

第一章 绪 论

§1-1 交通工程学的定义、产生与发展

一、交通工程学的定义

交通工程学是一门正在发展中的学科，人们从不同的角度，用不同的观点和方法去进行研究和认识，因此对其定义亦有多种提法，目前尚无世界公认的统一的定义。

早在 40 年代，世界上第一个交通工程学会——美国交通工程师协会给交通工程学下了一个定义：所谓交通工程学是研究道路规划、几何设计及交通运行，研究道路网、车站及与它们相邻接的土地与交通工具的关系，以便使人和物的移动达到安全、有效和便利。

著名的交通工程学学者布伦敦教授给交通工程学下的定义是：交通工程学是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，把这些科学知识应用于交通系统的规划、设计和运行领域。

总之，交通工程学把道路、车辆和人以及与此三者有关的环境综合在统一的体系中一起进行研究，以寻求路网合理，供需平衡、通行能力高，交通事故少，与环境协调、能耗低的科学方法和措施，达到行车安全、迅速、经济、便利、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，它综合了自然科学和社会科学，工程规划设计和经济管理、生理、心理及社会、历史、法规、教育等多学科知识。它所处理的问题不仅与车、路、设施、环境等物理因素有关，而且还常常与驾驶人员和行人的精神因素有关。交通工程学由三个方面组成，一是法规 (*Enforcement*)，二是教育 (*Education*)，三是工程 (*Engineering*)。遂简称为“三 E”学。近几年来，环境工程学与能源越来越被人们所重视，刚好环境 (*Environment*) 与能源 (*Energy*) 的英文字头的第一个字母也是 E，所以，交通工程学又简称为“五 E”科学。

二、交通工程学的产生和发展

交通是人类生存和社会发展所必须进行的活动，衣食住行的“行”是最基本的交通活动。随着社会生产的发展和劳动的分工，生活和生产活动需要交换生活必需的食物，日常用品和生产中必不可少的材料与产品，需要交换信息和彼此往来等，因此产生了交通。

早在古罗马时代，就出现了世界上最早的单向通行方式，古罗马皇帝凯撒颁布了世界上第一个交通法规。规定：在一天某一个时间段内，比如白天禁止车辆通行。限制马车进城的总数量。

19 世纪中叶以后，欧洲出现了马车交通，人口向城市特别是大城市集中的趋势日益增长。当时的伦敦、巴黎市成了百万人口城市，迫使人们不得不重视交通管理，不得不致力于新的交通工具的研制。随着经济发展，科学技术的进步，各种的交通工具不断出现。

1. 自行车

1817 年德国人 K. 德华斯，在 1791 年法国人 C. 西弗拉克的玩具木马轮的基础上，制

成了转向的木马轮，并于 1818 年获得专利；1874 年英国人 H.J 劳森，在两轮车上安装了链条及传动机构，用以转动后轮驱车前进。改变链轮的传动速比，可以获得需要的车轮转速。这样就形成了现代自行车的基本形式。

2. 有轨电车

世界上第一辆以输电线供电的电动车于 1879 年出现在柏林工业展览会上，1884 年美国人 C.J. 范德波尔在多伦多农业展览会试用电车载客，1888 年美国人 F.J 斯波拉格在里士满用上述方法在马拉轨道车路线上改用电力牵引行驶，于是出现了现代的有轨电车。

我国于 1906 年首先在天津创办有轨电车交通系统。随后上海于 1908 年，大连于 1909 年，北京于 1921 年，沈阳于 1924 年，哈尔滨于 1927 年，长春于 1934 年相继建成了有轨电车系统。

50 年代以后，因汽车工业迅速发展，汽车数量激增，有轨电车在各种车辆混行条件下，运行不畅，加以噪声特大，维护费用高，遂逐渐拆除。

3. 无轨电车

德国人 W. 西门子，1882 年在柏林发明无轨电车，它由直流架空触线供电的牵引电动机驱动的，非轨道运行的城市公共交通客运车辆，它运行噪声低，牵引性能好，不排放有害气体，驾驶操作简便。

中国于 1914 年在上海就开始使用无轨电车，50 年代中期约有 20 多座城市兴建了无轨电车系统，60 年代由于公共汽车发展特别是小汽车发展，使无轨电车地位逐步下降，英国首先开始取消无轨电车，其它国家亦相继仿效。70 年代由于汽油短缺和汽车公害日益严重，无轨电车又开始受到重视，我国许多大城市也都建设了无轨电车系统。

4. 汽车

本身具有动力装置驱动，不需轨道和架线可在地面行驶的车辆，其优点为机动、高速，使用方便，可以从门到门。

1885 年德国人 K. 本茨制成一辆三轮机动车，以后法国人 R. 庞赫尔和 E. 勒瓦瑟予以改进，使底盘前部的发动机，通过离合器、变速器用链条驱动后面车轮，这样就形成了现代汽车的雏形。

这些交通工具的出现，使城市交通工具起了质的变化，低速的人力畜力交通工具，逐渐由高速的机动与电动交通工具所替代。

进入 20 世纪以后，随着高速交通工具特别是汽车的急剧增长，交通工程学迅速地发展起来。美国在 20 世纪初期就颁布了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，为了适应高速交通工具——汽车运行的需要，必需对城市道路和乡村公路加以改善。1933 年，德国开始修建世界上第一条高速道路，并出现了立体交叉。接着意大利、英国、法国和美国相继修建了许多高速道路，加速了交通工程学的发展。

道路、车辆、交通，无论中国、外国，自古有之。但是成为一门独立的工程学科，还是在 1930 年美国交通工程师协会成立后，正式提出了交通工程学的名称，因此一般以美国交通工程师协会的成立作为交通工程学的诞生的重要标志。经过 50 多年，交通工程学科领域不断发展，并日益充实，主要标志为：

