

道路通行能力分析

■ 张起森 张亚平 编著



人民交通出版社
China Communications Press

道路通行能力分析

张起森 张亚平 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是在总结国家九五攻关项目的部分理论研究成果基础上编写而成。主要包括:交通流数据的采集与处理;车辆折算系数计算方法;高速公路、多车道公路、双车道公路、交叉口、公共交通线路、行人和非机动车通行能力和服务水平分析以及交通流模拟和仿真等。

本书可供从事道路交通运输规划、建设和管理等各个层次的技术人员学习参考,也可供高等院校交通工程、道路工程等专业的高年级本科生、研究生参考使用。

图书在版编目 (C I P) 数据

道路通行能力分析 / 张起森, 张亚平编著. —北京:
人民交通出版社, 2002

ISBN 7 - 114 - 04296 - 5

I . 道... II . ①张...②张... III . 交通通过能力—
分析 IV . U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 037194 号

Daolu Tongxing Nengli Fenxi

道路通行能力分析

张起森 张亚平 编著

正文设计:孙立宁 责任校对:尹 静 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:13.25 字数:330 千

2002 年 7 月 第 1 版

2002 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001~4000 册 定价:28.00 元

ISBN 7 - 114 - 04296 - 5

U·03152

前言

道路交通是我国交通基础设施建设的重点之一。随着国民经济的飞速发展,交通在国民经济建设中的作用和地位日趋重要,道路建设的投资规模不断扩大,特别是高速公路的建设更是方兴未艾。

作为道路交通规划、设计和管理的基础,道路通行能力研究显得至关重要。由于我国对道路通行能力研究起步较晚,以往的道路通行能力指标体系均采用“拿来主义”的方式,套用美国道路通行能力手册中的有关指标体系,并不适于我国道路交通的实际情况。因此,建立一套适合我国道路交通的通行能力分析方法和指标体系,以适应交通基础设施建设日益增长的需求,已成为道路交通体系基础性研究工作的当务之急。目前,国家正在组织人力、物力编制出版适合中国基本国情的道路通行能力指南,但其他有关通行能力分析方面的著作及教材甚少,特别是反映最新标准和科研成果的系统性著作更少。为此,笔者经过广泛收集资料,总结有关科研成果,在多年教学、科研与实践的基础上编写了此书。

本书是在国家九五攻关课题“公路通行能力研究”的大背景下完成的,所采用的大量交通流数据多为近年来实地调查整理分析结果。全书的主要内容包括交通流数据的采集与处理;车辆折算系数计算方法;高速公路基本路段、匝道、交织区、收费站、多车道公路、双车道公路、交叉口、公共交通线路、行人和非机动车通行能力和服务水平分析以及交通流模拟和仿真等。

在本书的写作过程中,承蒙哈尔滨工业大学交通科学与工程学院院长、博士生导师裴玉龙悉心指导,提供了大量的资料,在此深表敬意和谢意。长沙交通学院况爱武参与编写了第八、九和十章;王正武、郑柯参编了第七章第一节;交通部公路科研所常成利参编了第六章。在交通流基础数据获取方面得到了广东省交通科研所周刚、张国良等同志的大力协作。另外,在本书的完成过程中,长沙交通学院李军芝、江西煤炭工业学校岑宏川协助搜集整理了部分资料。哈尔滨工业大学研究生王华荣、张宇、程国柱、伊新苗等帮助完成了部分插图,孟祥海副教授也提供了部分资料,在此一并致谢。

本书旨在向读者介绍道路通行能力分析体系和方法,希望起到抛砖引玉的作用,若能对相关专业人员的研究工作有所裨益,则倍感殊幸之至。

鉴于道路通行能力研究尚在不断发展和完善之中,且手中资料有限,书中不少内容仍显得肤浅和空洞,加之笔者水平所限,不妥乃至谬误之处在所难免,敬请读者批评斧正。

作者
2002年7月

目 录

1 绪论	1
1.1 道路通行能力研究的目的和意义	1
1.2 国内外研究概况	2
1.3 道路通行能力研究的攻关目标和关键技术	3
1.4 道路通行能力研究的发展方向	4
1.5 有关道路通行能力的基本概念	4
2 交通流数据采集与处理	10
2.1 数据采集设备和方法	10
2.2 观测数据要求	14
2.3 数据处理与分析	17
3 车辆折算系数	20
3.1 概述	20
3.2 车型划分和标准车型确定	20
3.3 车辆折算系数的计算标准	25
3.4 车辆折算系数一般分析方法	26
3.5 车辆折算系数的理论分析	31
3.6 车辆折算系数的确定	33
4 高速公路通行能力	36
4.1 概述	36
4.2 基本路段	36
4.3 匝道	72
4.4 交织区	82
4.5 收费站	88
5 不控制进入多车道公路通行能力	97
5.1 概述	97
5.2 标准道路条件	97
5.3 不控制进入多车道公路交通特性分析	98
5.4 横向干扰对车辆运行速度的影响	104
5.5 道路横断面形式对速度的影响分析	106
5.6 大型车及两轮摩托车对速度的影响分析	107
5.7 观测数据的拟合	108
5.8 通行能力和服务水平	113
5.9 应用实例分析	116
6 双车道公路通行能力	118
6.1 概述	118

