图和流程图的方式来表达。示意图可以描述研究对象的内部结构、与外部环境的相互关系等；流程图可以用来反映系统变化过程的逻辑进程和各个子系统之间的逻辑关系，以及模块之间的调用关系和数据的流向等。

通过建立仿真对象的示意图和流程图，了解仿真对象的行为机理和动态过程，将交通行为的动态演化过程用因果关系、时间关系和调用关系等逻辑关系加以表述，为下一步的功能实现（编写仿真程序）提供直接依据和参照。