

第一章 绪论

第一节 交通运输工程学与交通工程学

一、交通运输工程学

随着社会的发展,人们对交通运输需求的迅速增长,从而形成了现代交通运输业。交通运输是国民经济的重要组成部分,在整个社会机制中起着纽带作用。交通运输既是衔接生产和消费的一个重要环节,又是人们在政治、经济、文化、军事等方面联系交往的手段。因此,交通运输在现代社会的各个方面起着十分重要的作用。

交通运输工程学(Transportation engineering)是把现代技术和科学原理应用于各种运输方式中运输设施的规划、功能设计、运营和管理,以实现安全、迅速、舒适、方便、经济和与环境相协调地运送旅客和货物。

交通运输是国民经济的基础产业,也是一个面向全社会的服务系统,该系统将无数个产生社会活动的地点联结起来。这些地点可以是组成社会有机整体的部分,如居民点、商业中心、工矿区、农业区、旅游点等等,也可以是一个地区、国家的组成部分。

交通运输系统由 5 种运输方式(子系统)组成,即铁路、公路、水路、航空、管道。各种交通运输方式应统筹规划、合理分工、扬长避短、协调发展,以提高综合运输能力,适应国民经济可持续发展的需要。

完成交通运输任务有 3 个基本要素:

1. 路线(Links)

- (1) 实有路线,如轨道、道路、管道、运输带、索道等;
- (2) 虚有路线,如航海路线、航空路线等。

2. 载运工具(Means of moving persons and goods)

- (1) 轮船、飞机、汽车和火车等;
- (2) 传送带、缆车、管道等。

3. 枢纽站(Terminals)

枢纽站主要包括出行和运货的起、终点,转换运输方式的中间站点,载运工具的停放地点等。

- (1) 大型站——飞机场、港口、火车站和公共汽车端点站、停车设施等;
- (2) 小型站——装卸货码头、公共汽车车站、居住区的车库等;
- (3) 非正式站——路边的停车带和装卸货区。

交通运输的 5 种方式之间是彼此互补和竞争的关系。当某种方式用先进技术装备起来时,该方式便兴旺发达,占有较大的市场份额。各种运输方式可用 3 个属性来评价:

普遍性——系统的可达性、路线的直接性和处理各种需求的适应性。

机动性——处理运量的能力(载运能力和敏捷性(速度))

效率——系统的生产率。直接费用与间接费用之间的关系。投资和运营是直接费用。间接费用是反映环境影响和不可定量的(如安全费用)。

交通运输工程学涉及的主要学科领域和研究方向如下：

(1)铁道、公路、城市道路和机场的规划、设计、施工、养护是本学科中研究的重要内容。以高速重载铁路、高速公路、快速城市干道和现代化机场工程等为主攻方向。从发展趋势看，铁路上部建筑及公路路面和机场地面设施的功能尚需进一步完善，并着重研究各种新技术、新材料、新工艺在该学科领域的应用，以适应重载及高速列车、新型汽车和大型现代化飞机的运行发展需要。为使线路和机场的设计更为经济合理，采用优化及自动化设计已成为迫切需要。

(2)交通运输中的载运工具必须适应重载、高速、高效、安全运输的需要。这就给载运工具的结构及运用的可靠性、科学性和安全性研究，载运工具在运行过程中的动态性能与环境影响的研究，载运工具的维修、诊断以及轮轨(路、航道)相互作用的研究等方面提出了许多亟待解决的新课题。

(3)为保证交通运输安全，提高运输效益和效率，建设智能化、综合化的交通信息控制系统。对信息采集、处理和传输、信息集成与控制等技术提出了更高更新的要求。因此，必须加强运输控制现代化、运输过程自动化与运输信息集成化的研究和应用。

(4)交通运输要实现经济、高效与安全，必须加强交通运输系统总体规划、运行技术及运输管理的研究。要利用最优化的理论和方法、计算机技术等进一步研究如何科学地组织运输生产，实现运营管理现代化。要着重研究利用现代化技术手段来提高载运工具的运行效益，研究物流过程中的技术经济规律，研究现代客运系统和城市交通的规划与管理。

(5)要进一步研究人、载运工具、交通环境及各种附属设施的相互作用和各种运输方式相互衔接而产生的技术和经济问题，研究交通运输的发展对社会经济需要的适应以及环保、城市规划、土地利用诸方面的协调问题。

(6)随着铁道、公路、水路及航空的发展，安全问题日益突出。在技术密集和资金密集的条件下，交通事故所造成的人员伤亡和物资损失也日趋严重，而交通运输安全技术和保障问题仍是当前交通运输业的薄弱环节，急需深入研究交通运输过程中的安全运行规律和提供安全技术保障。

二、交通工程学

由于世界各国学者认识问题的角度、观点和研究方法不同，对交通工程学(Traffic Engineering)的定义也有多种提法，目前尚无世界公认的统一定义。

1983年，美国交通工程师协会(American Institute of Traffic Engineers)指出，交通工程学(亦称道路交通工程)是交通运输工程学的一个分支，它涉及到道路的规划、几何设计、运营和道路网、终点站、毗邻地带以及道路交通与其他运输方式的关系。

澳大利亚著名交通工程学家 W. R. Blunden 的定义为：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基本规律的科学。为了使人和物安全有效地移动，将此学科的知识用于交通系统的规划、设计和运营。

我国的一些交通工程学者认为：交通工程学是研究交通规律及其应用的一门技术科学。

20世纪70年代以来，国外一些专家明确指出：交通工程学只有将工程(Engineering)、教育(Education)、法规(Enforcement)、环境(Environment)和能源(Energy)5个方面综合起来考虑，才能

保证人、车、路之间合理的时间和空间关系。由于工程、教育、法规、环境和能源这 5 个英文字母都是字母 E 所以人们常称交通工程学科为“5 个 E”学科。

总之 交通工程学是以人(驾驶员、行人和乘客)为主体、以交通流为中心、以道路为基础,将这三方面的内容统一在交通系统中进行研究 综合处理道路交通中人、车、路、环境四者之间的时间和空间关系的学科。它的目的是提高道路的通行能力和运输效率、减少交通事故、降低能源机件损耗、公害程度与运输费用 从而达到安全、迅速、经济、舒适和低公害的目的。

第二节 交通工程学的主要内容及其作用

一、交通工程学的内容

随着科学技术的进步和人们对交通需求的增加,交通工程学科作为运输学科的一个重要分支得到了迅速的发展,学科领域不断扩大,学科的内容也日趋丰富。交通工程学的主要内容包括以下几个方面:

1. 交通特性 (Traffic characteristics)

1) 人(驾驶员、行人和乘客)的交通特性 (Critical characteristics of road users)

