

交通工程学

Introduction to Traffic Engineering

第 2 节 人、车、路的交通特性

葛乾

西南交通大学 系统科学与系统工程研究所
西南交通大学 交通工程系

本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

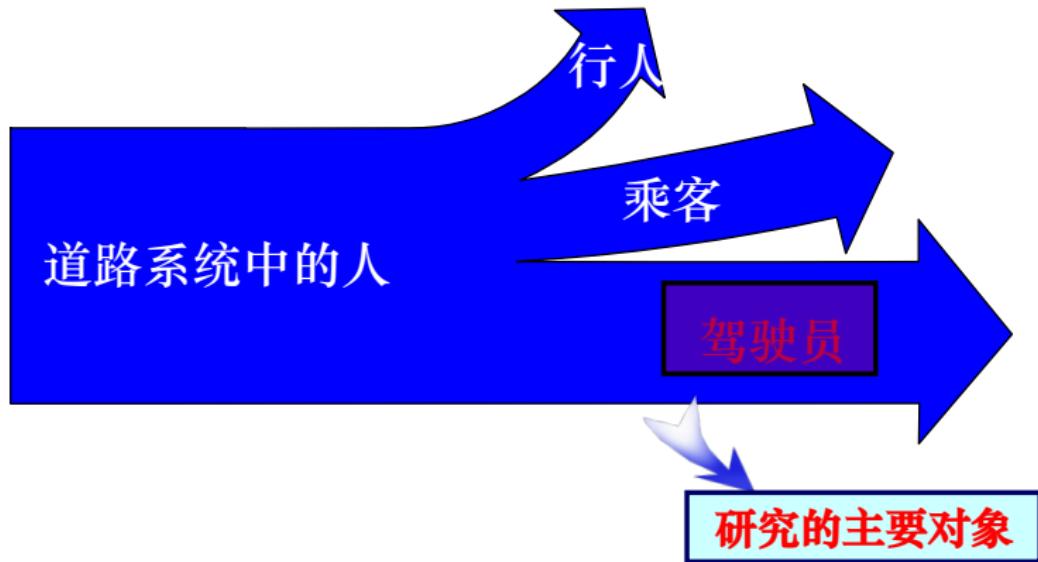
② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

八

道路交通系统中的“人”是道路的“使用者”



Figure

本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

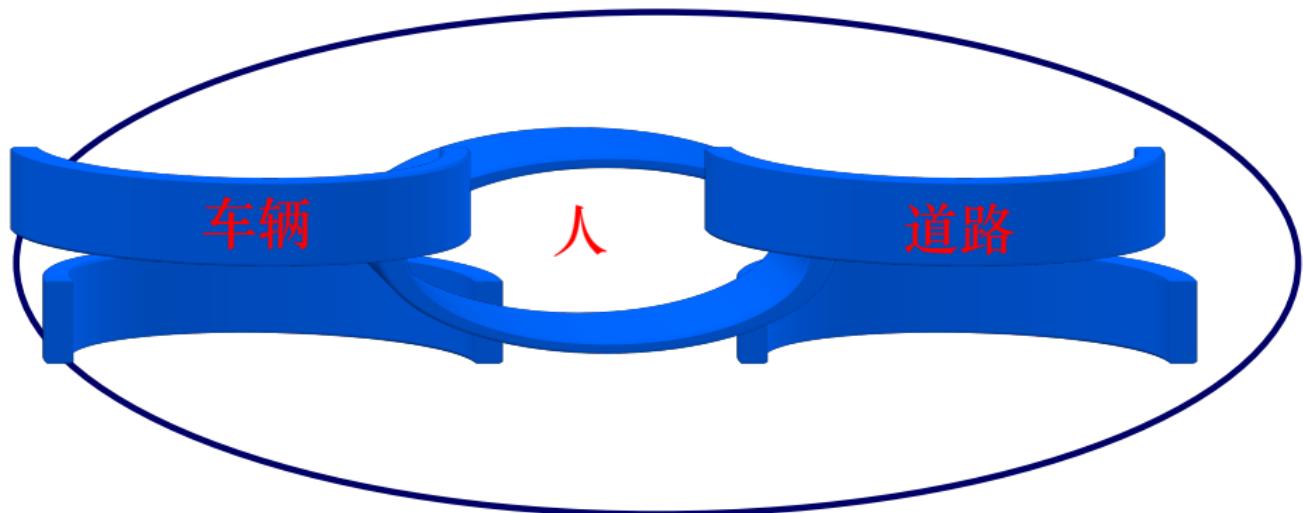
② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

