

城市交通概论

——交通工程学原理与应用

段里仁

北京出版社

此，本书没有采用高等数学公式进行推导，而只是引用了必要的文献资料与数据，其目的是要为从事城市交通工作的同志提供一些比较切合实际的参考资料。

本书在取材上主要侧重于城市交通的综合治理。比如，对道路的分析，不局限于采用道路工程方法，而增加了对道路的动态分析内容；为了探索交通参与者特别是汽车司机的行动规律，对交通心理学作了论述；针对我国城市交通的交通流主要是断续交通流的特点，重点介绍了交通调查方法；根据我国城市交通以公共交通工具与自行车为主的特点，对公共交通与自行车交通本身的规律进行了初步分析，并提出了一些改善方法；在交通管理方面，重点阐述了平交路口的交通处理、单向通行、交通信号控制以及交通事故分析等。此外，还综述了国外本世纪七十年代以来在城市交通中所采用的一些行之有效的交通综合治理方法，其中有一些我国暂时不能应用，也还可供我们借鉴和参考。

在编写本书过程中，笔者参考了一些国内外有关城市交通和交通工程学的书籍及文献，书中有些部分采用了前人著作中的论点和资料。在此仅向原作者们表示感谢。

笔者在撰写本书过程中，得到许多同志的帮助和支持，特别是北京交通工程学会副理事长兼秘书长程毅同志和秘书处顾问朱长仁副教授，他们对书稿提出了许多宝贵意见；江敏英同志为本书描绘了插图，在此一併表示感谢。

由于作者水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

段里仁

1983年3月

内 容 提 要

本书作者运用交通工程学的原理,对城市交通各个方面的问题,如交通混乱、拥挤;交通事故;交通公害;能源浪费等进行了较为系统的分析,并提出一些解决措施。全书共十七章,包括交通工程学概述、车辆、道路、交通心理、交通流的特性与交通调查、交通容量与交通服务水平、平面交叉路口、单向通行、交通事故、公共交通、自行车交通、行人交通、静止交通、交通标志与路面交通标示、交通信号与交通控制、交通与环境以及交通与能源。可供城市道路规划、设计和施工部门、交通运输部门、交通管理部门和公共交通部门的工程技术人员、管理干部参考,也可作为有关院校的教学参考。

城 市 交 通 概 论 ——交通工程学原理与应用

段 里 仁

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京崇文门外东兴隆街 51 号)

新华书店北京发行所发行

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

*

850×1168 毫米 32 开本 15.125 印张 362,000 字

1984 年 9 月第 1 版 1986 年 1 月第 2 次印刷

印数 5,101—6,900

书号: 15071·54 定价: 2.95 元

前 言

随着现代科学技术和工业的迅速发展，新的城市不断出现，原有城市的规模也日益扩大，城市人口不断增加；再加上现代交通工具的广泛使用，这就给城市交通工作增加了许多新的内容。首先需要解决的问题是，交通混乱、拥挤，车辆行驶速度降低。其次是交通事故不断增多。第三是汽车尾气污染以及交通噪声、交通振动等交通公害对居民的有害影响越来越严重。第四是能源利用不合理。在石油资源缺乏，供应日趋紧张的情况下，如何既使城市交通便利、迅速，又节约能源也是一个十分重要的研究课题。上述四个方面的问题解决得如何，既是衡量一个城市交通好坏的主要标志，也是城市交通综合治理的主要内容。应当如何对城市交通进行综合治理呢？国内外的实践证明，最有效的方法是运用交通工程学原理，将城市中的人、车、道三者作为一个整体来考虑，探讨发生各种交通现象的规律，从而找出改善城市交通的措施。这也是本书所要论述的基本内容。

本书在对交通工程学的基本原理进行扼要的阐述的同时，对城市交通中比较突出的公共交通、自行车交通、行人交通、静止交通、单向通行、交通控制、交通标志与标示、交通事故、交通环境和交通能源等方面出现的问题，也作了初步的分析和论述，并提出解决的途径及主要措施。

