

第一章 交通工程学及其应用

第一节 道路交通的特点

道路交通是人、车在道路上的移动。

透过简单的交通现象用系统科学的观点分析，道路交通是人类为满足人们出行和货物运输的需要，由人、车、路、环境等交通要素构成的复杂的动态系统。它有以下三个特点：

1. 系统性 所谓系统，是由相互作用和相互依赖的若干组成部分构成的、具有特定功能的有机整体。人、车、路、环境几个互不相同的要素，在构成道路交通这样一个具有特定功能的整体时，它们之间就产生了相互依赖、相互作用的特定的不可分割的联系，因而具有系统性。系统中任何一个要素的行为或性质的变化都不再具有独立性，都会对道路交通整体发生影响。

2. 动态性 在交通过程中，随着时间的推移和外界交通环境的改变，行人和驾驶人员随时产生心理和生理状态的变化，交通流的流量、车辆的运行速度、车辆密度等也随时发生变化；人、车、路、环境之间的协调、配合关系亦随时处于变化和调整之中。这种道路交通状态随时间变化的特性，说明它不仅是一个系统，而且是一个动态系统。

3. 复杂性 在交通系统中，由于行人、车辆、道路、交通环境及驾驶员之间相互影响，使得它们之间的关系错综复杂，不确定因素甚多。一条道路上车辆间的相互制约，可能引起交通拥挤；交通现象不仅产生于一点一线，而是分布在整个交通网络上，并且交通网络中行人及车流的运动和分布是随机的、时变的，要对其进行描述和确定系统中各要素及整体的运动规律相当困难。交通流的运行还时常受外界因素的干扰。此外，交通系统一方面受城乡经济、人口分布、产业布局、能源供应、环境保护及科技水平的制约，另一方面，交通的有效性、经济性、安全性等又直接或间接地影响整个社会的工作效率、经济效益、人民生活及社会秩序等。这些都说明道路交通不仅是动态系统，更是一个复杂的系统。

第二节 交通工程学的定义、建立与发展

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定义。

早在 20 世纪 40 年代，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、几何设计及交通管理，研究道路网、车站及与其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。

澳大利亚著名的交通工程学教授布伦敦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量测科学，是研究交通流和交通发生基本规律的科学。为了使人和物安全有效移

动 把这些科学知识应用于交通系统的规划、设计和运营。

前苏联交通工程学专家将交通工程学定义为：交通工程学是研究交通过程的规律和交通对道路结构、人工构造物的影响的科学。

日本渡边新三、佐佐木纲等学者认为 交通工程学研究的是 结合客、货运输的安全、方便与经济 探讨公路、城市道路及其相连接的整体用地规划几何线形设计和运营管理等问题。

根据我国道路交通的实际和 20 世纪 70 年代以来我国学者对交通工程学理论的研究，北京工业大学任福田教授将交通工程学定义为：交通工程学是研究交通规律及其应用的一门技术科学。它的研究目的是探讨如何安全、迅速、舒适、经济地完成交通运输任务，它的主要内容主要是交通规划、交通设施、交通运营管理，它的探究对象是驾驶员、行人、车辆、道路和交通环境。

这里 所谓交通规律是指交通生成、交通分布、交通流流动、停车等规律。根据这些规律可以采取规划、工程、组织管理等各种措施 改善交通状况。

总之 交通工程学是以人（驾驶员和行人等）为主体、以交通流为中心、以道路为基础 将这三方面有关的内容统一在道路交通系统中进行研究 综合处理道路交通中人、车、路、环境之间的时间与空间关系的科学。它寻求的是道路通行能力最大、交通事故最少、能源机件损耗与公害程度最低、运输效率最高而费用最省的 科学措施 从而达到安全、迅速、经济、舒适和低公害的目的。

二、交通工程学的建立与发展

交通工程学是伴随着汽车工业和公路运输的发展而建立的，是在近代科学技术发展的推动下而发展起来的。

（一）公路运输的发展促使交通工程学建立

1885 年 道格力普·达勒姆制造了一辆实验性的燃汽油的四轮汽车，同年德国人卡尔·奔茨也制造了一辆燃汽油的三轮汽车。 1888 年，在市场上首次出售奔茨汽车。从此，世界上出现了近代汽车。

1903 年 美国开始大量生产汽车 至 1920 年 全国已有 800 多万辆汽车 到 1930 年 平均每 1 000 个居民拥有 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。此时，美国已有 400 万 km 的公路。

汽车的大量生产、公路的迅速修建，使以马车为主要交通工具的时代宣告结束，道路交通进入了汽车时代。公路运输随之获得了迅速发展。

迄今为止 公路运输大体经历了三个阶段 第一阶段 从 19 世纪末到第一次世界大战前是初期发展阶段，这时期汽车数量不多，公路也不够发达，公路运输还只是铁路、水运的辅助手段，承担部分的短途客、货运输任务。第二阶段为两次世界大战期间，是中期发展阶段。第一次世界大战结束后，由于一些资本主义国家把军事工业转为民用工业，促使汽车生产迅速发展，同时还将在过剩劳动力用于公路建设，使道路里程日有增加、道路质量不断提高。随着小客车的大量增加，汽车逐渐成为人们的主要交通工具。货运方面，由于运输条件的改善，公路运输的优越性逐渐显示出来，它不仅成为短途运输的主要工具，而且在长途运输中，也开始与铁路、水运竞争。第三阶段，从第二次世界大战到现在，这是公路运输发展的新时期。 40 多年来 欧、美各国先后建成了比较完善的全国公路网 同时大力兴建高速公路 战后恢复和重建的汽车工业也已形成了一个比较完整的体系，这些都为公路运输的进一步发展创造了条件，使公

路运输在综合运输体系中起到了主导作用，承担了 80% 以上的客货运量。

全世界的汽车保有量 1900 年只有 1 000 辆左右，到 1945 年就达到 6 000 万辆，1985 年达到 4.5 亿辆。可见汽车保有量的增长速度是相当惊人的。从表 1-1 可以看到世界部分国家汽车保有量的增长情况。