人的交通特性主要研究驾驶员的视觉特性、反应特性、酒精对驾驶的危害性、驾驶员的职业适应性 以及疲劳、情绪、意志、注意力等对行车的影响 行人和乘客的交通需求、心理特征和习惯等。

2) 车辆(机动车、非机动车)的交通特性 (Critical characteristics of vehicles)

车辆的交通特性主要研究车辆的几何尺寸、质量等车辆的外部特征;研究车辆的动力性、制动性、通过性、稳定性、机动性等运行特性 研究车辆拥有量及其增长规律和对需求量的适应性;车辆组成对车辆运行的影响等。

3) 道路(公路、城市道路、交叉口及交通枢纽)的交通特性 (Critical characteristics of highways)

道路的交通特性主要是研究道路网的布局、结构如何适应交通的发展;道路线形如何满足安全行车的要求;道路与环境如何协调等。

4) 交通流的交通特性 (Traffic-stream characteristics)

交通流的交通特性主要研究交通流的 3 个参数——流量、速度、密度特征及其在时间与空间环境中的相互作用关系,同时要研究车头时距分布、延误等。

2. 交通调查 (Traffic studies)

包括交通量、交通速度、交通密度、交通延误的调查(居民、车辆)出行调查 道路及交叉口的通行能力调查 交通事故及违章调查 公共交通及停车场调查 交通污染(大气、噪声)调查等。

3. 交通流理论 (Traffic flow theory)

研究不同密度的交通流特性与其表达参数之间的关系,寻求最适合交通状态的理论模型。目前已有的模型有 车辆跟驰理论、概率论、排队论、流体力学理论等 从宏观和微观的角度研究连续车流、间断车流和混合车流的变化规律。

4. 道路的通行能力和服务水平 (Capacity and level-of-service)

包括城市道路、一般公路、高速公路通行能力的分析方法 交叉口(无控制交叉口、环形交叉口、信号交叉口、立体交叉口)通行能力的分析方法 公共交通线路(常规公交线、地铁轻轨

线等) 通行能力及线网运输能力的分析方法, 服务水平的分级及划分标准等。

5. 交通规划 (Transportation planning)

包括城市交通需求、区域综合运输需求、公路交通需求的预测方法 网络交通流的动态、静态分配模型, 城市道路网络、公共交通网络、公路网络的规划方法, 道路交通规划的评价技术。

6. 交通事故与安全 (Traffic accident and safety)

主要研究交通事故发生的统计分布规律; 交通事故的各种影响因素分析; 交通安全评价; 安全改善及其效益分析与评价; 交通事故的预测等。

7. 交通管理与控制 (Traffic management and control)

包括道路交通法规制定、交通系统管理 (TSM) 策略、交通需求管理 (TDM) 策略、交通运行组织管理、交叉口交通控制、干线交通控制、区域交通控制、交通管理策略的计算机模拟及定量化评价技术等。

8. 停车场及服务设施 (Parking and service facilities)

研究停车需求, 对停车场进行规划、设计和管理, 讨论交通服务设施的布点、规模和经营等。

9. 公共交通 (Public transportation)

讨论各种公共交通工具的特点、适用条件以及各种交通方式的相互配合, 并探索新的交通方式, 为居民提供方便的公共交通系统。

10. 交通系统的可持续发展规划 (Persistent development planning)

研究交通合理结构的规划 交通环境污染 (大气污染、声污染、振动等) 的预测、评价及预防, 交通能耗的预测与评价, 交通系统中其他资源消耗的预测与评价, 交通系统可持续发展的保障体系等。

11. 交通工程的新理论、新方法、新技术 (New theory and technology)

交通工程是一门新学科, 它随着科学技术的发展而发展, 目前, 交通工程的新理论、新方法、新技术主要集中在智能运输系统 (ITS) 方面 包括现代通信技术、计算机技术、信息技术、管理技术、控制技术在交通管理中的应用 如车辆卫星导航技术、高速公路自动收费技术、自动高速公路等都是 ITS 的核心内容。

二、交通工程学的作用

交通工程学研究的内容涉及道路交通及运输工程的各个方面。总结国内外研究和运用交通工程学的实践以及交通工程学在发展过程中所显示的作用, 可以概括为以下几点:

(1) 能够促进道路交通综合治理方案的形成和实施, 促使交通事故全面下降。

(2) 能够有效地减少和避免交通拥挤、混乱状况, 提高交通运输效率和运输企业的经济效益。

(3) 能够通过改善道路交通环境达到既提高道路通行能力又减轻驾驶员劳动强度的效果; 通过对驾驶员交通心理及生理特性的研究和运用, 实施对驾驶员的科学管理, 提高安全驾驶率。

(4) 能够促使车辆和道路在质量和数量上协调发展, 提高交通规划和公路网规划水平及道路的整体设计和施工水平。

(5) 能够增进汽车驾驶员、乘客、行人、骑自行车者等道路使用者的安全感和舒适感, 减少道路运输中的货物损失。

(6)能够减少空气污染、交通噪声等交通公害。

(7)能够提高各项交通工作(含车辆运行管理、公路运输行业和企业运营)的管理水平、服务水平和法制教育水平等。

第三节 道路交通系统

道路交通系统是一个由人、车、路、环境(含交通控制装置)组成的整体,每个组成部分都有其独立的功能或特性,按照特定的方式有规律地运行着,由此实现安全通畅的目标。

图 1-1 是道路交通系统的构造模型,图中表明了人、车、路、环境四者的关系,是道路交通工程学要研究的中心内容。这个概念模型反映了交通系统组成要素的实质内容,所以能系统明确地以动态的观点为交通工程技术的应用指明方向,并提出解决问题的可靠途径。

道路交通系统的研究对象是交通流,目标是安全、通畅。道路的主要特点是动态、开式。所谓动态是指系统中的各要素随空间、时间的推移而发生变化。开式是指不仅道路交通系统内部人、车、路、环境相互联系密切,而且系统本身还受国家政策、人民生活方式、文化水平、经济条件等影响,因此对该系统不能离开社会现实孤立地进行研究。

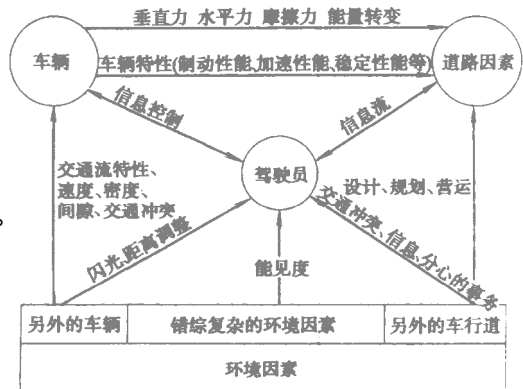


图 1-1 道路交通系统组成的概念模型

第四节 交通工程学的产生与发展

一、交通工程学的产生

汽车的出现,使道路交通产生了第二次飞跃,即由人力和畜力的低速交通时代进入了汽车的高速交通时代。从 1885 年德国人卡尔·本茨制造了第一辆三轮汽车,到 1892 年奥托发明了四冲程内燃汽油汽车,便完成了汽车由实验型向实用型的转变,形成了现代汽车的雏形。1908 年美国亨利·福特采用标准化、专业化生产方式,大大降低了汽车的成本,使汽车成为大众普及型的交通工具。

