

第一章 绪论

一、交通工程设施的定义

就交通工程的学科而言，美国交通工程师协会早在 20 世纪 40 年代就交通工程给出了这样的定义：“交通工程，是研究道路及与它们相联系的土地的规划、几何设计及交通管理，以使人和物的移动达到安全、便利、有效及经济的目的”。澳大利亚著名的交通工程学教授布伦敦给交通工程下的定义是：“交通工程是关于交通和出行的计测科学，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，把这些科学应用于交通系统的规划、设计和运营。”我国 1987 年出版的《中国大百科全书》对交通工程的定义是：“交通工程是道路交通的发生、构成和运动规律的理论及其运用的科学，是由道路工程科学衍生而发展的。研究的对象是人、车、路及其与土地的使用、房屋建筑等综合环境之间的相互关系。目的是探求使道路交通系统运输能力最大、经济效益最高、交通事故最少和公害程度最低的科学技术措施，从而指导道路系统的规划建设和交通系统的运行管理。其学科主要内容包括：人、车特性的研究、交通流理论、交通调查、交通规划、道路通行能力、停放车、几何设计、道路交叉、交通事故和安全、交通信号和系统、交通公害、电子信息系统和交通控制、公共交通和交通节能。”有些学者认为交通工程学是涉及工程 (Engineering)、法规 (Enforcement) 和教育 (Education) 的科学 因此称之为 3E 科学。有的学者认为交通工程还涉及环境 (Environment) 和能源 (Energy) 因此称之为 5E 科学。由于交通工程涉及多种运输方式，有人甚至把交通工程改称为运输工程。上述各种定义反映了一个共同的观念，即交通工程应是以道路交通为研究对象，以人、车、路 and 环境的相互关系为研究背景的科学。

就实际工程而言，交通工程设施是根据交通工程学的原理和方法为使道路通行能力最大、经济效益最高、交通事故最少、公害程度低而设置的系统、设施和给人或车配备的装备。即使车辆高速、高效、安全、舒适地行驶而设置各类设施。本书重点阐述高速公路交通工程及沿线的设施。

二、交通工程设施的作用

道路不仅在承受汽车行驶的强度方面和交通容量方面应满足要求，而且应解决行车的安全性和舒适性，以及交通运行和环境方面的问题，因此对于交通工程设施的设置是必不可少的。其作用有下列几点：

1. 提高行车安全性

自 20 世纪初汽车批量生产以来，全世界死于交通事故的人数达 3200 余万人 而在同一时期死于战争的人数为 2350 余万人。美国 1899 年至 1978 年，八十年间因交通事故致死人数的 200 万人，这个数字相当于美国独立战争以来二百年间由于战争死亡人数的 3 倍。

为了有效地减少交通事故，只重视道路本身几何构造的设计是不够的，还必须有完善的服务设施，建立交通管理设施，设置交通安全设施、休息设施、交通监控系统和改善交通环境的设

施，才能满足高速公路车辆的安全、畅通、舒适和日益增长的经济发展的需要。

在交通管制与管理方面，国外许多工业发达国家在一些干线公路和重点城市街道上设置了点、线、面自动控制中心，还设置了许多种由反光材料制作的标志与标线、灯光显示标志、可变标志和大型门式标志等提供信息、监视行车的交通控制系统。如此，可缩短运行时间约20%~25%。美国加利福尼亚州康科德市完善道路服务设施对减少交通事故取得了良好效果，减少事故21%~67%。

2. 提高道路通行能力与利用率

根据道路与交叉口具体条件，进行交通渠化设计，实行快慢车分流、人车分流，组织单向交通，开辟专用道路，避免过境车辆穿越市区，健全各种交通法规，建立交通监控系统、设置交通安全设施，可极大地提高道路通行能力。一条具有完善监控系统和完善安全设施的高速公路，其通行能力与行车速度是一般公路的2.5~3.0倍。一条4车道的高速公路每昼夜的交通量为5万车次，最高可达7~8万车次。高速公路的运输效益是很高的，如美国的高速公路只占本国公路总里程的1.1%，但它所能承担的交通量却占公路总交通量的19%。前联邦德国的高速公路占其公路总里程的1.6%，而完成的运量却占其公路总运量的24%。

3. 保证车辆连续运行

驾驶人员由于驾驶作业引起生理和心理上的变化，长时间开车会疲劳，这时感觉、知觉、判断、意志决定、运动等都受到影响，使视力下降，作业粗糙，注意力不集中，对环境判断发生错误。统计表明，因疲劳所产生的事故约占总事故的1%~1.5%。试验数据表明：驾驶员以100km/h的速度行驶30~40min后，出现抑制高级神经活动的信号，表现为欲睡、主动性降低；两小时后，生理机能便进入睡眠状态。休息服务设施能消除驾驶者的疲劳与紧张，给长途行驶的汽车加油、加水及提供必要的维修检查，以保证长途行车的连续通行。

4. 创造良好的交通环境

交通工程设施的合理设置具有提高行车速度、减少停车次数的功能，同时也提高了汽车燃油的使用效率，减少了燃料耗量，降低了汽车尾气和噪声对环境的污染。

高速公路监控系统和通信系统减少司乘人员因停车延误引起的烦躁情绪，完善的标志、标线使驾驶人员不致迷失方向，也减少其它困惑，使其旅行自如。先进的监控系统还可预报旅行时间，从而方便出行者事先安排出行计划。