一些国家部分年份汽车拥有量 (万 辆) 表 1-1

年份 国家	1960	1970	1980	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
美国	7 385.8	10 840.7	15 589.0	18 879.8	18 813.6	19 000.0	19 277.5	19 673.0	20 019.5	20 365.9
日本	189.4	1 781.7	3 783.8	5 778.9	6 001.2	6 200.0	6 300.0	6 500.0	6 724.5	6 924.4
德国	639.1*	1 553.8*	2 459.5*	3 217.4*	3 300.0	3 362.6	3 431.4	4 196.8	4 270.6	4 335.1
英国	943.9	1 332.5	1 691.8	2 260.3	2 206.1	2 217.5	2 245.6	2 277.8	2 307.7	2 339.2
法国	718.1	1 431.5	2 164.6	2 829.0	2 900.0	2 900.0	2 900.0	3 000.0	3 010.5	3 055.8

为原联邦德国数据。

数据来源：

1. World Road Statistics 1974 ~ 1998. IRI
2. 交通工程手册，人民交通出版社，1998

在整个二十世纪里，世界汽车的保有量一共增长了大约 7 亿辆。目前，世界汽车年产量稳定在 3 500 万辆至 4 000 万辆之间，保有量的年增长值大约在 1 600 万辆左右。

汽车保有量的增加，汽车运输的发展，促进了人类社会的文明进步，极大地方便了人民生活，但同时，它也给人类社会带来了许多有害的影响，对人民的身体健康构成了威胁。

由于原有道路是供马车行驶的，随着汽车的使用，道路立即表现出不相适应，出现了交通拥挤、阻塞和交通事故，这样就迫切要求改建道路。同时，各种交通工具并存混行，相互干扰，险象环生。1899 年，美国发生世界上第一起汽车交通事故，压死了一名叫蓓蕾斯的妇女。随着汽车交通迅速发展，交通事故和伤亡人数直线上升，到 1906 年美国因交通事故死亡人数达到 400 人，1910 年为 1 900 人，翻了两番多，到 1915 年死亡 6 600 人，比 1910 年又翻了近两番。到 1920 年，死亡 12 500 人，比 1915 年又翻了一番。从 1906 年至 1920 年的 15 年中，交通事故死亡人数总共翻了五番。同美国的情况相似，世界上其他国家的交通事故也是越来越严重 (图 1-1)。

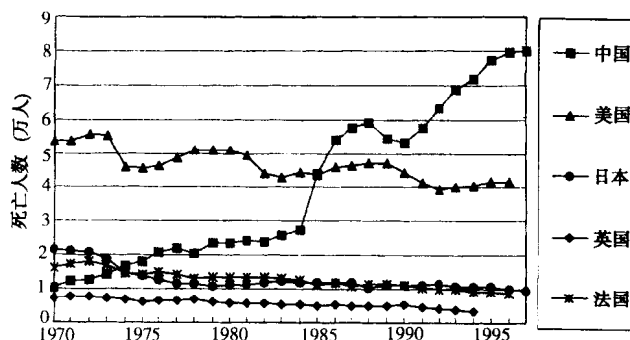


图 1-1 几个国家的交通事故死亡人数 (折算为 30 天的死亡人数)

有资料表明，全世界已有 3 300 多万人死于交通事故。这个数字几乎是第一次世界大战的死亡人数的两倍，接近第二次世界大战死亡的人数 (第一次世界大战约死亡 1 700 万人，第二次世界大战死亡 3 760 万人)。现在全世界每年死于交通事故的人数在 50 万左右，受伤人数约 1 000 万。

事实告诉人们，交通事故已成为世界各国共存的严重社会问题之一。这引起了人们对交通问题的重视和研究。研究的结果认为，发生交通事故等诸多交通问题的主要原因是：

- (1) 道路和汽车的数量、质量的发展比例失调；

(2) 对交通系统的四个基本要素——人、车、路、环境缺乏系统、综合的研究，没有对这些要素从交通规划、道路设施及现代交通管理手段等方面综合治理，使这些要素得以协调地发展；

(3) 未能及时筹建、发展新的交通系统。

这三项原因，尤其是前两项原因，有待建立一门新兴的学科来解决，这样交通工程学就应“需”而“生”了。

1921年，美国任命了专门从事交通工程工作的交通工程师；1926年，美国哈佛大学设立道路交通工程专修科来培养交通工程人才；1930年，从事交通工程的科技人员联合起来成立了交通工程师协会，标志着作为一门独立学科的交通工程学正式诞生了。

(二) 现代科学技术的发展推动交通工程学发展

如前所述，交通问题是非常复杂的社会问题之一。道路交通是由人、车、路、环境等要素构成的复杂动态系统。解决如此复杂的交通问题，只作定性分析、不作定量计算是不行的，并且只用一般的数理知识又难以奏效。因此，交通工程学建立初期其作用不够明显，自身的发展也受到了一定限制。

随着应用数学、运筹学和系统工程的兴起和发展，为解决复杂的交通问题奠定了理论基础。现代控制理论、检测技术和计算机技术的发展和运用，特别是电子计算机又为解决复杂的交通问题提供了强有力的计算工具，使以前人工不能胜任的复杂计算成为可能。

例如，最早的信号灯是用手扳动的。1868年，在伦敦威斯敏斯特地区首次安装了一台煤气信号灯。这台信号灯是两色信号灯，后因煤气爆炸炸伤了岗位上的警察，才使试验结束。以后又发展成使用电照明的信号灯、手动信号及机械式的定时信号。电子计算机、自动控制以及各种检测器的发展，给交通自动检测及各种交通自动控制信号的研制和应用提供了条件，使交通控制的自动化程度和指挥交通的效率逐步提高。

由此可见，公路运输的发展是促使交通工程学建立的物质基础；近代科学技术的新成就，为交通工程学提供了理论依据和实践条件，是推动交通工程学发展的理论基础。

(三) 交通工程学的发展概况

以1930年美国成立交通工程师协会为标志，交通工程学自萌芽、创立到发展成如今的一门独立、完整的学科，只有70年的历史。

交通工程学创立的初期（20世纪30年代），其主要工作是如何通过交通管理来减少交通堵塞和交通事故，采取诸如设立交通标志、安装手动信号、路面划线等措施。

20世纪40年代，交通工程师们开始意识到，只靠交通管理无法根治交通问题。不按交通量大小修建道路带有很大的盲目性。于是，交通工程的内容增加了交通调查、交通规划。在修路之前，首先进行交通调查，预测远景交通量。根据车流的流量、流向，对道路布局标准、线形几何设计提出要求，以适合车辆运行的需要。并且，考虑交通管理方案，配备必要的交通设施，还要综合考虑不同交通方式的特点，使道路交通与铁路、水运、航空、管道运输衔接。