6.2	理想道路条件	118
6.3	双车道公路的交通特性	119
6.4	延误分析	120
6.5	通行能力分析	126
6.6	双车道公路服务水平	128
6.7	实例分析	129
7	道路交叉口通行能力	133
7.1	概述	133
7.2	无信号灯控制交叉口	133
7.3	信号灯控制交叉口	147
7.4	环形交叉口	156
7.5	立体交叉口的通行能力	162
8	公共交通线路通行能力	167
8.1	公共交通概述	167
8.2	公共交通种类及其特性	167
8.3	公共交通客流调查	168
8.4	公共交通客运量预测	169
8.5	公共汽车交通线路的通行能力	170
8.6	轻轨交通的客运能力	171
9	行人通行能力	172
9.1	概述	172
9.2	行人交通流特性	172
9.3	行人交通流基本原理	174
9.4	人行道通行能力与服务水平	177
10	自行车通行能力	181
10.1	自行车道的设置标准	181
10.2	自行车交通特性	182
10.3	自行车道的服务水平	183
10.4	自行车道的理论通行能力	186
10.5	实际通行能力	190
11	交通流模拟与仿真	194
11.1	计算机仿真技术简介	194
11.2	计算机仿真在交通流研究中的应用	194
11.3	计算机微观仿真原理	195
11.4	交通流仿真的不确定性问题	198
11.5	公路路段模拟模型	200
11.6	交叉口仿真模型	202
11.7	交通流微观仿真系统的实现	203
参考文献		205

1 绪 论

1.1 道路通行能力研究的目的和意义

交通运输无论是过去、现在和将来,都是人类进步的重要物质基础。随着改革开放的深化,我国的国民经济实力不断增强,交通运输也得到空前迅猛发展。截至 2001 年底,全国公路总里程为 169.8 万 km,其中,高速公路 1.9 万 km,仅次于美国,居世界第二位。根据交通部“十五”计划和 2020 年长远规划,在最近的十多年间,我国的公路里程还将大幅度增加,到 2010 年和 2020 年,全国公路通车里程将分别达到 180 万 km 和 230 万 km,其中,高速公路分别达到 3.5 万和 5.5 万 km,二级以上公路比重达到 20% 和 25%。高速公路建设投资巨大,每公里造价高达 2000 ~ 5000 万元,建造一座普通立体交叉口需投资 200 ~ 1000 万元左右。而道路基础设施建设的主要决策依据为预测交通量及道路设施的通行能力。由于我国目前还没有科学的通行能力分析方法与标准体系,道路设施通行能力的分析不够准确,导致公路建设标准过高或平行建设,以致建设资金超前投入而造成巨额经济损失。此外,有时由于对某些已有道路或交叉口的通行能力估计过高,使得在交通严重阻塞时仍得不到改建,或在建成后不久就产生严重交通阻塞而影响公路运输效率,造成巨大经济损失。因此,合理确定公路建设的规模 and 标准,将是公路建设中成本控制的关键,而确定公路建设规模与标准和设计总体方案的重要依据之一便是道路通行能力。

作为道路交通建设的一项基础性工作,通行能力分析 with 交通量适应性分析,不仅可以确定公路建设的合理规模及合理建设模式,还可为公路网规划、公路工程可行性研究、公路设计、公路建设后评估等方面提供更为科学的理论依据(图 1.1-1)。