30 年代——诞生时期，主要研究车、路关系，交通管理如何使路适应汽车行驶及如何减少交叉口阻塞；

40 年代——形成时期，主要研究提高路面质量与交叉口通行能力计算；

50年代——汽车化时期，研究如何修建高速公路，几何线形设计与车辆停放；

60年代——交通渠化时期，研究城市综合调查与交通渠化、交通规划及电子计算机在交通工程中的应用。

70年代——多乘员化时期，注重减少汽车数量，城市交通综合治理，交通系统管理（TSM）等；

80年代——创建新交通体系，新型车辆，实现交通新体系与交通管理自动化、电脑化，为交通工程的现代化开辟了广阔的前景。

§1-2 交通工程学在我国的发展与今后任务

一、我国古代道路交通工程的发展

交通工程的发展同道路和车辆的明、发展紧发密相关。早在公元前 3000 年黄帝时代我国劳动人民就已发明舟车。公元前 21 世纪，商国居相土发明了马驾车，成为世界上最早用车的国家，一千年以后欧洲才发明马车。从舟车到马车，使人类的交通进入车辆时代，历史上称之为“车轮文化”。

在公元前 2 世纪以后，世界上第一条最长的横贯欧亚大陆的交通干线，将中国同印度、巴基斯坦、古希腊、罗马以及埃及等国沟通的大路——即闻名世界的“丝绸之路”开通，从此，道路交通在军事、商业和文化交流中的作用越来越明显。

我国是最早重视道路规划与设计的国家，如古诗经中记载：“国道如砥，其直如矢，”讲的是道路几何设计很好，道路平整，线形笔直。考工记载：“匠人营国，方九里，旁三门，国中九经九纬，经涂九轨，环涂七轨，野涂五轨”。这里讲的是城市道路规划，说明道路规划为棋盘型的格局，将城市道路分为经纬、环、野三个等级；一轨约合 1.65m，经纬干路约合 15m 宽。环形干路约合 11.5m 宽。市郊道路约合 8.5m 宽，这种城市路网的规划方案几乎一直延用到近代，成为国内外道路网规划的典型图式之一。古代对交通管理也有规则。礼记中说：“道路男子由右，妇人由左。车从中央”。秦王朝在战国时期修筑了全国规模的交通网——驰道，可以说，我国古代对交通运输和道路建设，曾视为头等大事之一，所以我国的道路建设和交通工程在世界也很著名，国外的一些出版物将我国的长城和驰道视作重大交通工程的实例。

二、现代交通工程学在我国的发展

（一）国内外的学术交流兴起

从 1979 年以来，美、日、英、德、加拿大等国的交通工程专家，先后在上海、北京、西安、南京、哈尔滨等城市进行讲学，介绍了国外交通规划，交通管理，交通控制与交通安全以及国外交通工程的发展和管理经验，这对国内有关交通工程技术人员与学者们学习，研究和运用现代交通工程学，起了鼓舞和推动作用。与此同时，国内有关学校与业务单位也经常举行学术讨论会、报告会。这些活动既活跃了我们学术空气，又促进了国内交通工程学的发展，使交通工程学很快得到全国学术界和社会学术界的承认并逐渐普及。

（二）建立了学术组织培养了交通工程人材

自 1980 年中国交通工程学会成立以来，已有 20 多个省、市、自治区成立了交通工程学会或交通工程学术委员会，有不少高校设立了交通工程专业，招收了交通工程方向的硕士生、博士生，开展了交通调查、交通规划，交通流理论、交通控制与管理技术等方面的学术研究，

出版了交通工程方面的期刊、书籍报纸，举办了多层次的短训班和专题讲座。通过这些研究、活动培养了一批交通工程技术人才，满足了国家建设的急需。

（三）开展了交通基础数据的调查

自70年代后期开始，按交通部的统一布署，各地公路部门，对主要国道设立了长期观测站及临时观测站，计6750个，进行了大规模的交通调查和经济调查，取得了大量的流量与流速等统计资料，基本上掌握了国家干线路网的交通负荷与运行状况，并整理编印成《全国交通量手册》，包括路网负荷，交通组成，运行速度及空间时间分布规律等。

大中城市也于1982年开始了居民出行调查，道路交通调查，掌握了大量的城市客、货运出行资料，这些资料对于道路、交通的规划、设计、建设、营运管理和领导部门的决策等提供了可靠的数据。

（四）城市交通规划与公路规划方兴未艾

天津、徐州、上海、广州、北京、兰州、常州、南京等城市均先后开展了城市交通规划与综合治理，公交线网、站点与调度优化的研究，京津塘、沈大、沪嘉、沪宁、广深珠、广佛等高速公路进行的工程可行性研究与规划、设计工作都取得了大量的资料进行了分析论证，对工程建设的方案比选与决策起了良好的作用。

（五）组织了交通法规的制定

近年来，我国交通与公安部门协调配合，运用交通工程学与法学原理，制定了一些交通法规，1986年颁发了国家标准（GB 5768—86）《道路交通标志和标线》，1987年国务院颁发了《中华人民共和国公路管理条例及实施细则》，1988年国务院颁发了《中华人民共和国道路交通管理条例》，同时制定了一系列安全监理制度，事故分析方法与违章处理方法等。

（六）引进并研制了控制与管理软件及设施

现我国已研究出单点定时自动控制信号机与感应式自动控制信号机，在北京，上海、天津、深圳等地引进或安装了试验性的联动线控制系统与区域自动控制系统。

试制了多种自行车、汽车流量自动检测记录装置及汽车流速油耗检测仪表、反光标志、雷达测速仪表、检测器、传感器等，这些设施对于道路交通管理水平与通行能力的提高，交通安全的保证，发挥了重要的作用。

三、我国交通工程学的的主要任务

现代交通工程学对我国来说还是一门新兴的科学，还有许多问题有待于进一步研究，必须在学习国外的先进经验与基本理论的同时，从我国的交通工程实际和特点出发，建立符合我国国情的交通工程理论、方法与参数。为建立有中国特色的交通工程学，当前急需研究的有，

- （1）混合交通流的治理、营运与管理；
- （2）公路与城市道路交通的规划理论与方法；
- （3）城市道路交叉口的改造问题；
- （4）高等级公路的规划、设计、修建、营运与管理的模式；
- （5）各种交通管理法规的制定、修改与完善；
- （6）城市交通的综合治理；
- （7）电子控制技术的引进与应用；
- （8）大城市辐射交通的规划设计；
- （9）全国综合运输网的规划；