20世纪50年代以来，各工业发达国家汽车工业的发展和高速公路的兴起，促使汽车拥有量迅速增加，形成了“汽车化”运输的新局面。因此，将道路通行能力问题、线形设计、立体交叉设计、停车场问题等列为交通工程学的研究课题。

从交通安全方面看，由于道路条件逐步改善，特别是高速公路的发展，要求车辆的驾驶行为与车辆的机械性能两者结合考虑。因此，四五十年代的交通工程研究已经开始注意研究人一车一路的相互影响问题。

20世纪60年代，由于“汽车化”的结果，促使汽车数量激增。美、英、德、法、日等国的汽车

密度逐渐趋于饱和。1969年，这些国家汽车拥有量按每千人拥有量计算：美国 518 辆 法国 275 辆 英国 235 辆 德国 226 辆 日本 149 辆。因此 交通拥挤、阻塞现象严重。在纽约、巴黎、伦敦等城市的中心街道上，平均车速每小时只有十多公里。同时，交通事故与日俱增，越来越严重地威胁人们的生命安全。美国 60 年代平均每分钟伤 4 人 每小时死亡 6 人 十年的经济损失几乎等于全国道路新建、改建和养护管理等费用的总和。其他国家交通事故也急剧上升，交通事故死亡人数占非疾病死亡人数的 2/3，成为社会最大的公害。为了疏导交通，减少事故 提高行车速度 提出了综合治理交通的设想。于是研究车流特性 倡导“交通渠化” 试用计算机控制交通。此外，设计道路不仅要注意线形标准，各元素之间保持协调，而且要考虑对所在地区的影响 如空气污染、噪声干扰、城市景观、环境协调等。至此 交通工程学发展为一门综合研究人—车—路—环境之间相互依存关系的综合性学科。

到 20 世纪 70 年代 由于汽车化交通的发展 促使人类日常活动的范围、城市活动半径迅速扩大。大量人口聚集在城市 造成道路上交通密度过高、交通拥挤严重、通行效率大大降低。大量汽车排出的废气对空气严重污染，噪声、振动危及人们的健康。再加之 70 年代初的能源危机，迫使人们不得不从宏观上研究如何组织城市交通问题。这样，就开始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。这一系列措施必将引起交通规划、交通方式、交通政策、交通组织管理等各方面的变革，推动交通工程学不断向前发展，使之成为研究人—车—路—环境—社会动态间的相互关系，以期使交通运输发挥最佳服务效能的系统科学。

20 世纪 80 年代乃至 90 年代初以来 交通工程学又有较大的发展 主要表现在 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—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。

特别需要指出的是 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 Transport Systems, ITS) 或称“智能车路系统” (Intelligent Vehicle Highway System, IVHS)。日本和欧洲动手较早 从 80 年代后期即开始运行。美国起步较晚 在 1991 年美国“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，但概括起来不外以下几个方面：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。目前的“交通工程学”已发展为“运输工程学”（Transportation Engineering），它囊括了道路交通、铁路交通、航空交通、水路交通和管道交通五种运输方式涉及到的有关问题。当前交通工程学中如下的研究方向值得我们注意：

1. 共同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，尽量发挥各自的优点。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。

第三节 交通工程学的研究内容及相关学科

一、交通工程学研究的主要内容

交通工程学的主要内容包括：

1. 交通特性 为了研究某一地区的交通，首先应掌握该地区的交通特性及其发展倾向。这部分内容包括：

- (1) 车辆的交通特性

车辆拥有量 它具体体现了一个城市或一个地区的交通状况。要研究车辆历来的增长率，按人口平均的车辆数、车辆的增长与道路发展的关系、车辆组成、车辆拥有量的预测及如何合理地控制车辆拥有量的盲目增加。

车辆运行特性 研究车辆的尺寸大小与质量、操纵特性、通行性能、加速性能、制动性能、安全可靠性能、经济特性与交通效率。

- (2) 驾驶员和行人的交通特性 驾驶员和行人是道路、车辆的使用者。应当从交通心理学的角度来研究驾驶员的视觉特性、反应特性、酒精对驾驶的危害性、驾驶员的驾驶适合性，以及疲劳、情绪、意志、注意力等对行车的影响。

- (3) 道路的交通特性 道路是交通的基本组成部分之一。交通工程学研究道路规划指标如何适应交通的发展；研究线形标准如何满足行车要求；研究线形设计如何保证交通安全；研究道路与环境如何协调。

- (4) 交通流的特性 交通流的运行有其规律性，因此要对定义交通流的三个参数——交

流量、车流速度、密度进行研究 同时要研究车头时距分布、延误。因为只有对交通流进行定量分析 掌握了各种参数的具体数据 才便于进行线形设计和交通管理。

2. 交通调查 交通调查是开展交通工程研究的基础工作。交通工程学包括的主要调查项目有 交通量、车速和车流密度调查 行程时间和延误调查 停车调查 公共交通客流调查 公路客、货流调查 道路通行能力调查 交通事故调查 交通环境调查 居民出行调查 起讫点调查。如何进行以上调查(包括调查时间、地点、方法)如何取样 如何进行数据分析 都是交通工程学要研究的问题。

3. 交通流理论 研究各种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模型,推导表达公式,为制定交通治理方案、增建交通设施、评定交通事故提供依据。目前已有用概率论、流体力学理论、动力学、排队论等方法研究交通流。

4. 交通事故与安全 在全世界范围内交通事故是一个严重的问题。研究和掌握发生交通事故的规律 弄清交通事故与人、车、路、环境之间的关系 以及如何减少交通事故等 对保证交通安全极为重要。故需对交通事故的变化规律、影响因素和交通事故心理等进行广泛研究。

5. 交通规划 是现代发达社会中,与社会经济发展和生活水平有关的总体规划程序中的一个重要组成部分。交通设施的供应情况是依靠整个社会上可用的经济资源,此外,交通规划还取决于对诸如环境条件等因素的评价。而用于交通规划中的各种数据的采集、分析以及交通规划所采用的许多理论和方法正是交通工程学研究的内容之一。交通规划本身就是交通工程学研究 and 解决交通问题的一个重要途径。