驾驶员的特性

在道路交通系统中，各种要素都是围绕“驾驶员”这一特殊要素进行设计和运作的。

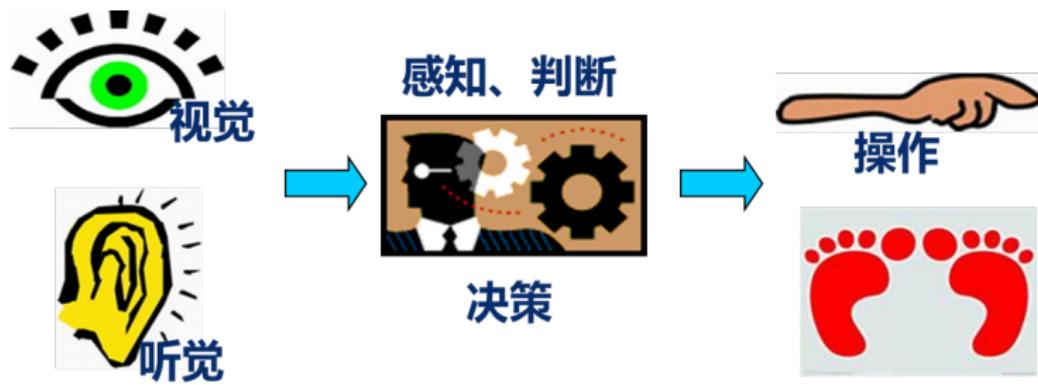


Figure

驾驶员的特性构成

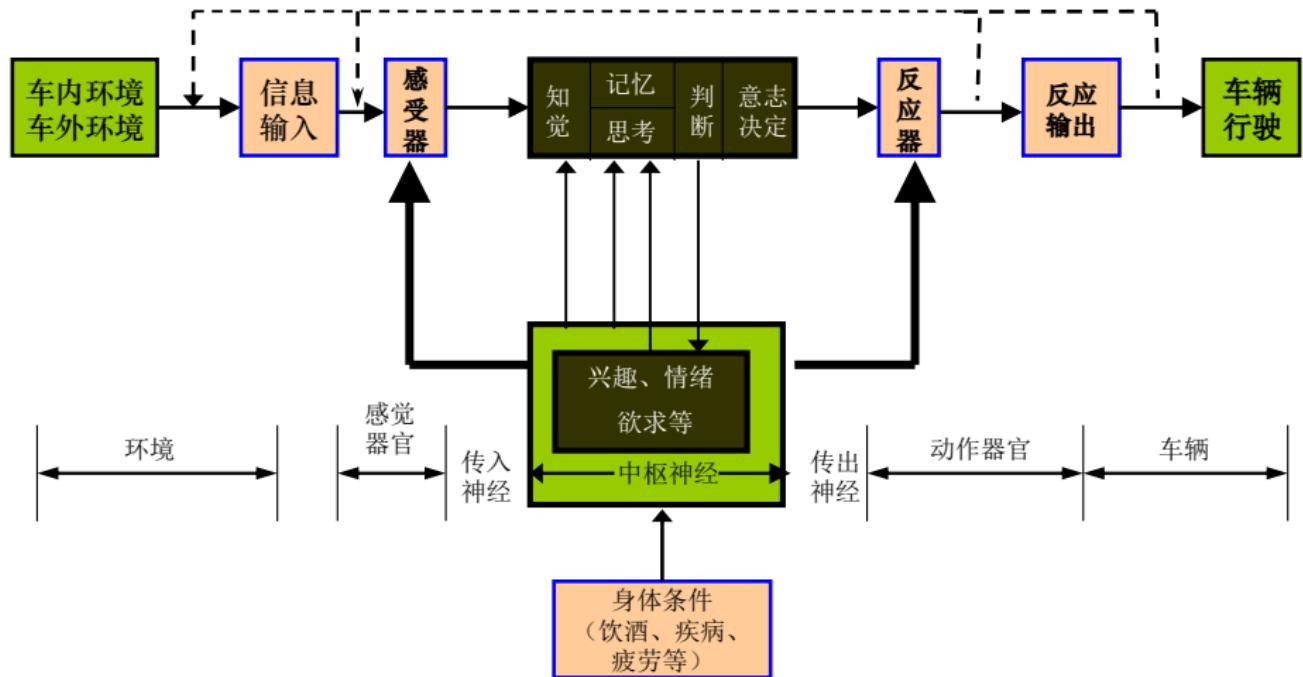
- 驾驶员的任务
- 驾驶员的信息处理过程
- 视觉特性
- 反应特性
- 疲劳与饮酒
- 注意
- 动态判断
- 驾驶员的差异
- 外界因素对驾驶员的影响