- (10) 交通运输政策的研究等；
- (11) 立体交叉的规划设计；
- (12) 道路交通的计算机辅助设计系统与专家系统。

§1-3 我国交通现状、问题和发展趋势

一、现状和问题

解放以来我国交通运输有了很大的发展，初步形成了铁路、公路、水运、空运和管道等五种运输方式组成的初具规模的运网框架。各种运输线路长达 $140 \times 10^4 \text{km}$ ，其中铁路 $5.5 \times 10^4 \text{km}$ ，公路 $99 \times 10^4 \text{km}$ ，内河航道 $11 \times 10^4 \text{km}$ ，民航国内航线 $22 \times 10^4 \text{km}$ ，输油（汽）管道 $1.3 \times 10^4 \text{km}$ ，表 1-1 为 1987 年完成运输任务的情况。但同国家的要求和各方面对交通需求以及作为国民经济发展的基础设施和先行部门的差距是很大的，甚至已成为国民经济发展的制约因素和薄弱环节，主要表现为：

- (1) 运输线路运力不足；
- (2) 运输结构很不合理；
- (3) 运输网络的技术装备陈旧；
- (4) 运输负荷过重全面紧张；
- (5) 运输政策不够协调；
- (6) 管理方式和手段落后。

1987 年各种运输方式完成的运输量统计表

表 1-1

| 类别 \ 方式 | 铁 路 | 公 路 | 水 运 | 空 运 | 管 道 | 沿海水运 | 总 数 |
|-----------|------|------|------|------|-----|------|-------|
| 货物周转量亿吨公里 | 9876 | 2871 | 9964 | 7.4 | 637 | — | 23355 |
| 比上年增长率% | 4.3 | 9.5 | 4.8 | 12.1 | 2.0 | — | 5.1 |
| 旅客周转量亿人公里 | 3260 | 2382 | 204 | 214 | — | 4.36 | 6060 |
| 比上年增长% | 14.7 | 8.8 | 2.5 | 14.9 | — | 10 | 12.1 |

二、发展趋势与研究重点

党的十二大提出了到本世纪末使我国的工农业总产值翻两番的宏伟目标，有关部门研究了国内外道路客、货运量与工农业产值之间关系的统计资料，认为从现在到 2000 年期间我国道路客、货运量的增长速度将高于工农业总产值的增长速度，并预计道路货运量增长速度约为 8~10%，客运量的增长速度约为 10~12%，汽车拥有率的增长速度将达 13% 自行车将达 17%。至 2000 年时，我国汽车拥有总量可达 1000 万辆以上，自行车将达 5 亿辆以上。公路上的交通量的平均增长率约达 6% 以上。这一方面表明道路交通在国家运输网中的作用和地位将变得更加突出和重要，另一方面表明国家对道路交通运输的要求更高，为此：

- (1) 要确立交通运输的地位、作用和发展战略的规划；
- (2) 做好全国公路网发展的全面规划；
- (3) 制定老路提高等级与技术改造的标准与实施计划；
- (4) 提出高等级道路技术标准与发展规划；

- (5) 实现道路交通运输系统技术管理与设施的现代化；
- (6) 建立科学合理的交通运输管理体制；
- (7) 要制定好城市道路交通的发展规划。

§1-4 本课程的性质、目的、内容、任务及与其它学科的关系

一、本课程的性质与其它学科关系

交通工程学是一门新兴的横断科学，是一门综合性很强的专业课程，所涉及的学科多，社会科学方面有法学、社会学、心理学、经济学、管理学等，自然科学方面有数学、动力学、物理学、汽车学、运输学、电子计算机学科、土木建筑工程学、预测学等。从内容来分，既有基本原理、基础理论及方法，也有现代计测技术、计算机图象显示、模拟仿真等，它是公路与城市道路、交通工程与运输管理等专业学生必修课程之一，其先修课有“道路设计”“概率与数理统计”等。

二、交通工程学的内容

交通工程学研究的主要内容有：

1. 交通特性包括交通系统各组成部分的个体特性和交通流的整体特性

(1) 人的交通特性——作为交通参与者行人、乘客、驾驶员与交通有关的生理、心理特性；

(2) 车辆特性——所有道路上行驶的各种车辆的行驶性能、动力性能、稳定性、可靠性，以及由车辆或行人组成的交通流的特性，交通流的流量、密度、速度等特征及其在时间与空间环境中相互作用的关系与参数；

(3) 路的特性——路网形态、结构、路线的几何线形，路基路面整体质量与各种安全、管理、服务设施对车辆运行的影响。

2. 交通流理论

运用概率理论，流体力学理论与动力学理论，宏观与微观的方法研究连续车流、间断车流与混合车流的通行能力、速度与运行规律。

3. 交通调查

主要调查交通的流量、流速与起讫点，调查运输工程的时间、空间分布及对环境的影响，交通事故原因等。

4. 交通规划

研究城市与乡区运量的发生、分布、流动等需求的发展变化规律及满足此项需求的方式、方法与相应的工程与管理措施。

5. 交通法规

根据交通特性与法学原理研究维护秩序，保障交通安全通畅的规则、条例、规定办法和调节人、车、路相互关系的准则。

6. 交通管理

主要研究组织、指挥、控制及管理交通的办法、措施、设备，以充分发挥路网及道路与交叉口的潜力，保障交通安全通畅。

7. 交通环境保护

研究减少或消除交通噪声、废气和振动对环境的不利影响，为提高城市环境质量，创造良好的生活环境服务。

8. 交通事故

主要研究交通事故产生的空间时间分布规律及其发生的原因，为预测预防事故发生和交通安全服务。

9. 停车站场及服务设施

研究停车站场及服务设施的需求变化、规划设计、营运管理。

10. 其它新的交通体系及设施的研究

三、本课程的主要目的与任务

本课程的主要目的与任务，在于结合我国的交通工程特点和实际问题，阐述交通流的基本特性、基本理论与一般原则，人、车、路与环境相互关联，相互作用的时间与空间特性，交通调查与分析的基本方法与手段，交通规划的内容、一般程序和方法，道路通行能力计算的理论与方法，交通管理与控制的基本概念等，通过对本课程的学习，应使学生能初步了解交通工程学的概念、理论、方法和解决交通工程问题的途径，为今后在工作中解决交通工程问题或进一步深入学习交通工程学打下必要的基础。

思 考 题

1. 交通工程学的定义、产生与发展的历史背景与今后发展的趋势。
2. 试述交通工程学的基本内容、性质、目的及与其它学科的联系。
3. 我国交通的现状、问题和今后的发展趋势。
4. 试述我国交通工程面临的任务以及研究本学科的意义。
5. 我国现代交通工程学的特点及如何学好本课。