三、交通工程设施设计的主要内容

本课程主要研究范围及主要内容如下：

1. 交通管理设施

现代化的道路交通设施，科学的交通管理与控制，两者结合起来才能取得良好的效果。交通管理就是按照既定的法规与要求，运用各种手段、方法、工具和设备等对动态交通准确地调度，使其安全通畅地运行。实行交通管制的重点在于运用各种设施控制、掌握并及时地指挥交通。

交通管理设施主要研究内容：

(1) 道路交通标志

交通标志的种类、作用、构造和设置地点。

(2) 交通标线

交通标线的种类、形式、材料和设置方法与地点。

(3)交通信号灯

交通信号灯的式样、构造和设置。

2. 交通安全设施

交通安全设施主要包括护拦、道路交通标志、路面标线、隔离设施、防眩设施、视线诱导和施工安全设施等。对交通安全设施数量、位置、形式、安装工艺从交通工程学的观点出发认真分析研究，使之真正起到安全保障作用。

3. 监控系统

如果把交通安全设施作为车辆高速、安全、舒适行驶的静态保障系统，监控系统则是其动态保障系统。交通事故、车辆抛锚、货物散落等交通事故虽然是偶然的，但却是不可避免的，一旦发生，必然对高速公路交通产生干扰。在交通量不大的情况下，这些交通事件可能不会造成交通阻塞，但也需要及时组织救援；在交通量增长到一定程度时，偶发的交通事件将会造成交通阻塞，此时要尽快发现交通事件并及时组织救援、清理路障；在交通量达到高峰时，某些路段不发生偶然性事件也会发生交通阻塞，此时应该有相应的措施去避免、减少或缓解这种交通异常情况。这一切都是交通监控系统的任务。

监控系统包括信息采集系统、信息提供系统和监控中心三大部分。信息采集系统收集公路上的实时交通信息，从而判断交通运行状态正常与否；信息提供系统把交通运行状态或控制指令告知驾驶人员，以便参考或遵循；监控中心则是监控系统中实时信息的分析处理和指令的决策发布的中枢部分。根据交通需求和道路路况的不同，交通监控系统又分为多种类型，本书仅重点介绍主线控制、匝道控制和隧道控制三类。

4. 收费系统

收费系统包括收费车道、收费站和收费中心三大部分。收费车道是具体进行收费操作的场所，收费站对收费车道的系统设施和收费业务进行管理，而收费中心则是一个路段或整条高速公路收费管理的核心机构。高速公路收费系统的建立往往对交通量影响很大，如何既保证交通畅通，又保证通行费的正常收取，都需要从交通工程学的观点出发，对收费制式、收费方式、站点布设、系统结构和系统运行管理进行认真分析研究，结合工程做出决定。本书重点介绍开放式、封闭式和混合式三种收费制式的半自动收费方式的收费系统。

5. 通信系统

通信系统是公路现代化管理的支撑系统，它承担三方面任务：第一，承担监控系统和收费系统的数据、语音、图像等信息的传输任务，使监控系统和收费系统真正成为系统而正常运转；第二，承担内部各业务部门和管理部门的业务联系，如事故救援、道路、设备、设施维修等；第三，内部的监控中心、收费中心、业务部门和管理部门与外界的联系，如与上级管理部门、公安、消防、医院的信息沟通，甚至把实时交通信息通过有线或无线方式向社会公众发布等，所有这一切归结为信息传输。

6. 道路休息设施

高速长途行车使驾驶员生理和心理受到较大的影响，如易产生疲劳、精力分散、注意力不集中，因此，安全性下降。休息设施的设置无疑是消除驾驶员的疲劳、恢复精力最好的措施，同时也给汽车加油、加水 and 检修提供必要条件，以达到长途行车的安全舒适。

道路休息设施主要研究内容：

(1)休息设施的种类、组成及设置

休息设施通常分为停车区与服务区，每一区由哪些部分组成，停车区与服务区的规划，设

置地点选择、合理间距。

(2) 形式与组成

服务区、停车区的类型选择，休息设施内各种设施的布置。

(3) 休息设施规模

休息设施总的规模、停车场的规模和各种建筑设施的规模大小的确定与确定方法。

7. 道路照明

道路照明主要保证车辆和行人在夜间通行的安全，提高行车速度与通行能力，增加运输效益。另外，对美化市容以及城市夜景也有着相当大的作用。

道路上照明的主要作用，对照度的要求，公路上在什么地点需要设置照明，城市道路的照明要求与照度标准，以及在道路直线路段、曲线地段、平面交叉口和立体交叉口照明的布置。

8. 交通环境保护

社会的发展和科技的进步促进了工农业生产和交通运输的发展，而交通运输的发展和汽车保有量的激增，使得道路面积、路况和设施远远不能适应，致使交通阻塞，运力下降，事故频繁，污染严重，环境恶化，危及人和生物的生存。交通污染的主要表现如下：