反应操作过程



Figure

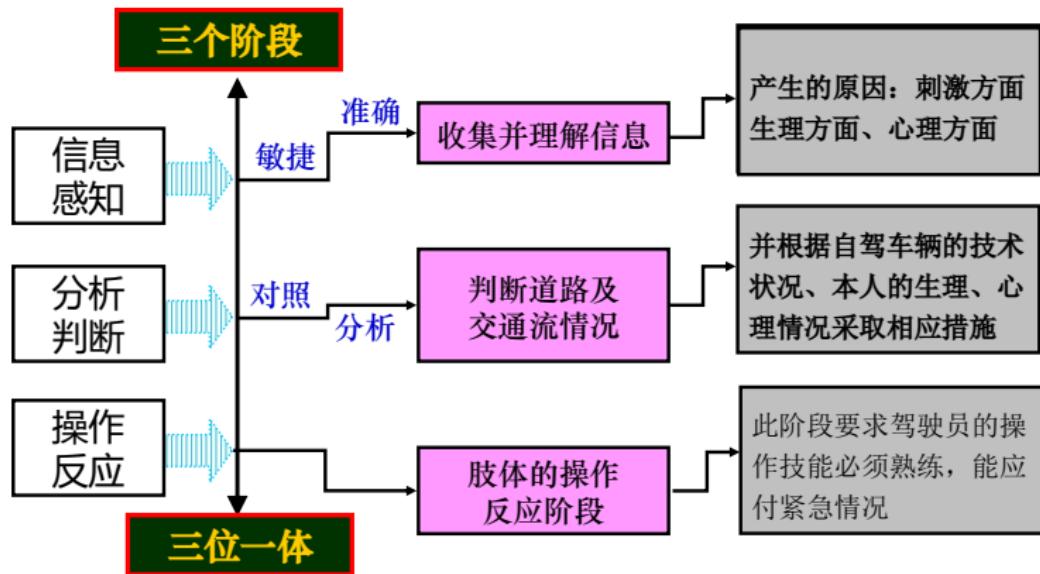
信息处理过程



Figure

信息处理过程 (cont.)