第二章 交通特性分析

交通特性分析是交通工程学的的一个基本部分，是进行合理的、科学的交通规划、设计、营运、管理的前提和基础。交通特性分析既要研究交通系统各要素自身的特性，如驾驶员的交通特性、行人交通特性、乘客交通特性、车辆交通特性、道路交通特性等；又要研究交通流的特性；以及交通要素与环境因素之间的相关特性。本书着重介绍前两部分内容，第三部分在其它专门课程中介绍。

§2-1 道路交通三要素特性

正如第一章所述，交通工程学是一门研究人、车、路及与周围环境相互影响的科学。道路交通的基本要素就是人（包括驾驶员、行人、乘客及居民）、车（包括客车、货车、非机动车）、路（公路、城市道路、出入口道路及其相关设施）。本节介绍这三个基本要素的交通特性及相互关系。

一、驾驶员的交通特性

1. 驾驶员的职责和要求

在道路交通要素中，驾驶员具有特别重要的作用。因为除了行人和自行车交通以外，其它客、货运输都要由驾驶员来完成。驾驶员既要保证将旅客和货物迅速、顺利、准时送到目的地，又要保证旅客安全、舒适及货物的完好。同时，行人和自行车交通受到机动车交通的影响，因此，绝大多数交通事故直接、间接地与驾驶员有关。因此，要求驾驶员具有高度的社会责任感，良好的职业道德、身体素质、心理素养，熟练的驾驶技术。充分认识和掌握驾驶员的交通特性对于保证交通运输的正常运行，人民生命财产的安全是十分重要的。

2. 驾驶员的反应操作过程

驾驶员在驾驶车辆过程中，首先通过自己的感官（主要是眼、耳）从外界环境接受信息，产生感觉（视觉和听觉），然后通过大脑一系列的综合反应产生知觉。知觉是对事物的综合认识。在知觉的基础上，形成所谓“深度知觉”，如目测距离、估计车速和时间等。最后，驾驶员凭借这种“深度知觉”形成判断，从而指挥操作。这个过程可以抽象成图 2-1 所示的“环境——驾驶员——汽车”这样一个驾驶控制系统。

3. 驾驶员的生理、心理特性

在图 2-1 所示的汽车驾驶控制系统中，起控制作用的是驾驶员的生理、心理素质和反应特性。

1) 视觉特性

眼睛是驾驶员在行车过程中最重要的生理器官。因此，驾驶员的视觉机能直接影响到信息获取，行车安全。对于驾驶员的视觉机能，主要从以下几方面来考察：

视力 眼睛辨别物体大小的能力称为视力。视力可分为静视力、动视力。顾名思义，静视力即人体静止时的视力。我国驾驶员体检时要求视力两眼各为 0.7 以上，或两眼裸视力

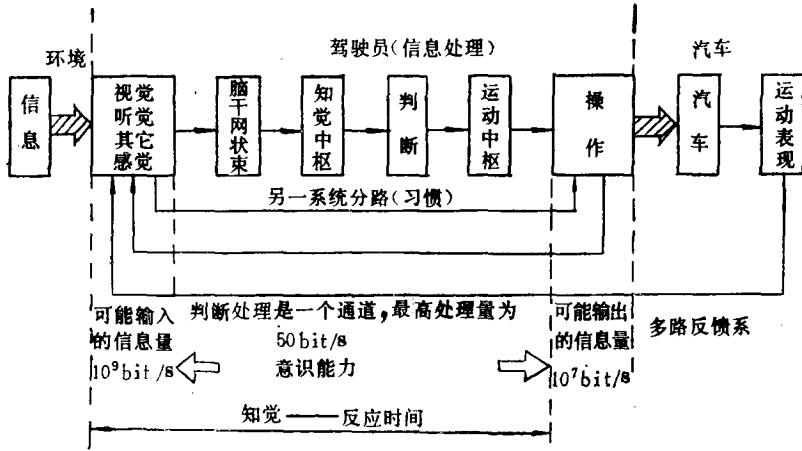


图 2-1 驾驶控制系统

不低于 0.4，但矫正视力必须达到 0.7 以上，无红、绿色盲。

动视力是汽车运动过程中驾驶员的视力。动视力随速度的增大而迅速降低，同时，动视力还与驾驶员的年龄有关，年龄越大，动视力越差，如图 2-2 所示。

视力还与亮度、色彩等因素有关，视力从暗到亮或从亮到暗都要有一个适应过程。

②视野 两眼注视某一目标，注视点两侧可以看到的范围称为视野。视野受到视力、速度、颜色、体质等多种因素影响。静视野范围最大。随着车速增大，驾驶员的视野明显变窄，注视点随之远移，两侧景物变模糊，见表 2-1。

色感 驾驶员对不同颜色的辨认和感觉是不一样的。红色刺激性强，易见性高，使人产生兴奋、警觉，黄色光亮度最高，反射光强度最大，易唤起人们的注意。绿色光比较柔和，给人以平静、安全感。交通工程中将红色光作为禁行信号，黄色光作为警告信号，绿色光作为通行信号。交通标志的色彩配置也是根据不同颜色对驾驶员产生不同的生理、心理反应而确定的。

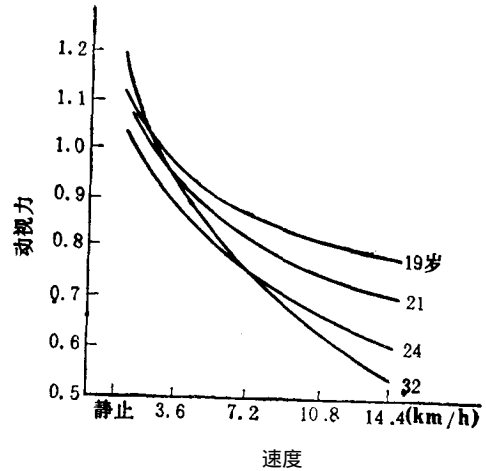


图 2-2 不同年龄时车速与动视力的关系

驾驶员视野与行车速度的对应关系

表 2-1

| 行 车 速 度 (km/h) | 注 视 点 在 汽 车 前 方 (m) | 视 野 (°) |
|-------------------|------------------------|------------|
| 40 | 183 | 90~100 |
| 72 | 366 | 60~80 |
| 105 | 610 | 40 |