6 几何设计 是指运用交通工程学的原理对道路几何线形等工程项目的特征,进行深入研究 改进提高道路的性能 确保高等级公路上汽车行驶的快速、安全、舒适性。

7. 交通组织管理与控制 研究组织、管理、控制交通的措施和装备,主要涉及的内容有:研究符合社会制度和公众道德规范的交通法规和执法管理;组织车流在路网上合理分布,在路线上有序行进 研究标志、标线的颜色、图形、尺寸、设置尺寸和画法以及反光、发光的标识 采用电子计算机技术及各种电子设备等新技术建立各种道路交通控制系统;研究道路交通专用的通讯和数据传输系统;研究道路交通事故的快速救助处理系统。

8. 停车场及服务设施 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。

9. 公共交通 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配合,并探索新的交通方式,为居民提供方便的交通系统。

10. 交通环境保护 研究加强排水系统,控制水土流失,保护天然植被、平衡生态环境以及减少交通噪声、废气、振动和漂移物对环境影响的措施 保护水源 创造良好的生活环境等。

11. 交通能源节约与物资运输流量流向合理化的研究 道路交通中的机动车辆是以石油燃料为直接动力的能源消费型交通工具,减少机动车能源消费是节约能源的一大途径。研究道路交通能源节约的方法包括 对现有道路进行改善 加强交通管理 减少塞车和使车速均匀,提高运载效率减少空车运行,对新生产车辆的燃料效率标准严格控制等等。

鉴于物资供需单位分散、运力分散、重点批量物资如水泥钢材等供求关系信息不畅,未能统一调度,以致能源与运力浪费严重。必须开展对物资运输流量流向合理安排的研究,以利于控制交通流量、减少交通事故。

在上述内容中 城市公共交通、停车及停车场问题、自行车交通等问题 与目前的公路运输管理没有直接的联系,故本书在以后的章节中不作详细论述。

二、交通工程学的相关学科

综上所述，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、目的及其相关学科可概括如图 1-2 所示。

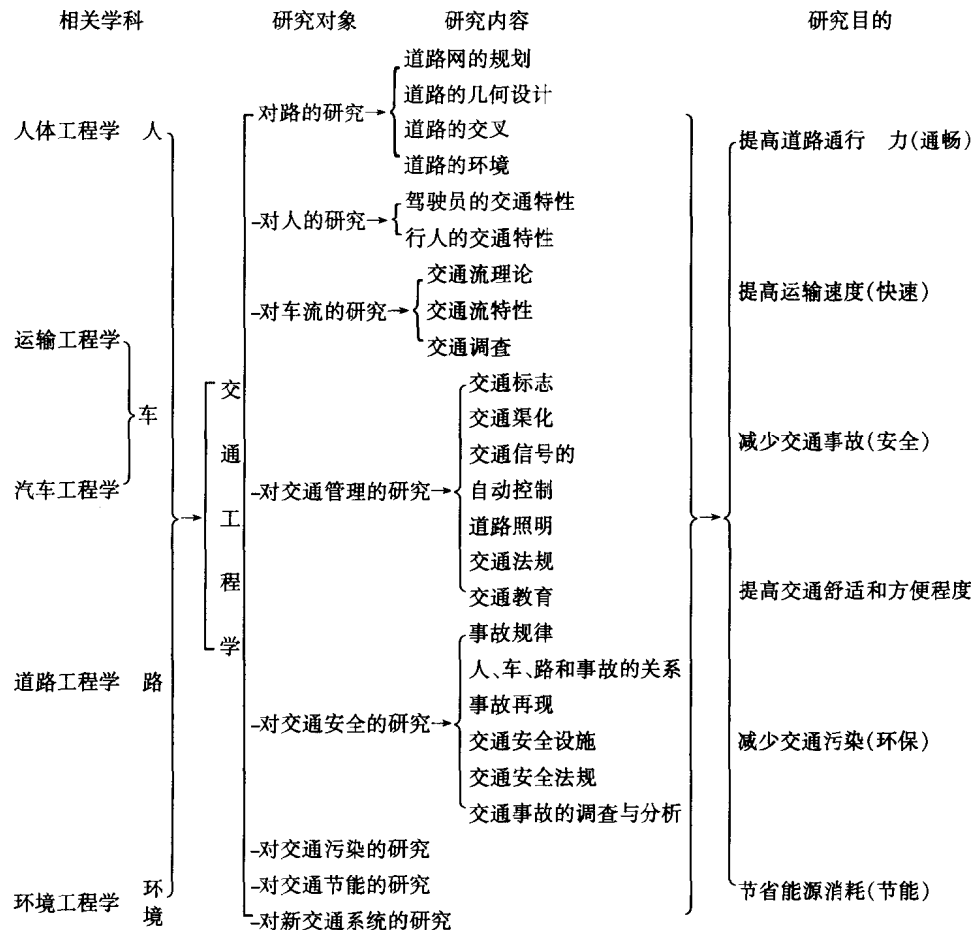


图 1-2 交通工程研究的对象、目的、内容示意图

第四节 交通工程学在道路运输管理中的作用

一、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发

展效益。

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经营管理)管理水平、服务水平和法制教育水平等。

二、交通工程学在道路运输管理中的作用

交通工程学与道路运输管理两者之间的相互关系以及交通工程学在道路运输管理中的作用等问题 现在还没有较为系统的研究 但可以初步归纳如下。

1. 交通工程学研究的目的和道路运输管理的目的具有共同的方面，即都是为了实现公路交通运输的安全、迅速、经济和舒适。

2. 公路运输业最基本的固定设施、生产设备——公路和车辆，公路运输业的主体力量——汽车驾驶员以及包括汽车运输的基本生产活动构成的道路交通流、道路交通环境及它们之间的相互关系等，都是交通工程学研究的对象。

3. 运用交通工程学的原理 能够促进道路运输管理部门综合考虑人、车、路、环境之间的相互关系，提高管理工作的科学性和有效性。

(1) 研究道路交通流的生成及流量、流向在空间和时间上的变化规律，是合理投放运力、实施最佳营运组织和调度的有效途径。

(2) 对道路交通基本状况、通行能力、服务水平及交通环境的调查研究是审查开业、审批客运线路、站场设置以及确定定车、定线行驶和核定道路等级运行的重要依据。

(3) 研究驾驶员的交通特性和交通事故的成因规律、分布规律，可以有效地指导道路运输企业和其他道路运输经营者进行驾驶员的教育和科学管理工作，并制定预防交通事故的科学措施 提高全行业的交通安全水平 实现优质、安全、高效的运输目标。