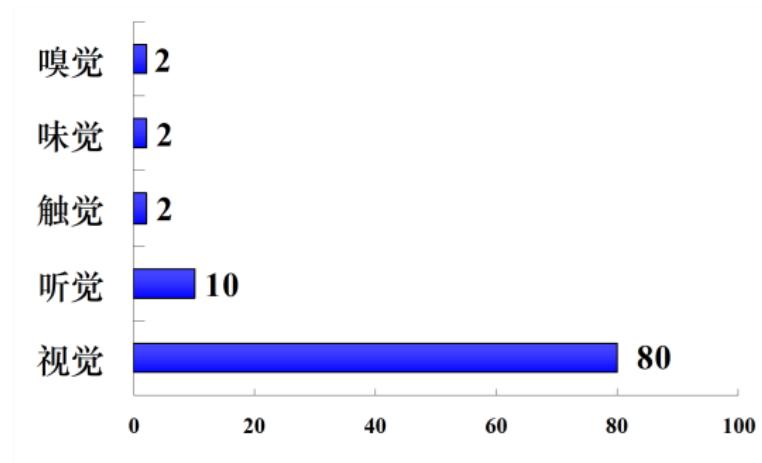
- 被人直接或间接感知的各种刺激



Figure

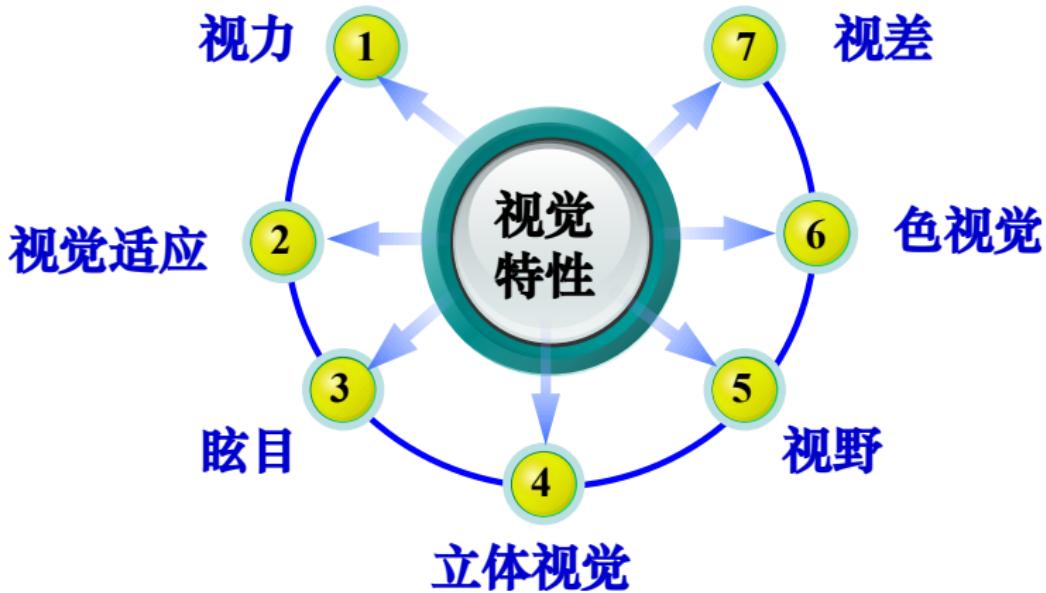
视觉特性

- 据统计在行车过程中各种感觉器官给驾驶员提供交通信息的比例中视觉占80%



Figure

视觉特性 (cont.)



Figure

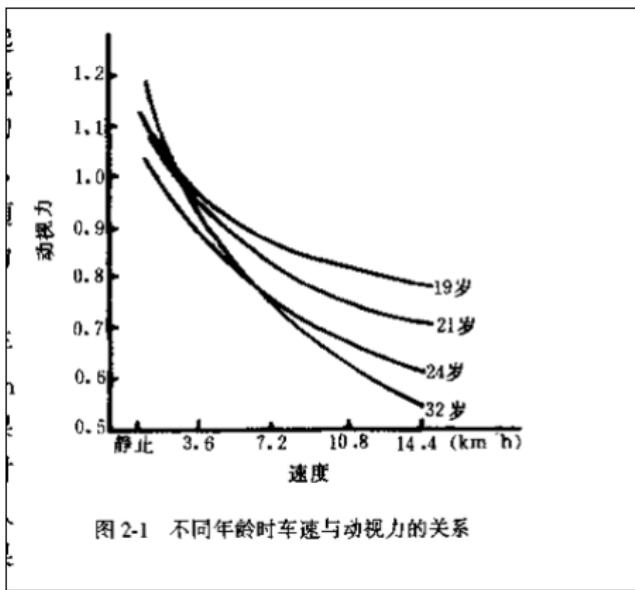
视觉特性-视力

眼睛分辨两物点之间最小距离的能力，根据眼睛的状态和时间不同，又分为静视力、动视力和夜间视力

- 静视力：站在视力表前 5m 处，依次认视标测定的视力
- 动视力：处在运动中观察物体的视力
 - 随着车速的提高，视力明显下降
- 夜间视力：受光照度、背景亮度等诸多因素的影响
 - 黄昏时前灯的照度与周围景物的光亮相近，对驾驶员行车最为不利

视觉特性-视力 (cont.)