(1) 交通噪声

交通噪声的主体是汽车噪声，其主要声源为排气、进气、发动机及风扇，以及高速行驶的轮胎与路面的摩擦声。汽车的噪声随行车速度和载重量的增加而增大，路面的平整度对噪声影响也比较显著。交通管理条件差，路上人车混杂，特别是交叉路口和闹市中心，由于机动车不断刹车和起动致使噪声增加很大。

(2) 交通废气

当汽车发动机运转时，不仅消耗人类生存所需的大量氧气，而且排放出大量的有毒废气，其中对人类危害最大的有一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化合物和铅化合物等。

汽车排出的废气对人的影响是多方面的，主要表现为呼吸道疾病与生理机能障碍，眼、鼻、粘膜组织病变，严重者会引发急性心肌恶化或神经性中毒。

改善交通环境的措施是多种多样的，如城市规划的合理布局，健全交通法规，加强交通管理，改进汽车生产工艺，种植绿化带和设置隔音墙等。

第二章 交通工程设施总体规划

第一节 交通工程设施总体规划的原则与方法

交通工程设施总体规划是从路网的整体性和统一性出发，充分考虑各路段交通工程设施之间的相互衔接和交通工程各子系统之间的相互协调，防止高速公路交通工程建设的随意性、盲目性和重复性，以确保高速公路获得最佳的经济效益和最满意的社会效益，最大限度地发挥高速公路网高效、快速、安全的特点，是对公路网规划的进一步完善和深化，将对高速公路建设系统化、网络化、统一化起到积极的推动作用。对以后各条高速公路的各项工作如高速公路的可行性研究、路线设计及交通工程设计等提供依据和指导，解决实际问题，创造直接经济效益。

一、规划原则

交通工程设施总体规划应遵循以下原则：

1. 从最大限度地发挥高速公路快速、安全、经济、舒适的优点出发，提供充分的系统可靠性和安全性。
2. 既要考虑建设者和经营者的直接经济效益，利于节约资金和调动投资积极性，又要充分考虑高速公路的社会效益，发挥高速公路对国民经济的推动作用。
3. 总体规划应因地制宜，在充分考虑规划区域实际情况的前提下，尽量向世界和国内先进水平看齐，保证其经济合理性和先进性。
4. 应考虑交通工程系统与道路工程系统的相互依赖和交通工程各子系统之间的协调。
5. 在考虑交通工程各系统的容量时，应考虑到未来交通的发展，留有较大扩容的弹性。

二、规划方法

交通工程设施总体规划的基本方法是从系统分析入手，通过分析路网的网络形成过程和预测不同阶段路网的交通量和立交交通量，以此为依据进行交通工程各个子系统的近期和远期规划，其工作程序如图 2-1 所示。

1. 基础资料调查

基础资料调查包括政策方针调查和规划区域公路网运输调查。政策方针调查主要是调查国家对规划区发展的一系列政策方针包括地方经济发展规划、国土资源开发计划、环保政策、综合运输规划、公路网及高速公路建设规划等；规划区域公路网交通运输调查包括现有的公路网络组成及技术等级、国省干线公路历年交通流量及组成、已建成或已设计的高速公路交通工程设施等。