(4) 研究道路交通流及交通规划的理论和方法，根据交通网现状和国民经济发展对交通运输业的要求，合理规划道路交通、科学调控道路和车辆的协调发展，有助于实现交通运政管理中综合配套、统筹规划、合理布局、全面发展、秩序良好的运输结构目标。

总之，交通工程学与道路运输管理工作有密切的联系。交通工程学的研究和应用能够促进道路运输目标的实现，而道路运输管理工作的深入和发展又会对交通工程学的研究提出新的、更高的要求 促使其发展。

复习思考题

1. 什么是道路交通？它有哪些特点？
2. 什么是交通工程学？它的研究对象和研究目的是什么？
3. 促使交通工程学建立和发展的主要因素有哪两个？

4. 交通工程学主要研究哪些内容？

5. 研究和运用交通工程学有哪些作用？交通工程学与道路运输管理有什么联系？在道路运输管理中有什么作用？

6. 结合本人的工作实际，谈谈交通工程学与你的工作有哪些联系、交通工程学对你的工作有什么指导作用？

第二章 驾驶员的交通特性

第一节 驾驶员交通特性概述

在构成道路交通的诸项基本要素中，有关车辆、道路及环境等学科的理论已比较成熟，在相应的课程中也有详细阐述，而对于道路交通基本要素之一的人的交通特性的研究则不够成熟和普遍。

道路交通系统中的人包括驾驶员、行人、乘客和交通管理人员等，其中驾驶员是主要部分。驾驶员通过视、听、触觉器官从交通环境中获得信息，经过大脑进行处理，作出反应和判断，再支配手、脚运动器官，操纵汽车，使之按驾驶员的意志在道路上运行。在这一过程中，驾驶员受到自身一系列生理、心理因素的制约和外部条件的影响。如果在信息的搜集、处理、判断的任一环节上发生差错，都会危及交通的畅通和安全。所以，驾驶员的可靠性是非常重要的。

驾驶员的可靠性取决于三组因素：驾驶员的技术熟练程度、个性与感受交通情报的特性以及在动态交通环境中的应变能力。

对人的上述交通特性的研究是以交通心理学为理论基础，研究驾驶员及行人在交通环境中的心理、生理和行为特征。

根据道路运政管理工作的需要，在驾驶员的交通特性这一章中，我们将着重介绍驾驶员的交通心理和交通生理特征。

第二节 视觉特性

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数的比例分布如下：视觉占 80%、听觉占 14%、触觉占 2%、味觉占 2%、嗅觉占 2%。可见，视觉是最重要的。因此，对视觉机能的考核和研究是驾驶员交通特性研究的重要内容。

一、视觉

人的眼睛注视目标时，由目标反射出来的光进入眼内，经过眼中间物质的屈折，投射于眼睛黄斑中心窝，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明暗、颜色、形状等特性以及对物体空间属性如大小、远近等的区分上起着重要作用。

二、视力

视力是人的眼睛分辨物体形状、大小的能力。视觉敏锐度的基本特征就在于辨别两物点

之间距离的大小。视力有静视力、动视力和夜视力之分。

1. 静视力 是待检人员站在视力图表前面，距视力表 5m 依次辨认视标测定的视力。标准视力表共分 12 级。0.1 至 1.0 每级差 0.1 共 10 级；另有 1.2 和 1.5 两级。待检人员距视力表 5m 能分辨视标上宽 1.5mm 缺口的方向时，其视力定为 1.0。这时缺口在眼中构成的视角为 1'。对数视力表共分 14 级（即 4.0 级相当于标准视力表的 0.1 级），4.1(0.12)、4.2(0.15)、4.3(0.2)、4.4(0.25)、4.5(0.3)、4.6(0.4)、4.7(0.5)、4.8(0.6)、4.9(0.8)、5.0(1.0)、5.1(1.2)、5.2(1.5)、5.3(2.0)。

我国驾驶员的体检视力标准为：两眼视力不低于标准视力表 0.7 或对数视力表 4.9(允许矫正)无赤绿色盲。

日本的驾驶员考核新标准规定，驾驶大客车驾驶员，视力不小于标准视力表 0.5；小汽车驾驶员视力不小于标准视力表 0.4。

2. 动视力 汽车行驶时，驾驶员同车体一起按一定的速度前进，也就是说驾驶员与道路环境中的物体是相对运动的。驾驶员观察物体运动的视力，称为动视力。动视力与汽车行驶速度有关，随着车速的提高，视力明显下降。此外，动视力随驾驶员年龄的不同而有所差异，年龄越高，动视力低落的幅度越大，如图 2-1 所示。

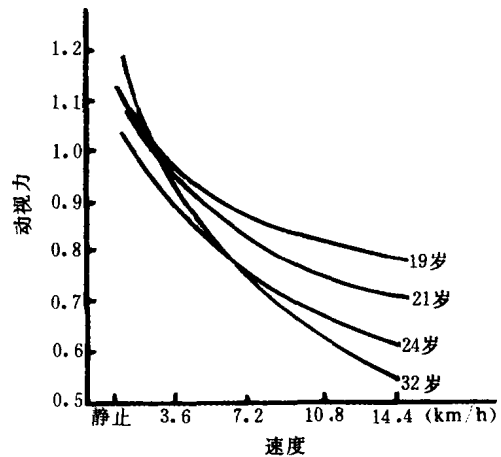


图 2-1 不同年龄时车速与动视力的关系

举个例子，车辆以 60km/h 的速度行驶时，车内驾驶员能看清车前 240m 的标志，而以 80km/h 的速度行驶时，则在接近 160m 处才能看清。为保证驾驶员在发现前方有障碍物时，能有足够的时间辨认和采取相应的措施，希望车速提高时，视认距离能相应增加，可是由于生理条件的限制，结果恰恰相反。

3. 夜视力 在黑暗环境中的视力称为夜视力。据研究，照度与视力成线性关系，即照度减小，视力下降。

太阳落山前，公路上的照度较高，日落后的黄昏时刻照度明显降低，在由明转暗的情况下，眼睛看东西主要靠视杆细胞起作用。而视杆细胞的感受性增加缓慢，需要 30~40min 的时间，才能稳定在一个水平上。由于天黑得较快，而暗适应还没充分形成，加之打开前灯，恰与周围的光度相等，不能形成对比，因此黄昏时最难驾驶，且易出事故。