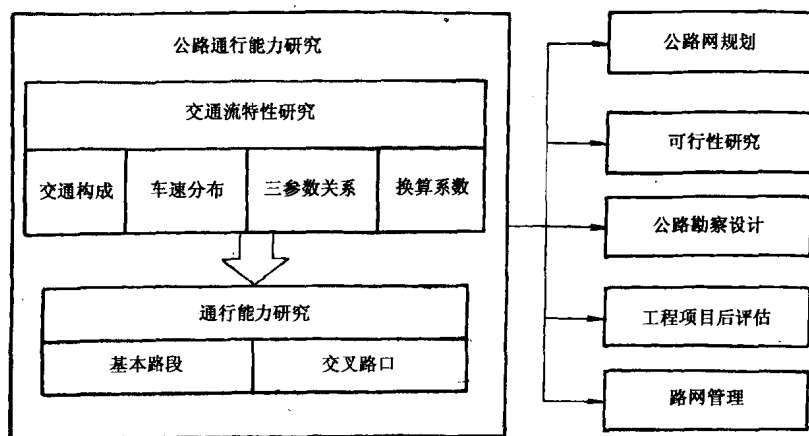


图 1.1-1 道路通行能力研究意义及结构框图

1.2 国内外研究概况

1.2.1 国际研究动态

道路通行能力的研究始于美国。从 20 世纪 40 代起,尤其是第二次世界大战结束以后,美国加速建成了全国公路网,并针对公路的规划、设计、修建养护及营运管理中出现的问题,开始对道路通行能力进行研究。1950 年美国道路运输研究委员会(Transportation Research Board)出版了《道路通行能力手册》(Highway Capacity Manual,简称 HCM)第一版,随后于 1965 年修订出版了第二版 HCM。1985 年第三版 HCM 问世。与前两版相比,第三版除详细论述了公路与城市道路的通行能力外,又增加了分析高速公路、自行车道、人行道和无信号交叉口等交通设施通行能力的内容。随着时间的推移,车辆拥有量、交通条例和交通行为均发生了变化,美国的公路通行能力手册仍在继续修订中。1994 年、1997 年又发行了最新的修订本。而且,一个名为《HCM2000》的新手册编制工作业已启动运转。事实上,随着交通运输业的飞速发展,道路通行能力的标准一直在不断地进行调整,通行能力的指标也在不断提高。如早期版本的 HCM 将高速公路通行能力标准定为每车道 1400 辆/h,1985 年版才定为每车道 2000 辆/h。而国外有关专家通过对最新的观测结果分析后建议,高速公路、一级公路的通行能力应较原建议值每车道 2000 辆/h 提高 200~300 辆/h,并认为随着车辆机动性能的不断提提高,公路设施的逐步完善,高速公路、一级公路的通行能力标准宜作相应的调整。加拿大、法国等西方国家已采纳这一建议,美国 1994 年版 HCM 也已将新的标准提高到 2200 标准车/h/道。

继美国之后,许多发达国家如英、法、德、日等国均根据本国实情组织专门研究队伍开展了这方面的实地调研,编制出各自的 HCM 手册。20 世纪 80 年代至 90 年代初,一些发展中国家如印度、巴西、印度尼西亚、韩国、马来西亚等国也在各国政府的支持下,对公路通行能力进行研究,编制出适合各自国情的通行能力手册。例如,在德国,道路通行能力手册(HBS)的制定始于 1989 年。该手册较完整的草稿发表于 1994 年,目前已广泛应用于工程实践中。然而,在德国交通部将其作为官方版推广之前,仍需进一步改进。最近,又成立了一个机构专门负责进一步的改进工作,其主要任务是研究美国 HCM 提出的评价交通运营状况的六级服务水平标准在德国的适用情况。此外,还提出了一种确定匝道通行能力的新方法。在无信号交叉口通行能力研究方面也取得了重大进展。新的手册将于本世纪初发行。

随着通行能力研究的深入开展,国与国之间的学术交流也在不断加强。1990 年在德国召开了第一届公路通行能力国际研讨会。1994 年又在澳大利亚举办了第二届公路通行能力国际研讨会,参加该会议的有 18 个国家,从 16 个国家中选出了 49 篇论文出版了论文集,并且有 16 个国家及世界银行对各自的研究情况进行了报告。1998 年 10 月,交通部公路科研所和东南大学在南京联合举办了公路通行能力国际研讨会,来自德国、美国、瑞典等国及国内一些科研院所的专家学者出席了会议。会议对公路通行能力问题进行了专题讲座,并出版了论文集。

道路通行能力研究中,交通流理论的发展和完善体现了其研究的深度和广度。国外在这方面的研究较为深入。如欧美交通工程学者 Navin 和 Hall 在 20 世纪 80 年代末期首次提出尖点突变理论解释交通流行为,并建立了相应的突变理论模型,应用在加拿大安大略省哈密尔顿市的伊丽莎白女王大道实测的交通流数据进行验证。实验结果表明,突变理论从三维空间角度解释交通流三参数关系,能够弥补传统的二维平面分析交通流三参数的一些不足之处。突

变理论在交通流的应用研究目前仍在不断完善中。

1.2.2 国内研究现状

中国目前的交通状况类似于美国的 40、50 年代,汽车数量急剧增加,公路建设方兴未艾。但长期以来,由于我国对道路通行能力的研究尚未形成统一系统的方法,缺少适合中国国情的参数、模式和通行能力分析体系,道路通行能力的研究一直是一个薄弱环节。《公路工程技术标准》中所采用的通行能力,基本上沿用了国外的一些研究成果,不能完全反映我国公路交通的实际运行特性,因此,制定一套适合我国国情的道路通行能力指标体系已刻不容缓。