- 我国对驾驶员的体检视力标准为两眼的视力各应为 0.7 以上，或两眼视力不低于 0.4，但矫正视力达到 0.7 以上，无红、绿色盲。

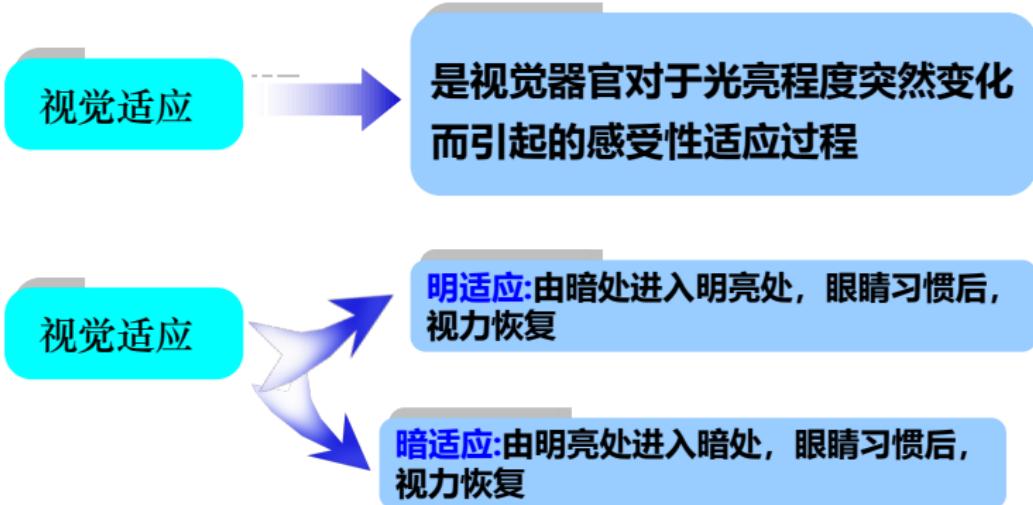


行驶速度 (km/h)	看清标志距离 (m)
60	240
80	160

- 车速提高 33%，视认距离减少 36%

Figure

视觉特性-视觉适应



Figure

视觉特性-视觉适应 (cont.)



视觉特性-眩目

➤ 眩目

若视野内有强光照射，颜色不均匀，使人的眼睛产生不适应感，形成视觉障碍。

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。夜间行车多半是间断性的眩目。

为了避免眩光的影响，可采取交通工程措施：

Figure

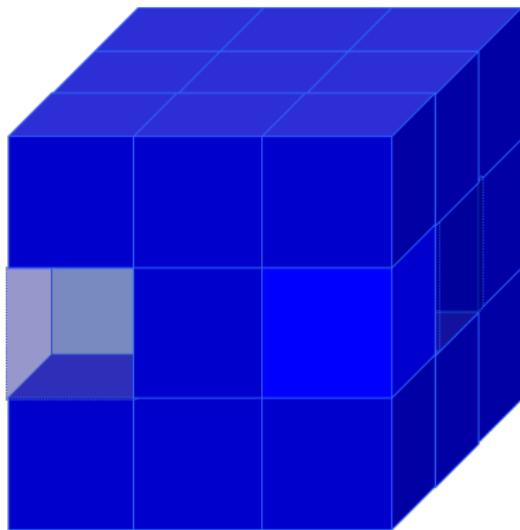
- 如改善道路照明，设道路中央分隔带并种植树木遮蔽迎面来车的灯光
- 前灯用偏振玻璃做灯罩
- 使用双光束前照灯，戴防眩眼睛
- 驾驶员内服药物等

视觉特性-炫目 (cont.)



视觉特性-立体视觉

- 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

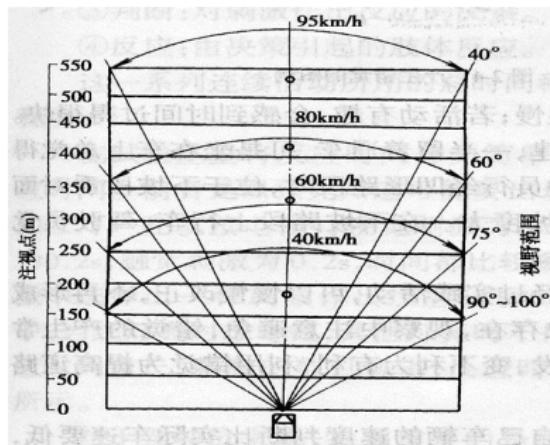


Figure

视觉特性-视野

- 静视野：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
- 动视野：头部不动，但眼球可以转动时，所看到的范围

行车速度越高，驾驶员越注视远方，视野越窄



Figure

视觉特性-视野 (cont.)



Figure

视觉特性-色视觉



Figure

- 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。

视觉特性-色视觉 (cont.)

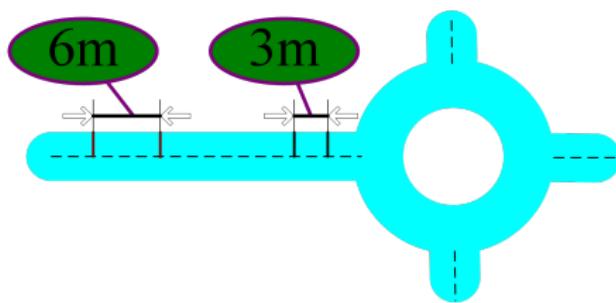
- 红色刺激性强，易见性高；黄色有最高的明亮度；绿色温柔、平静，有安全感（标志、信号设置的依据）。



