

内 容 提 要

本书是作者通过近十多年来交通工程的实践和在科学研究的基础上,精选了国内外的大量参考资料,并结合函授教学特点编写而成的。

全书共分五章:第一章绪论,第二章车辆、驾驶员及交通流特性,第三章交通调查与分析,第四章交通流理论,第五章交通规划。书后附有各章名词索引。

为了帮助读者加深对交通工程学内容的理解,各章节都配有丰富的实例,并在各章后附有习题及其答案。

本书除特别适合于函授教育外,也可作为大专院校交通工程专业和道路专业的教材和教学参考书。本书还可供公安交通警察、交通工程设计、公路工程、城市规划和建设、交通环境保护等部门的技术人员和管理人员作为业务培训教材或作为工作参考书。本书也为交通工程科学研究专业人员提供了理论依据和独特的研究方法。

责任编辑 司徒妙龄

封面设计 王 肖 生

(沪)新登字204号

交 通 工 程

郭冠英 主编

同济大学出版社出版

(上海四平路123号)

新华书店上海发行所发行

常熟市印刷二厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 9 字数: 260 千字

1994年7月第1版 1994年7月第1次印刷

印数: 1—1500 定价: 5.30元

ISBN 7-56(8-1367-4/TU·1)

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 交通工程学的研究范围及内容	(1)
1.1.1 研究范围.....	(1)
1.1.2 研究内容.....	(1)
1.1.3 交通工程学的相关学科.....	(3)
1.2 交通工程的发展	(3)
1.2.1 车辆的发展与交通工程.....	(3)
1.2.2 道路的发展与交通工程.....	(4)
1.2.3 城市的发展与交通工程.....	(4)
1.2.4 交通工程学的发展进程.....	(6)
1.3 我国交通工程学的回顾和展望	(7)
1.4 小结及自学指导	(9)
1.5 复习思考题	(10)
第二章 车辆、驾驶员及交通流特性	(11)
2.1 车辆特性	(11)
2.1.1 车辆的使用特性.....	(11)
2.1.2 汽车的构造特性.....	(11)
2.1.3 汽车的动力特性.....	(13)
2.1.4 汽车的制动.....	(17)
2.1.5 自行车特性.....	(19)
2.2 驾驶员特性	(20)
2.2.1 视觉特性.....	(20)

2.2.2	反应特性	(23)
2.2.3	驾驶员的疲劳和兴奋	(24)
2.3	交通流特性	(25)
2.3.1	车流三个参数的定义	(25)
2.3.2	车流特征三参数之间的关系	(29)
2.3.3	连续车流与间断车流	(47)
2.4	小结及自学指导	(72)
2.5	习题与复习思考题	(73)
2.6	部分计算题答案	(76)
第三章	交通调查与分析	(78)
3.1	交通量调查与分析	(78)
3.1.1	交通量的分类及表示方法	(78)
3.1.2	交通量的时间变化	(80)
3.1.3	交通量的空间变化	(86)
3.1.4	交通量的调查方法	(83)
3.1.5	资料整理与分析	(96)
3.2	车速调查与分析	(99)
3.2.1	地点车速调查与分析	(99)
3.2.2	行程车速与行驶车速的调查	(105)
3.2.3	资料整理和分析	(111)
3.3	与通行能力有关的调查	(114)
3.3.1	饱和流量与通行能力的区别和联系	(114)
3.3.2	饱和流量的测定方法	(116)
3.3.3	绿灯损失 l_0 及黄灯损失 l_g 的测定	(119)
3.3.4	可穿越空档的测定方法	(120)
3.4	小结及自学指导	(123)
3.5	复习思考题	(125)
3.6	习题	(127)

3.7 计算题答案	(130)
-----------------	---------

第四章 交通流理论..... (132)