我国研究交通工程学起步较晚，特别是运用交通工程学的原理解决城市交通中出现的各种问题，还处于尝试阶段。为

目 录

第一章 绪论——交通工程学概述.....	1
§ 1-1 交通工程学的研究对象及目的	1
§ 1-2 交通工程学的历史	3
§ 1-3 交通工程学的研究范围	8
第二章 车辆.....	18
§ 2-1 车辆发展简史	18
§ 2-2 机动车辆种类及拥有量	19
§ 2-3 汽车行驶的基本原理及使用性能	23
§ 2-4 轻型摩托车	39
第三章 道路.....	42
§ 3-1 概 述	42
§ 3-2 道路横断面	49
§ 3-3 视 距	53
§ 3-4 道路线形	61
§ 3-5 立体交叉	65
§ 3-6 高速道路(汽车专用道路)	74
第四章 交通心理.....	80
§ 4-1 交通心理学浅释	80
§ 4-2 交通环境	85
§ 4-3 操纵特性	87
§ 4-4 反应特性	88
§ 4-5 视觉特性	92

§ 4-6	饮酒与驾驶	105
§ 4-7	驾驶疲劳	108
§ 4-8	事故心理	112
§ 4-9	行人的行动特性	115
第五章	交通流的特性与交通调查	117
§ 5-1	概 述	117
§ 5-2	速 度	118
§ 5-3	交通量	139
§ 5-4	速度与交通量	151
§ 5-5	始终点调查	159
§ 5-6	交通实态调查	166
第六章	交通容量与交通服务水平	175
§ 6-1	交通容量	175
§ 6-2	交叉路口的交通容量	177
§ 6-3	交通服务水平	192
第七章	平面交叉路口	199
§ 7-1	交叉冲突与视距三角形	200
§ 7-2	平交路口的类型及设计原则	204
§ 7-3	平交路口的设计	209
§ 7-4	平交路口的几何构造	215
§ 7-5	平交路口的改良	218
§ 7-6	平交路口的渠化	222
§ 7-7	平交路口的控制	232
第八章	单向通行	242
§ 8-1	概 述	242
§ 8-2	单向通行的优点	244
§ 8-3	单向通行的缺点	252
§ 8-4	单向通行实施的必要条件	253

第九章 交通事故	257
§ 9-1 交通事故的定义	257
§ 9-2 交通事故的分类	260
§ 9-3 交通事故率	266
§ 9-4 交通事故所造成的经济损失折算	271
§ 9-5 国外交通事故概况	273
§ 9-6 北京市交通事故初步分析	280
第十章 公共交通	290
§ 10-1 概 述	290
§ 10-2 城市公共交通通畅化的基本途径	298
§ 10-3 公共汽车优先	306
§ 10-4 公共交通换乘	317
第十一章 自行车交通	320
§ 11-1 自行车交通的历史、现状与作用	320
§ 11-2 自行车交通的特点	328
§ 11-3 自行车道	337
§ 11-4 自行车在交叉路口的交通处理与控制	347
第十二章 行人交通	352
§ 12-1 行人交通事故	352
§ 12-2 行人交通的特点	355
§ 12-3 人车分离与保护行人	358
§ 12-4 人车分离与行人空间	366
第十三章 静止交通	371
§ 13-1 概 述	371
§ 13-2 停车场的规划	373
§ 13-3 停车场的设计	378
§ 13-4 停车控制	382
第十四章 交通标志与路面交通标示	384

§ 14-1	交通标志	384
§ 14-2	路面交通标示	394
第十五章	交通信号与交通控制	401
§ 15-1	交通信号	401
§ 15-2	饱和交通流及交通控制参数	407
§ 15-3	车辆检测器	412
§ 15-4	交通控制的基本类型	417
§ 15-5	点控制	418
§ 15-6	线控制	420
§ 15-7	面控制	428
第十六章	交通与环境	434
§ 16-1	大气污染	434
§ 16-2	交通噪声	439
§ 16-3	交通振动	448
第十七章	交通与能源	450
§ 17-1	交通与能源的关系	450
§ 17-2	交通的能源利用效率	453
§ 17-3	交通节能方法	458
附表 2-1	我国客车的基本数据	460
附表 2-2	我国货车的基本数据	462
附表 2-3	一些国家汽车的最大规格	464
附表 3-4	一些国家高速道路的设计标准	466
附表 5-5	道路现状调查项目	472
附表 5-6	一般交通量调查统计项目	474
附表 5-7	机动车始终点调查统计项目	475
附表 5-8	客流调查的主要统计项目	476
附表 9-9	日本东京交通事故和机动车辆的历年 变化	476

