

第一章 绪 论

1.1 交通工程学的概念和相关学科

1.1.1 交通工程学的概念

1. 交通的词义

交通是人类社会最基本的活动之一，交通工具的发展促进了社会的进步与繁荣。

《现代汉语词典》中交通的基本词义是往来通达。《辞海》中将运输事业称为交通运输事业，而人们也常常把运输等同于交通（运输）。事实上，交通是指人和物的转运输送，语言、文字、符号、图像等的传递播送，而运输是指人和货物的载运和输送。《道路交通管理词典》中解释为：交通是人或物、信息在两地间的往来、输送，是各种运输事业和邮电通信的总称。

实际上，“交通”一词具有两层含义：一是广义的交通，二是狭义的交通。广义的交通是指人与人之间或者群体之间的通信联系或相互交往；狭义的交通仅仅是指人员和车辆（包括汽车、火车、轮船和飞机等）沿着规定的路线（如公路、铁路、水路和航线等）行驶或航行的过程。

在我国，通常所说的交通是指由道路、铁路、水运、航空和管道五种运输方式组成。一般地讲，交通是指车来人往，尤其是指各种车辆和行人在道路上行驶，是由交通主体（人）、交通工具和交通方式三个基本要素组成。本课程中的交通特指道路交通。

2. 交通工程学的概念

交通工程学作为一门正在发展中的学科，各国学者从不同的角度，以不同的观点和方法对它进行了探索和研究。

早在 20 世纪 40 年代，美国交通工程师协会给交通工程学的定义是：交通工程学是道路工程学的的一个分支，它研究道路规划、几何设计、交通管理和道路网、终点站、毗连用地与各种交通方式的关系，以便使客货运输安全、有效和便利。

澳大利亚著名交通工程学教授布伦敦的定义是：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。为了使人和物安全而有效的移动，把这些科学知识应用于交通系统的规划、设计和运营。

英国学者的定义是：道路工程学中研究交通用途与控制、交通规划、线形设计的那一部分叫交通工程学。

前苏联学者把交通工程学定义为：研究交通运行的规律和对交通、道路结构、人工构造物影响的科学。

根据我国的道路交通实践和对交通工程理论的研究，北京工业大学交通工程专家任福田

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。交通规律包括交通生成规律、交通分布规律、交通流流动规律、交通增长规律、停车规律等。应用就是根据这些规律，通过规划、工程、组织、管理、法规制定与执行等各种科学措施，改善现有道路系统，提供良好的交通保证。

交通工程学是交通工程学科研究发展的基本理论，是从道路工程学科中派生出来的一门较年轻的学科，它把人、车、路及其有关环境放在交通系统中进行综合研究，以寻求路网合理、供需平衡、道路通行能力最高、交通事故最少、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。

交通工程学创立的初期，涉及的内容主要是法规（Enforcement）、教育（Education）、工程（Engineering），所以，交通工程学又简称为“三E”科学。随着车辆的逐渐增多，环境污染越来越严重，于是人们又提出了环境保护。因此，在“三E”科学的基础上，又增添了环境（Environment），交通工程学又叫“四E”科学。20世纪70年代以来，人们发现在环境污染加重的同时，能源（Energy）问题又成为世界性的研究课题，国外交通工程学者提出了交通工程学为“五E”科学。

交通工程学是关于现代道路交通科学领域的一门新兴应用学科。它不仅与车辆和道路有关，而且还与用路者的行为和环境因素有关，通俗地讲是研究人、车、路和环境的科学。

1.1.2 交通工程学的相关学科

交通工程学是一门综合性很强的专业课程，涉及自然科学和社会科学中的诸多学科。自然科学方面有数学、物理学、动力学、系统工程学、运筹学、汽车工程学、道路工程学、运输工程学、材料力学、计算机科学、电子学、自动控制、通讯及环境工程学、预测学等；社会科学方面有人类工程学、法学、社会学、心理学、经济学和管理学等。另外，广泛应用于交通工程领域并取得显著成效的还有计算机图像显示技术、模拟仿真技术、人工智能技术、信息技术和现代计测技术等。因此，交通工程学是一门由多学科相互渗透的新兴边缘科学。

交通工程学的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。

学习交通工程学必须首先具备道路工程、概率论与数理统计、交通心理学和汽车动力学等学科知识。

1.2 交通工程学的研究内容

交通工程学涉及的范围非常广泛，随着交通需求的增加及科学技术的进步得到了迅速发展，学科的研究内容日益丰富。根据国内外交通工程学的发展，其研究的主要内容包括以下几部分：

1. 交通特性分析

进行某地区交通特性及交通条件研究，是解决交通问题，保证道路交通有序、良性发展的前提和基础。其内容主要有：

(1) 用路者交通特性。用路者包括机动车驾驶员、骑自行车者、行人和乘客。研究用路者的心理、生理特性对交通安全的影响，以及疲劳、饮酒对驾驶的危害性，从而制定面向交

通安全的道路设计、车辆设计和交通设施设计标准；研究居民的出行需求，根据不同使用者的出行规律，研究客流特性，预测其发展趋势，估计可能引起的交通拥堵和交通事故。

(2) 车辆交通特性。研究车辆在道路上行驶时的各种性能，如动力性能、制动性能、操纵稳定性、安全可靠性以及车辆的运动规律，为道路设计、交通设施设计和交通管理提供依据。研究车辆拥有量的增长特性、车辆组成、车辆增长与道路匹配的关系，从而预测交通量的增长趋势。

(3) 道路交通特性。道路是道路交通系统的基本组成要素之一，是形成交通的基础设施，道路条件的好坏直接影响行车安全。因此，研究道路条件及其交通特性非常重要。交通工程学着重研究道路条件与交通安全、通行能力之间的关系；道路规划指标如何适应交通的发展；道路的线形标准如何满足行车要求；线形设计如何保证交通安全以及道路与周围环境如何相互协调等内容。

2. 交通调查

交通调查是交通工程学的基本内容。主要包括基本交通参数调查和其他参数调查，前者是指交通量调查、车速调查、密度调查、交通起讫点调查；后者包括交通延误调查、车头时距调查、饱和流量调查、通行能力调查、交通事故调查、停车调查等内容。同时要解决量测手段、统计资料处理和分析方法问题，建立交通调查数据计算机自动统计分析系统。