4.1 概论	(132)
--------------	---------

4.2 交通特性的统计分布	(133)
---------------------	---------

4.2.1 引言.....	(133)
---------------	---------

4.2.2 离散型分布——车辆到达分布.....	(134)
--------------------------	---------

4.2.3 连续型分布——车间时距分布和速度分布	(144)
-----------------------------------	---------

4.3 排队论的应用	(164)
------------------	---------

4.3.1 引言.....	(164)
---------------	---------

4.3.2 排队论的基本原理及应用.....	(165)
------------------------	---------

4.4 跟车理论	(177)
----------------	---------

4.4.1 引言.....	(177)
---------------	---------

4.4.2 车辆跟驶特性分析.....	(177)
---------------------	---------

4.4.3 线性跟车模型.....	(178)
-------------------	---------

4.4.4 跟车模型与车流模型.....	(183)
----------------------	---------

4.5 流体动力学模拟理论	(188)
---------------------	---------

4.5.1 引言.....	(188)
---------------	---------

4.5.2 车流连续性方程的建立.....	(188)
-----------------------	---------

4.5.3 车流中的集散波.....	(190)
--------------------	---------

4.6 小结及自学指导	(200)
-------------------	---------

4.7 复习思考题	(201)
-----------------	---------

4.8 习题	(203)
--------------	---------

4.9 习题答案	(206)
----------------	---------

第五章 交通规划..... (208)

5.1 规划程序	(208)
----------------	---------

5.2 土地利用调查与规划	(208)
---------------------	---------

5.2.1	土地利用调查	(208)
5.2.2	土地利用规划	(210)
5.3	经济调查与分析	(210)
5.3.1	目的	(210)
5.3.2	经济调查的内容与步骤	(211)
5.3.3	经济分析的内容和方法	(211)
5.4	起迄点调查	(212)
5.4.1	基本概念	(212)
5.4.2	OD 调查的目的	(213)
5.4.3	OD 调查的内容和步骤	(214)
5.4.4	OD 调查的方法	(218)
5.4.5	OD 调查成果的整理与分析	(225)
5.5	出行发生的预测	(229)
5.5.1	基本概念	(229)
5.5.2	回归分析发生模型及预测	(230)
5.5.3	类型分析发生模型	(232)
5.6	出行分布的预测	(234)
5.6.1	出行分布的另一种表示法——发生量法	(234)
5.6.2	增长系数法	(235)
5.6.3	重力模型法	(237)
5.7	交通方式划分的预测	(241)
5.7.1	基本概念	(241)
5.7.2	交通方式划分预测模型的种类	(242)
5.7.3	建立模型应考虑的因素	(243)
5.7.4	转移曲线模型	(244)
5.8	交通量分配的预测	(245)
5.8.1	基本概念	(246)
5.8.2	全有全无分配模型的具体例子	(249)
5.8.3	多路线概率分配模型的具体例子	(250)

5.8.4	多路线概率分配模型中参数 θ 的标定·····	(254)
5.8.5	用已建立的模型预测路网流量·····	(256)
5.9	交通规划的评价 ·····	(257)
5.9.1	费用·····	(257)
5.9.2	效益·····	(258)
5.9.3	费用-效益分析 ·····	(260)
5.10	小结及自学指导·····	(262)
5.11	复习思考题·····	(262)
5.12	习题·····	(263)
5.13	部分习题答案·····	(268)
各章名词索引(中英对照)·····		(269)

第一章 绪论

交通工程学起源于本世纪 30 年代, 1930 年美国首先创建了“交通工程师协会”, 并设立“交通工程师”的职称。第二次世界大战至 50 年代, 随着社会生产水平和物质水平的提高, 各工业化国家大力提倡汽车化, 使交通工程学的发展出现了飞跃。此后, 世界各国的城市规模不断扩大, 车辆迅速增加, 带来了交通拥挤、阻塞, 车速降低, 运距增加, 停车困难, 事故频繁, 环境污染等问题。为了解决这些问题, 人们从交通调查入手, 并在交通管理、交通设计、交通规划、交通安全、交通政策、环境保护等方面进行了实践和理论研究, 从而促使了交通工程学的发展和完善, 并成为一门新兴的独立学科。

1.1 交通工程学的研究范围及内容

1.1.1 研究范围

交通工程学是运输工程学的的一个分支。运输工程包括: 道路交通、铁路交通、航空交通、水上交通和管道交通五项主要内容, 而交通工程学只研究道路上的交通, 具体地说, 就是把道路、车辆、人和环境四者统一在一个交通系统中, 探索各自的和相互间的内在规律性及最佳配合, 以达到道路交通通畅, 通行能力大, 交通事故少, 运输效率高, 公害程度低, 燃料及运输费用省及环境协调、舒适的目的。