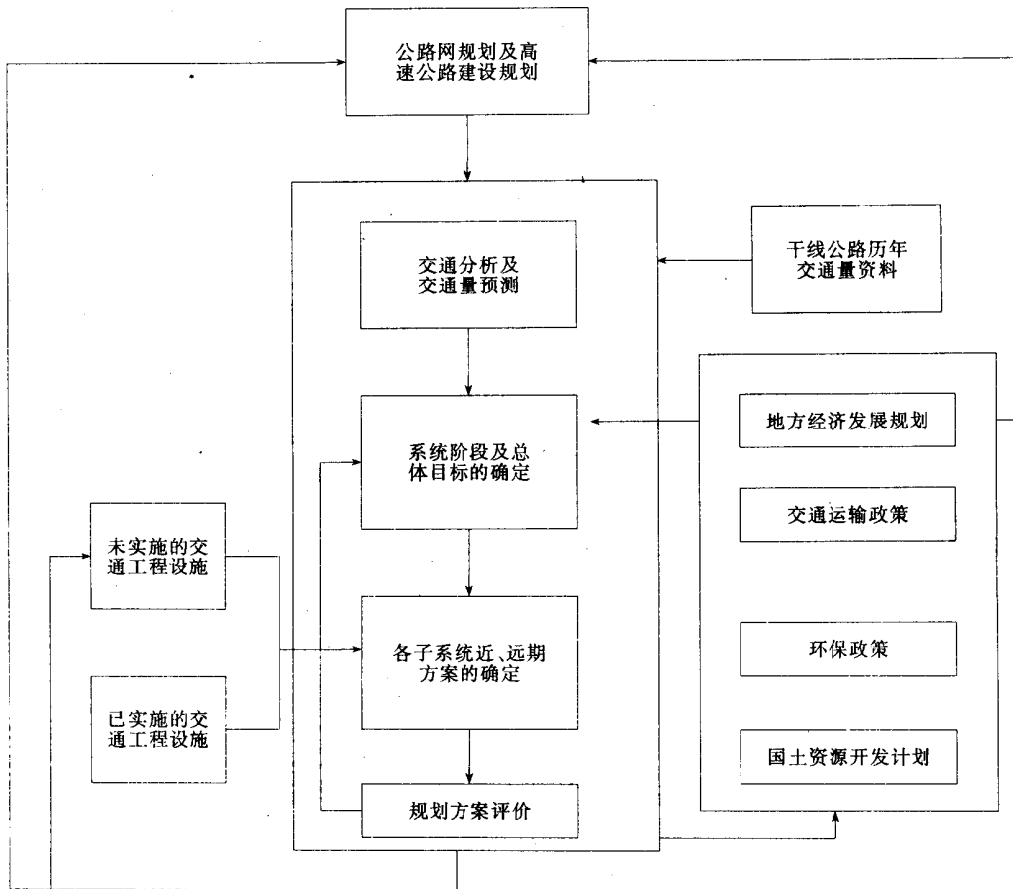


图 2-1 交通工程设施总体规划流程图

2. 分析预测

根据区域公路网规划和经济资料对路网进行分析，按照已有高速公路立交布设原则对尚未进行预工可研究的高速公路的立交进行大致的布设，根据规划区域内的社会经济资料和路线交通量资料，对未来路网的断面交通量和立交交通量进行预测分析。根据路网交通分析结果确定规划的阶段和总体性目标，明确规划各子系统所要解决的重要问题。

3. 系统规划

根据预测结果和规划目标，进行管理、收费、监控、通信、安全设施、服务区及养护区、电气、环保、救援等各子系统的近、远期规划方案设计。

其主要内容包括：

(1) 管理体制规划

对高速公路网近期及远期的管理模式、管理机构的性质、职责、人员设备规模等进行规划。

(2) 收费系统规划

对高速公路网收费系统方案进行比较论证，确定收费系统的收费制式、收费方式，对收费设备、土建工程、收费人员的配备进行规划和估算。

(3) 监控系统规划

对高速公路网监控系统的监控目标，设备、系统的建设规模、建设方式等进行系统规划。

(4) 通信系统规划

对高速公路通信系统网络的网络构成、组成规模、形成方式、建设周期、系统投资、网络的维护方式、人员设备和费用等进行规划。

(5) 救援系统规划

对区域高速公路网的交通救援系统进行规划。

(6) 安全设施规划

对高速公路网安全设施的配备、材料类型及投资等进行统一规划。

(7) 服务区及养护区规划

从高速公路网总体出发，对高速公路服务区和养护区进行系统布设，确定规模及投资估算。

(8) 电气系统规划

包括区域高速公路供电的要求、供电的方式、照明的设置及设备类型选择和投资估算。

(9) 环保规划

对高速公路进行环保评价，提出环保措施、管理方式等。

(10) 系统评价

对高速公路网交通工程设施总体规划方案进行系统评价，并对交通工程系统效益进行定性和定量分析。

4. 方案效益评价

建立模型及评价指标体系，对高速公路网交通工程设施总体规划方案进行国民经济评估，并对规划方案的社会、环境、工程技术效益等进行系统评价。

5. 规划方案跟踪调查

交通工程设施总体规划与公路网规划一样并非一成不变，而是一个滚动调整的过程。在规划实施的过程中，它将根据路网的变化、交通工程科学技术的发展适时调整，以适应公路交通发展的需求。

第二节 道路交通系统特性

道路交通系统特性分析是交通工程设施设计的基础。道路交通系统的基本要素是人、车、路、环境及管理。本章重点介绍道路交通系统中人、车辆、道路的交通特性以及交通流各要素之间的关系，为交通工程设施设计提供科学依据。

一、人的交通特性

道路交通系统中的人包括驾驶员、乘客和行人。人是道路交通系统中的主要部分，贯穿于交通工程学的各个方面。例如，汽车的结构、仪表、信号、操作系统应当适合驾驶员操纵，交通标志的尺寸、大小、符号、颜色、设置地点等应考虑驾驶员的视觉机能，道路线形的设计要符合驾驶员和乘客的视觉和交通心理特性，制定的交通法规、条例应合情合理等。

(一) 驾驶员的交通特性

在道路交通要素中，驾驶员具有特别重要的作用。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，行人和自行车交通也使用

同一道路网络，对机动车交通有一定的影响。交通事故统计表明，绝大多数交通事故直接或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，及人民生命财产的安全是十分重要的。

1. 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。在这个过程中，起关键作用的是驾驶员的生理、心理素质和反应特性。

2. 驾驶员的生理、心理特性

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，视觉给驾驶员提供 80% 的交通情况等信息，因此，驾驶员的视觉机能直接影响到信息获取和行车安全。对于驾驶员的视觉机能，主要从以下几方面来考察：

视力眼睛辨别两物体之间最小距离的能力称为视力。视力有静视力、动视力和夜间视力之分。顾名思义，静视力即人体静止时的视力。我国驾驶员体检时视力标准为两眼的视力各为 0.7 以上，或两眼裸视力不低于 0.4，但矫正视力必须达到 0.7 以上，无红、绿色盲。日本的驾驶员考核标准规定，驾驶大客车的驾驶员视力不应小于 0.5，小汽车的驾驶员视力不小于 0.4。