2) 反应特性

反应是由外界因素的刺激而产生的知觉——行为过程。它包括驾驶员从视觉产生认识后，将信息传到大脑知觉中枢，经判断，再由运动中枢给手脚发出命令，开始动作。知觉——

反应时间是控制汽车行驶性能最重要的因素，如图 2-3。

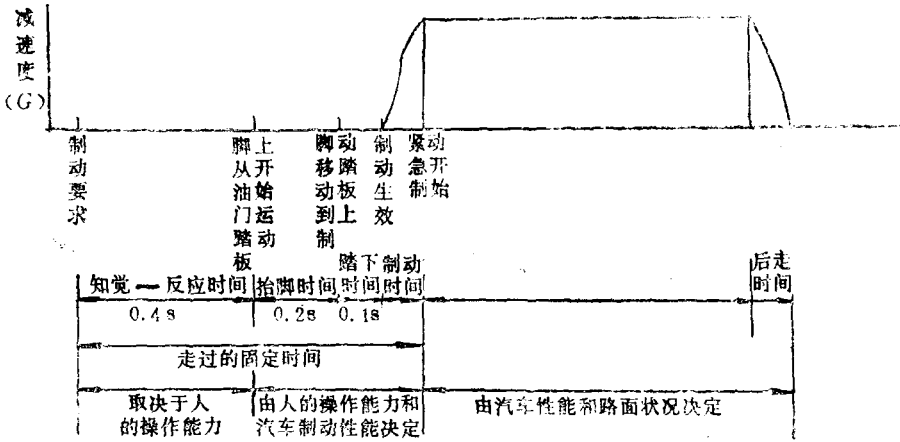


图 2-3 反应时间和制动操作

驾驶员开始制动前最少需要 0.4 s 知觉——反应时间，产生制动效果需 0.3 s 时间 共计 0.7 s。根据美国各州公路工作者协会规定，判断时间为 1.5 s 作用时间为 1 s 故从感知、判断、开始制动，到制动发生效力全部时间通常按 2.5~3.0 s 计算。道路设计中以此作为制动距离的基本参数。

反应时间的长短取决于驾驶员的素质、个性、年龄、对反应的准备程度以及工作经验。

3) 驾驶员的心理特点和个性特点

身心健康是安全行车必不可少的条件。思想上注意安全行车，平静的精神状态、安定审慎的性格也是必要的条件。研究表明，情绪不稳定，易冲动，缺乏协调性、行为冒失往往容易造成行车事故。相反，情绪稳定，行为谨慎，有耐心的驾驶员发生交通事故的情况就少些。

二、乘客的交通特性

1. 乘客的交通需求心理

人们总是抱着某种目的（如上班、上学、购物、公务、社交、娱乐等）才去乘车的，为乘车而乘车的旅客几乎是没的。乘车过程本身意味着时间、体力、金钱的消耗。因此，人们在乘车过程中总是希望省时、省钱、省力，同时希望安全、方便、舒适。道路设计、车辆制造、汽车驾驶、交通管理等都应考虑到乘客的这些交通心理要求。

2. 乘车反应

不同的道路等级、线形、路面质量、汽车行驶平稳性、车箱内气氛、载客量、车外景观、地形等对旅客乘车的生理、心理反应都有一定的影响。

研究表明，汽车在弯道上行驶，当横向力系数大于 0.2 时，乘客有不稳定之感；当横向力系数大于 0.4 时，乘客感到站立不住，有倾倒的危险。汽车如果由直线直接转入圆曲线，并且车速较快，乘客就感到不舒服。因此，在公路线形设计中对于平曲线的最小半径和缓和曲线的长度均有明确规定的标准。

道路路面开裂、不平整，引起行车振动强烈，乘客受颠簸之苦，厉害时使人感到头晕、恶心、欲呕吐。

在山区道路上或陡边坡或高填土道路上行车，乘客看不到坡脚，易产生恐惧心理。如果

在这种路段的路肩上设置护栏或放缓边坡，就可消除乘客的不安全心理。

乘车时间过长，容易产生烦躁情绪。为此，路线的布设应考虑到美学要求，尽量将附近的自然景物、名胜古迹引入司机和乘客的视野，使乘客在旅途中能观赏风光、放松精神、减轻疲劳感。

每个旅客都有一定的心理空间要求。心理空间是指人们在他（她）周围划出的，确定为自己领域的不可见区域。当个人的心理空间遭到外界不该闯入的人或物的侵袭时，人的心理会感到压力、厌恶、排斥。乘车拥挤不但消耗人的体力，而且给乘客心理上造成额外的压力。

由于体力、心理、生活、就业等方面的原因，城市居民对日常出行时间的容忍性是有一定限度的，如表 2-2。如果他们的居住地离市中心的距离超出了可容忍的最大出行时间，则他们对自己居住地的位置以及交通系统服务是不会满意的。

不同出行目的出行容忍时间 (min)

表 2-2

| 出行目的 | 理想出行时间 | 不计较出行时间 | 能忍受出行时间 |
|------|--------|---------|---------|
| 就 业 | 10 | 25 | 45 |
| 购 物 | 10 | 30 | 35 |
| 游 憩 | 10 | 30 | 85 |

苏联在城市交通规划时规定了乘客的乘车时耗定额，如表 2-3。

不同城市乘车时耗定额

表 2-3

| 人口规模(万人) | >100 | 50~100 | 25~50 | <25 |
|------------|------|--------|-------|-----|
| 时耗定额 (min) | 45 | 35 | 30 | 25 |

3. 社会影响

乘车安全性、舒适性、满意性不仅对乘客个人的生理、心理有影响，同时可能对社会也产生预想不到的影响。上下班时间过长，多次换乘，过分的拥挤给职工造成旅途疲劳、心理压力、情绪烦躁，从而产生下列情况：

容易引起乘客纠纷，发生过激行动；

使职工过分疲劳，劳动效率降低；

影响家庭和睦；

引起居民对公交服务系统的不满；

影响居民对社会生活和公共事业的态度，或对政府产生不满。

在世界范围内，现代大城市的交通拥挤日益成为一个令人关注的社会问题。

三、行人交通特性

步行交通是与人类生活密不可分的一项活动。步行能够使个人与环境及他人直接接触，达到生活、工作、交往、娱乐等各种目的。为了满足步行者的生理、心理和社会需要，并保证他们不消耗过多的体力、不受其它行人的干扰、不发生交通事故，就必须提供必要的物质设施。这些设施的规划、设计，实施需要对行人交通的特性有很好的认识和理解。