1.1.2 研究内容

交通工程学包括以下几项主要内容:

1. 交通特性的研究

人的特性：司机和行人接受信息后的反应特性，司机的生理特性、心理特性和操纵特性。

车辆特性：车辆的构造和行驶性能，包括车身长度、宽度、自重、载重、动力性能，如加速、减速、等速、制动等性能。

交通流特性：道路上交通现象的各种变化，车流中车辆的时间、空间变化规律，如交通流量、密度、速度、车头时距的变化规律，以及各种不同条件下各交通特征参数间的相互关系等。

道路特性：道路几何线型、道路设施为交通提供的条件，道路条件变化时对交通的影响等。

2. 交通调查

最基本的有交通量调查、车速调查、行人和车辆起终点调查，通常称为交通三大调查，可取得交通规划、交通控制、各项交通工程措施的基本资料。交通调查还包括交通延误调查，车头时距及车速分布调查，交通事故调查及为研究交通流理论而进行的各种交通参数的调查等。

3. 交通流理论的研究

研究连续车流及间断车流的运行状态和规律，是交通工程学的基础理论内容。目前对交通流理论的研究大体可概括为三种研究方法，即概率论方法、流体力学方法和交通动力学方法，用宏观和微观的方法研究车流运动规律。

4. 交通规划

交通规划是城市总体规划中的一个重要组成部分，粗略地说可分成三个阶段。第一阶段是交通调查，对交通现状包括出行发生、交通工具、土地使用、路网交通现状、用地规划等作全面调查，并分析影响交通的社会、经济因素；第二阶段是构造各种数学模型进行交通需求预测，主要包括出行发生、出行分布、交通方式划分、交通分配等的预测；第三阶段是规划效果的评价及修正。

5. 交通管理

交通管理包括采取交通改善措施,合理选用交通信号灯、单向交通、渠化交通等内容,同时还需建立和严格执行交通法规,力求充分发挥现有道路及道路网的机能,确保交通安全通畅。

6. 交通环境保护

交通公害主要有三个方面,即噪声、废气和振动。交通工程主要是分析公害产生的根源,并采取有效措施,使交通公害降到最低。

7. 交通事故

研究交通事故产生的规律,分析其原因,消除诱发交通事故的外部因素。

8. 交通设计

包括道路与交叉口交通设计,如高速干道的交通检测,交通管理设施和交通安全构造物设计,停车场、停车站设计等。

1.1.3 交通工程学的相关学科

交通工程学的基本理论是交通流理论、交通统计学、交通心理学、汽车力学、交通经济学。与交通工程密切相关的学科有:汽车工程、运输工程、人类工程、城市规划、环境工程、自动控制、应用数学、电子计算机等,因此交通工程是一门多种学科互相渗透的新兴边缘科学。

1.2 交通工程的发展

1.2.1 车辆的发展与交通工程

交通工程是伴随着汽车工业的发展而发展起来的。50年代以后,世界上主要的工业发达国家如美、前联邦德国、英、法等国的汽车产量迅速增长,在很长一段时间内,美国产量居世界首位。日本是60年代以后才开始高速发展的。1974年石油危机波及世界

各国,汽车产量锐减,至1976年汽车生产复苏,1978年是全世界主要汽车生产国的汽车生产总量最高的一年,此后美国汽车产量下降,日本则继续上升,至1980年,日本汽车产量超过美国,跃居世界第一位,但全世界汽车主要生产国的生产总量趋于稳定。世界各国汽车拥有量始终在增加,美国一直居于领先地位,其数量数倍于其他国家,这就是美国和世界各国交通工程学诞生和发展的物质基础。

1.2.2 道路的发展与交通工程

第二次世界大战后,世界各国的道路均有较大幅度的增长,特别是50年代中期,世界上先进的工业化国家都迅速发展高速公路。至1970年,美国、前联邦德国、日本、英国、法国等已基本上形成了以高速公路为骨干的全国性公路网。1980年,这些国家公路总里程约为912万km,高速道路总里程为8.7万km。