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。例如：以 60km/h 的速度行驶时，驾驶员能看清车前方 240m 处的标志，而以 80km/h 的速度行驶时，则在接近 160m 处才能看清，车速提高 33% 视认距离减小 36%。因此，车辆行驶的最高速度限制、交通标志牌的设置等都应考虑驾驶员动视力的变化特性。动视力还与驾驶员的年龄有关，年龄越大，动视力越差。视力也与亮度、色彩等因素有关，一般而言，夜间容易确认亮度对比大的物体，但确认距离比白天短 53%。加强交通标志的颜色对比有助于驾驶员较早发现，从而采取必要措施。视力从暗到亮或从亮到暗也有一个适应过程。一般由隧道外面进入隧道，大约发生 10s 的视觉障碍，在隧道出口产生的视觉障碍，大约 1s 左右，因此，在隧道入口处应设有缓和照明灯，以减少视觉障碍，或在路旁设立“隧道内注意开灯”的标志以唤起驾驶员注意。

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。行车速度越高，驾驶员越注视前方，注意力随之引向景象的中心而置两侧于不顾。因此，在设计道路时，应在平面线形中限制直线段的长度，促使驾驶员变换注视点的方向。另外，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。

色感驾驶员对不同颜色的辨认和感觉是不一样的。红色光刺激性强，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。因此，交通工程中将红色光作为禁令信号，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。

驾驶员视野与行车速度的对应关系

表 2-1

行车速度(km/h)	注视点在汽车前方距离(m)	视 野(°)
40	180	90 ~ 100
70	360	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指令，开始动作。知觉——反应时间（从刺激到反应之间的时距）是控制汽车行驶性能最重要的因素。

驾驶员开始制动前最少需要 0.4s 知觉——反应时间，产生制动效果需 0.3s 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 1.5s 作用时间为 1s 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 ~ 3.0s 计算。道路设计中以此作为制动距离计算的基本参数。

反应时间的长短取决于驾驶员的素质、个性、年龄、情绪、环境、行车途中思想集中状况及工作经验。

3) 驾驶员的心理特点和个性特点

身心健康是行车安全必不可少的条件。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相对少些。

3. 驾驶疲劳

驾驶疲劳是指由于驾驶作业引起的身体上的变化、心理上的疲劳及客观测定驾驶机能低落的总称。

驾驶员长时间开车会发生疲劳，这时感觉、知觉、判断、意志决定、运动等都受到影响。统计表明，因疲劳产生交通事故的次数，约占总事故的 1% ~ 1.5%。由于疲劳很难明确判断，所以实际上因疲劳发生的事故比上述数字要大。试验发现，驾驶员以 100km/h 的速度行进 30 ~ 40min 之后，出现抑制高级神经活动的信号，表现欲睡，主动性降低；两小时后，生理机能进入睡眠状态。在一般情况下，驾驶员一天行车超过 10h 以上，前一天睡眠时间不足 4.5h 者 事故率明显增高。因此，对驾驶员一天的开车时间长短、连续行驶距离、睡眠都应加强管理，做出具体规定。高速公路上每隔一定间距设置服务区，为驾驶员提供休息场所，也是基于上述原因。

目前对疲劳的检查方法一般有生化测定、生理机能测定、神经机能测定、自觉症状申述等。从交通心理学的角度看，常被采用的方法有：触两点辨别检查、颜色名称测验、反应时间检查、心理反应测定、驾驶员动作分析等。在行车过程中，如出现动作不及时、或迟或早、操作粗糙、

不准确、情绪低落、身体不适等情况 则要求驾驶员停车休息 避免肇祸。

（二 乘客的交通特性

人们总是抱着某种目的 如上班、上学、购物、公务、社交、娱乐等 去乘车 为乘车而乘车的旅客几乎没有。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、交通管理及交通设施布设等都应考虑到乘客的这些交通心理要求。

不同的道路等级、线形、路面质量、汽车行驶平稳性、车箱内的气氛、载客量、车外景观、地形等对乘客的生理、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，乘客感到站立不稳，有倾倒的危险。如果汽车由长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、缓和曲线的长度等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、名胜古迹引入驾驶员和乘客的视野，使乘客在旅途中能观赏风光、放松精神。同时沿线布设一些休息场所，使需要停驻的车辆稍停片刻，以便乘客下车活动，伸展肌肉、减轻疲劳。

乘客在旅行中会产生了解沿途情况的心情，如沿途经过哪些地方，各有什么特点，前方到达哪个车站，已走了多少里程，距目的地还有多远等等，因此，沿路应设立一些指路标志和里程碑，以消除旅客悬念。

（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、不受其它交通的干扰、不发生交通事故，就必须提供必要的交通设施。其中包括设人行道、人行过街横道、专用行人过街信号、护栏、安全岛、行人过街天桥与地道、照明等。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。

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、出行目的、修养、心境、体质等因素有关 也与行人生活的区域、周围的环境、街景、交通状况等有关 归纳起来如表 2-2。

二、车辆交通特性

车辆的特征和性能在交通工程设施设计中起着重要的作用。车辆尺寸、重量决定道路桥梁的几何设计、结构设计以及停车场地等交通设施的设计，车辆的运行性能与使用这些性能的驾驶员相结合，决定交通流的特性。目前，公路、城市道路上通行的车辆有小汽车、公共汽车、货车、特种车、摩托车和自行车等，这里仅扼要介绍汽车和自行车的交通特性。