第一章 绪论——交通工程学概述

如果把城市比做人体的话，那么交通运输就相当于血液的流动。有了安全、方便和快速的交通，现代化城市才会生机勃勃。要想使现代化城市有安全而畅通的交通，必须运用交通工程学的原理对城市交通进行综合治理。因此，这里首先对交通工程学的有关内容作一简要的综合介绍。

§ 1-1 交通工程学的研究对象及目的

交通工程学的研究对象是道路交通。本世纪三十年代，第一个交通工程学会——美国交通工程师学会给交通工程学下了一个定义，即：交通工程学是研究道路和街路以及与它们相连接的土地的规划、几何设计及交通运用，以便使人和物的移动达到安全、便利、有效及经济的目的。

著名的交通工程学学者美国的布伦敦教授认为：交通工程学是一门关于交通和旅行的计测科学，是研究交通流和交通发生的法则的科学。为了使人和物安全而有效地移动，需要把这些科学知识应用于交通系统的规划、设计和运用的领域。

交通工程学把道路工程中的静态结构物(道路)、汽车工程和运输工程中的动态物体(车辆)、人体工程中的人(行人、驾驶人员)以及这三个方面相互有关的内容，综合在统一的交通环境中一起进行研究，以寻找道路的通行能力最大、交通事故最少、交通公害最低的科学措施，从而达到安全、便利、有效、

经济、舒适和低公害的目的。因此交通工程学不象一般的工程学科，它所处理的问题不仅与物质因素有关，而且还常常与驾驶人员和行人的心理因素以及环境因素有关。换句话说，交通工程学是处理人、车、道三者之间的时间和空间关系。在这里，“人”是指行人和驾驶人员，“车”是指机动车和非机动车，“道”是指道路与交通环境。

由于道路的建设速度与道路交通量的迅速增加不相适应，因而出现交通拥挤和堵塞、交通事故增多的现象。为了解决这个矛盾，使道路交通发挥最大的效能，就要把道路建设和交通管理有机地结合起来进行研究，以探讨道路交通问题的解决办法。

六十年代以前，国外一些交通工程学学者曾经提出，交通工程学有三大支柱，一是法规(Enforcement)，二是教育(Education)，三是工程(Engineering)。就是说，为了解决道路交通问题，必须制订严格的交通法规，加强交通安全教育，积极建设交通工程设施。因为这三大支柱的英语词的头一个字母都是“E”字，因此，有人把解决道路的科学简称为三“E”科学。六十年代以后，环境工程学越来越被人们重视，而交通工程学与环境又有密切关系，因此，又有人把交通工程学在三大支柱的基础上再加上环境这一大支柱。刚好环境(Environmen)的英语词的头一个字母也是“E”，所以又可把交通工程学简称为四“E”科学。七十年代以来，能源问题又成为世界性的研究课题。交通与能源也有密切的关系，能源(Energy)的英语词的头一个字母也是“E”，所以，又可把交通工程学简称为五“E”科学。总之，只有把法规、教育、工程、环境和能源结合起来考虑才能处理好人、车、道之间在时间和空间方面合理的关系。可以这样说，交通工程学是综合治理交通特别是综合治理城市交通的一门科学，是研究城市交通现代化和城市交通管理现代