汽车运输以其机动灵活、速度快、投资少、适应性强、可达性好等优点,得到了迅速的发展。美国是汽车运输发展最快的国家。1920 年美国已有 300 多万辆汽车,300 多万公里道路,而到 1930 年美国的汽车拥有量已达 3000 多万辆,道路 400 多万公里,平均每 1000 居民拥有 180 辆汽车。小汽车已成为美国人生活中不可缺少的交通工具,大城市汽车交通已相当繁忙。汽车运输的发展除了繁荣经济、方便生活外,同时也带来了交通事故、交通拥挤、车速降低、停车困难和环境污染等交通问题。为解决这些问题,人们开始重视对交通工程方面的研究工作。1921 年美国任命了第一个交通工程师;1926 年在哈佛大学创立了交通工程专修科。这一时期交通工程主要研究交通法规的制定、交通管理,设置交通信号灯以及交通标志标线等方面的问题。随着交通的需要和研究的发展,1930 年美国成立了世界上第一个交通工程师协会,并正

式提出了交通工程学的名称，这标志着交通工程学作为一门独立的工程技术科学的诞生。

二、交通工程学的发展

交通工程学科自 20 世纪 30 年代诞生起经过 70 年的不断研究、应用和发展，日益得到了充实、发展和完善。其主要发展阶段为：

30 年代——主要研究车辆到达分布特性，单点自动信号控制，交通管理如何使道路适应汽车行驶及如何减少交叉口阻塞；

40 年代——主要研究交通调查、交通规划，并根据交通调查及远景交通量的预测进行合理交通设计，研究提高路面质量与交叉口通行能力计算；

50 年代——主要研究高速道路线形设计、通行能力计算，立体交叉设计，停车存放问题；

60 年代——主要研究车流特性、城市综合调查与交通渠化、交通规划及试用计算机控制交通；

70 年代——重点研究并拟定合理的交通规划，减少不必要的客流，缩短行程，倡导步行，恢复并优先发展公共交通，给汽车选择最佳运行路线，从根本上改变交通组成，从而减少交通拥挤程度和交通事故，同时加强防治交通对环境的污染；

80 年代至 90 年代初——在人的交通特性方面，开展了对驾驶员和行人的心理、生理特性以及生物节律的研究，道路通行能力的研究，汽车行驶性能、制动、转弯、撞击以及汽车碰撞时如何保证乘车人及驾驶员安全的研究；人一机系统的研究和应用范围进一步扩大。在公路几何设计方面，过去主要是以汽车运动力学平衡原则为线形设计基础，现在发展到要考虑驾驶员的驾驶生理和心理要求，线形组合要考虑对驾驶员的视觉诱导等方面的研究。在交通规划方面，研究经济发展对交通的定量需求和交通对经济发展的影响，并体现在交通规划和道路网设计上。从宏观上研究了路网密度的理论和计算公式。在交通控制方面，进行了在主要干线和主要街道上设置自动控制系统的研究以及反光标志、标线、可变标志的研究；在交通管理方面，按照交通工程学原理制定交通法规的研究；对车辆实行强制保险的研究。在设备与手段方面，交通控制与车辆检测、测试、调查分析方面的自动化程度大大提高。在公害防治和环境保护方面，进行了汽车交通噪声控制和限制废气排放标准、采取措施等工作。

目前世界各工业发达国家均集中大量人力、物力、财力，采用各种高、新技术，研究智能运输系统（Intelligent Transportation Systems, ITS）或称“智能车路系统”（Intelligent Vehicle Highway System, IVHS）。日本和欧洲起步较早，从 80 年代后期即开始运行。美国在 1991 年“地面运输方式效率法案”（Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991, ISTEA）通过后，才得到联邦政府的重视和支持。在该法案的第六章中，明确规定了 IVHS 的研究工作。美国起步虽晚，但进展较快，美国国会指令运输部最迟到 1997 年要建成自动高速公路的第一条试验路。整套智能车路系统建成后，将会大大提高公路交通的安全度和通行能力，使整个公路交通完全实现智能化。目前世界各工业发达国家已形成北美（美国、加拿大）、欧洲（有 10 多个国家参加）和日本三大研究集体，每个集体均组织了跨部门的上百个企业、高校和科研机构，积极进行子系统的开发研究。目前开发的项目很多，但概括起来主要有：先进的汽车控制系统（Advanced Vehicle Control System, AVCS），或称智能汽车控制系统；先进的交通管理系统（Advanced Traffic Management System, ATMS）或称自动高速公路系统；先进的驾驶员信息系统（Advanced Driver Information System, ADIS）。以上三项为主要的组成部分。另外，还有先进的公共运输系统、先进的公路运输系统及商用车辆运营系统等针对各个运输部门和企业的子系统。

随着现代城市的发展,人们的活动半径越来越大。城间的公路运输,其经济运距已延长到数百公里,可与其他运输方式相抗衡。这些都必将引起交通规划、交通方式、交通政策、交通组织管理等各方面的变革,推动交通工程的理论与实践不断地向前发展。当前交通工程学中如下的研究方向值得我们注意:

(1)研究交通供给管理和交通需求管理,力求减少交通需求,增大交通供给,缓解交通紧张状况;

(2)对各种运输方式综合运用的研究。主要是研究各种运输方式的功能与适用条件,尽量发挥各自的优势。另外,还要研究各种运输方式的衔接,以便形成有效的交通系统。在城市交通中还研究向立体空间发展的“新交通体系”。

总之,在交通工程学发展过程中,其研究内容不断拓宽。随着计算机科学的普及、系统科学、信息科学、控制论等现代科学的发展,交通工程学理论必将得到进一步丰富和发展。

第五节 交通工程学在我国的发展

在我国,现代交通工程学的研究始于 20 世纪 70 年代初。1973 年交通部公路科学研究所就设置了交通工程研究室。70 年代末,交通、城建和公安交通管理等有关部门开展了交通工程学理论学习和交通调查工作。1978 年以来,以美籍华人交通工程专家张秋先生为代表的美、日、英、加等国的交通工程专家先后在上海、北京、西安、南京、哈尔滨等城市讲学,系统介绍西方发达国家在交通规划、交通管理、交通控制及交通安全方面的建设与管理经验。国内也派出了多个代表团出国参加由英、美、日、澳、德等国举办的国际交通工程学术会议,这些活动推动了国内交通学科的产生。1980 年上海市率先在国内成立了交通工程学会,1981 年中国交通工程学会宣告成立,标志着我国的交通工程学已进入正规、全面、系统地科学研究阶段到目前为止,虽然只有 20 多年的时间,但是我国交通工程学从无到有,已经在交通规划、交通设计、交通管理、交通监控、交通安全等领域得到较大的发展,形成了一个独立的体系。