入夜光线更暗，在天然照明情况下，视力可降至白天视力的 4%~10%，这是全靠视杆细胞活动的结果。下面介绍一下与夜间驾驶有关的视觉规律：

(1) 夜间对颜色的感知 在车灯照明的条件下，能发现各种颜色的距离，如表 2-1 所示。

衣物的颜色	能发现各种颜色的距离					
	白	黑	乳白	红	灰	绿
能发现某种颜色的距离	82.5	48.2	76.6	67.8	66.3	67.6
能确认是某种物体的距离	42.9	18.8	32.1	47.2	36.4	36.4
能肯定其移动方向的距离	19.0	9.6	13.2	24.0	17.0	17.8

假如有一个穿白衣服的行人，当他离车 82.5m 左右，驾驶员就能看到有白色物体；离车

42.9m左右 能肯定有一个人 若离车 19m,则他的动向也能看清楚了。若是穿黑衣服的行人,则要离车 9.6m左右,驾驶员才能看清他是横穿马路,还是在路边行走。交通标志自然是希望驾驶员能尽早发现,故以白色、红色为最好。

(2)夜间对高低、大小和明度对比不同物体的感知 由于汽车前照灯光线较低,所以物体在车前的位置越低,夜间越容易被发现。交通标志牌的柱子应刷白漆,并应经常清洗和补刷,以使驾驶员容易发现,从而向上观察交通标志。大的物体,白天从远处就能发现,夜间因距离越远 光线越暗 所以即使远处的庞大物体 夜间有时也感知不到。明度对比大的物体 夜间较易发现 但距离比白天短 53%。

(3)夜间对行人的感知 如前所述,夜间可借行人衣着的颜色及动态来判断行人与车辆的距离。白天,公路中间的行人极易发现,路旁的行人易被忽略。但在夜间会车时,情况与此不同 因两车都开示宽灯 照度低 而此时驾驶员的视线是沿道路右侧巡视的,为的是防止开出可行路面,因此道路中间的行人反而不易看到,常常会发生事故。这一事实告诉驾驶员夜间会车时,不要忘记观察道路中间。

(4)夜间对路面的观察 由于车灯直射,路面凸出处显得明亮,凹陷处感到很黑,驾驶中可根据路面明暗来避让凹坑。不过由于灯光晃动,有时判断不准。若远处发现的黑影,汽车驶近时消失 可能是小的凹坑 若黑影仍然存在 可能凹坑较大、较深。月夜路面为灰白色 积水的地方为白色 而且反光、发亮。有人概括为“亮水、白石、黑泥巴”无月亮的夜晚 路面为深灰色。若行驶中前面突然发黑,则是公路转弯处。

三、视力适应

人的眼睛对于光亮程度的突然变化,要经过一段时间才能适应。由明亮处进入暗处,眼睛习惯、视力恢复 称为暗适应 由暗处到明亮处 眼睛习惯、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;在城区和郊区交界处,由于夜晚照明条件的改变都会使驾驶员产生视觉障碍,从而影响行车安全。因此,在隧道入口处和与郊区公路连接的城区道路上应设有缓和照明,以减少视觉障碍,保证交通安全。

此外 在黄昏时路面的明亮度急速降低(特别是秋天的黄昏)而天空还较明亮 暗适应性较困难,而此时正值驾驶员和行人都感到疲劳的时候,事故也较多,应引起重视和警惕。

还应注意 在夜间 每个人的视力适应速度是各不相同的。比如 从 20岁到 30岁 人的暗适应能力往往是不断提高的;而 40岁以后则开始逐渐下降;60岁时 暗适应能力仅仅为 20岁人的 1/8。每个驾驶员都应掌握这种视力适应的变化特性,因为这对于行车安全来说,是非常重要的。

四、眩目

眩目是由于刺目光源对眼球中角膜及视网膜间介质中所产生的散乱现象,这种现象有连续与间歇之分。夜间行驶的汽车多半是间歇性的眩目。当受到对向车灯强烈照射时,不禁要闭目或是移开视线,这种现象称之为生理性眩目。另一种是由于路灯照明反射所产生的眩目,它只使驾驶者有不愉快的感觉,这种现象称之为心理性眩目。

在暗淡光亮下的眼睛 受到强光刺激后 要产生眩感 而使视力下降。图 2-2 是在这种情

况下视力恢复时间的一个试验例子。按此静止视力由于眩目视力下降至 0.4 恢复到 1.1 需要 20s 动视力需要 40s 而且只是恢复到 0.6 左右。但实际对向车的前照灯灯光，一般并不一定正射在驾驶者眼睛的正中心，而且驾驶者也可以转动眼球避开直射的强光，为此如果把眩目视力降低 25% 看作是安全视力，则恢复视力的时间约需 3 ~ 4s。

五、视野

人的双眼注视某一目标，注视点两侧可以看到的范围叫视野。

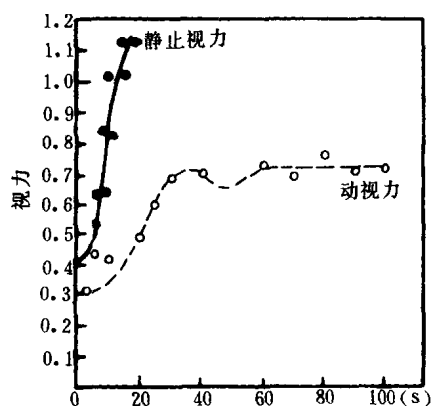


图 2-2 从眩光情况下恢复视力的时间

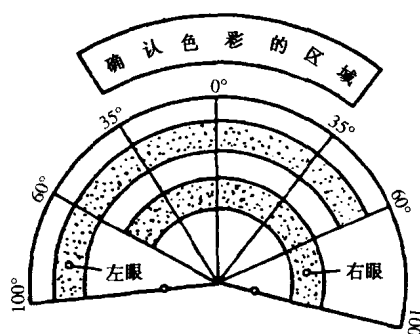


图 2-3 人的视野图

用大分度器状的视野表测定视野 将视野表上的弧向各种角度回转 做成视野图 见图 2-3)，可知与驾驶员最有关系的视野方向主要为水平视野。

将头部与眼球固定，同时能看到的范围为静视野。

若将头部固定 眼球自由转动 同时看到的范围为动视野。

动视野比静视野大 左右约宽 15° 上方约宽 10° 下方无变化。

正常的单眼视野范围 颞侧为 90° 鼻侧为 60°，上方为 55°，下方为 70° 两眼的视野可达 160°。

驾驶员的视野与行车速度有密切关系 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 分别见表 2-2 图 2-4。