高速公路的发展,使交通工程前进了一大步。它具有容量大、速度快、交通安全等特点,使运输经济效益显著提高。高速干道不仅设计标准高,而且还必须有现代化的交通管理和交通设施相配合,从而使交通工程进入了电子自动控制的新时代。

1.2.3 城市的发展与交通工程

二次世界大战以后,城市化趋势加速已成为世界范围的普遍发展规律。本世纪初,世界进入现代城市化阶段。此时,科学技术发生变革,再不需要这么多人去从事农业劳动,社会产品日趋丰富,城市越来越多。城市人口的比例,1925年为21%,1950年为28.7%,1980年增至42.2%。发达国家1980年城市人口超过70%,其中比例较高的有:比利时(95%)、前联邦德国(92%)、荷兰(88%)、英国(86.4%)、澳大利亚(86%)、丹麦(84%)、瑞典(83%)、美国(82.7%)、新西兰(80%)、日本(77%)、前苏联(65%)。我国1982年为20.6%。到本世纪末,世界城市人口比

例将接近60%，多数国家都将实现城市化。大城市将愈来愈多。

人口越聚越多，城市越来越大，说明大城市有它特别的吸引力。这是因为大城市经济活动集中，综合功能发达，生产与生活的专业协作配套，有较高的劳动生产率和经济效益。百万以上人口的大城市，劳动生产率要比10~20万人口的城市高38%，投资效果高一倍。城市越大，社会公共福利和文化设施越齐全，居民的物质和精神享受越充分。这一切，像磁石吸铁，把农村人口吸引到城市，将小城市扩展为大城市。

我国1984年1月5日颁布的《城市规划条例》把城市分成三级：20万人以下为小城市，20~50万人为中城市，50万以上为大城市。人口指市区和郊区的非农业人口总数。若把超过100万人的城市称为特大城市。人口500万以上的城市列入“超级城市”，这样的分级就把城市分成五级了。

城市化是一种进步表现。但城市愈来愈大，却生出种种难于医治的“城市病”，其中住房紧张、交通堵塞和环境恶化是三大“病症”。我们重点考察一下大城市日益紧张的交通形势。

1. 交通阻塞，车辆行驶速度低

大城市大都是在旧城的基础上发展起来，市中心区道路狭窄，交叉口多，车辆出入频繁，交通条件差。因此，大城市一般都是边缘地区道路上车辆速度高，越近市中心，速度越低，高峰时间速度更低。世界上一些大城市，如纽约、巴黎等，市中心高峰小时车速在16km/h左右，公共汽车速度还要低。东京都内，早晚高峰时车速9km/h，最低只有4km/h，出现了乘车速度比步行还慢的情况。

2. 车祸频繁

交通事故一直是交通工程工作者最为关切的大事。在城市中，道路上的车祸已成为当代一个重要的社会问题。世界各国对交通事故均有详细的统计和分析资料，并采取了各种交通管理和强化交通规则等措施。近年来，几个工业发达国家交通事故率逐年下降。以日本东京为例，60年代交通事故造成的死亡人数每年为716

~1 179人,70年代每年死亡271~824人,80年代每年死亡343~410人。但是,在发展中国家中的一些城市,交通事故仍在继续上升。

3. 高峰时间交通拥挤

交通拥挤是城市交通中最难解决的大问题。在欧美各国的大城市里,高峰时间市中心的道路及停车场上,车辆已经饱和,人们无法驾驶小汽车进入市中心区上班,迫使人们改乘公交车辆。尤其严重的是在发展中国家,私人小汽车数量少,大多数人都靠公共交通,以致使公交车辆在上、下班时严重超载,车速极低。

4. 废气、噪声危害严重

汽车交通是主要污染源。美国是世界上汽车最多的国家,汽车排出的废气占有害排出物的50%。日本大气污染有20%来自交通工具。英国伦敦、美国洛杉矶、日本东京等城市,由于汽车废气而形成的光化学烟雾,终年不散,天空一片灰蒙。城市大气污染不仅危害广大居民的身体健康,影响生产,而且还影响气候,缩短视线,增加交通事故和危及农作物的生长。