交通工程在我国目前的发展状况,可概括为以下几个主要方面。

1 建立学术和研究机构培养专业人才

自中国交通工程学会成立以来,全国已有 20 多个省、市、自治区成立了交通工程学会。交通、公安及城建部门成立了交通工程研究所、室,现在已有了一支相当规模的专门从事交通工程研究和设计的专业队伍,独自完成了高速公路安全、监控、通信、收费系统的设计,研制开发了我国第一个实时自适应区域交通控制系统。

现在全国有十几所高校设立了交通工程专业或开设了交通工程学课程,培养了数以百计的交通工程方向的硕士生、博士生;不断开展学术研究和学术交流,出版了交通工程方面的期刊、专著和译文;举办了多层次的培训班和专题讲座。通过这些研究活动,培养了一大批掌握交通工程系统理论的专业技术人才。

2. 开展了基础数据的调查

自 1979 年开始,按交通部的统一部署,各地公路部门在所有国道上和主要省道上设置了交通调查站,构成全国公路交通调查网,对分车型的流量、车速、运量、起讫点等动态数据进行长期观测调查,取得了大量的统计资料,基本上掌握了国家干线路网的交通负荷与运行状况,并定期汇编《全国交通量手册》,为公路规划、交通流组成、交通量变化规律等分析提供了基础资料。

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、管理和领导部门的决策等提供了可靠的数据。

3. 城市交通规划与公路网规划

天津、上海、广州、北京、南京等城市均先后开展了城市交通规划、公交线网、站点与调度优化的研究。1981 年在全国公路交通普查的基础上，规划了放射与纵横相结合的国家干线公路网，共 70 条 10 多万公里；“七五”期间，又规划了由 12 条国道、2.5 万 km 高速公路和汽车专用公路组成的快速、安全、高效的全国主骨架公路网。“十五”期间，公路建设以“五纵七横”国道主干线和西部地区公路建设为重点，进一步完善省际高等级公路网，强化路网建设与改造，提高技术水平，充分发挥公路运输的基础性和主通道作用。“十五”期间，全国公路将新增公路通车里程 20 万 km，其中高速公路 1 万 km。到 2005 年，全国公路通车里程将达到 160 万 km。其中，高速公路达到 2.5 万 km，二级以上高等级公路比重达 18%，通达公路的乡镇和行政村比重分别达到 99.5% 和 93% 左右。实践证明，干线公路网规划对全国公路建设与规划起到了指导性作用。在我国京津塘、沈大、沪宁、广佛、广深珠、济青、贵黄、杭甬等高速公路和汽车专用公路系统的规划、设计中，解决了工程实际中的许多问题，并摸索出一套我国高等级公路系统规划、设计的原理、方法和经验。

4. 制定交通法规

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》，1991 年国务院颁发了《道路交通事故处理办法》。同时制定了一系列安全监理制度、交通管理处罚程序规定和交通事故分析方法等。1994 年，公安部发布了《高速公路交通管理办法》，1996 年国务院颁发了《城市道路管理条例》。

5. 交通管理与交通控制

在城市道路和干线公路实施路面划线或隔离措施，使车辆各行其道；实施人行横道线，设置行人交通信号灯，并在大城市行人集中的地方修建人行过街天桥或地道。

现在我国已研究出单点定时自动控制信号机和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联动线控系统和区域自动控制系统，并在南京自主研制开发了我国第一个实时自适应城市交通控制系统，结合工程实际，独立完成了高速公路安全、监控、通信、收费系统的设计并投入运营使用，开发了一些硬件设备和控制通信软件，为我国高等级公路的现代化交通管理迈出了可喜的一步。

6. 交通安全设施与交通检测仪器的研制

研制了多种汽车、自行车流量自动检测记录装置、雷达测速仪、酒精检测仪、驾驶员职业适应性检测装置等，还试制了反光标志、标线、隔离、防眩、防撞、诱导等交通安全设施。这些仪器和设施对于提高交通管理水平 and 通行能力，保障交通安全，提供交通信息和舒适美观的交通环境等均有着重要的作用。

7. 交通工程学基本原理在道路交通实践中的应用

- (1) 交通流特性常用作道路交通管理计划、举措和警力配置的主要依据；
- (2) 大城市中心区交通系统管理 TSM 技术的应用；
- (3) 城市道路平面交叉口的系统分析与综合治理；
- (4) 公路增设汽车专用车道 或设慢车行道 或硬化路肩 实行分道行驶；
- (5) 实施公路标准化、规范化和环境美化的 GBM 工程。

8. 计算机技术在交通工程中的应用

目前我国自行开发的交通工程计算机应用软件技术有：交通模拟软件、交通调查数据处理分析系统、交通图形信息处理软件、交通工程辅助设计软件、交通信号配时优化软件、交通事故分析软件、车辆及驾驶员档案管理系统，道路情况数据库及交通信息管理系统等。

9. 新理论、新技术的研究

在进行交通工程基础理论研究的同时，我国已开始将现代新理论、新技术与交通工程理论相结合，与我国交通实际相结合，以发展和完善交通工程学。如交通的熵特性研究、系统工程方法运用于交通运输，交通冲突技术运用于交叉口安全评价及事故分析，交通量及交通事故的灰色预测，交通工程的系统模糊分析和决策等。另外，已经着手开发以专家知识为基础的智能系统、知识工程、人机工程领域的新技术和方法。

第六节 交通工程学的相关学科

交通工程学研究的内容非常广泛，几乎涉及道路交通的各个方面。而就交通工程学这门学科来说，其基础理论是：交通流理论、交通统计学、交通心理学、汽车动力学、交通经济学与交通工程密切相关的主要学科有汽车工程、运输工程、人类工程、道路工程、交通规划学、环境工程、自动控制、应用数学、电子计算机等。因此，交通工程学是一门由多种学科相互渗透的新兴边缘学科。