表 2-2

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

行车速度越高 驾驶员越注视远方 视野越窄 注意力随之引向景像的中心而置两侧于不顾 结果形成所谓隧洞视 与引起瞌睡的限制相类似。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

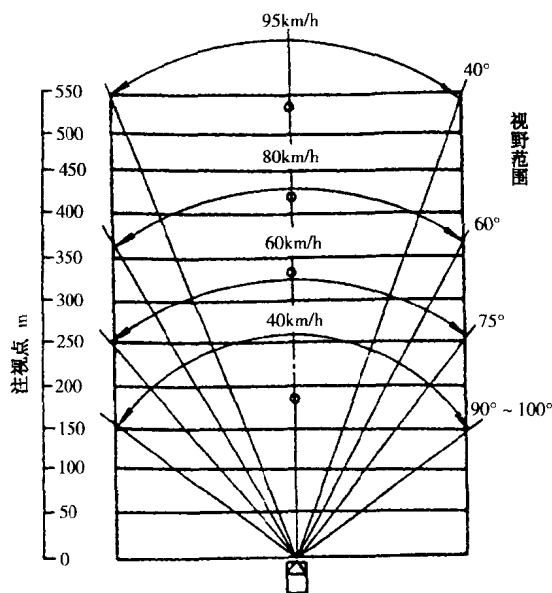


图 2-4 不同车速时视野和注视点的关系

员变换注视点的方向，避免打盹肇事。

此外 在汽车行驶的过程中 靠近路边的景物相对于驾驶员眼睛的回转角速度若大于 $72^{\circ}/s$ 时，景物在视网膜上就不能清晰的成像，感到模糊不清。所以，车速越高就越看不清路边近处的景物。因此，交通标志的设置要与驾驶员有一定的距离。根据试验，当车速为 64km/h 时 能看清车辆两侧 24m 以外的物体 而 90km/h 时 仅能看清 33m 以外的物体。小于这个距离，无法识别物体。

驾驶员年龄大 周边视力要减退 识物能力下降 戴眼镜的驾驶员 视野略窄些。

六、视觉敏锐度

视觉敏锐度是指分辨细小的或遥远的物体或物体细部的能力。在一定条件下，眼睛能分辨的物体越小，视觉的敏锐度越大。这里所谓大小是用视角来表示的，因为这样才能有比较。所以，更恰当的定义是能分辨或能看见视角越小的物体，视觉的敏锐度就越大。视觉敏锐度的基本特征在于辨别两点之间距离的大小，因此，也可以把它看作视觉的空间阈限。

视觉敏锐度是一个非常重要的指标。良好的视觉可以较早地认知和确认目标，这时发生的任何刺激 能减少总反应时间 视觉敏锐度关系到最清晰的视野 在 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 的锥体内 视觉最敏锐 在 $5^{\circ}\sim 6^{\circ}$ 的锥体内 视觉十分敏锐 在 $10^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 的锥体内 视觉清晰 在 20° 的锥体内 有满意的视觉。

在垂直面上，视觉敏锐度的角度只是水平面上视觉敏锐度的 $1/2\sim 1/3$ 。

研究表明，辨认出道路路标上的字母的能力，随着眼的光轴与到字体方向间夹角的增大，很快地降低。如果该夹角在 $5^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 以下时 有 98% 的驾驶员能准确地分辨字母 那么该夹角增大到 16° 时 就只有 66% 的驾驶员能准确辨认出字母。

驾驶员的年龄对视觉敏锐度有影响。若取 20 周岁的视觉敏锐度为 100% 那么 40 周岁的视觉敏锐度为 90% 。60 周岁的视觉敏锐度为 74% 。

七、注视(眼球转动)

行驶中的外界信息 几乎都是由驾驶员的视觉传达到大脑中 所以 眼的功能非常重要。选择必要的信息都要通过眼睛 对不重要的信息就不一定凝视，只是在视野的边缘一掠而已。对很重要的信息 在视野边缘的也要转动眼球，使之落入视网膜的中心。所谓注视时间 就是驾驶员在行驶过程中对视觉信息的注意凝视时间。注视时间的长短 要看信息的重要程度 辨认难易而定。各种交通场面的信息对象注视时间如表 2-3 所示。对一般设施为 $0.2\sim 0.4\text{s}$ 读数仪表等所需时间较长。

不同对象的平均注视时间表 2-3

信息对象	平均注视时间 (s)	信息对象	平均注视时间 (s)
路面	0.19	山腰	0.17
护栏	0.23	标志牌	0.40
远方线形	0.26	超车车辆	0.41
车道线	0.17	里程表	0.74
跨线桥	0.23		

此外，道路两旁与交通无关的刺激信息（如商业广告、信号灯边缘增加引人注目的霓虹灯等设施）会过多地吸引驾驶员注视 增加对驾驶员的视觉干扰 应尽力避免。

八、立体视觉

立体视觉是人对三维空间各种物体远近、前后、高低、深浅和凸凹的一种感知能力。当观察一个立体对象时，由于人的两只眼睛相距大约 65mm，所以两只眼是从不同角度来看这个对象的，左眼看到物体的左边多些，右眼看到物体的右边多些，在两个视网膜上分别感受着不同的视像。这就是说，在空间上的立体对象造成了两眼在视觉上的差异，即双眼视觉差。现代视差信息理论认为，双眼注视景物时产生的这种视差是人对深度感知的基础，当深度信息传至大脑枕区再经加工处理后，便产生了深度立体感知。这种把两眼具有视差的二维物像，融合分析为一个单一完整的具有立体感的三维物像过程，就是双眼视觉，即立体视觉。

立体视觉的生理基础是双眼视觉功能的正常。但双眼视力均为 1.5 的人，立体视觉也不一定健全。立体视觉缺乏者称为立体盲。据国外资料介绍，立体盲的发病率为 2.6% 立体视觉异常者则高达 30%。我国北京对 349 名发生过责任交通事故的驾驶员 其中男性 342 人 女性 7 人 年龄最小 19 岁 最大 59 岁 进行测定 结果是立体视觉异常者 70 名 占 20.06%。其中有的一项异常，有的是多项异常。