1. 行人交通流特性

相对于汽车交通来说，对行人交通特征的研究是很少的。不过前人已经做了不少工作。

美国学者弗洛因 (Fruin, J. T 在其博士论文《行人规划与设计》中详细研究了行人流的速度、流量、密度、行人占有空间等特征要素及其相互关系,提出了人行道服务水平划分建议值,见表 2-4。1979年,以色列学者普鲁士 (Polus, A) 等人对行人交通作了实地观测和

人行道流量、行人占有空间与服务水平

表 2-4

| 服务水平 | 行人流量 (人/m·min) | 行人占有空间 (m ² /人) | 行人交通情况 |
|------|-------------------|-------------------------------|---|
| A | ≤30 | >2.3 | 自由流 |
| B | 30~55 | 2.3~0.9 | 行人步行速度和超越行动受到限制;在有行人反向和横穿时严重地感到不方便 |
| C | 55~70 | 0.9~0.5 | 步行速度受到限制,经常需要调整步伐有时只好跟着走;很难绕过前面慢行的人;想要反方向走或横穿特别困难 |
| D | ≥70 | <0.5 | 不稳定流动,偶尔向前移动;无法避免与行人相挤;反向和横穿行动不可能 |

理论分析。他们发现,步行道行人的步行速度平均值在 1.03~1.28m/s 之间。男性的步行速度比女性要快。步行速度随行人流密度增大而下降。他们在平均步行速度、平均行人密度、人行道服务水平之间建立了一元回归模型,如图 2-4。

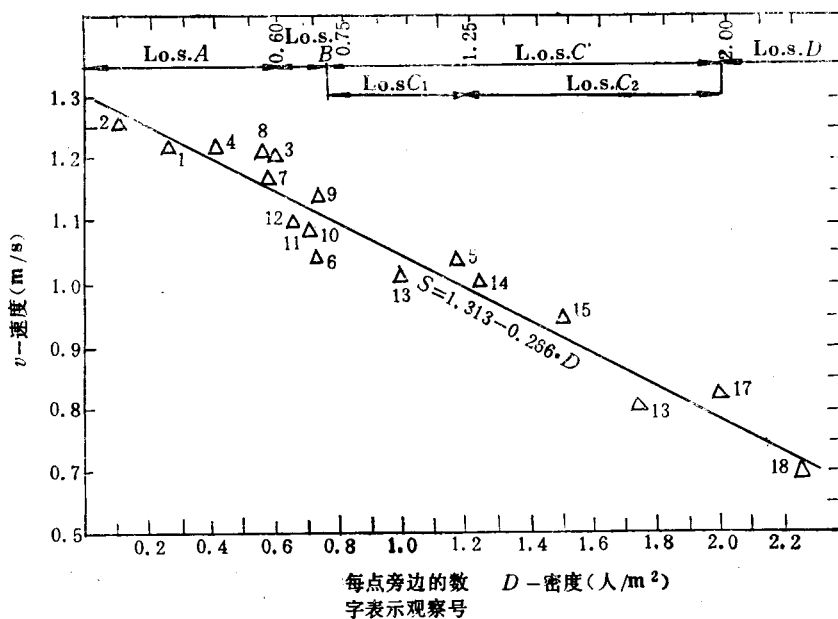


图 2-4 平均步行速度、平均行人密度、服务水平回归模型

2. 行人交通特征及相关因素

行人交通特征表现在行人的速度、对个人空间的要求、步行时的注意力等方面。这些与行人的年龄、性别、目的、教养、心境、体质等因素有关,也与行人所处的区域,周围的环境、街景、交通状况等有关。总结起来如表 2-5。行人交通事故放在本书第九章介绍。

四、车辆交通特性

公路和城市道路所服务的各种车辆有小汽车、公共汽车、卡车、摩托车、自行车等。道

| 因素 | 特征 | 行人速度 | 个人空间 | 行人注意力 |
|-------|----|--|--|------------------------------------|
| 年龄 | | 成年人正常的步行速度为1.0~1.3m/s之间,儿童的步行速度随机性较大,老年人较慢 | 成年人步行时个人空间要求0.9~2.5m ² /人,儿童个人空间要求比较小,老年人则要求比较大 | 成年人比较重视交通安全,注意根据环境调整步伐和视线,儿童喜欢任意穿梭 |
| 性别 | | 男性比女性快 | 男性大、女性小 | 相当 |
| 目的 | | 工作、事务性出行,步行速度较快,生活性出行较慢 | 复杂 | 工作、事务性出行,注意力比较集中,生活性出行注意力分散 |
| 文化及素养 | | 复杂 | 受文化教育高的人一般要求高,为自己,也为别人。反之,则要求低,也不太顾及他人 | 受文化教育高的人一般比较注意文明走路,交通安全 |
| 区域 | | 城里人的生活节奏快,步行速度快。乡村人生活节奏慢,步行速度慢 | 复杂 | 城里人步行时注意力比较集中,乡村人比较分散 |
| 心境 | | 心情闲适时速度正常,心情紧张,烦恼时速度较快 | 心情闲适时个人空间要求正常,心情紧张时要求较小,烦恼时要求较大 | 心情闲适时注意力容易分散,紧张时比较集中 |
| 街景 | | 街景丰富时速度放慢,单调时速度加快 | 街景丰富时个人空间小,单调时个人空间大 | 街景丰富时注意力分散,单调时集中 |
| 交通状况 | | 拥挤时,速度放慢 | 拥挤时,个人空间变小 | 拥挤时,注意力集中 |

路设计标准必须满足这些车辆的行驶要求。小汽车的交通特征,如司机的视线高度,小汽车在高度行驶时的特征等规定了道路设计的一些指标,如竖曲线会车视距的保证,平曲线最小转弯半径、超高值的确定等。公共汽车、卡车的尺寸、重量以及其它一些特性决定了车道宽度、竖向净空、路面桥梁荷载等。这些内容在道路设计中已有了详细论述。各种车辆的技术指标在有关手册中可以找到。这里只简单介绍几个要点。