化的一门基础科学。】

交通规划本来是交通工程学的的一个组成部分，但是从五十年代末期开始调查、到六十年代初期才完成的美国芝加哥城市圈交通规划，第一次把交通规划改为运输规划。因为在这个规划中，除了要进行道路规划外，还要对大宗交通运输工具的规划作综合性的考虑，并对各种交通手段（包括公共电、汽车和火车、地铁等）所担负的交通运输任务作实际的规划。六十年代中期，美国的法律规定，凡属根据综合的城市交通调查所确定的城市交通规划统称为运输规划。由于这样，交通工程学的研究越出了道路交通的范围，涉及到各种交通手段。因此，1930年创立的美国交通工程师学会在1975年正式改为交通运输工程师学会或称为运输工程师学会。最近，国际上交通工程学的研究除了研究道路交通之外，还包括了与道路交通手段有关的其它交通手段的研究。根据我国和世界大多数国家的习惯，上述这些内容也包含在交通工程学之中。

§ 1-2 交通工程学的历史

1-2-1 中国古代的道路交通

我国是世界上用车最早的国家。早在公元前三千年，我国劳动人民就已发明了舟车，比欧洲人发明马车早一千多年。车的出现，使人类的交通工具进入了车轮时代，这对于人类的文明起着巨大的推动作用。历史上，有的学者曾把用马、牛或人牵引车轮进行运输的时代的文化叫车轮文化。可以说，道路交通是随着车轮文化出现的。公元前115年，开通了世界第一条最长的国际性道路——连接中国和西方的“丝绸之路”。从此，道路交通在商业和军事上更加显示出了它的重要作用。

中国是最早重视道路规划和设计的国家。古代《诗经》（小

雅大东)上记载:“国道如砥,其直如矢。”讲的是道路的几何设计,说明道路平整,线形笔直。例如连接长安(今西安市)和洛阳的最古老的一条道路就是如此。公元前二世纪,在当时的封建国家的统治体制中设置了“司险”(即交通监督官)。司险“掌九州之图,以周知其山林川泽之阻,而达其道路。”讲的是主管开隧道,建桥樑,穿过山林川泽修道路。当时道路分为五类,即经、畛、涂、道、路。“经”是指小路;“畛”是指有铺装的道路,供人力手推车用;“涂”是指只让一辆马车通过的道路;“道”是指可让两辆马车并列通过的道路;“路”是指可让三辆马车并列通过的道路。农村道路的宽度与城市道路中的环路的宽度相等。后来,在历代王朝的首都出现了可以并排走九辆马车的大道、可以并排走七辆马车的环路。各封建诸侯的都城有可并排走七辆马车的大道、可并排走五辆马车的环路。并且还规定其它城市的道路宽度不准超过并排走五辆马车的宽度。公元前 221 年,秦始皇统一了度量衡,规定马车车轮间距离为 6 尺(每尺相当 27.65 厘米),并规定道路的宽度以马车宽度(指车轮间距离)为单位来测定。《史记·秦始皇本纪》记载:“一法度衡石丈尺、车同轨、书同文字”中的“车同轨”就是指车辆的规格要求全国统一。另外,道路的宽度以及驿站间的距离也要求全国统一。为了加强道路建设,秦始皇还提出了建设通邮道路网和驰道的计划,特别是从首都长安以放射状向外的驰道被一些世界著名的交通工程学家称为是“汽车专用道路(即高速公路)”的起源,不过那时的驰道是马车道路。

中国古代的道路交通是相当发达的,几乎可以与当时交通最发达的罗马帝国相比,如表 1-1 所示。

中国最早的交通管理设施及制度是九世纪在道路上出现的里程石、道标及了望楼等,以及早已出现的宿驿制度。《周礼》中写道“凡国野之道,十里有庐,庐有饮食。三十里有宿。

表 1-1

中国与罗马帝国的道路建设比较

国 别	面 积 (平方公里)	道 路 长 度 (公里)	道 路 密 度 (公里/千平方公里)
罗马帝国			
公元 117 年 以前	5,085,492	78,036.5	15.3
公元 117 年 以后	4,567,358	78,036.5	17.8
中国			
后汉时代 (公元 190 年 左右)	3,968,912	35,398	8.9

宿有路室。路室有委。五十里有市。市有侯馆。侯馆有积。”就是说，在所有的道路上每 10 里有一个休息场所，俗称茶亭，备有茶水；每 30 里有一个宿泊所，俗称中伙铺，备有旅馆和饭铺；每 50 里有一个市场和贮存粮食的侯馆。另外在主要道路上每 5 里设一个邮政所，每 10 里设县政府的一个交通管理站，每 30 里设客栈。并以举旗、击鼓或烽火台施放的烟或火作为信息传递信号。