交通工程学的研究对象、内容、目的及其相关学科如图 1-2 所示。

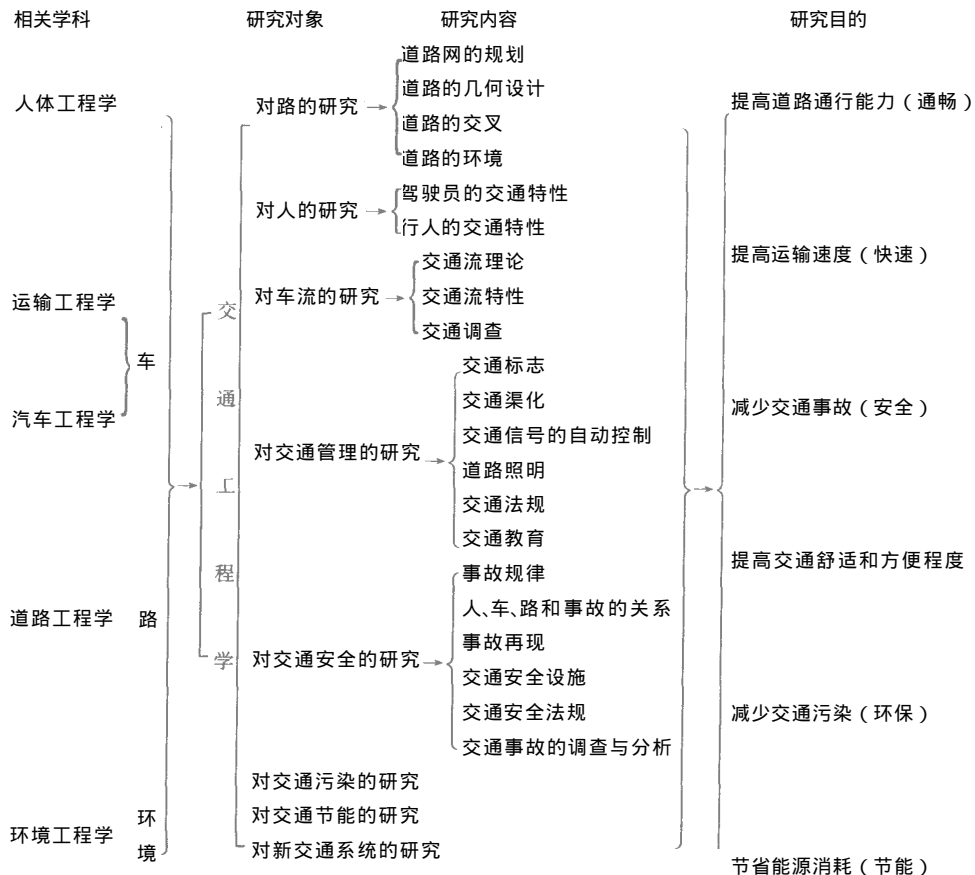


图 1-2 交通工程学研究对象、内容、目的示意图

复习思考题

1. 交通工程学的定义是什么？
2. 交通工程学的主要研究内容是什么？
3. 什么是道路交通系统？
4. 试述交通工程学的产生与发展的历史条件及交通工程学今后的发展趋势。
5. 试述我国现代交通工程研究与应用现状。

第二章人、车辆、道路的交通特性

第一节 人的交通特性

一、驾驶员的交通特性

道路交通系统中的人包括车辆（机动车和非机动车）驾驶员、乘客和行人，他们都是道路的使用者。其中机动车驾驶员交通特性（Critical characteristics of driver）是研究的主要对象。道路交通系统中的各种要素都是围绕着这个“特殊的”要素进行设计和运作的。随着科学技术的发展，学科交叉渗透，对交通系统中这一最复杂因素的深入研究，使交通工程改变了纯技术学科的性质。

1. 驾驶员的任务 (Driver tasks)

驾驶员是道路交通系统中“会思考”的部分，其主要任务是：

(1)沿着选定的路线驾驶车辆，完成从起点到终点的运输过程，以实现人员和货物在空间上的转移。

(2)遵守交通法规 正确理解信号、标志、标线的含义 服从交通警察的指挥 自觉维护交通秩序以保证交通的安全和通畅。

(3)遇到不利情况及时调整车速或改变车辆的位置和方向，甚至停车，以避免交通事故的发生。

以上三项任务中，后两项任务决定着车辆运行的可靠性和安全程度。

2. 驾驶员的信息处理过程 (The Process of information disposal)

1)信息处理过程

人的感觉器官可以接收到各种各样的刺激，如驾驶员的眼睛可以看见车内的仪表、车外的道路、车辆、行人、交通信号和标志，耳朵可以听见发动机和喇叭的声音，鼻子可以闻到异常气味，手脚可以感觉到振动等。所有这些可以被直接或间接感知到的各种刺激，就是这里所说的信息。

车辆在行驶过程中，驾驶员通过视、听、触觉器官从交通环境中获取信息，经过大脑进行处理 作出判断和反应 再支配手脚 运动器官 操纵汽车 使其按驾驶员的意志在道路上行进 这就是信息处理过程，见图 2-1。在这一过程中，驾驶员要受到自身一系列生理、心理因素的制约和外部条件的影响，如果在信息的采集、判断和处理的任何一个环节上发生差错，都会危及交通的安全和通畅。因此，有必要对信息处理的各个环节（阶段）以及它们之间的联系作一下简要的介绍。

2) 信息感知阶段 (The phrase of information perception)

信息感知阶段也就是收集并理解信息的阶段。所谓感知就是感觉器官获取的信息在头脑中的反映。其具体过程是：信息先由感觉器官接收，再经传入神经传到大脑皮层，产生相应的

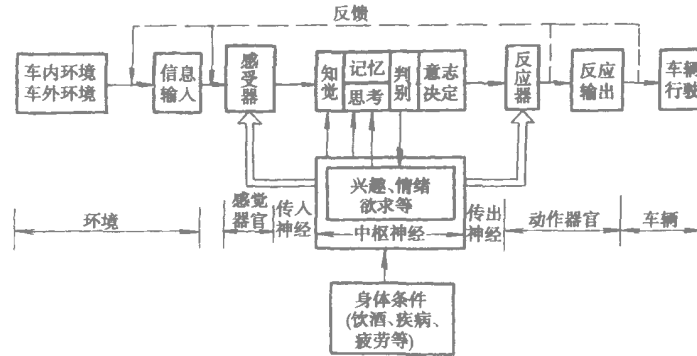


图 2-1 驾驶员的信息处理过程

映象。一般来说，这一过程的速度是极快的。如果因某种原因使得这一过程变慢，就会造成感知迟缓；如果在大脑中产生的映象出现错误，就会造成感知错误。由于感知方面的原因造成的事故约占驾驶员责任事故的一半以上。在信息感知阶段，最重要的是要敏捷而准确。

发生感知迟缓或感知错误的原因，除了刺激方面的原因（如有些信息过于突然、过于隐蔽、刺激强度过于微弱等）以外，主要是驾驶员心理和生理方面的原因。心理方面主要是注意力不集中、注意的范围过小、注意转移和分配能力差等。生理方面主要是感觉器官和大脑机能不健全或不正常，比如有视觉障碍（色盲、近视）、酒精中毒、驾驶疲劳等。这两方面的原因都会造成感官和大脑迟钝，使得感知缓慢甚至错误。尤其是酒后，感知能力比正常时明显降低，此时驾车极易造成重大事故，所以要绝对禁止酒后开车。