1. 设计车辆尺寸

车辆尺寸与道路设计、交通工程有密切关系。在我国《公路工程技术标准(JTJ01—88)》和《城市道路设计规范(送审稿)》(1985)中都规定了机动车辆外廓尺寸界限,如表2-6、表2-7。

《公路工程技术标准(JTJ01—88)》规定的设计车辆外廓尺寸

表 2-6

| 车辆类型 | 项 目 | | | | | |
|-------|--------|-----|-----|-----|-------|-----|
| | 总 长 | 总 宽 | 总 高 | 前 悬 | 轴 距 | 后 悬 |
| | 尺 寸(m) | | | | | |
| 小 客 车 | 6 | 1.8 | 2 | 0.8 | 3.8 | 1.4 |
| 载重汽车 | 12 | 2.5 | 4 | 1.5 | 6.5 | 4 |
| 半 挂 车 | 16 | 2.5 | 4 | 1.2 | 4+8.8 | 2 |

2. 动力性能

汽车动力性能包括:最高车速,加速度或加速时间,最大爬坡能力。

最高车速 V_{max} 是指在良好的水平路段上,汽车所能达到的最高行驶车速(km/h)。

| 车辆类型 | 项 目 | | | | | |
|-------|--------|-----|-----|-----|---------|-----|
| | 总 长 | 总 宽 | 总 高 | 前 悬 | 轴 距 | 后 悬 |
| | 尺 寸(m) | | | | | |
| 小 客 车 | 5 | 1.8 | 1.6 | 1.0 | 2.7 | 1.3 |
| 普通汽车 | 12 | 2.5 | 4.0 | 1.5 | 6.5 | 4.0 |
| 铰 接 车 | 18 | 2.5 | 4.0 | 1.7 | 5.8+6.7 | 3.8 |

加速时间 t 分为原地起步加速时间和超车加速时间。原地起步加速时间是指汽车由第 i 档起步, 以最大的加速度逐步换至高档后达到某一预定的距离或车速所需要的时间。超车加速时间大多是用高档或次高档由 30km/h , 或 40km/h , 全力加速至某一高速度所需的时间来表示。

爬坡能力 用汽车满载时 i 档在良好的路面上的最大爬坡度 i_{\max} (%) 表示。

3. 制动性能

汽车制动性能主要体现在制动距离或制动减速度上。制动距离公式为:

$$L = \frac{V^2}{254(\varphi \pm i)} \quad (2.1)$$

式中: V —— 汽车制动开始时的速度 (km/h);

i —— 道路纵坡度 (%) 上坡为正, 下坡为负;

φ —— 轮胎与路面之间的附着系数。

汽车的制动性能还体现在制动效能的稳性和制动时汽车的方向稳定性上。制动过程实际上是汽车行驶的动能通过制动器转化为热能。所以温度升高后, 能否保持在冷状态时的制动效能对于高速时制动或长下坡连续制动都是至关重要的。

方向稳定性是指制动时不产生跑偏、侧滑及失去转向能力的性能。制动跑偏与侧滑, 特别是后轴侧滑是造成事故的主要原因。

五、道路特性

道路是汽车交通的基础、支撑物。道路必须符合其服务对象——人、货、车的交通特性, 满足它们的交通需求。道路服务性能的好坏体现在量、质、形三个方面, 即道路建设数量是否充分, 道路结构能否保证安全, 路网布局、道路线形是否合理。另外, 还有附属设施、管理水平是否配套等。

1. 路网密度

要完成一定的客、货运输任务, 必须有足够的路网设施。路网密度是衡量道路设施数量的一个基本指标。一个区域的路网密度等于该区域内道路总长比该区域的总面积。一般地讲, 路网密度越高, 路网总的容量、服务能力越大, 但这不是绝对的。路网密度的大小应与一定的经济发展水平相当, 与所在区域内的交通需求相适应, 应使道路建设的经济性和服务水平, 道路系统的社会效益、经济效益、环境效益得到兼顾和平衡。

公路网的合理密度可用下式来计算:

$$\gamma_0 = \sqrt{\frac{\sum_1^n Q_i d_i \alpha}{A \cdot F}} \quad (2.2)$$

式中： γ_0 ——公路网的合理密度 (km/km^2)；
 Q_i ——第 i 年区域内的总运输量 (t)；
 d_i ——第 i 年运输单价 (元/ $\text{t}\cdot\text{km}$)；
 α ——平均运距 L_p 与路网密度 γ 之间的回归系数，即： $L_p = \alpha/\gamma$ ；
 A ——单位里程的道路建设费 (元/km)；
 F ——规划区面积 (km^2)；
 n ——规划年限。

城市道路网密度、间距的选取应遵循以下两条原则：

道路网密度、间距与不同等级道路的功能、要求相匹配；

道路网密度、间距与城市不同区域的性质、人口密度、就业密度相匹配。

苏联城市道路设计规范中对道路网密度的规划如表 2-8。

干线道路网密度分布 (总密度为 $2.5\text{km}/\text{km}^2$)

表 2-8

| 城市地带 | 各类道路长度比值 | | | 路 网 密 度 (km/km^2) | | |
|------|----------|-----|-----|-------------------------------------|-------|------|
| | 高速干线 | 市干线 | 区干线 | 高速干线 | 市 干 线 | 区干线 |
| 中心区 | 1 | 2 | 3 | 0.42 | 0.83 | 1.25 |
| 近郊区 | 1 | 3 | 5 | 0.28 | 0.83 | 0.39 |
| 远郊区 | 1 | 4 | 11 | 0.16 | 0.83 | 1.51 |

道路网间距可用下式计算：

$$L = \frac{\left[\Delta t + \frac{v}{7.2} \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right) \right] V / 3.6}{1 - V/v} \quad (2.3)$$

式中： L ——干道间距 (m)；

V ——区间速度 (区间长度比汽车通过区间的总时间) (km/h)；

v ——行驶速度 (km/h)；

Δt ——交叉口停车延误时间 (s)；

a, b ——交叉口车辆加速、减速度 (m/s^2)。

2. 道路结构

道路结构基本部分是路基、路面、桥涵，另外还有边沟、挡墙、盲沟等亦属其组成部分。这些结构物的设计标准和使用要求在《路基工程》、《路面工程》、《桥梁工程》等有关课程中已有介绍，这里不再重复。