中国最早的公共交通是前汉时出现的公用马车，其时速可达 14.5 公里。不过那时的公用马车只能供学者和医师乘坐。

中国古代的交通也有一定的规则。《古礼》中记载“道路男子由右，妇女由左，车从中央”。这说明当时不仅男女分道行走，而且有车行道和人行道之分。

城市的出现和发展与交通有密切的关系。我国是世界上城市形成最早和发展最快的国家之一。公元 800 年，世界上 10 万人以上的城市有十个，中国占三个。当时的长安，人口已达 80 万，是世界上第一大城市，它的城市交通也很发达。

1-2-2 西方古代的道路交通

公元前二千年，西亚的古代城市巴比伦出现了铺装的干线街道。公元前四百年左右，罗马帝国开始修建用于军事的道路。在当时的罗马城，出现了世界上最早的单向通行方式。世界上第一个交通法规就是由罗马皇帝凯撒颁布的，其中明文规定：为了避免交通拥挤，城市中心的繁华街道，在一天的某一个时间内（比如白天）禁止车辆通行。若干年后，又把这条交通法规作了修改，规定了限制马车进城的总数量。为使战车远离一般道路，在路外设有特别的停车场。

在意大利古城庞培，任何狭窄道路都设有人行道，行人可以安全地走路。人行道比马车道高，马车道在下雨天还起排水的作用。人行横道上排列着与人行道同高度的跳石，以便行人穿越马路。同时，依据人行横道石，明确区分了车道线。街道通向广场，在广场前设止车石，明确区分行人和马车的通行区。意大利半岛的古代城市波伦亚，有一种称为柱廊的人行道，修筑在整个街道的马路两侧，作为人行专用道。

1285年，英国的法律规定，土地所有者对道路的维护具有法律责任，同时还负有保护旅行者免遭强盗抢劫的责任。为此，象古罗马一样，道路要修得高于周围地面，以使道路上行驶的车辆及其它道路利用者能看清附近丛林中或其它地方隐藏着的人。因此，就把道路取名为“高路”（Highway）。这就是英文“道路”（也可译为“公路”）一词的来历。

现代的交通岛和环岛交叉起源于几世纪以前在道路上所建筑的纪念碑和广场。巴黎的凯旋门广场是巴黎市内交通最拥挤的一个环岛交叉。它就是以一百多年前建筑的凯旋门作为环岛中心而建立的。十七世纪墨西哥人在通往墨西哥城的道路上都画有颜色鲜明的中心示意线，这是现代路面交通标示的起源。

欧洲由于工业革命，经济发展很快。1850年以后，伦敦、巴黎成了百万人口的城市，交通发达，道路的运用与交通的管理也逐渐被人重视，不过这时的交通工具仍以马车和自行车为主。当时城市中的道路网是适合这些慢速交通工具运行的，街道的交叉路口十分接近，一般相隔为20公尺、30公尺、40公尺和50公尺，相隔100公尺的不多，相隔几百公尺的就更少了。

1-2-3 汽车的出现与交通工程

1885年德国人奔驰发明了汽车，八年之后美国人福特制造了世界上第一辆汽车，同年，德国柏林出现了世界上最早的有轨电车。再过几年，世界上最早的无轨电车、公共汽车和出租汽车在英国的伦敦开始运行。从此，城市中的交通工具起了质的变化，慢速交通工具逐渐由快速交通工具代替。