除废气外,持续的交通噪音和振动扰乱了人们安静的环境,它不仅影响人们会话,还降低工作效率和干扰睡眠,甚至使听力减退。

根据城市特点所产生的城市交通问题需要通过各种途径去解决,例如合理规划与修订城市总体规划布局,改善道路条件以提高通行能力,选择新型的交通工具,建设合理的交通系统,加强交通管理,健全和严格交通法规,应用电子计算机建立自动化的交通控制系统,建立大气污染和噪声监测站及制订有关法规等。交通工程学就是在这种客观环境中逐步发展和完善起来的。

1.2.4 交通工程学的发展进程

世界上先进国家的交通工程发展进程虽然参差不齐,但还是可以按时间顺序,粗略地概括出各个时期交通工程的主要发展内

容(表 1.2.1)。

表1.2.1

年 代	内 容
30、40 年代	萌芽阶段
50 年代	改善道路质量;修建高速道路;加强交通管理;提高通行能力
60 年代	高速公路网的形成和发展
70、80 年代	改革交通工具,建立新交通体系
	电子计算机在交通工程中被普遍应用,促使交通管理及控制自动化
	交通环境保护

1.3 我国交通工程学的回顾和展望

70 年代末期,中国开始设立交通工程学科。在此以前,城市建设单位、科学研究机构和有关的大专院校已在交通工程方面做了大量的工作,50 年代中期,北京、上海、天津、沈阳、济南、西安、包头等城市,先后进行了全市性的交通流量观测和客运量调查等工作。1961 年出版了我国自行编写的《城市道路与交通》、《城市运输》等大学教科书;同时,对城市客、货运及道路通行能力、环形交叉口、大型体育场交通疏散等方面进行了科学研究,在此基础上出版了《城市道路交通文集》。

十年动乱期间,城市建设横遭破坏,教学、科研被迫停顿。直至 70 年代末、80 年代初,党中央提出了“把全党工作重点转移到社会主义现代化建设上来”之后,才使城市建设逐步恢复,并得到迅速发展,科学研究和教学工作进入了一个新阶段,从而为设置交通工程专业提供了必要的物质条件。

交通工程学科的发展更重要的是适应社会主义“四化”建设的需要。近年来我国城市数量增长很快,从 1970 年的 181 个增加到

1982 年的 289 个,其中百万以上人口的城市 20 个,50 万到 100 万人口的城市 28 个,50 万以下的城市 241 个。随着我国城市化步伐加快,城市数量还将继续增加。与此同时,全国各大经济区的形成,城市规模不断扩大,车辆迅速增加,使市区内车辆的运距加长,客、货流量增大,而城市的市政设施和公共交通工具的增长远跟不上交通发展的需求,以致造成交通混乱,车速降低,阻塞严重,公共交通拥挤不堪,交通事故频繁等。各类城市,特别是大城市,都迫切要求运用交通工程学原理和交通工程措施来解决城市交通问题。

在公路运输方面,货运量增长很快,城市间短途运输要由铁路逐步转向公路,而目前我国公路现状还很不适应于这种迅速发展的形势,缺少高速公路和高等级的公路,路网密度过稀。这就迫切需要加强全国性公路网规划、高速公路、高等级公路的建设和交通控制,以适应工农业发展的需要。此外,随着近年来国际交往的增加,国外先进技术的引进,更促进了我国交通工程学科的发展,现在,“交通工程学”已成为我国一门新兴的独立学科。

近年来我国交通工程的主要成就:

1. 全国各省市普遍成立了交通工程学会,开展交通工程的研究和实践,并进行学术交流。

2. 全国有几十所大专院校设有交通工程课程,多所大学设置了交通工程专业,已为交通工程事业培养了一批人才。

3. 交通部已完成了全国主要公路的交通流量调查;至 1981 年底,在国家公路网上设立了 2688 个间隙式交通流量观测站和 82 个连续式交通流量观测站;整理出版了《国道交通量手册》。这些都为搞好公路网规划提供了比较可靠的基础资料。