20 世纪 80 年代以来,国内一些研究单位在引进国外(特别是美国)有关通行能力的研究方法及内容的同时,又对适合我国国情的通行能力及服务水平等方面进行了一些局部性研究,如北京、上海、广东等省市的交通科研部门于 20 世纪 80 年代中期分别开展了混合交通双向双车道公路研究等工作。但这些研究并未纳入统一规划的轨道,未能形成通行能力的理论核心与框架,尤其是我国目前的交通组成、管理方式等方面与国外有着明显的差别,国外的研究成果并不完全适合中国的国情,不能一味照搬。因此,有必要对我国道路通行能力问题进行全面系统的研究,形成适合中国国情的通行能力研究方法和指标体系,这已成为我国道路交通领域的决策者和专家们的共识。为此,国家计委在 1996 年批准立项“国道主干线设计集成系统开发与研究”项目,并由交通部公路科研所,中交公路规划设计院、东南大学和北京工业大学四家联合河北、河南、北京、新疆、辽宁和广东等六省市科研设计单位组成联合攻关课题组进行“公路通行能力”专题研究。此外,广东省交通科研所也联合长沙交通学院开展“经济发达地区交通运行特性与通行能力研究”,作为国家九五攻关课题的支撑项目。

1.3 道路通行能力研究的攻关目标和关键技术

1.3.1 攻关目标

通行能力研究的最终目标是提出适合我国公路交通状况的公路通行能力分析方法和公路通行能力分析指南及其相关计算机软件系统,为有关部门进行公路规划、设计、交通控制与管理及工程可行性研究提供依据。其具体攻关目标如下:

(1)提出我国交通流的运行特性、速度与流量关系模型以及在不同公路交通条件各车型的当量换算方法。

(2)提出高速公路和混合交通二、三级公路的通行能力、服务水平建议值以及相应的分析方法、数学模型和计算机分析软件。

(3)提出各种常见类型公路交叉口、匝道、收费站的通行能力建议值以及相应的分析方法、数学模型和计算机分析软件。

(4)编制适合中国国情,同时又能与国际接轨的《公路通行能力分析指南》。

1.3.2 关键技术

根据上述攻关目标要求及我国公路交通的实际运行状况,目前主要应解决的关键技术如下:

(1)公路交通流参数采集、数据结构标准化及处理技术;

- (2)交通流运行特性模拟技术及模拟模型;
- (3)车型当量换算方法及其分析模型;
- (4)交通流三参数关系模型及其建模技术;
- (5)高速公路通行能力分析模型及其建模技术;
- (6)双车道公路通行能力分析及其建模技术;
- (7)交叉口交通流运行特性分析及其模拟模型。

通行能力研究涉及交通工程学、道路工程学、心理学、运输经济学、计算机模拟、系统工程等学科,交叉性较强。系统分析方法在公路通行能力研究中起着关键的作用。从观测点的分布、实测抽样、计算机模拟分析,到通行能力分析、修正、验证,都必须坚持以“系统分析方法为指导”的思想,使所编制的《公路通行能力分析指南》更科学、更合理,以满足我国近期公路设施建设及远期公路交通现代化管理的需要。

1.4 道路通行能力研究的发展方向

随着计算机技术的迅猛发展,以计算机为辅助工具,利用其可重复性、可延续性模拟交通运行状况进行公路通行能力分析研究,对于再现复杂交通环境条件下的车流运行特征,弥补观测数据不足,解决交通流车速-流量关系曲线的外延问题等都有着其他方法和手段无可比拟的优势。因此,通过计算机集成和优化,采用模拟预测和实时仿真系统进行分析研究将是道路通行能力研究的未来发展方向。

目前国际上较为流行的四套模拟软件分别是:美国的 HCM 系统,它与 1994 年版 HCM 手册相配套,用于各种交通设施下的交通运行分析;澳大利亚 ARRB 开发的 SIDRA 系统,主要适用于各类交叉口的运行分析;瑞典公路局的 CAPCAL 系统和荷兰公路局的 PTDESIGN 软件,分别为交叉口和环岛的交通模拟模型。其中,以美国的 HCM 系统应用最为普及,也最具权威。美国交通运输研究局(TRB)研制开发的与 HCM 配套使用的 1997 年版公路通行能力系统软件 HCS(Highway Capacity Software)应用最为广泛。该软件由交叉口、干道、公路网等模块组成。数据输入包括交通设施几何参数(车道数和车道宽度等)及交通和道路条件(交通流量、自由流速度、地形条件、道路等级、横向干扰、重车混入率等);输出结果为各种交通设施通行能力及其相应服务水平和相关图表。硬件配置要求:486 以上微机;操作系统:WINDOWS 95/NT;硬盘:16MB;显示器:EGA/VGA。HCS 软件为美国公路运输与交通工程设计、规划与控制提供了良好的服务,发挥了巨大的效用。

令人欣喜的是,我国公路部门也正在加紧研究和开发适合中国国情的相关模拟软件系统,力争使我国的通行能力研究与国际接轨。

1.5 有关道路通行能力的基本概念

1.5.1 交通设施类型

交通设施一般可分为两大类:

- (1)连续(非间断)交通流(uninterrupted flow)

这类交通流没有如交通信号等引起交通中断的影响因素,其设施包括:高速公路(基本路

段、匝道、交织区等)、多车道公路、双车道公路等。

(2) 间断交通流(interrupted flow)

这类交通流有如交通信号等引起交通中断的影响因素,其设施包括:交叉口、城市干道、公共交通、行人、自行车等。

1.5.2 通行能力

道路通行能力又称道路容量(Capacity)。简言之,是指道路的某一断面在单位时间内所能通过的最大车辆数。美国 HCM 对道路通行能力给出了如下定义:通常,一种设施的通行能力,规定为在一定时段和通常道路、交通、管制条件下,能合情合理地期望人和车辆通过车道或道路的一点或均匀断面上的最大小时流率。HCM 还将通行能力分为基本通行能力、可能通行能力和设计通行能力。

基本通行能力,是指道路和交通都处于理想条件下,由技术性能相同的一种标准车,以最小的车头间距连续行驶的理想交通流,在单位时间内通过道路断面的最大车辆数。也称理论通行能力,因为它是假定理想条件下的通行能力,实际上不可能达到。

可能通行能力,是指考虑到道路和交通条件的影响,并对基本通行能力进行修正后得到的通行能力,实际上是指道路所能承担的最大交通量。

设计通行能力,是指用来作为道路规划和设计的标准而要求道路承担的通行能力。

通行能力影响因素主要有:

(1) 道路条件

道路条件指的是街道或公路的几何特征,包括:交通设施的类型及其所处环境、每个方向的车道数、车道和路肩宽度、侧向净空、设计速度以及平、纵线形。

其中,交通设施类型是关键,是否存在不间断交通流,双向交通流之间是否有中央分隔带等都明显地影响交通特性和通行能力。

(2) 交通条件

交通条件,是指交通流中车辆种类的分布(交通组成),设施中可用车道的交通量和交通分布以及交通流的方向性分布。

车辆类型的分布是影响道路通行能力的主要交通流特性。如重型车辆,由于其动力性能较小客车差,尤其是加速、减速和保持上坡车速的能力不如小客车,因此在很多情况下不能保持跟上小客车,从而在车流中形成的大间隙很难由超车来填补,这就造成无法完全避免的道路空间的低效利用。也正是基于此原因,高速公路在坡度较大的上坡路段要考虑设置爬坡车道。

车道使用和方向性分布是影响通行能力的另外两个因素。一般而言,每个方向的交通流各占 50% 左右时,交通运行条件最好。方向性分布很不平衡时,通行能力就会下降。车道分布则体现出靠路肩的车道承担的交通量较其他车道少。

(3) 管制条件

间断流设施(如平面交叉口)对交通流流向实行有效的管制,是影响道路通行能力的另一关键因素。这类交通设施中最关键的控制设施是交通信号。使用的控制设备、信号相位、绿灯时间分配和信号周期长度均影响车辆运行。

停车和让路标志也影响通行能力,但不起决定作用。停车或让路标志将优先通行权永久分配给主要道路或街道,次要道路的车辆必须在主线交通流中寻找间隙穿越。因此,次要道路的通行能力就取决于主要道路的交通条件。

能显著影响通行能力的管制条件还有限制路边停车,车辆转弯限制以及车道使用管制等。如限制路边停车能增加公路或街道的有效车道数,转弯限制能消除交叉口车流的冲突点而提高通行能力,车道使用管制可给各种流向明确地分配有效道路空间。它们既可以在交叉口使用,也可以在关键的干道上开辟变向车道。

1.5.3 服务水平

服务水平(Level of Service)的概念最早出现在 1965 年版美国 HCM。该手册把服务水平规定为描写交通流内的运行条件及其对驾驶员与乘客的感受的一种质量标准。用下述因素描述服务水平概念中的条件:速度、行驶时间、驾驶自由度、交通间断、舒适和方便。HCM 还根据描述因素将每种设施类型分为六级服务水平,用 A 到 F 六个字母加以区分。其中 A 级服务水平为最高服务等级,而 F 级服务水平最差。

我国对公路服务水平研究尚不够深入,因此公路服务水平级别不宜分得过细或过粗。根据实际观测分析并综合考虑美国、日本的分级标准,从便于公路规划设计及使用方便、可操作性强的原则出发,以区分稳定流和不稳定流为基本条件,将服务水平划分为一、二、三、四级共四个等级。一级服务水平相当于美国公路服务水平的 A 级或 B 级;二级服务水平相当于美国 C 级;三级服务水平相当于美国 D 级;四级服务水平大致相当于美国公路 E 级到 F 级。

公路服务质量归根到底反映在汽车运行质量。因此衡量服务水平的因素归纳起来主要有以下几个方面:

- (1)驾驶员选择行驶车速的自由度、驾驶的疲劳程度和心理紧张程度;
- (2)交通流密度与车辆平均运行速度;
- (3)汽车运行费用等经济因素;
- (4)服务流率。

由于上述诸因素相互间有不同的联系,因此要从以上几个方面来综合分析服务质量是很困难的。如汽车运行费用应与公路工程费用结合来考虑,但至今资料仍十分欠缺。因此,只能以其中最具有代表性的几种因素作为评定指标。现阶段考虑的主要因素是交通流状态、驾驶员驾驶水平、路段平均运行速度和最大服务流率。而同样条件下,行车自由度与车流密度和速度又是密切相关的。

1.5.4 服务流率

服务流率(Service Flow Rate)是指在通常的道路条件、交通条件和管制条件下,在给定时间周期内,保持规定的服务水平,合理地期望人或车辆通过一条车道或道路的一点或均匀断面所能达到的最大小时流量。服务流率通常取 15min 为一时段。

1.5.5 效率度量

HCM 为了清楚地表述服务水平的概念,对每种交通设施采用最能说明其运行质量的一项或几项运行参数来确定服务水平。手册给出了如下说明:尽管服务水平的概念试图对运行条件提出一个较大范围,但因数据收集和有效性的限制,所以把对每种设施类型看作是运行参数的整个范围是不切实际的。手册提出了效率度量(Measure of Effectiveness)概念,将确定每种设施服务水平而选择的参数称为效率度量,表示能最好地描述该类设施运行质量的合用度量。并针对不同的设施类型,提出不同的效率度量。表 1.5-1 是 1985 年版和 1994 年版《HCM》中所

确定的效率度量指标。

从表中我们可以发现,1994 年版《HCM》中的度量指标进行了一些修改,如多车道公路的效率度量除了用密度来度量外,还增加了自由流速度;而双车道公路则仅用时间延误百分率来度量,因为延误率本身就体现了平均行程速度。但到目前为止,还没有统一指标体系。美国交通研究委员会(TRB)正致力于研究更适合的标准,计划出版新的 HCM。

确定服务水平效率度量 表 1.5-1

设施类型	85 年版:有效度量	94 年修订版:有效度量
高速公路		
基本路段	密度 (辆小客车/km/车道)	密度 (辆小客车/km/车道)
交织区	平均行程速度 (km/h)	平均行程速度 (km/h)
匝道连接点	流率 (辆小客车/h)	流率 (辆小客车/h)
多车道公路	密度 (辆小客车/km/车道)	密度 (辆小客车/km/车道) 自由流速度 (km/h)
双车道公路	时间延误百分率 (%) 平均行程速度 (km/h)	时间延误百分率 (%)
信号交叉口	平均每辆车停车延误 (s/辆)	平均每辆车停车延误 (s/辆)
无信号交叉口	储备(或预储备)通行能力 (辆/h)	平均总延误 (s/辆)
干道	平均行程车速 (km/h)	平均行程车速 (km/h)
公共交通	旅客占位系数 (客/座)	负载系数 (客/座、辆小客车/h、人/h)
行人交通	空间 (m ² /行人)	空间 (m ² /行人)

1.5.6 交通度量及其关系

- (1)速度
- 速度(Speed)用单位时间通过的距离表示,通常为 km/h。常用的几种速度定义如下:
- ①地点车速:车辆通过某一地点的瞬时车速;
 - ②行驶速度:通过某一区间的长度与所许时间(不包括停车时间)的比值,该速度用以评价路段的线形顺适性和通行能力分析。
 - ③行程车速:也称区间车速,是车辆行驶路程与通过该路段所需时间(包括停车时间)之比。行程车速是一项综合指标,用以评价道路的通畅程度,估计行车延误情况。
 - ④临界车速:道路通行能力达到最大时的运行车速,对于选择道路登记具有重要意义。
 - ⑤设计车速:在道路、交通与气候条件良好的情况下,仅受道路物理条件限制时,所能保持的最大安全车速,用作道路线形几何设计的标准。

通行能力研究中采用的速度标准是平均行程速度。平均行程速度可由区间观测法直接观测得到。其原理是:采用牌照法(录像回放记录)记录观测路段两端所通过的车型、车号(取后四位数)及通过的时间,然后根据同一车号的每辆车的行程时间,再由被观测路段的长度,利用下列公式算得:

$$v = L / \left(\sum_{i=1}^N T_i / N \right) \tag{1.5-1}$$

式中: v ——路段平均运行速度;
 L ——路段长度;
 T_i ——第 i 辆车的行程时间;