进入二十世纪，随着快速交通工具特别是汽车的急速增长，交通工程学迅速地发展起来。美国在二十世纪初期颁布了驾驶人员必须领取汽车驾驶执照的法律，设置了交通安全岛和红黄绿三色的交通信号灯。为了适应汽车运行的需要，必须改善城市道路和乡村道路的现状。在这种快速交通工具运行的道路上，每两个交叉路口之间的距离，一般以不小于400公尺为宜。然而，老城市中的道路原来仅适于慢速交通工具运行，为了适应快速交通工具运行，就采用单向通行的办法来解决这个矛盾。早在1907年，美国纽约市最繁华的中心地区曼哈顿就建立了适合快速交通工具运行的第一条单向通行街道。到1939年，在曼哈顿，85%的街道都实行了单向通行。从此，单向通行方式在世界各大中城市中被广泛采用。为了解决交叉点的交通拥挤现象，1933年，德国修建了世界上第一条高速道路，接着意大利、英国、美国、法国和日本相继修建了许多高速道路。由于高速道路的规划标准和几何设计标准都很高，车辆运

行规则严格，因而加速了交通工程学的发展。

我国在本世纪初期从外国进口了第一辆汽车。最早修建的汽车公路是长沙至湘潭的长潭公路。这条公路于1913年开工修建，1921年建成。根据1950年统计，公路上的交通量每日只有24辆车，到1980年日交通量已接近4,500辆。

从第一辆汽车的出现到1980年的八十多年间，世界上的城市人口增加了七倍多，10万人以上的城市增加到七百多个，城市中的机动车辆也急剧增加。以日本东京为例，1900年出现由美国人送给的第一辆汽车，1950年东京的机动车拥有量达6.5万辆，1970年拥有量猛增到220万辆，二十年间增加了34倍。号称世界“汽车王国”的美国，在1930年，平均每1,000居民中有180辆汽车。到1970年，每1,000居民就有527辆汽车，可见增长速度之快。由于城市人口和车辆的急剧增加，交通事故、交通拥挤和交通公害成了严重的社会问题。东京1910年因交通事故而死亡的人数只有33人，到1960年，死亡人数达到最高峰的1,179人，是1910年的36倍。由于交通事故所引起的经济损失更是惊人。为了解决这个问题，交通工程学者们开展了以交通安全和削减汽车交通总量为中心的研究。十幾年来的实践证明，这一研究取得了良好的成果。东京从1961年开始，交通事故基本上是逐年下降，到1979年，交通事故死亡人数只294人，仅为1960年的1/4。

§ 1-3 交通工程学的研究范围

交通工程学研究的内容是人、车辆和道路的交通特性及它们三者之间的空间和时间关系。具体来说，包括下列几个方面。

1. 交通特性

为了研究交通，应该尽可能地掌握某个地区交通的特性与倾向以及特定地点的交通条件。这方面的研究分以下几个部分：

(1) 车辆的交通特性 由于在交通工程学中把车辆作为一个动态物体来研究，因此，车辆交通特性的研究应包括下列内容：

① 车辆拥有量 车辆拥有量是一个城市或一个地区交通状况如何的具体体现之一。因此要研究车辆历年来的增长率及拥有量的预测和按人口平均的车辆数、车辆拥有量中的车种组成，特别是以小客车为代表的个体交通工具所占的比重。为了研究一个城市或一个地区的交通特性还要研究车辆拥有量与道路的关系，特别是与道路长度和道路面积的关系。

② 车辆运行特性 用交通物理学理论来研究车辆运行中的可见性、灯光、制动、滑动阻力、制动距离、加速性能以及车辆的大小与重量等。此外，还要研究车辆运行中的安全性能。

③ 车辆的交通效率及车辆交通与能源的关系 车辆的交通效率是指各种车辆的交通效能。比如说，一辆大型公共汽车能运载几十甚至上百人，而一辆小客车只能运载几人。但是它比公共汽车灵活，等等。要研究地铁、有轨电车、无轨电车、公共汽车、出租汽车、小客车、自行车等交通工具的效能，同样要研究这些交通工具与能源的关系。通过这些研究可以得出一定的结论，从而为制订交通政策提供依据。

(2) 驾驶人员与行人的交通特性 驾驶人员和行人同是道路的利用者。为了掌握某个地区的交通状况必须以交通心理学的观点研究驾驶人员和行人的交通特性。人生活在环境之中，人与环境构成一个整体。在交通现象中，这个“环境”就是交通环境，它包括物的环境和人的环境。物的环境中包括道路环境