3) 分析判断阶段 (The phrase of analysis and judgement)

信息被感知以后，驾驶员把感知到的情况与自己的知识经验进行对照、分析，然后判断出道路的宽窄、软硬、前后车的速度、意图、行人的年龄、动向等，并根据自驾车辆的技术状况、本人的健康状况及心理机能等，决定采取相应的措施。这些判断项目中，任何一项判断不准，都容易导致行车事故。

在驾驶员的判断中，对距离的判断非常重要。在驾驶过程中，经常进行超车、会车。会车时要判断两车侧向间隙的大小，超车时要判断前车的车速、本车与前车的距离。当对面有来车时，还要判断与对面来车的距离及来车的车速等。如果低估了车速和距离，就会给行车安全带危险。

4) 操作反应阶段 (The phrase of operation and reaction)

驾驶员处理信息的最后阶段，是肢体的操作反应阶段，即手脚按大脑决策后的指令进行具体操作，并产生效果。尽管由于操作错误造成的事故不多，但常常是一些比较严重的事故。因此要求驾驶员的操作技能必须熟练，才能在紧急情况下不致出现失误。

以上介绍了驾驶员信息处理过程的各个阶段。在实际驾驶过程中，感知、判断、操作是有机地结合在一起的。感知是判断的前提，为判断提供材料，是分析判断的源泉。分析判断又为操作反应提供指令。操作是感知、判断的结果，同时操作的结果又反馈到感觉器官，对操作进行修正、调整。如果没有这一反馈，就不知道操作的结果，好比蒙上眼睛转动转向盘，不知道角度转了多少一样，难以保证动作的准确性。感知、判断、操作三位一体，构成驾驶员的信息处理过程。其中任何一项错误，都将导致整个信息处理过程的失败。这一信息处理过程通过反馈进行循环往复。所以整个驾驶过程实质上就是不断地进行信息处理的循环过程。

3. 视觉特性 (Vision characteristics)

在行车过程中, 驾驶员需要及时感知各种交通信息, 根据统计分析, 各种感觉器官给驾驶员提供交通信息的比例如下: 视觉 80% 听觉 10% 触觉 2% 味觉 2%, 嗅觉 2%。可见, 视觉是驾驶员信息输入最重要的感觉器官。因此对视觉机能的考核和研究是驾驶员特性研究的重要内容。

人的眼睛注视目标时, 由目标反射来的信息经过眼中晶状体的屈折, 投射于眼睛的黄斑凹 结成物像 再由视神经经过视路传至大脑的枕叶视中枢 激起心理反应 形成视觉。也就是说, 所谓视觉, 就是外界光线经过刺激视觉器官在大脑中所引起的生理反应。视觉在辨别外界物体的明暗、颜色、形状等物理特性 以及区分物体的大小、远近等空间属性上都起着重要的作用。

1) 视力 (Eyesight)

视力就是眼睛分辨两物点之间最小距离的能力。根据眼睛所处的状态和时间不同, 又有静视力、动视力和夜间视力之分。

(1) 静视力

静视力是站在视力表前 5m 处 依次辨认视标测定的视力 视力共分 12 级, 我国驾驶员的体检视力标准为两眼的视力各应在 0.7 以上 或裸眼视力 0.4 以上 矫正视力达到 0.7 以上, 无红、绿色盲。

(2) 动视力

动视力是处在运动中观察物体的视力。动视力与汽车行驶的速度有关, 随着车速的提高, 视力明显下降。此外, 动视力还随驾驶员年龄的不同而有所差异, 年龄越大, 动视力低落的幅度越大。

(3) 夜间视力

夜间视力受光照度、背景亮度等诸多因素的影响。光照度增加则视力增加, 光照度在 0.1lx 至 1000lx 范围内, 光照度与视力之间近乎为直线关系。黄昏时间对驾驶员行车最为不利 原因在黄昏时刻 前灯的照度正与周围景物的光亮度相近 难以看清周围的车辆和行人 容易发生事故。

2) 视觉适应 (Ocular adaptability)

视觉适应是视觉器官对于光亮程度突然变化而引起的感受性适应过程。由明亮处进入暗处 眼睛习惯后 视力恢复 称为暗适应 由暗处到明亮处 眼睛习惯后 视力恢复 称为明适应。暗适应时间较长 通常要 3~6min 才能基本适应 约 30~40min 才能完全适应 而明适应则可在 1min 内达到完全适应。

一般, 由隧道外进入没有照明条件的隧道内, 大约发生 10s 的视觉障碍; 夜晚在城区和郊区交界处, 由于照明条件的改变也会使驾驶员产生视觉障碍, 从而影响行车安全。设置照明设施时应予考虑。

此外 黄昏时路面的明亮度急速降低 (特别是秋天的黄昏) 但天空还较明亮 视觉的暗适应较困难, 而此时正值驾驶员和行人都感到疲劳的时候, 事故发生率较高, 应从多方面予以重视。再者 对于不同年龄的驾驶员来说 暗适应能力也有明显不同 研究结果表明 从 20 岁到 30 岁, 暗适应能力是不断提高的, 40 岁以后开始逐渐下降, 而 60 岁时的暗适应能力则仅为 20 岁人的 1/8。了解驾驶员暗适应的变化特点, 对预防交通事故的发生是十分必要的。

3) 眩目 (Dazzle)

若视野内有强光照射，颜色不均匀，使人的眼睛产生不舒适感，形成视觉障碍，这就是眩目。夜间行车，对来车的前灯强光照射，最易使驾驶员产生眩目现象。这种现象有连续与间断之分。夜间行车多半是间断性的眩目。当受到对向车灯强烈照射时，不禁要闭目或移开视线，这种现象称之为生理性眩目。若由于路灯照明反射所产生的眩光使驾驶员有不愉快的感觉，这种现象为心理性眩目。眩目是由眩光产生的。眩光会使人的视力下降，下降的程度取决于光源的强度、视线与影响光之间的夹角、光源周围的亮度、眼的适应性等多种因素。汽车夜间行驶，多数遇见的是间断性眩目。

强光照射中断以后，视力从眩光影响中恢复过来需要的时间，从亮处到暗处大约需 6s，从暗处到亮处约需 3s，视力恢复时间的长短与刺激光的亮度、持续时间、受刺激人的年龄有关。

为了避免眩光影响，可采取交通工程措施，如改善道路照明，设道路中央分隔带并种植树木遮蔽迎面来车的灯光，前灯用偏振玻璃做灯罩，使用双光束前照灯，戴防眩眼镜，驾驶员内服药物等。

与眩光有关的另一种现象是消失现象，即当某一物体（例如行人）因同时受到对向车的车灯照射，而在某一相对距离内完全看不清该物，呈消失状态。一般站在路中心线的行人当双向车距行人约 50m 时，呈现消失现象，将辨认不出行人。为此在夜间横过马路时，站在中心处是很危险的。