3. 交通流理论

交通流理论建立在充分的交通调查基础之上，是交通工程学的基础理论。主要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，寻求适合路段、路口的交通流状态模型，推导数学表达式，为制定交通管理与控制方案，合理设置交通设施，评价交通安全提供理论依据。目前常用于交通管理实践的交通流理论有四种，即概率论、流体力学模拟理论、跟车理论和排队论。

4. 交通规划理论

交通规划就是确定交通目标与设计达到交通目标的策略或行动的全过程。它包括交通调查、交通模拟、交通需求、分析预测交通评价和网络规划设计等内容，需要进行宏观的研究和战略决策，具有综合、定量的特点。交通规划与土地使用、社会经济条件、运行模式及其时间变化等因素有关。

城市交通规划的主要目的在于模拟及分析所在区域有关交通活动的现状，了解城市交通问题的症结，预测城市交通的发展趋势，制定合理的交通规划，提供有效的解决策略，为规划决策和政策制定提供科学依据。

5. 道路通行能力分析技术

道路通行能力分析技术包括城市道路、一般公路、高速公路路段通行能力的分析与计算方法；交叉口（有灯管制、无灯管制、环形交叉口等）通行能力分析与计算方法；公共交通线路通行能力及线路网运输能力的分析方法；服务水平的分级与划分标准。

6. 交通法规

交通法规是根据交通参与者的交通特性和交通流特性及法学原理研究并制定各种交通规则、条例、规定、办法等，目的是维护交通秩序，保障交通安全与畅通，减少交通事故。同时也研究交通法规的完善、执行效果及交通违章等内容。

7. 交通管理与控制技术

交通管理与控制技术是交通工程学的一个重要组成部分，是实现交通运输安全、迅速、

经济、舒适、方便和低公害目的的有效措施和手段。主要包括交通系统管理（TSM）策略、交通需求管理（TDM）、交通运行组织管理、交叉口交通控制、交通干道交通控制、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. 交通安全技术

交通安全主要研究交通事故发生的分布规律，交通事故与人、车、路和环境之间的关系及各种影响因素分析，交通安全评价，保障交通安全的措施、策略及效益分析与评价，交通事故预测等内容。另外，在交通安全设施方面，注重交通信号与交通安全、道路条件与交通安全、交通标志、标线与交通安全、路口渠化与交通安全的关系，注重隔离设施、站点布置、照明和绿化在交通安全中的作用。

9. 城市交通

城市交通是城市重要的基础设施之一，它是人和物在城市空间内流动的必要手段，具有承受和发送各种性质、各种密度和不同数量交通流的功能，以及吸收、疏导各种车辆的能力。主要研究城市交通的分类、公共交通、自行车交通和行人交通及新交通体系等内容。

10. 高速公路

高速公路具有车速高、通行能力大、运输费用省、行车安全等优点，是现代社会发展的重要标志。其主要内容包括：高速公路的概念、高速公路交通事故类型及预防、高速公路交通控制和运行管理、高速公路交通流模型等，同时也研究高速公路交通事故预测模型、交通事故紧急救援、交通事故快速处理等理论和技术。

11. 停车设施规划与管理

根据一个城市的规模、人口、道路状况、机动车拥有量和自行车现状等因素，研究如何合理设置停车场、设置数量、设置地点等内容。研究向空中发展，修建停车楼；向地下发展，修建地下停车库。同时加强对停车特性、停车需求调查、停车需求预测、公共交通线路的场站布置、停车场导向系统和不停车自动管理系统等方面的研究。

12. 交通系统的可持续发展规划

交通系统的可持续发展规划包括交通合理结构规划，交通环境污染预测、评价及预防，交通能耗预测与评价，交通系统中其他资源消耗预测与评价，交通系统的可持续发展保障体系。

13. 新交通体系及设施的研究

新交通体系是指采用先进的电子技术，改变原有的交通系统，解决城市交通问题的系统。新交通体系开发研制的主要目的是为了抑制私人小汽车大规模发展，减轻地面交通压力。发展满足多种需要、多种形式的以公共交通方式为主的综合交通体系是将来的必由之路。根据对我国国情、交通特点与交通设施状况、各种新交通体系的技术经济特点、适用条件、科学技术发展趋势的分析，表明新交通体系在我国有着广泛的发展前景。

14. 交通工程新理论、新方法和新技术

交通工程是一门新科学，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交通系统（ITS）方面，包括现代通讯技术、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。

1.3 交通工程学的产生和发展

我国是世界上用车最早的国家，早在公元前三千年前我国劳动人民就发明了舟车，一千年后，欧洲才发明了马车，马车的出现使人类交通进入了车轮时代。

1885年德国人本茨发明了第一辆内燃机汽车，同年德国柏林出现了世界上最早的有轨电车，1888年在市场上首次出售奔驰汽车，不久英国伦敦出现了世界上最早的无轨电车、公共汽车和出租汽车。于是从19世纪末叶起，以马车为主要交通工具的时代逐渐被电车和汽车所替代，从而交通工具发生了质的变化。到20世纪初期，道路交通进入了汽车时代。

第一个时期（19世纪末至20世纪30年代），随着汽车数量的急剧增加，马车时代的交通工具又继续保留，各种交通工具的速度相差悬殊，交通量又大，道路一时难以适应，出现了交通拥挤、堵塞、事故增多的现象。这就迫使人们在改建道路的同时，不得不研究交通管理。因此，在20世纪初，美国颁布了驾驶员必须领取驾驶执照的法规。除此之外，1907年在纽约最繁华的中心地区曼哈顿的一些街道上实施单向交通，1912年开始采用标号标志管理交通，设立了交通安全岛和红、黄、绿三色的交通信号灯。为了解决交叉口的交通拥挤现象，1933年德国修建了世界上第一条柏林—汉堡的高速公路，接着意大利、法国、美国也相继修建了高速公路。高速公路的修建加速了交通工程学的发展。美国开展交通工程学的研究工作最早，1903年美国开始大量生产汽车，到1920年全国已有800多万辆汽车，为了管理车辆、驾驶员和道路交通，1921年美国任命了专门从事交通工程工作的交通工程师，1930年又成立了“交通工程师学会”。此时，近代交通工程学即成为一门完整的学科。