N ——观测的车辆数。

地点速度和区间速度的关系为：

$$v_s = v_l - \sigma_l^2 / v_l \quad (1.5-2)$$

式中： v_s ——路段平均行程速度(区间速度)；

v_l ——地点速度；

σ_l ——地点速度均方差。

(2) 交通量、流率和高小时系数

交通量(Volume)是指在已知时间间隔内,通过一条车道或道路某一点或断面的车辆总数。根据单位时间的不同,可分为年交通量、日交通量和小时交通量等数量指标。流率(Flow Rate)是指在给定不足 1h 的时间间隔(通常为 15min)内,车辆通过一条车道或道路某一点或断面的当量小时流率。

交通量和流率的区别在于,交通量是在一段时间间隔内,通过一点的观测或预测的实际车辆数。流率则表示在不足 1h 的间隔内通过一点的车辆数,但用当量小时流率表示。

高峰小时系数定义为整个小时交通量与该小时内最大 15min 流率之比,用 PHF 表示。

$$PHF = \frac{\text{小时交通量}}{\text{该小时内的高峰小时流率}} \quad (1.5-3)$$

(3) 密度

密度(Density)是指在已知长度的车道或道路上的车辆数,通常表示为辆/km。密度是一个描述交通运行的重要参数,它表示车辆之间相互接近的程度,反映了交通流中驾驶的自由程度。

流率、速度和密度之间的宏观关系表达式为：

$$V = S \times D \quad (1.5-4)$$

式中： V ——交通量；

S ——行车速度；

D ——交通密度。

图 1.5-1 为上述三参数关系示意图。

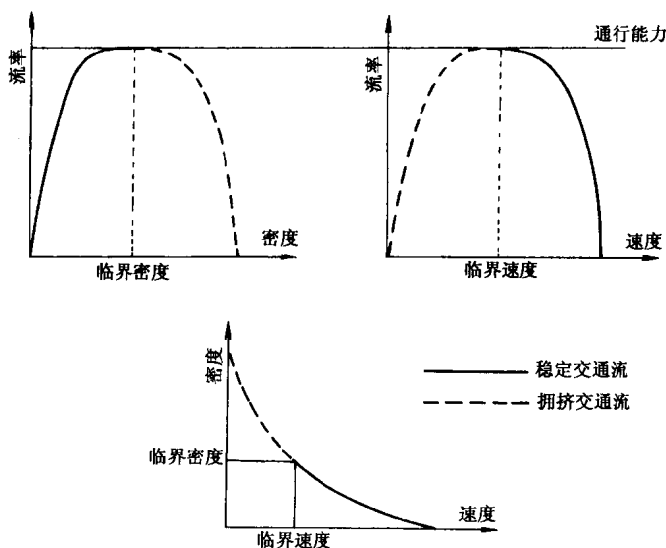


图 1.5-1 速度、密度和流率关系示意图

任何已知交通设施的最大流率就是它的通行能力。这时出现的交通密度称为临界密度,相应的速度称为临界速度。当接近通行能力时,流量趋于不稳定,因为交通流中有效间隙更少。达到通行能力时,交通流中不再有可利用的间隙,并且车辆进出设施,或在车道内部改变形式所带来的任何干扰,都会产生难以抑制或消除的障碍。如图 1.5-1 所示,除通行能力外,任何流率能在两种不同的条件下出现:一种是高速度和低密度,另一种是高密度和低速度。曲线的整个高密度、低速度区间是不稳定的。它代表强制流或阻塞流。曲线的低密度、高速度区间是稳定流范围,通行能力分析正是针对这个流量范围进行的。

2 交通流数据采集与处理

道路通行能力研究中,所需要的野外观测数据是后期分析工作的第一手资料,数据的准确和“正常”与否直接关系到分析结果的偏差程度。因此,正确的数据采集与处理方法将给后面的分析建模工作在质量上提供可靠的保证。国内外研究道路通行能力的方法主要有三种:一是实地观测交通流数据并进行数理统计分析;二是利用计算机模拟模型;三是借鉴美国通行能力手册中的已有成果。但无论采取哪种方法,都要有一定的实地观测数据作为分析依据。

为了满足基本路段通行能力的研究,观测点需要提供交通流的速度、流量、车头时距和车型等参数;匝道通行能力研究需要车辆地点车速、区间车速、车头时距等参数;交织区通行能力研究通行能力研究通行能力研究要得到车辆运行相互干扰的特征参数;收费站通行能力研究通行能力研究需要搜集收费时间、车辆到达时间和离开时间等参数;交叉口通行能力研究要得到车辆运行速度、跟车时距、可穿插间隙等参数。因此,观测点需要分基本路段、匝道、收费站、交织区和交叉口等几种类型。

2.1 数据采集设备和方法

2.1.1 观测仪器和设备

交通工程学的发展为交通调查提供了多种手段。随着科学技术的进步,特别是计算机科学的发展,交通调查的手段和方法发生了很大的变化,数据采集也由过去的单纯人工记录方式向自动化迈进。

交通量数据采集仪器和设备因研究目的不同而有所侧重,目前国内外数据采集仪器种类繁多,有光电式、电子感应式、图像自动识别等许多方式,功能、精度也有所不同。传感器也有多种,传统的有线圈式,气压管式等。下面重点介绍由交通部公路科研所研制开发的移动式交通量数据采集仪和图像识别系统。