4 立体视觉 (Three-dimensional vision)

立体视觉是人对三维空间各种物体远近、前后、高低、深浅和凹凸的一种感知能力。现代视差信息理论认为，双眼注视景物时，会在视网膜上产生视差，这是深度知觉的基础。当深度信息传到大脑枕区再经加工处理后，便产生了深度立体感知。这种把两眼视差所产生的二维物象融合为一个单一完整的具有三维立体感的三维物象的能力称为双眼视觉。立体视觉的生理基础是双眼视觉功能必须正常，立体盲患者在视差的传递或视中枢信息处理时会发生断路或紊乱，从而导致对深度距离的判断不准或反应迟钝。

立体视觉良好是安全行车的重要条件。美国等一些工业发达国家早已把立体视觉列入选择汽车驾驶员的必查项目。而我国选用汽车驾驶员时，不进行立体视觉的测试，以致造成了一些不应有的交通事故隐患。

立体盲是一种比夜盲、色盲更为有害的眼病。据统计，国外立体盲的发病率为 2.6%，我国约有 1000 多万人是立体盲，立体视觉异常者高达 30%。研究表明，患立体盲的驾驶员的肇事率明显高于正常驾驶员，见表 2-1。

视功能异常与肇事的关系表

2-1

视功能	调查人数(人)	肇事人数(人)	肇事率(%)
正常	1844	274	14.86
立体视觉异常	97	37	38.14

1985 年 2 月我国出版了《立体视觉检查图》。该图调查项目包括：立体视锐度、立体视范围、红绿互补等项。检查标准如下：

立体视锐度定量测定：正常立体视锐度阈值 $\leq 60''$ 若阈值 $100''$ ，或者识别时间超过 10min，即为异常。

立体视范围 正常交叉视差阈值差 $100'$ 若阈值差 $< 80'$ 为异常；正常非交叉视差阈值差 $\geq 100'$ 若阈值差 $< 80'$ 为异常。这两项检查要求在 5min 内通过。

红绿互补：正常者能分辨检查图的立体层次顺序，异常者不能分辨。

在以上的检查中,如果立体视锐度、交叉视差和非交叉视差三项中有一项异常者即为立体视觉异常,如果立体视锐度异常则为立体盲。

患有立体盲的人不能从事汽车驾驶工作。《立体视觉检查图》的出版为进行驾驶员立体视觉测定创造了条件。据 1987 年 4 月 26 日《解放军报》报道 中国人民解放军总后勤部有关部门已经决定,在部队汽车驾驶员中率先进行立体视觉检查,对具有规定的视力,但不具备立体视觉者,停止驾驶车辆。这一决定的实行,提高了我军汽车驾驶员的生理条件要求,促进了行车安全。

3) 视野 (Field of vision)

在静止状态下,头部不动两眼注视前方时,眼睛两侧可以看到的范围称为静视野。头部不动,但眼球可以转动时,所能看见的范围称为动视野。静视野和动视野可以用角度来衡量。通常,正常人双眼同时注视一个目标时,视野大约有 120° 左右是重叠的,双眼视野比单眼视野的范围大,见图 2-2。正常人的视野大约每只眼睛上下(垂直视野)达 $135^\circ \sim 140^\circ$ 左右,水平视野达 $150^\circ \sim 160^\circ$,两眼视野约为 180° 。动视野比静视野大,左右约宽 15° ,上方约宽 10° ,下方无明显变化。人眼的视野可用视野计进行测定,如果驾驶员的双眼视野过小,则不利于行车安全。

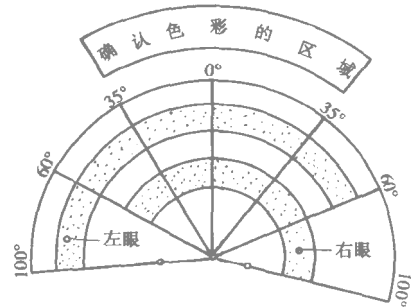


图 2-2 人的视野图

驾驶员的视野与行车速度有密切的关系。当汽车行驶时,视野的深度、宽度、视野内的画面都在不断变化,驾驶员就是根据视野的内容操作车辆的。随着汽车行驶速度的提高,注视点前移,视野变窄,周界感减少,如图 2-3 所示。

由图 2-3 可见,行车速度越高,驾驶员越注视远方,视野越窄,注意力越集中于景象的中心,而置两侧于不顾,结果形成所谓“山洞视”,容易引起驾驶员产生疲劳、瞌睡。因此,在设计道路时,应在平面线形中限制道路直线段的长度,强制地促使驾驶员变换注视点的方向,避免打盹肇事。

此外,汽车静止时有视野死角。汽车在行驶过程中,也会存在视野死角。当驾驶员驾驶汽车高速行驶时,会感到车外的树木、房屋以及固定物不断向后移动。越近的物体移动的速度越

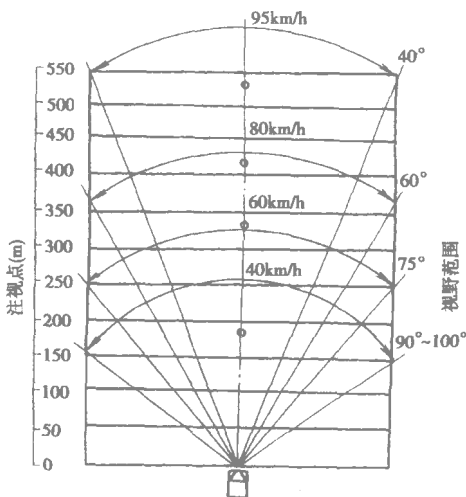


图 2-3 视野随车速的变化图

快,近到一定限度已无法辨认。这是因为这些物体的映像在人眼视网膜上停留的时间太短,人眼来不及仔细分辨物体的细节。因此,路侧交通标志的设置应与驾驶员有一定的距离。根据实验,当车速为 64km/h 时,能看清车辆两侧 24m 以外的物体;而车速 90km/h 时,仅能看清 33m 以外的物体。小于这个距离就无法辨认。

驾驶员随着年龄的增大,周边视力减退,识别能力下降,视野变窄。带眼镜的驾驶员的视野也略窄些。与视野有关的是视野独立性和视野依赖性。所谓视野独立性是指人们感知目标时,不受目标所处的环境影响,而视觉依赖性则受目标所处环境和位置的影响。有些驾驶员对物体的感知属视野独立型,有些则属视野依赖型。已有多项研究证明,视野依赖型驾驶员的