3. 道路线形

道路线形是指一条道路在平、纵、横三维空间中的几何形状，传统上分为平面线形、纵断面线形、横断面线形。线形设计的要求是通畅、安全、美观。随着交通需求的增大，公路等级的提高，人们对公路线形的协调性、顺适性要求也越来越高；现更加强调平、纵、横线形一体化，即立体线的设计，详细的在《公路勘测设计》课程中介绍。

4. 道路网布局

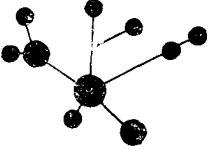
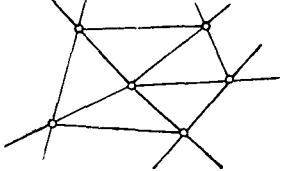
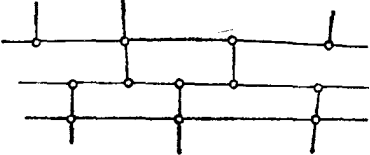
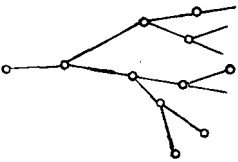
道路的规划、设计不能仅仅局限于一个点、一条线，而应从整个路网系统着眼。路网布局的好坏对整个运输系统的效率有很大影响，良好的路网布局可以大大提高运输系统的效率，增加路网的可达性，节约大量的投资，节省运输时间和运输费用，达到良好的经济效益、社会效益与环境效益。

对于不同的区域、不同的城市，不存在统一的路网布局模式。路网布局必须考虑所在区域的自然、社会、经济情况来选取。

典型的公路网布局有三角形、并列形、放射形、树叉形等。这些布局形式的特点、性能如表 2-9。

典型公路网布局形式及其性能

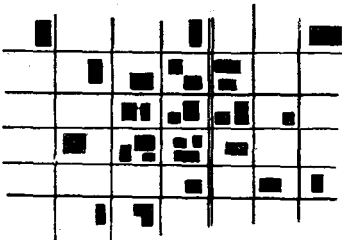
表 2-9


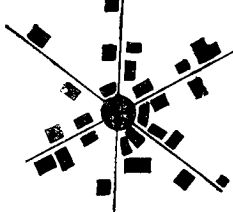
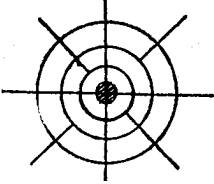
| 图 式 | 特 点 与 性 能 |
|--|---|
|  <p data-bbox="244 501 349 527">放射形路网</p> | <p data-bbox="515 380 1213 489">放射形路网一般用于中心城市与外围郊区、周围城镇间的交通联系，对于发挥大城市的经济、政治、科技、文化中心作用，促进中心城市政治、经济、科技，文化对周围地区的辐射和影响有重要作用</p> |
|  <p data-bbox="244 735 349 760">三角形路网</p> | <p data-bbox="515 583 1190 651">三角形路网一般用于规模相当的重要城镇间的直达交通联系。这种布局形式通达性好，运输效率高，但建设量大</p> |
|  <p data-bbox="244 947 349 972">并列形路网</p> | <p data-bbox="515 808 1209 875">平行的几条干线分别联系着一系列城镇，而处于两条线上的城镇之间缺少便捷道路连接，是一种不完善的路网布局</p> |
|  <p data-bbox="244 1161 349 1186">树叉形路网</p> | <p data-bbox="515 1020 1213 1087">树叉形的路网一般是公路网中的最后一级，是从干线公路上分叉出去的支线公路，将乡镇、自然村寨与市、县政府联接起来</p> |

典型的城市道路网布局有棋盘形（方格形）、带形、放射形、放射环形等。我国古代城市道路以方格形最常见，近、现代城市发展了许多其它形式的道路布局。这些路网布局的特点和性能如表 2-10。

典型城市道路网布局及其性能

表 2-10

| 图 式 | 特 点 和 性 能 |
|--|--|
|  <p data-bbox="251 1711 361 1736">棋 盘 型</p> | <p data-bbox="515 1472 1213 1581">布局严整、简洁，有利于建筑布置，方向性好，网上交通分布均布，交叉口交通组织容易但非直线系数大，通达性差，过境交通不易分流，对大城市进一步扩展不利</p> |

| 图 式 | 特 点 和 性 能 |
|--|---|
|  <p style="text-align: center;">带 型</p> | <p>建筑物沿交通轴线两侧铺开，公共交通布置在主要交通干道范围内，横向靠步行或非机动车，有利于公共交通布线和组织，但容易造成纵向主干道交通压力过大，不易形成市中心</p> |
|  <p style="text-align: center;">放 射 型</p> | <p>交通干线以市中心为形心向外辐射，城市沿对外交通干线两侧发展，形成“指状”城市，这种布局具有带形布局的优点，同时缩短了到市中心的距离。缺点是中心区交通压力过大、边缘区相互间交通联系不便，过境交通无法分流</p> |
|  <p style="text-align: center;">放 射 环 型</p> | <p>这种布局具有通达性好、非直线系数小，有利于城市扩展和过境交通分流等优点，一般用于大城市，但不宜将过多的放射线引向市中心，造成市中心交通过分集中</p> |

§2-2 交通量的基本特性

一、交通量的定义

交通量是指在选定时间段内，通过道路某一地点、某一断面或某一条车道的交通实体数。按交通类型分，有机动车交通量、非机动车交通量和行人交通量，一般不加说明则指机动车交通量，且指来往两个方向的车辆数。

交通量是一个随机数，不同时间、不同地点的交通量都是变化的。交通量随时间和空间而变化的现象，称之为交通量的时空分布特性。研究或观察交通量的变化规律，对于进行交通规划、交通管理、交通设施的规划、设计方案比较和经济分析以及交通控制与安全，均具有重要意义。

交通量时刻在变化，在表达方式上通常取某一时间段内的平均值作为该时间段的代表交通量。如果以辆/日为单位，平均交通量表达式为：

$$\text{平均交通量} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \quad (2.4)$$

式中： Q_i ——各规定时间段内的日交通量，（辆/d）

n ——各规定时间段的时间（天）。

按平均值所取的时间段的长度计，常用的平均交通量有：

(1) 年平均日交通量（AADT）

$$\text{AADT} = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} Q_i \quad (2.5)$$