对驾驶员来说，立体盲是一种比色盲、夜盲更为有害的眼病。驾驶员在交通环境中，必须准确地判断车辆与车辆之间、车辆与交通设施之间的远近距离和确切方向、位置，判断车辆的速度，正确认识交通环境中的一切事物。如果缺乏立体视觉或视觉异常，则容易发生交通事故。

根据调查(见表 2-4),肇事组驾驶员立体盲患病率显著高于非肇事组驾驶员，而立体盲驾驶员肇事中 又以对纵向距离判断不准引发肇事最为突出 此类肇事 追尾、撞车、撞人 占肇事总数的 77.70% 其中追尾占 44.4%;撞车、撞人分别占 22.2 和 11.1%。

通过对 2 104 名驾驶员视觉功能与肇事关系的调查(见表 2-5) 也说明立体视觉异常者肇事率明显高于其他人。

肇事与非肇事驾驶员立体盲比较

表 2-4

类 别	受检人数	立体盲人数	患病率(%)
肇事驾驶员(车组)	349	18	5.16
非肇事驾驶员(对照组)	393	4	1.02

正常视觉功能和各项异常视觉功能与肇事关系

表 2-5

	调查人数	肇事人数	肇事率(%)
正常视觉功能	1844	274	14.86
低视力	135	33	24.44
色 盲	29	8	28.57
立体视觉异常	97	37	38.14
合 计	2104	352	16.73

由此可见，立体盲是道路交通安全的重要隐患之一。美国早已把立体视觉的检查列入驾驶员考核项目。我国的《双眼视觉检查图》已于 1985 年 4 月由人民卫生出版社出版。立体视觉检查也应列入对我国驾驶员的考核项目，在职业驾驶员选择、考核时，对立体盲者应坚决予以淘汰，以积极预防交通事故。

第三节 反应特性

驾驶员的反应特性也是其最重要的交通特性之一，通常用反应时间来表示。

人的机体接受刺激 认知到这种刺激 并尽快作出反应动作 这个从接受刺激 到作出反应

动作所需要的时间称为反应时间(又称反应潜伏期)就车辆驾驶而言,对一个特定刺激产生感知并对它作出反应,应包括四个性质截然不同的心理活动。①感知:对需要作出反应的刺激的再认识和了解;②识别:对刺激的辨别和解释;③判断:对刺激作出反应的决策;④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。

在试验室里将此反应时间分为单纯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,均比较短;后者是从几种刺激当中择出一个刺激反应,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,反应时间亦愈长。如图 2-5 所示,刺激数目愈多,其反应时间愈长。

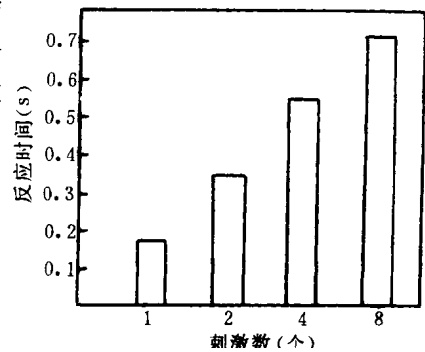


图 2-5 刺激数和反应时间

对于驾驶员来说,特别重要的是制动反应时间。以紧急制动为例来说明这个问题。驾驶员从发现紧急情况到把右脚移到制动踏板上去所需要的时间,称为制动反应时间;从开始踏制动踏板到出现最大制动力的时间(包括制动系统传递的延滞时间和制动力增长时间)称为制动器作用时间;从出现最大制动力到使车辆完全停住的时间称为持续制动时间。这三个时间内汽车运行的距离,称为汽车制动非安全区。因为缩短制动器作用时间和持续制动时间涉及到设计和制造技术问题,所以,这里最关键的是如何缩短和控制制动反应时间。

对于制动反应时间,试验室里的假定是,确认危险(反射时间)0.4s,将脚从加速踏板挪到制动踏板 0.2s,脚接触到制动踏板和将踏板踩下 0.1s,共计 0.7s。实际的行驶情况是,外界刺激进入眼中,眼球转动需要时间,人的思维判断是否危险也需要时间。这种动作过程的必要时间,随着条件不同而异。这些动作可以看成是判断危险的一个过程,如图 2-6 所示。

在实际行驶中,不同驾驶员的制动动作反应时间测定结果一般如图 2-7 所示。

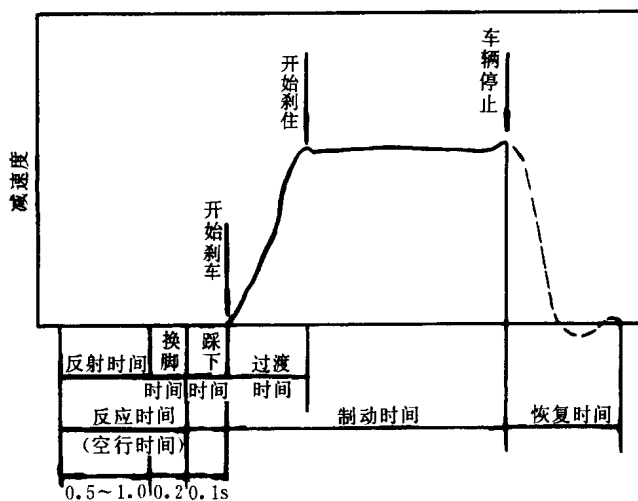


图 2-6 制动动作和制动减速度

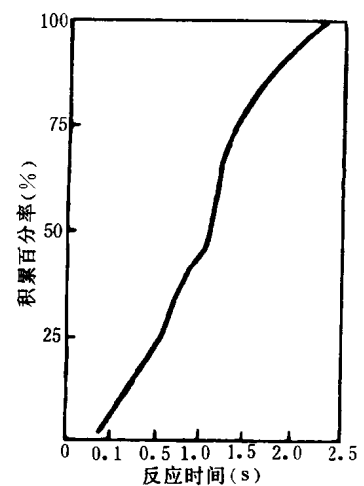


图 2-7 制动反应时间的分布(市内街道上行驶时)

国外曾有人对驾驶员的制动反应时间与事故率的关系进行过调查,结果见表 2-6。