第二个时期（20世纪40年代至50年代），交通工程学创立的初期，主要工作是交通管理，如：设立交通标志、安装手动信号、路面划线等。20世纪40年代，交通工程师开始意识到，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……于是交通工程学的内容又增添了交通调查和交通规划，即在修建道路前，先进行交通调查，预测远景交通量，根据流量、流向合理布局道路，提出线形标准，考虑交通管理方案，最后根据投资效益进行经济论证。20世纪50年代后，各工业国家首先进行公路建设。美国于20世纪50年代中期，开始修建高速公路网，该网全长6.84万公里，连接42个州的首府，全国50万人口以上的城市几乎都在网上。德国于1955年再次修建高速公路，平均每年建成150公里。日本在1957年颁发了《高速公路干道法》后，1958年至1965年7月修建了第一条高速公路——名神公路。高速公路的扩建刺激了钢铁、橡胶、有色金属、塑料、石油、电器、动力、玻璃等加工行业的发展，同时也刺激了汽车工业的迅速发展，汽车产量迅速增加，形成了“汽车化”运输的新情况。这一时期，交通工程学除了研究道路通行能力问题、线形设计、立体交叉设计、停车问题，加强交通管理外，进入了人、车、路三者关系的研究，明确了人是车辆的主宰者，不仅如此，还把人、车、路联结在一起作为整体进行综合研究。1955年美国出版了第一本交通工程学专著，使美国的交通工程学的教学与科研逐步深入发展。

第三个时期（20世纪60年代至70年代）从第一辆汽车的发明到1985年，世界上的汽车已经超过了4亿辆，平均每13人一辆，此时如按各国人口计算：美国平均1.9人一辆，法国3.6人一辆，英国4.2人一辆，联邦德国4.4人一辆，日本6.7人一辆，在这些国家中，几乎每户都拥有小汽车，汽车成了人们生产和生活中不可缺少的交通工具。

汽车运输的发展促进了人类社会的进步，同时也给人类带来了许多消极的影响，交通事故的急剧上升已成为当时人们十分关注的问题。为了疏导交通，减少交通事故，提高行车速度，提出了综合治理交通的设想，于是开始注重研究车流特性，开展交通调查，制定交通规划，划分道路等级，倡导“交通渠化”，同时还进行了交通环境污染方面的研究。

到 20 世纪 70 年代，为多乘员化时期，注重减少汽车数量，城市进行交通综合治理和交通系统管理（TSM）等。由于小汽车很普及，使得公共交通趋于崩溃的边缘，一些公交公司纷纷倒闭，但仍有少数人买不起小汽车，不得不乘公共汽车，同时由于石油短缺，废气、噪声、振动危及人类身心健康，这就迫使工业发达国家推广合乘制，减少一人、两人乘一辆汽车的浪费现象，采取多种方式动员大家多带同路人。此时恢复了公共汽车和电车，提倡步行，有些国家设置了公共汽车专用道，实行公共汽车优先，公交车辆设备先进、座位舒适、票价低廉且行驶速度快，以吸引乘客。因此，人们又把研究的重点放在拟定合理的城市规划、交通规划，恢复并发展公共汽车交通，解决由于车多路窄、城市布局不合理、管理手段落后等带来的交通事故、交通拥挤和交通环境污染等重大问题，这正是交通工程学建立的物质基础。

第四个时期（20 世纪 80 年代至 21 世纪初），20 世纪 80 年代，在工业发达国家，多数城市的发展已经定型，大规模进行交通规划的时代已经过去，交通工程的研究问题多集中于交通控制与管理方面，同时创建新交通体系，研制新型车辆，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。

进入 20 世纪 90 年代以来，随着现代科技的不断发展，交通新技术不断出现，在交通领域中高科技使得道路交通得到了实质性的改善，取得了前所未有的巨大进步。例如，美国的自动车辆辨认和收费系统的投入使用，提高了收费效率，大幅度增加了收费车道的通行能力。美国经过 30 年的研究、规划，于 1993 年 10 月建成了一条最先进和具有多功能的高速公路，它有 10 个车道，其交通管制设施非常齐全，共有 16 项。

在 21 世纪，交通安全方面应加强国际间的合作、高新技术的运用，各国应逐步建立具有现代规模集救援、道路疏通、道路交通事故技术鉴定、消防、汽车维修于一体的道路交通事故救援中心。

1.4 我国交通工程学的发展趋势与重点

1.4.1 交通工程学在我国的发展

在我国，交通工程学的研究始于 20 世纪 70 年代末。1973 年交通部公路科学研究所设置了交通号志室。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。自 1979 年以来，美国、日本、英国、德国、加拿大等国的交通工程专家，先后在上海、北京、西安等地进行讲学，介绍了国外交通工程学的发展和管理经验，特别是 20 世纪 70 年代末美国海华市交通工程局局长张秋先生应邀来华讲授交通工程学，系统介绍了发达国家交通规划、交通管理、交通控制及交通安全方面的成功经验。从此，交通工程学在我国生根发芽，蓬勃发展，交通工程学这门新学科很快得到了我国教育界、学术界和从事道路工程研究学者的高度重视和认可并逐渐普及。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和发展。

自1980年以来，先后有18所院校在土建系开设了交通工程学课程。到目前为止，北京工业大学、东南大学、同济大学、西南交通大学、西安公路交通大学等50多所院校相继设立了交通工程本科专业，一些院校还设置了交通工程专业的硕士点和博士点。这标志着交通工程学科在我国已经得到了迅猛发展并取得了显著的成效。

随后一大批学会相继成立，1979年12月15日，上海交通工程学会成立。1981年8月8日，北京交通工程学会成立。1981年12月20日，中国公路学会交通工程学会成立。之后，黑龙江、辽宁、吉林、广东、云南、四川、陕西、河南、湖南、安徽、重庆、武汉、天津等省市相继成立了交通工程学会。这些都标志着我国的交通工程学已经进入正规、全面、系统的科学研究阶段。到目前为止，虽然只有短短的二十七年的时间，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、交通控制、交通安全、现代交通科技等领域得到了很大发展，取得了丰硕成果，形成了一个独立的体系，并结合中国实际情况在交通管理和工程实践中得到运用并不断完善。

我国交通工程学科产生于20世纪70年代末，美籍华人张秋先生是该学科的奠基人。

交通工程学在我国的发展状况，可概括为以下几个方面：

1. 国内外学术活动广泛交流，学术成果显著

自70年代末交通工程引入我国以来，各地方交通工程学会开展了有针对性的以学术交流为主体的学术会议，促进了多层面的交通工程学术交流、经验交流、信息交流。在路网规划方面、路政管理方面每年均召开研究会，交流有关学术论文等。