(1) 移动式交通量数据采集仪

移动式交通量数据采集仪是以计算机技术和微电子技术为核心的智能型数据采集器。该仪器吸收了国外同类产品的优点,具有易于安装、易于操作、可靠度高、采集数据准确、容量大及耗电省等特点。仪器可以同时记录4个车道的交通流数据,根据不同的需求,可以设定多种功能,其基本功能为:记录车辆通过观测点的时间,车道号,速度,车头时距,车辆轴数及轴距,并能判别车型;扩展功能是可以作为浮动车法的记录仪(需要配备一部汽车和相应的脉冲式传感器)。通过串行通讯口可以由便携式计算机现场实时监测,并及时传输到电脑中储存以防数据丢失。此外,还可配备同步摄像系统作为辅助手段(仪器上设有连接摄像机的接口),一旦因意外造成数据丢失,可在室内对照摄像机从便携式键盘输入对应车型,以满足人工输入数据的要求。图2.1-1为采集仪主仪器外观。

采集仪的基本功能是当车辆通过观测断面时,仪器记录下车辆的信息,同时把不同的车分开,不形成串车现象。安装时,在每一条车道路面上铺设两个传感器(间距一般为5m)。图

2.1-2为铺设示意图。

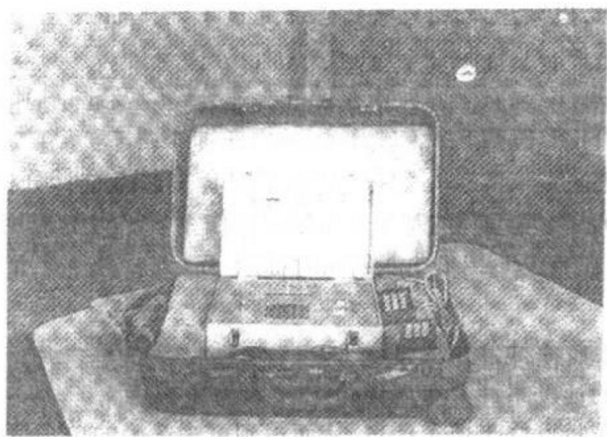


图 2.1-1 采集仪主仪器外观

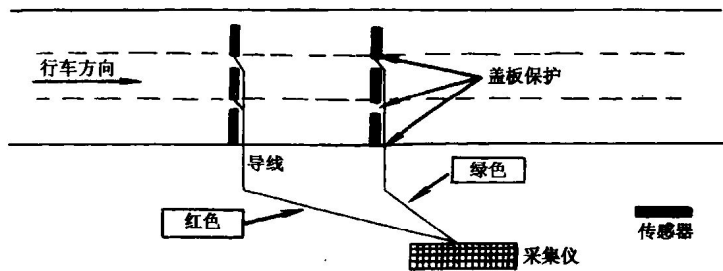


图 2.1-2 铺设示意图

当车辆第一轴通过传感器 1 时,采集仪清除计时器,当第一轴经过传感器 2 时,记录时刻 t_1 ,第二轴经过传感器 2 时,记录时刻 t_2 ,这样可以根据传感器 1 和 2 之间的距离 S 方便地算出车辆的速度 v 和 1、2 轴之间的轴距 d_1 。即:

$$v = S/t_1 \tag{2.1-1}$$

$$d_1 = v(t_2 - t_1) \tag{2.1-2}$$

需要说明的是,单个车辆的识别是非常重要的,即车辆最后轴通过传感器 2 时,仪器应能正确判断与下一辆车的前轴分开。其实现方法如下:

设轴 1 经过传感器 1 和 2 的时间为 t_1 ,轴 n 经过传感器 2 的时间为 t_n ,若在时刻 $t > t_1 + t_n$ 时仍无车轴经过传感器 2,则认为当前车辆结束。

采集仪的配套软件用 C 语言写成,全汉字显示,计算机软件实时多任务操作。操作系统采用 MCS-51 汇编语言写成,管理仪器的硬件系统进行各种事物的处理和各种用户操作命令。操作系统提供的用户命令有:清除数据存储器、启停采集仪、显示剩余空间等,同时还可实现采集仪的现场观测功能,以便用户检查仪器的工作情况。

为实现实时多任务操作,采用了中断和任务分时循环执行,将处理分为两类:一类实时性要求较高,如车辆的检测等,这些作为前台任务由中断程序完成,每毫秒执行一次;另一类是实时性不强的事物,如车辆数据的格式化和存储、数据传送等,这些作为后台任务分时执行。

为了适应不同地区的车型变化分类,软件设置了开放的车型匹配库,通过对车辆性能、几何尺寸、轴距的分类,可以确定出合理的车型匹配。