4. 正在加强开展高速公路和高等级公路的技术标准、质量评定、交通控制等方面的研究。

- 5 交通规划已进入纵深阶段。全国主要城市都进行了全市交通量调查、居民和车辆出行调查、车速调查和其他交通调查,并

进行交通预测和交通规划工作。

6. 各城市和公安交通管理部门已加强了交通管理,改善和增加交通设施。如组织渠化交通,建立人行立交桥或地道,设立交通标志等,严格执行交通规则,确保人、车安全,交通畅通。

7. 交通控制自动化。在红绿灯信号控制的基础上,研究了线自动控制。近几年来,北京、上海等地引进了国外新技术,并根据我国国情,开展了区域信号灯自动控制的研究和实施,显著地改善了市中心区交通拥挤的状况。

8. 注重交通工程基础理论研究。近几年来,开展了通行能力研究、交通流理论研究、交通安全研究、交通自动控制研究、交通规划和预测模型研究、新交通体系研究、交通心理学研究、交通噪声研究等。有些项目已达到较高的水平。

我国交通工程在短短十多年所取得的成绩是可喜的,今后,随着国家四个现代化的逐步实现,对交通工程的要求也越来越高,因此必须持续开展交通调查,积累基础资料,深入进行理论研究,切实做到理论联系实际,应用现代科学的新技术、新成就,使系统工程、应用数学、电子技术、电子计算机等先进学科结合到交通工程领域中去,使我国的交通工程事业及早赶上世界先进水平。

1.4 小结及自学指导

1. 汽车数量的猛增和城市规模的不断扩大这两大因素的交互影响,是现代交通工程学产生和发展的主要动力。

2. 交通工程学的研究目的是提高交通运输系统的社会-经济效益。即提高交通网络的通行能力,改善服务质量,降低交通事故率和对环境的污染程度,节约运输成本,提高运输效率,促进经济的发展和生态环境的良性循环。

3. 交通工程学的基本理论有交通统计学、交通心理学、交通经济学、汽车力学和交通流理论等;交通工程学的基本内容有交通

规划、交通设计、交通管理与控制、交通环境保护和交通安全等。

4. 车辆的发展、道路的发展和城市的发展以及它们的相互促进是交通工程学发展的主线。

5. 大城市交通现状不断恶化主要表现在交通阻塞,车速下降,车祸率上升,废气、噪声和振动对环境的污染日趋严重。交通工程学面临繁重的任务。

6. 我国交通工程学近十多年有了很大的发展,但还远远没有赶上经济发展的速度,远远没有满足社会-经济对交通的日益增长的需求。

1.5 复习思考题

1. 交通工程学与运输工程学的关系如何? 它研究的范围及目的何在?

2. 交通工程学包括哪八项主要内容?

3. 与交通工程学密切相关的有哪些学科?

4. 为什么说汽车拥有量的增长是交通工程学诞生和发展的物质基础?

5. 高速公路的发展对交通工程学的促进表现在哪些方面?

6. 大城市存在哪些普遍的交通大难题?

第二章 车辆、驾驶员及交通流特性

2.1 车辆特性

2.1.1 车辆的使用特性

道路上的车辆按其使用性能分为客运车辆和货运车辆，前者主要包括公共汽车、无轨电车、有轨电车、大客车和小轿车；后者主要包括载货卡车、拖挂车、平板车等。近年来国外一些大城市，为了增加运量、降低成本、减少交通拥挤状况，增设了轻轨列车。轻轨列车是对原来的有轨电车进行技术改造而开发出的一种新型交通工具。

交通运输对车辆的使用要求：

1. 交通效率高；
2. 行驶性能和安全性能好；
3. 乘载方便、舒适；
4. 营运成本低；
5. 对环境的污染少。

根据以上要求，选择表 2.1.1 的评价指标。

2.1.2 汽车的构造特性

汽车的构造主要由五部分组成：动力系统、传动系统、操纵系统、行驶系统和车身。

动力系统主要指发动机部分。汽车的力学性能及燃油经济性均取决于发动机的外特性。

传动系统包括离合器、变速器、传动轴、万向节、差速器。发动