积极开展国际学术交流。1995年、1996年是国际学术交流最有成效的两年。中国交通工程学会成功地主办了第二届亚洲道路安全会议，有20多个成员国，来自30多个国家的近400位专家学者和有关部门的人员参加了这次大会，大会共收集论文87篇。1996年10月，中国交通工程学会和交通部公路研究所在北京联合举办了中日智能交通系统技术研讨会，有两国50余位代表参加了这次会议。同年4月，由联合国非洲经济委员会（ECA）和欧洲经济合作与发展组织联合主办的第三届非洲道路安全会议胜利召开，来自不同国家的310余位专家、学者和政府官员出席了会议，发表论文89篇，会议最后通过了《非洲道路安全活动计划》。

2. 交通工程学得到了系统传播

改革开放以来，随着我国国民经济的迅速发展，道路交通需求不断增加，交通工程学作为新兴边缘学科在我国也有了很大的发展。

交通工程在我国经过二十多年的发展，逐步形成了一批有一定规模的专门从事交通工程研究和设计的专业队伍。开展了交通调查、交通规划、交通流理论、交通管理与控制技术、人工智能技术和新仪器设备、材料等方面的研究，出版了交通工程方面的多种杂志、期刊、专著和译文，举办了多层次的培训班和专题讲座，培养了一大批掌握理论知识和实践技能的从事交通工程研究的专业人才，满足了国家建设的急需，推动了我国交通事业的飞速发展。

3. 开展了交通基础数据调查

自20世纪70年代后期开始，各地公路部门对主要国道设立了长期观测站和临时观测站近7000个，进行了大规模的交通量、车速以及交通经济调查，取得了大量的调查统计资料，在此基础上汇编了《全国交通量手册》。1982年一些大中城市也开始了居民出行调查、道路

交通调查，掌握了大量的城市客运、货运出行资料，这些资料为道路交通运输规划与设计、建设、管理和领导部门的决策等提供了可靠的数据。

4. 公路网规划与城市交通规划

1981年在全国公路交通普查的基础上，规划了放射线与纵横相结合的国家干线公路网，共70条十多万公里；交通部从“八五”开始计划修建“五纵七横”12条公路主干线，总长度2.5万公里；“十五”期间，全国总里程应在“九五”期末的基础上再增加25万公里，达到155万公里，二级以上标准的公路达32万公里。基本上形成了由高速公路、汽车专用公路、一般公路组成的快速、安全、高效的全国主骨架公路网系统。已经开通的京石、京津塘、沈大、沪宁、广佛、济青、上海到南京、杭州到宁波、开封到洛阳、深圳到汕头、海口到三亚、首都机场等高速公路中运用了交通工程学理论进行规划、设计、运营及管理，解决了工程实际中的许多问题，对工程建设的方案评选与决策起到了良好的作用，摸索出一套适合我国高等级公路交通工程系统规划、设计的原理、方法和经验。

另外，我国的一些特大城市如北京、上海、广州、天津、南京等均先后开展了城市交通规划与综合治理、公交线网、公交枢纽、站点与调度优化等方面的研究，取得了显著的实际效果。

5. 制定交通法规

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，制定了交通法规。1955年公安部颁布了《城市陆上交通管理暂行规则》，并于1955年修订为《城市交通规则》，1972年3月交通部会同公安部颁布了《城市与公路交通管理规则》（暂行），1983年5月交通部颁布了《公路标志及路面标线标准》，1986年颁布了国家标准（GB5768—86）《道路交通标志和标线》，并于1999年重新修订（GB5768—99），1988年国务院颁布了《中华人民共和国道路交通管理条例》，1991年国务院颁布了《道路交通事故处理办法》，同时还制定了一系列安全监理制度、事故分析办法及交通违章处罚程序、原则、规定等。

6. 交通管理与控制

交叉口信号控制大量使用了单点定周期自动信号灯和感应式自动控制信号灯，部分区域实行了线控系统和面控系统。北京、天津、上海、南京、深圳等城市先后采用了线控和面控系统，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。引进并研制高速公路安全、通讯、监控、收费系统并投入使用。科研部门研制开发了先进的城市交通管理系统并已在许多城市的交通警察总队、支队使用，效果显著。

7. 交通仪器设备与交通安全设施的研制

我国自行研制了车辆检测仪、自行车交通量调查仪、雷达测速仪、机动车减速度检测仪、汽车桩考仪、酒精检测仪、心理测试仪、反应测试仪、疲劳测试仪、驾驶员适应性检测装置等；研制了反光标志、标线、路面标线涂料、隔离设施、防撞、防眩及诱导等交通安全设施。这些仪器设备和安全设施的实际应用，对保障道路交通安全、畅通，提高科学交通管理水平具有重要的作用。

8. 交通工程学基础理论研究和实用技术开发取得新成果

根据国家“八五”、“九五”计划及国家自然科学基金、有关部委和地方有关部门的部署和资助，对交通工程基础理论和应用技术进行了全方位的研究与开发，一些研究成果已经转化为生产力。

(1) 在交通规划理论与方法研究方面，提出了“环境决定需求”，预测方法、多角度多模

型组合交通预测方法、容量限制—动态多路径交通分配速算法、交通规划综合评价体系方法等一系列科研成果；在城市经济发展与机动化水平关系、土地利用及交通模式、交通设施有偿占用、交通需求管理等方面进行了探讨，为探求适合中国城市特征和交通模式的城市中长期交通规划与发展战略提供了依据。

(2) 在交通评价与决策研究方面，建立了道路交通系统评价指标体系，确定了指标筛选原则，提出了指标评定方法；还研究并开发了交通评价的专家系统，包括路网总体评价系统、城市客货运枢纽综合评价系统、道路交通设施评价系统等。

(3) 在交通管理与控制方面，系统研究了公路与城市道路交通流特性，提出了交通状态分析理论。研究了城市交通控制理论、交通自适应控制系统、交通诱导理论与模型。城市交通控制系统在引进、消化、吸收国际上先进控制系统的基础上，建立了适合我国城市交通流特性的集信号控制、交通诱导等先进技术于一体的城市交通控制与管理系统。

(4) 在道路交通安全理论、交通事故预防与对策研究方面，通过“波型梁护栏实车碰撞实验”和“玻璃钢护栏实验”为交通安全设施的设计建立了可靠参数。对驾驶员的交通适应性、事故倾向性、事故分析与再现技术、事故生成规律、事故预测预报以及道路交通安全决策信息系统等进行了广泛的研究，取得了一系列理论先进、系统可靠、实用性强的成果。