行人交通特性及相关因素分析

表 2-2

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为 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,儿童喜欢任意穿行
性别	男性比女性快	男性大、女性小	大致相当
出行目的	工作、事务性出行,步行速度较快,生活性出行较慢		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		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和交通安全
心境	心情闲暇时速度正常,心情紧张、烦恼时速度较快	心情闲暇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	心情闲暇时注意力容易分散,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
生活区域	城里人生活节奏快,步行速度高;乡村人生活节奏慢,步行速度慢		城里人步行时注意力比较集中,乡村人比较分散

(一) 汽车基本特性

1. 动力性能

汽车的动力性能定义为车辆加速、维持速度和爬坡的能力。汽车的动力性能通常用三方面指标来评定,即最高车速、加速度或加速时间、最大爬坡能力。

(1)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速度(km/h)。

(2)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。

(3)最大爬坡能力用汽车满载时第 I 档在良好的路面上可能行车的最大爬坡度 i_{\max} (%) 表示。

2. 制动性能

汽车的制动性能是汽车的主要性能之一,直接关系到交通安全,是汽车安全行驶的重要保障。如果汽车的制动性不可靠,那么再好的动力性能也不能发挥。因此,只有汽车具有良好的制动性才能保证在安全行驶的条件下提高行车速度,从而提高运输生产率。汽车制动性能主要体现在制动效能上,即制动距离或制动减速度。制动距离计算公式为

$$L = \frac{v^2}{254(\varphi \pm i)} \quad (2-1)$$

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。

汽车的动力性能还体现在制动效能的恒定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。所以在制动片温度升高后，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。方向稳定性主要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。

（二）自行车交通特性

自行车交通是目前我国城市交通的一大特点，除个别城市自行车不多外，大、中、小不同规模城市的出行方式构成中，自行车出行均占有很大的比例。一般大城市自行车出行量占总出行量的 35% ~ 55%，中等城市占 45% ~ 65%，小城市更高，有的超过 80%。因此，研究自行车的交通特性，对于自行车交通管理设施的合理设计，以及治理城市交通、保障交通安全具有重要的意义。

1. 自行车的基本特性

（1）短程性。自行车是靠骑车人用自己的体力转动车轮，因此其行驶速度直接受骑车人的体力、心情和意志的控制，行、止、减速与制动亦决定于骑车人的操纵，同时受到路线纵坡度、平面线形、车道宽度、车道划分、气候条件与交通状况的直接影响。个人的体力虽有老、中、青与强、弱之分，但总是很有限的，因此只适应于短距离出行，一般在 5 ~ 6km 以内（或 20min 左右）。

（2）行进稳定性。自行车静态时直立不稳，当以一定速度前进时，只要不受突然加之的过大横向力的干扰，是可以稳定向前而不致侧向倾倒的。

（3）动态平衡。自行车骑行过程中重心较高，因此，存在如何保持平衡的问题。特别是在自行车转向或通过小半径弯道时，就必须借助于人体的变位或重心倾斜以维持运行中的动态平衡。一般有以下三种情况：

中心平衡人体同车倾斜角度一致，即自行车的中心线同身体的中心线完全重合，稍向曲线内侧倾斜，这是自行车在曲线运行时的平衡状态。

内倾平衡自行车的倾斜角度小于人体的倾斜角度，一般为自行车驶完曲线即将离开曲线段时的运行状态。

外倾平衡自行车的倾斜度角度大于人体的倾斜角度，一般为自行车刚刚进入曲线段时的运行状态。

这种巧妙的动态平衡，每位熟练的骑车人都能在实践中逐步掌握并应用自如。

（4）动力递减性。自行车前进的原动力是人的体力，是两脚踏踏之力，一般成年男子，10min 以上可能发挥出的功率约为 220.6W，成年女子则约为 147.1W，儿童更小，约为 73.5W。持续时间愈长，则可能发挥出的功率愈小，车速亦随之减小，这就是动力递减的结果。一般自行车出行不宜超过 10km。

（5）爬坡性能。由于自行车的动力递减，对于普通无变速装置的自行车，不能爬升大坡、长坡，也不宜爬陡坡，否则控制不住易酿成危险。通常规定在短坡道上坡度不大于 5%，长坡道

上坡度不大于 3% 对纵坡 3%、4%与 5% 的坡道，其坡长限制分别为 500m、200m 和 100m。当然对于北方冰雪地区，其坡度与坡长更应减小，否则冬天无法骑车。

(6) 制动性能。自行车的制动性能，对于行车安全与通行能力具有重要意义，它与反应时间一起决定纵向安全间距，即纵向动态净空 $L_{\text{净}}$ 。根据国内外的研究资料，认为可采用公共汽车的制动模式，参数采用下限，即：