肇事明显高于视野独立型驾驶员。他们之所以发生较多的事故是因为开车时，他们易受无关信息的影响，而不能很快地发觉正在出现的危险情况，对隐现的交通标志（这些标志周围有许多其他信息）的辨认较慢。用眼动摄像机测定表明，越是视野依赖型的驾驶员，他们注视目标的时间越长，说明他们需要更多时间来提取有用信息。有人认为通过训练，视野依赖型的人可转变成成为视野独立型的人，但尚无有力证据说明这一点是可行的。

6) 色视觉 (Color vision)

色视觉在可见光波长范围内，不同波长的感觉阈限不同。可见光的波长在 400~760nm 之间，可见的颜色是从波短的紫色到波长的红色之间的颜色。波长在此范围以上的称红外线，在此范围以下的称紫外线。

颜色有三个属性：色相、明度、彩度。

色相——反应各种具体色彩面貌的属性。色相决定于物体反射光的波长，是物体颜色在质方面的特性。红、黄、蓝为彩色的基本色。

明度——彩色的明暗程度。就视觉反应而言，可将明度理解为反射光引起视觉刺激的程度。如浅红、深红、暗红、灰红等明度变化。

彩度——指颜色的纯度。当一种颜色的色素含量达到极限时，正好发挥其色彩的固有特性，是该色相的标准色。

不同的颜色对驾驶员产生不同的生理心理作用，如红色显近，青色显远；明亮度高的物体视之似大、显轻，明亮度低者视之似小、显重等等。

我国交通标志使用六种颜色：红、黄、蓝、绿、黑、白。红色波长最长，传播最远，使人产生“火”和“血”的联想，对人的视觉和心理有一种危险感和强烈刺激，多用于禁令标志。黄色具有明亮和警戒感觉，用于注意危险的警告类标志。蓝色和绿色使人产生宁静和平与舒适的感觉，多用于指示、指路标志。夜间人眼的识别能力降低，白色最好，黑色最差。

7) 视差 (Parallax)

视差(错觉)是对外界事物的不正确的知觉。错觉可能是生理和心理原因引起的。当前的知觉与过去的经验相矛盾，或者思维推理上的错误，都是造成错觉的原因。如对图 2-4 中的图形人们会产生错觉。



图 2-4 产生错觉的图例

驾驶员若参加内容枯燥的活动，会觉得时间过得很慢；若活动有趣，会感到时间过得很快。在改建道路时，往往将路幅宽度一分为二，一半进行改建，一半留着通车。可是坐在车上总觉得翻修的那半幅宽一些，维持行车的这半幅窄一些。驾驶员行经凹形路段时，位于下坡段看对面的上坡段，容易产生错觉，把上坡段的坡度看得比实际坡度大。在下坡路段上行车，驾驶员觉察不出自己是在下坡。

有一些错觉会重复出现，不易克服；另有一些错觉经过实践活动，可以慢慢改正，不再形成错觉。不管能否克服，驾驶员都应知道有这种客观现象存在，观察中注意避免，错觉的产生常常会造成交通事故。但我们可以从错觉产生的机理出发，变不利为有利，利用错觉为提高道路交通安全服务。下面举例加以说明。

高速行驶时，多数驾驶人员除反应迟缓之外，并对自己车辆的速度判断比实际车速要低，如从高等级公路驶入一般公路的环形交叉口前，往往减速不足，容易发生交通事故；若在进入

环形交叉口前 400m 内，在环形交叉口的路面上涂上由疏到密间隔不等的黄色横线，距环形交叉口越近横线间隔越小 如图 2-5 所示，则当驾驶员看到这些黄线后，首先产生警觉刺激随后降低车速，并适应路面标线的视觉变化情况，把车速降到合理水平。

据英国的统计：设此标线前每年发生 14 起交通事故，涂上此线后一年只发生一起交通事故。

在弯道前 100m 的路面上涂上 V 形标线，在弯道上使 V 形标线的夹角逐渐加大，经直线后再使 V 形标线的夹角逐渐减小，使驾驶员行车时有道路变窄的错觉，从而降低车速，如图 2-6 所示。

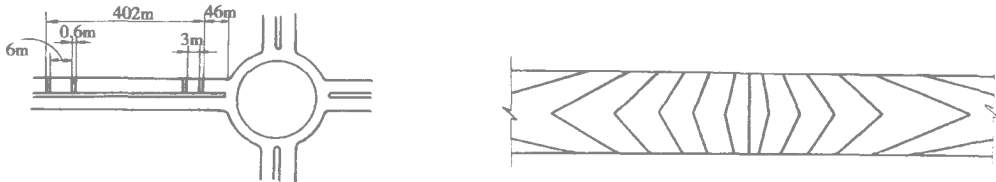


图 2-5 与高速公路相接的环形交叉口前的路面标示图 2-6 车道上画 V 形标线

人行横道 15m 范围内画上波形折线，可以提醒驾驶员减速，保证行人安全。

4. 反应特性 (Reaction characteristics)

反应特性是驾驶员最重要的特性之一。

从实验心理学的定义来分析，反应特性的含义是从表露于外的事物引起反应到开始动作所需的时间，它不是反应的延续时间，而是从刺激到反应动作之间的时距。因此，反应时间又称反应潜伏期 它包括感觉器官感知的的时间 大脑加工的时间 神经传导的时间 以及肌肉反应的时间。

就驾驶车辆而言，对一个特定刺激产生感知并对它作出反应，应包括以下 4 个性质截然不同的心理活动。

感知：对需要作出反应的刺激的再认识和了解。

识别：对刺激的辨别和解释。

判断：对刺激作出反应的决策。

反应：由决策引起的肢体反应。

这一系列连续活动所用的总时间称为感知—反应时间。它实际上是信息处理过程的灵敏程度。

在试验室里将反应时间分为简单反应时间与复杂反应时间。前者是以预先知道可能要出现的信号为条件（例如红灯一亮就按电钮）视觉刺激为 0.25~0.3s 听觉刺激为 0.2s 触觉刺激为 0.2s 时间都比较短。后者是从几种刺激中选择出一种刺激作出反应（例如在红、黄、绿三色灯中 当红灯亮时按电钮 其他灯亮时不按）条件愈复杂 反应时间愈长，刺激的数目愈多，反应时间也愈长，如图 2-7 所示。

对于驾驶员来说，特别重要的是制动反应时间，现以紧急制动为例来说明。在图 2-8 中驾驶员从发现紧急情况

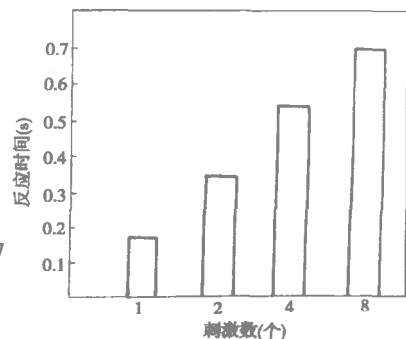


图 2-7 刺激数和反应时间