(5) 交通工程学基础理论在交通管理实践中得到了广泛的应用，除了上述内容外，在以下方面也已经实施并取得了重要进展和成就。它们是交通流特性及其分析的研究；城市交通系统分析及综合治理；路口进口引道排队分析及减少阻塞、队长的策略；交通优化理论；路口信号灯配时优化与交通渠化；交通系统管理（TSM）技术的应用；高速公路收费系统的合理设置；实施公路标准化、规范化和环境美化的 GBM 工程。

9. 交通应用软件及新理论、新技术的开发与应用

在交通工程领域，我国自行开发的计算机应用软件有：交通调查数据处理与分析系统，交通流模拟、交通信号配时优化及渠化设计软件，交通工程辅助设计、交通图形信息处理软件，交通违章处罚软件和交通事故处理软件、驾驶员及车辆档案管理软件、办公自动化软件、无纸化驾驶员考试系统等。

交通工程学是一门发展中的学科，它需要吸取新思想、新观点，研究新理论、新技术来不断充实、发展。如应用交通熵理论分析和处理混合交通中的问题；交通冲突技术运用于交叉口安全度评价及事故分析；交通量及交通事故的灰色预测；模糊分析技术的应用；现代科技在交通管理中的应用等。

10. 交通智能化系统的研制与开发

近年来，ITS 已引起世界上许多国家的高度重视，它对于提高交通运输的效率和效益，保证安全，促进可持续发展具有十分显著的作用。为了进一步推动 ITS 在我国的发展，从事 ITS 这项系统工程的各政府部门、各地方、产业界及科研单位协调配合，目前“ITS 体系框架”和“ITS 标准框架”的研究及编写工作正在进行，国家 ITS 工程技术研究中心（ITSC）已经筹建。

11. 交通信息技术

了解并掌握交通信息是交通管理部门进行科学、合理交通管理的重要手段，对于用路者的出行也是非常重要的。实时获取、处理、传送和发布丰富、准确的交通信息，是实现现代化、高效交通管理的重要保证。最有代表性的是全球定位系统（GPS）、地理信息系统（GIS）和计算机网络在交通管理中的应用。

12. 重视停车场规划与管理技术

近几年来，城市停车问题越来越突出，引起了城市规划、城市建设和交管等部门的高度重视，出现了专门从事停车场规划、设计和施工的部门。他们用交通工程 CAD 规划制图，有专业队伍进行地下停车库和停车楼的内部停车设施的规划与施工，开发了诸如阻车器、减速垄、色带及手（自）动栏栅机等新产品。为了减少车辆进出停车场的次数，减少停车次数，提高管理效率，引进了国外先进的停车场不停车自动管理系统。静态交通管理在城市发展过程中占有十分重要的地位，停车场规划与管理技术的运用在北京、上海、深圳等城市已取得显著的成效，在 21 世纪会有更大的发展。

1.4.2 交通工程学的发展趋势与重点

1. 国外交通工程学的发展趋势与重点

交通工程学是以人、车、路和环境为主要研究对象的综合性学科，涉及范围广泛，研究领域众多。由于各国的历史条件及社会经济条件的差异，各国交通工程学科的形成及发展阶段不完全一致。在其发展的相当长的时期内，英、美两国基本上引导着国际交通工程学科的研究方向，其研究重点经历了三个阶段：

20 世纪 30 年代至 50 年代主要研究交通流理论；

20 世纪 60 年代至 70 年代进行合理的交通网络规划；

20 世纪 70 年代中期以来主要研究交通控制系统和人工智能技术。

2. 我国交通工程学发展趋势与重点

虽然我国交通工程学研究时间较短，但发展迅速。我国交通工程学的研究重点也必将经历交通流理论研究、交通规划研究、交通控制研究三个阶段，且会出现两个研究重点的搭接、交叉并逐步转移的情况。

20 世纪 80 年代重点是交通流理论包括交通综合治理，同时进行了交通规划的研究；

20 世纪 90 年代至 21 世纪初重点是城市交通规划包含交通的综合治理；

21 世纪初主要研究交通管理现代化和交通控制系统；

21 世纪 20~30 年代城市实行区域交通控制的研究将上升到主要地位。

交通工程学在我国还是一门新兴的学科，有许多问题有待于进一步研究，必须在学习国外先进经验与基本理论的同时，从我国交通实际和特点出发，建立符合我国国情的交通工程理论与方法。

我国交通工程学科在近 20 年内的研究重点首先是交通规划，其次是交通控制，再次是交通流理论。

1.5 交通工程学的性质和特点、目的与任务

1.5.1 交通工程学的性质

交通工程学是一门发展中的新兴学科，它从交通运输的角度，把人、车、路、环境与能源作为有机的整体进行研究和应用。就学科性质而言，它既从自然科学方面研究交通的发生、发展、时空分布、分配、车辆运行、停驻的客观规律并作定量的分析计算、预测、规

划、设计与运营等，又从社会科学方面研究交通的有关法规、教育、心理、政策、体制与管理等。因此，交通工程学是一门兼有自然科学与社会科学双重属性的综合性学科。

1.5.2 交通工程学的特点

1. 系统性

交通系统是一个复杂的、开放性的大系统，它是社会经济系统的一个有机组成部分，交通系统的运转受到社会经济系统中其他子系统的影响与制约。交通与整个社会经济系统密切相关，自身又是一个由诸多相互联系、相互作用的要素（人、车、路、环境等）组成的有机整体，是一个多目标、多约束的大系统。因此，交通工程学最重要的方法论基础就是系统分析和系统工程原理。交通工程学始终以系统的观点作指导，运用系统分析和系统工程的原理来分析、解决道路交通系统的实际问题，是现代交通工程学的显著特点。

2. 综合性

交通工程学的研究内容涉及工程、执法、教育、环境、能源等诸多领域，称为“五E”科学；又与社会、地理、历史、经济、政策、体制、计算机技术等诸多因素有关，是一门集自然科学与社会科学、“硬”科学与“软”科学于一身的综合性很强的科学，并与多种学科相互关联。它综合了自然科学和社会科学中诸多方面，在研究内容、研究对象，特别是解决问题的方法上和应用技术上都具有综合性的特点。

3 交叉性或边缘性

交通工程学是从道路工程学派生出来的一门综合性学科，它与其他相关学科有着非常密切的联系，具有多方面的边际性或交叉性。它涉及了诸多学科中的诸多方面，而不是某一学科的全部。如ITS是交通工程学科、通信工程学科、自动控制学科、计算机学科、汽车工程学科在交通运行管理中的多学科交叉。