$$L_{\text{净}} = 1.9 + 0.14v_{\text{max}} + 0.0092v_{\text{min}}^2$$

式中：1.9——自行车车身长度 (m)；

v_{max} ——行驶时的最大车速 (km/h)；

v_{min} ——制动前减速后的车速 (即刹车开始时的车速) (km/h)；

0.0092——制动系数；

0.14——制动时的反应系数，采用 0.5s 的反应时间计算得出。

2. 自行车流的交通特性

(1) 群体性。由于自行车众多，在多车道高峰时间常出现首尾相连、成群结队的骑行，甚至连绵不断，象流水一样不可遏止。

(2) 潮汐性。在信号灯控制的路段，自行车车流由于受到交叉口红灯的阻断，常一队一队地象潮汐一样向前流动。

(3) 离散性。在车辆不多时，为了不受其它骑行者的约束与干扰，有不少骑车人常选择车辆少、空档大的路段骑行。在这样的车道上可以自由、机动地行驶。

(4) 赶超现象。青年骑行者多喜欢赶超其它自行车，甚至有你追我赶的相互追逐现象。

(5) 并肩或并排骑行。下班或放学的青年人，常三五成群地并肩骑行，甚至拉手、搭肩，使其它自行车无法通过，形成压车现象。

(6) 不易控制。由于自行车灵活机动，特别在机动车与非机动车混行的车道上，有空就钻，常常不遵守交通法则，甚至闯红灯或逆向骑行。

根据自行车交通流的上述特性，应采取必要的措施加强管理，确保交通安全畅通。

三、道路基本特性

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，道路结构和质量能否保证安全快速行车，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

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里程与该区域的总面积之比。一般地讲，路网密度越高，路网总的容量、服务能力越大。但路网的密度也不是越大越好，道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，既要适当超前，也要节约投资。

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、护坡、护栏等。这些结构物的设计标准必须满足车辆和行人的使用要求。

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，更加强调平、纵、横线形一体化，即立体线形的设计。当道路线形由于地形、地质、地物等环境条件制约而达不到车辆按一定速度行驶的最低要求时，就必须考虑设置限速、禁止超车等交通管理设施。

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。路网布局必须根据所在区域的自然、社会、经济情况等选取。

四、交通流三参数及相互关系

(一) 交通流三参数的定义

1. 交通量的定义

交通量是指在单位时间内，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。

交通量时刻变化，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/d为单位，平均交通量表达式为

$$\text{平均交通量} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i \quad (2-2)$$

式中： Q_i ——各规定时间段内的日交通量（辆/d）；

n ——各规定时间段数。

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)

$$AADT = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} Q_i \quad (2-3)$$

2) 月平均日交通量 (MADT)

$$MADT = \frac{\text{一个月的日交通量总和}}{\text{本月的天数}} \quad (2-4)$$

3) 周平均日交通量 (WADT)

$$WADT = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^7 Q_i \quad (2-5)$$

4) 高峰小时交通量

交通量时变图一般成马鞍形，上、下午各有一个高峰，在交通量呈现高峰的那个小时，称为高峰小时，高峰小时内的交通量称为高峰小时交通量。

高峰小时交通量与该天全天交通量之比称为高峰小时流量（以%表示）它反映高峰小时交通量的集中程度，并可供高峰小时交通量与日交通量之间作相互换算之用。据我国公路部

门近年来对交通量观测站的数据所作的初步统计，表明高峰小时流量比约为 9% ~ 10%。

高峰小时系数 PHF，就是高峰小时交通量与高峰小时内某一时段的交通量扩大为高峰小时后的交通量之比。一般将高峰小时划分为 5min、6min、10min、15min 的连续时段，统计此时段的交通量，并选择连续 5、6、10 或 15min 所计交通量中最大的那个时段，作为高峰小时内的高峰时段，把高峰时段内交通量扩大为 1h 的高峰小时交通量。因此，高峰小时系数指高峰小时交通量与扩大的高峰小时交通量之比。高峰小时系数的一般表达式

$$PHF_t = \frac{\text{高峰小时交通量}}{[t \text{ 时段内统计所得最高交通量}] \times \frac{60}{t}} \quad (2-6)$$

例如 对于 $t = 15\text{min}$

$$PHF_{15} = \frac{\text{高峰小时交通量}}{4 \times \text{高峰小时内最高峰 15min 交通量}} \quad (2-7)$$

[例 2-1] 某观测站测得的连续各 5min 时段的交通量统计数如表 2-3 高峰小时交通量为 1349 辆/h 求 5min 和 15min 的高峰小时系数。

某路段高峰小时以 5min 为时段交通量统计

表 2-3

统计时间	5min 交通量	统计时间	5min 交通量
8:00 ~ 8:05	118	8:30 ~ 8:35	115
8:05 ~ 8:10	114	8:35 ~ 8:40	106
8:10 ~ 8:15	112	8:40 ~ 8:45	104
8:15 ~ 8:20	111	8:45 ~ 8:50	118
8:20 ~ 8:25	114	8:50 ~ 8:55	110
8:25 ~ 8:30	120	8:55 ~ 9:00	107

[解] 由表 2-3 知 8:25 ~ 8:30 为最高 5min 故

$$PHF_5 = \frac{1349}{120 \times 12} = 0.94$$

最高 15min 交通量为 8:20 ~ 8:35 故

$$PHF_{15} = \frac{1349}{349 \times 4} = 0.97$$

§ 设计小时交通量

交通量具有随时间变化和出现高峰小时的特点，在进行道路设施规划设计时，必须考虑这个特点。工程上为了保证道路在规划期内满足绝大多数时间车辆能顺利通过，不造成严重阻塞，同时避免建成后车流量低，投资效益不高，规定要选择适当的小时交通量作为设计小时交通量。根据美国的研究认为第 30 位最高小时交通量是最合适的。所谓第 30 位最高小时交通量 (30HV) 就是将一年中测得的 8760 个小时交通量，从大到小按序排列，排在第 30 位的那个小时交通量。