4. 社会性

交通系统是社会经济系统中的一个子系统，交通工程学涉及社会的各个方面，特别显著的是交通流理论、交通规划、交通管理与控制、交通事故等内容，它不但涉及了数学、物理、动力学、系统工程、汽车工程学、电子、通讯、环境等许多方面，而且几乎同社会各个方面有关，如政策、法规、技术、经济、文化、工业、商业、生产、生活、居民等，对全社会、各单位及人民出行与生活水平产生深刻影响，具有社会性。

5. 实践性

交通工程学所研究和解决的问题都源于交通管理实践，经历了从实践中来到实践中去，实践—认识—再实践—再认识的过程，形成了交通工程理论。因而，交通工程学的发展和运用，始终离不开交通管理实践，始终需要进行长期、持久、科学、实时、实地的交通实际情况研究。

6. 动态性

交通工程学研究道路交通系统的特点及运行规律，而道路交通系统本身具有动态性，也就是在道路上形成的交通流是一个典型的随机现象。从哪里来到哪里去，走哪条路，用了多少时间，各车辆都是不确定的，道路网络上的交通分布随时间与空间的变化而不断变化，常常表现为空间与时间的集中或分布不均，随机性十分显著，但有其自身的规律。交通系统的规划建设必须用动态滚动的手段，根据变化的情况不断进行调整。交通工程学正是从交通流的动态性研究找出其普遍的规律，最终形成指导实践的交通工程理论，为交通管理实践服

务。

1.5.3 交通工程学的目的及任务

本课程主要目的与任务是在立足我国实际道路交通条件基础上，结合我国交通工程特点和交通管理实践，阐述交通流的基本特性、基本理论与一般原则，人、车、路与环境的特点及相互关系，交通调查与分析的基本方法与手段，交通流理论，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，交通安全等。通过对本课程的学习，使学生能够系统掌握交通工程学的概念和交通工程理论，掌握交通流特性分析与方法、通行能力概念与基本计算等重要内容；熟悉交通工程学基本原理在交通管理、交通规划、组织及交通安全等方面的应用；深刻领会道路交通系统管理和综合治理的方法，训练学生收集、调查有关交通数据与处理的基本技能及解决交通工程实际问题的能力；培养学生综合运用本课程所学的基本知识，结合其他课程的专业知识，解决交通管理实际问题的能力，为后续的各门专业课程学习和在实际工作中解决交通问题打下必要的基础。

1.6 交通工程学与道路交通管理的关系

道路交通管理是研究道路交通所进行的管理活动及其规律的科学，是国家行政管理学的一个分支，同时又是公安管理学的一个重要组成部分。

道路交通管理是公安交通管理部门依照道路交通法规，用行政管理的手段和科学管理的方法，对车辆、驾驶员、行人和道路设施统一管理，协调道路交通系统中各元素之间的相互关系，充分发挥它们的积极作用，使整个系统有效协调、稳定的运行，从而实现交通安全与畅通。道路交通管理工作具有很强的社会性、法律性、科学性、技术性和实践性。从交通工程学和道路交通管理的研究对象和内涵、研究内容来看，两者既有密切的关系，也有一定的区别。

1.6.1 两者的研究对象和目的是一致的

交通工程学的研究对象是道路交通系统的整体性及其组成的诸要素，简单地讲就是研究人、车、路和交通环境之间的相互关系及其规律的科学；交通管理的对象也是道路、车辆和交通参与者，通过研究使道路交通系统有效运行，取得道路交通的整体社会效益。可见两者在研究对象方面是一致的。

交通工程学的研究目的简单地讲就是如何使交通运输安全、迅速、经济、舒适和低公害；道路交通管理的根本目的是维护交通秩序，保障交通安全与畅通，为社会主义建设和人们生活及社会安定服务。由此可见两者的目的基本上是相同的，其中的安全和畅通是两者研究目的中最主要的并且是一致的。

1.6.2 交通工程学是指导道路交通管理工作的理论基础

交通管理工作是一项综合性的系统工程，它除了需要一定的经验外，重要的还是科学化管理。在交通工程学创立的初期，交通管理工作主要以经验管理为主，随着人们知识水平的不断提高，科技的不断发展以及市场经济规律的需要，科学、合理的进行交通管理将占主导

地位。为了提高道路交通管理的科学化水平，提高管理效率，就必须加强科学理论的指导；要做好道路交通管理工作，除了准确掌握国家法律、法规和有关交通政策外，还必须掌握道路交通系统各要素和交通流特性与变化规律，用现代管理方法和监控技术进行道路交通的组织和疏导；用定量分析的方法进行交通管理工作，评价管理措施的实施效果，找出存在的问题并加以解决，进而有目的性和针对性地指导交通管理工作的开展。所有这些都是交通工程学包含的具体理论内容，都是交通工程学面向交通实际问题要进行的工作。因此，交通工程学是指导交通管理工作的理论基础，是做好交通管理工作的行动指南。

1.6.3 交通工程学是实现交通管理现代化的重要手段

为适应交通发展的迫切需要，必须建立现代化的道路交通系统，实现交通管理现代化。交通管理现代化就是把交通管理工作系统化、信息化和最优化，即以现代交通科技为基础，以系统论为指导，用现代科学理论、方法、手段来研究和处理交通管理工作中的实际问题。从其内容、方法、手段来看，交通工程学不仅是进行交通管理现代化的理论基础，而且还是实现交通管理现代化的重要手段。

1.6.4 交通工程学是综合治理交通问题的科学方法和主要技术措施

混合交通是我国道路交通的显著特征，它在一定时期内将长期存在并成为制约交通管理的障碍。解决混合交通问题成为交通管理者的当务之急，而交通工程学正是解决这一问题的科学方法和主要技术措施。

改变目前我国交通秩序混乱、交通事故率高的交通状况，仅靠改善道路条件是不够的，还必须结合我国道路交通的实际情况，进行广泛、细致、科学的交通调查工作，处理、分析交通资料，从交通参与者及其相关因素出发，采取综合治理交通的有效方法和措施，才能达到预期的效果。

交通工程学和道路交通安全管理学在研究内容方面有相同之处。如它们都涉及到交通法规、交通安全宣传教育、交通组织与管理、道路交通安全管理新技术等。交通工程学的研究内容非常广泛，道路交通安全管理只是交通工程学科研究内容的一个方面，这一点从道路交通系统包括的要素中可清楚地看到。但交通管理也有其独到之处，它除了研究驾驶员管理、交通秩序管理、机动车管理外，还研究机动车安全技术检验、公安交通勤务管理、道路交通安全警卫和大型活动的交通组织与管理等。

但是两者研究交通问题的角度有所不同，交通工程学是从研究道路交通系统中诸要素的交通特性及交通流的运行规律出发，进而从技术、行政、法规等方面管理交通，主要侧重技术管理。而道路交通安全管理是从国家的法制管理和行政管理学的角度，研究和解决城市道路交通的控制、组织、疏导等管理问题，以寻求最佳的管理效果。

总之，交通工程学是交通领域中的基础科学，是综合治理道路交通，实现交通管理现代化的一门技术科学。随着城市经济和规模的不断发展，交通工程学在城市交通发展中的地位越来越重要，有着不可替代的现实意义和深远的战略意义。

第二章 交通参与者的交通特性

道路交通系统最基本的组成要素就是人、车、路和环境。因此，进行人、车、路的交通特性分析就成了交通工程学的一个基本内容，它既是科学合理地进行交通规划、设计、交通管理与控制的前提和基础，又是研究各种交通流特性的重要依据，在交通管理实践中具有十分重要的作用。本章重点阐述道路交通系统中人的交通特性以及各要素之间的相关特性，车辆特性、道路及环境特性在相关课程中阐述，此处不作说明。

2.1 道路交通系统

2.1.1 系统

在现实生活中，“系统 System)”这一概念使用性非常广泛。如人体就是一个系统，人体系统是由神经、呼吸、消化、循环、运动、生殖这些子系统构成的；一部机器是一个系统；交通运输系统是由铁路运输、公路运输、水运运输、航空运输等子系统构成；道路交通系统是由人、车、路、环境、交通管理和道路管理等子系统构成。

系统与要素是相互伴随而产生，相互作用而变化的。系统通过其整体作用来控制 and 决定各个要素在系统中的地位、排列顺序、作用、作用的大小以及作用的范围，协调着各要素之间的数量比例关系，等等，系统整体特性和功能发生变化，则要素以及要素之间的关系也会随之变化。如道路交通系统的整体功能，决定和支配着作为要素的人的系统、车辆系统、道路系统、环境系统、交通管理系统和道路管理系统的地位、作用和它们之间的关系。为使道路交通系统的整体效益最佳、安全性最好，就要求各子系统必须充分发挥各自的功能，就要对各个系统之间的关系进行控制和协调。但如果其子系统之间出现了不协调、不适应的关系，就会导致道路交通系统整体功能的下降，产生事故频发、拥堵及交通秩序混乱等严重后果，严重制约国民经济的发展，影响国民经济大系统的整体效益。

系统特性主要表现为系统的集合性、整体性、相关性、目的性、层次性和环境适应性。

2.1.2 道路交通系统

道路交通系统是由参与道路交通的人、交通工具、道路和周围环境等，为实现交通或运输所构成的整体。其构成元素有：人——系统的主体；车——系统的条件；路——系统的基础；环境——交通的影响因素；交通管理——系统的重要调节控制环节；道路管理——对系统维护起保障作用。

交通工程学研究道路交通系统的特点，道路交通系统是个开放的动态大系统。因此，道路的系统性、开放性、社会性、动态性决定了道路交通管理是一项复杂的社会系统工程。

2.1.3 人、车、路和环境在道路交通系统中的相互关系

人、车、路和环境是构成道路交通系统的四大要素，这几个具有不同特性的交通要素构成一个系统，它们之间存在着相互依赖、相互作用的特定的不可分割的联系。其中任何一个要素的行为对道路交通整体都将发生影响，而这种影响又都要依赖于其他要素的行为和性质，也就是说，每个要素对整体的影响都不再具有独立的性质，而是与其他一个或几个要素相互联系的，是一个涉及人的行为在自然环境中构成的复合系统。

各要素之间的相互关系，如图 2.1 所示。

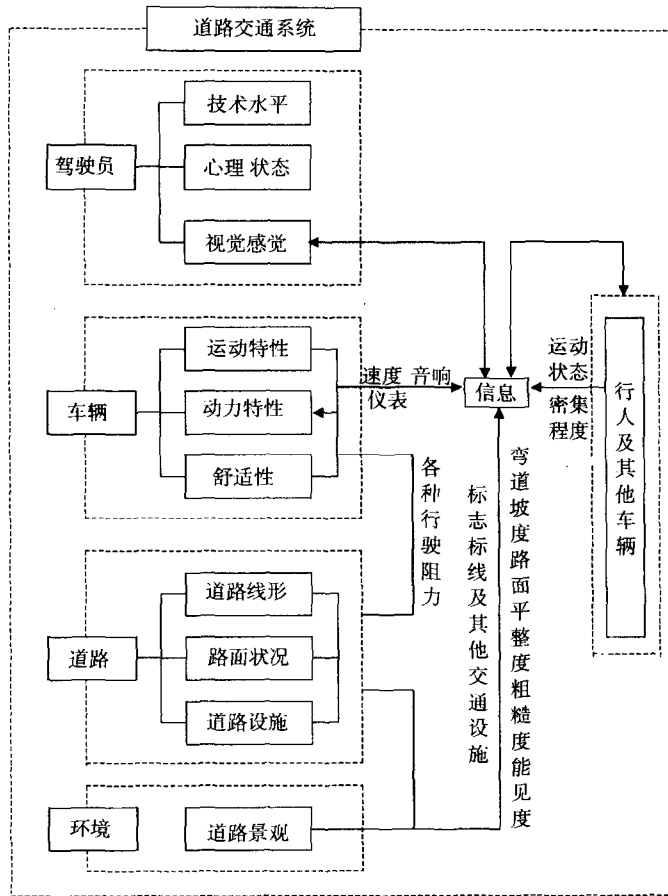


图 2.1 道路交通系统网络图

2.2 驾驶员的交通特性

2.2.1 概述

交通工程学研究道路交通系统的特性，人是道路交通系统中的主要组成要素，道路交通系统中的人包括驾驶员、骑自行车者、行人和乘客。本节从道路交通系统中参与交通的人的

交通特性出发，研究人的各种特性及其与交通管理和交通安全之间的关系。

交通流包括机动车流、自行车流、行人流三大部分，不管哪一种交通流都离不开主体——交通参与者。机动车是现代城市的主要交通工具，是形成不安全状况的主要客体之一。因此，研究机动车流的运行规律是非常重要的。驾驶员驾驶机动车在道路上行驶，驾驶员、车辆、道路与周围环境之间存在着如图 2.2 的关系，掌握它们之间的关系，有助于更好地管理道路交通，减少交通事故的发生。