研究表明 第 30 位小时交通量与年平均日交通量之比的 K 值十分稳定。据国外观测，按道路类别及所在地区不同， K 值分布在 12% ~ 18% 范围内。

2. 行车速度的定义

设行驶距离为 l 所需时间为 t 则车速可用 l/t 形式表示。按 l 和 t 取法不同，可定义各

种不同的车速。

1)地点车速 Spot speed)

这是车辆通过某一地点时的瞬时车速，因此观测时 t 尽可能取短，通常以 20~25m 为宜，用于道路设计、交通管制和规划方面。

2)行驶速度 Running speed)

这是从通过某一区间所需时间（不包括停车时间）与距离求得的车速，用以评价该路段的线形顺适性和通行能力分析，也可用于道路使用者的成本效益分析。

3)运行车速 Operating speed)

是指中等技术水平的驾驶员在良好的气候条件、实际道路情况和交通条件下所能保持的安全车速，用于评价道路通行能力和车辆运行状况。

4)行程车速 Overall speed)

行程车速又称区间车速，是车辆行驶路程与通过该段路所需的总时间（包括停车时间）之比。行程车速是一项综合性指标，用以评价道路的通畅程度，估计行车延误情况。提高运输效率归根结底是要提高车辆的行程车速。

5)临界车速 Critical speed)

这是指道路理论通行能力达到最大时的运行车速，对于选择道路等级具有重要作用。

6)设计车速 Design speed)

是指在道路、交通与气候条件良好的情况下受道路物理条件限制时，所能保持的最大安全车速，用作道路线形几何设计的标准。

7)时间平均车速

在单位时间内测得通过道路某断面各车辆的点车速，这些点速度的算术平均值，即为该断面的时间平均速度。即

$$\bar{v}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (2-8)$$

式中： v_t ——时间平均车速 (km/h)；

v_i ——第 i 辆车的地点车速 (km/h)；

n ——单位时间内观测到车辆总数 (辆)。

8)空间平均车速

在某一特定瞬间，行驶干道某一特定长度内的全部车辆的车速分布的平均值，当观测长度为一定时，其数值为地点车速观测值的调和平均值，其计算公式为

$$\bar{v}_s = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i}} = \frac{nS}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (2-9)$$

式中： S ——路段长度 (m)；

t_i ——第 i 辆车的行驶时间 (s)；

n ——行驶于路段长度 S 的车辆；

v_i ——第 i 辆车行驶速度 (m/s)；

v_s ——空间平均车速 (m/s)。

由时间平均车速可以推算空间平均车速

$$\bar{v}_s = \bar{v}_t - \frac{\sigma_t^2}{\bar{v}_t} \quad (2-10)$$

式中： σ_t ——时间平均车速观测值的均方差。

由空间平均车速推算时间平均车速可用下列公式

$$\bar{v}_t = \bar{v}_s + \frac{\sigma_s^2}{\bar{v}_s} \quad (2-11)$$

式中： σ_s ——空间平均车速观测值的均方差。

从上可知对于等速行驶时， $\sigma_t=0$ 故 $v_s = v_t$ 。

[例 2-2] 设有 3 辆汽车 分别以 20、40、60km/h 的速度通过路程长度为 10km 的路段 试求时间平均车速和空间平均车速。

[解] 先求时间平均车速，按公式 (2-8)

$$\bar{v}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i = \frac{1}{3}(20 + 40 + 60) = 40\text{km/h}$$

再求空间平均车速，按公式 (2-9)

$$\bar{v}_s = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{v_i}} = \frac{1}{\frac{1}{3} \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{40} + \frac{1}{60} \right)} = 32.7\text{km/h}$$

时间平均车速与空间平均车速之间的关系也可通过回归分析得到，即

$$\bar{v}_s = -1.88960 + 1.02619\bar{v}_t \quad (2-12)$$

从上式可以看出，当速度提高，两者之间的差异就变小，即空间平均车速接近于时间平均车速。

3. 密度的定义

密度是指在一条车道上车辆的密集程度，即在某一瞬时一条车道上单位长度的车辆数，又称车流密度 常以 K 表示，其单位为辆/km（如为多车道，则应除以车道数换算成单车道的车辆数然后再计算）于是有：

$$K = \frac{N}{L} (\text{辆/km}) \quad (2-13)$$

式中： N ——单车道路段内的车辆数（辆）；

L ——路段长度（km）。

交通密度还可以下式计算：

$$K = \frac{Q}{v_s} (\text{辆/km}) \quad (2-14)$$

式中： Q ——单车道上交通量（辆/h）；

v_s ——空间平均车速（km/h）。

路段通过车流量为最大时的车辆密度，称为最佳车流密度。当密度过大时，车辆几乎无法行驶，此时的密度称为阻塞密度。所以，由车流密度的大小可以判断交通拥挤状况，从而判定应采用何种管理方法。

4. 车头间距与车头时距

在同向行驶的一列车队中，相邻两辆车的车头间距或间隔以符号 h_s 表示。路段中所有车头间距的平均值称为平均车头间距（ h_s ）。