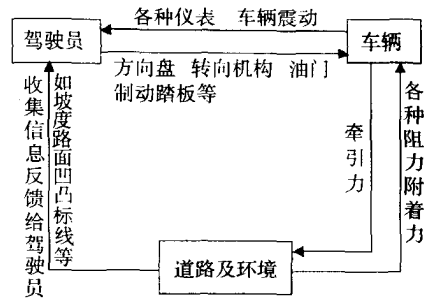


图 2.2 人一机处理系统

从图 2.2 中可以看出，驾驶员在这个系统中处于主要地位，驾驶员各种特性直接关系到行车安全。因此，必须对驾驶员的各种交通特性进行深入研究，才能最大限度地保障交通安全。驾驶员的交通特性包括：驾驶员的视觉特性、心理特性、生理特性、操纵特性、疲劳特性以及饮酒与驾驶。

驾驶员通过视觉、听觉等感觉器官从交通环境中获取交通信息。这些信息被传递到大脑，经过大脑处理后向手、脚等运动器官传递信号。根据这个信号，驾驶员操纵汽车的方向盘、加速踏板、制动器及其他装置，使车辆在道路上正常行驶。如果在信息的收集、处理和判断等某一环节出现了错误，就可能引起交通事故。所以，驾驶员的可靠性对交通安全具有决定性的影响。

驾驶员的可靠性是指在具体条件下，指定时间内，按规定的准确度完成既定任务的能力。驾驶员的可靠性取决于驾驶员的技术熟练程度、个性、情绪、感受信息的特性以及在交通环境下这种特性的变化。显然道路交通安全程度的高低取决于道路交通系统的可靠性，道路交通系统的可靠性由参与交通的人、车、路和环境的可靠性决定，其中人的可靠性需要考虑驾驶员、骑车者和行人可靠性的高低。如以 P 表示道路交通系统的可靠性，则有：

$$P = P_{人} P_{车} P_{路} P_{环境}$$

只有式中右边四项要素的可靠性都提高，道路交通系统的可靠性才好。据统计，在交通事故的原因当中有 80% ~ 90% 的交通事故与驾驶员有关，驾驶员的可靠性是影响交通安全的关键因素。因此，有必要深入、仔细地研究驾驶员在行车时的各种特性，下面进行详细论述。

2.2.2 驾驶员的视觉特性

车辆在道路上行驶，驾驶员靠双眼收集道路及道路两旁的各种信息，从而决定采取正确的方法操纵车辆运行。根据统计分析，在各种感觉器官给驾驶员提供交通信息数量的比例分布中，视觉占 80%。可见，视觉是最重要的。所以，对驾驶员视觉特性的检验是考核驾驶员的主要内容，同时也是研究驾驶员交通特性的重要内容。

1. 视觉

视觉就是外界刺激经过视觉器官在大脑中引起的生理反应。正常的眼睛注视某一目标时，由目标反射出来的光线进入眼内，通过眼内角膜、房水液、晶状体和玻璃体，投射于黄斑中

心窝，结成物像，再由视神经通路传至大脑的枕叶视中枢，从而激起心理反应，形成视觉。

2. 视力

(1) 视力的定义

眼睛分辨两物点间最小距离的能力称为视力。在一定的距离内，分辨两物点间最小距离的能力越小，视力越好，而视力好的驾驶员其行车安全性高。

(2) 视力的分类

视力分为静视力、动视力和夜间视力。

静视力是人体静止时站在标准对数视力表前面 5m 时依次辨认视标测得的视力；动视力是驾驶员在驾驶车辆运行的过程中具有的视力；夜间视力是驾驶员在夜间行车时眼睛所具有的视力。

(3) 结论

实验表明，静视力好是动视力好的先决条件，戴眼镜可以恢复静视力，但不能恢复动视力。一般来说，动视力比静视力低 10% ~ 20%，特殊情况下要降低 30% ~ 40%。

动视力随车辆行驶速度的变化而变化，随汽车速度的提高，视力明显下降。动视力的影响体现在辨别道路标志所需的距离上。如果汽车以 60km/h 的速度行驶，驾驶员能看清车前 240m 远的标志，当车速增加到 80km/h，驾驶员只能看到接近 160m 处的标志，即车速提高了 33%，视认距离减少 36%。

通常目标在垂直方向上移动较在水平方向移动引起的动视力下降程度大。驾驶员年龄越大，动视力下降的幅度越大，如图 2.3 所示。

若物体相对于人眼的角速度越大，视力低落的幅度就越大。如在某种照明条件下，视力为 5.1，则在角速度为 $100(^{\circ})/s$ 时，动视力只有 4.5。因此，道路两旁的物体距离道路边缘越近，即侧向净空越小，驾驶员的动视力下降越大。

在夜间，位于明亮处的物体驾驶员容易看到，反之不易看到。对同一速度的物体，照度增加，视力增大。黄昏时对于驾驶员最不利，因为黄昏时，光线较暗，而汽车开启前灯时，其亮度与周围的亮度相差不大。因此，驾驶员不易看到车辆周边的其他车辆和行人，当物体出现时，驾驶员往往还处于未察觉状态，而危险已经发生了。

⑥ 夜间视力还与驾驶员的年龄有关，年龄越大，视力下降幅度越大；当然还与驾驶员的驾龄有关，驾龄越长，夜间视力适应性越好；夜间视力还与行车速度有关，车速增加，视力下降。在公路上行车，若中间无分隔带，对向车灯的刺眼，也会使驾驶员的夜间视力下降。

⑦ 夜间行车，在无外部照明，只用汽车前照灯照明的条件下，驾驶员的辨认距离如表 2.1 所示。

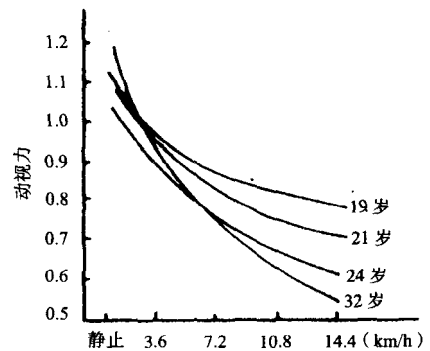


图 2.3 不同年龄时车速与动视力的关系