Figure

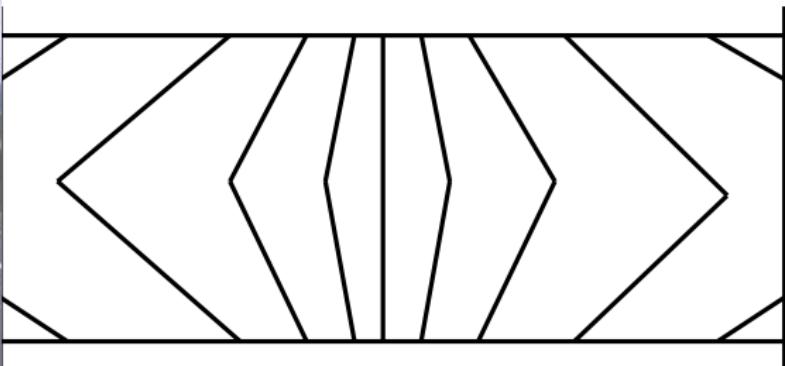
视觉特性-视差

- 对外界事物的不正确的知觉



- 交叉口前 400m 内，在环形交叉口的路面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，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

视觉特性-视差 (cont.)



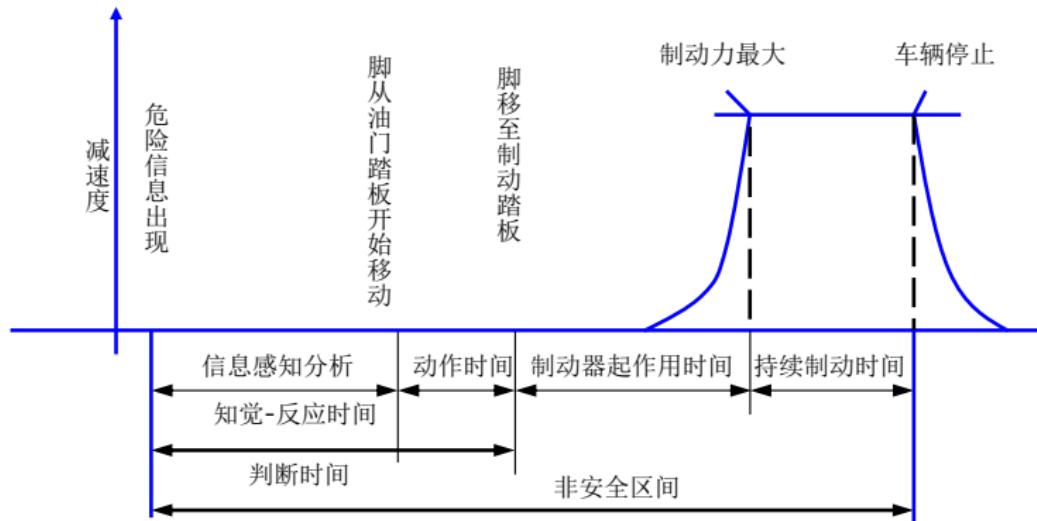
- 在弯道前 100m 的路面上涂上 V 形标线，在弯道上使 V 形标线的夹角逐渐加大，经直线后，再使 V 形标线的夹角逐渐减小，使驾驶员行车时有道路变窄的错觉，从而降低车速.

反应特性

- 从表露于外的事物引起反应到开始动作所需的时间，是从刺激到反应动作之间的时距。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**感知、识别、判断、反应** 4 个性质截然不同的心理活动。



制动动作和制动减速度



- 对于驾驶员特别重要的是知觉—反应时间，其与事故率呈正比关系

疲劳与饮酒

- 疲劳驾驶：驾驶员在连续驾驶车辆后，产生生理、心理机能下降和驾驶员操作效能下降的现象
- 疲劳种类：身体疲劳和精神疲劳；从疲劳恢复的时间来看，又可分为一次性疲劳、积蓄疲劳和慢性疲劳
- 疲劳对安全行车的影响：
 - 驾驶员反应时间显著增长、操作能力下降、判断失误增多
 - 疲劳驾驶产生的交通事故数，占比约 1%~1.5%
 - 实验表明，100Km/h 速度行驶 30-40min 后，出现欲睡，主动性降低；2 小时后进入睡眠状态；10 小时后，事故率显著提升

影响驾驶疲劳的因素

驾驶员生活情况	睡眠	睡眠时刻——几点钟开始睡眠 睡眠时间——几小时睡眠 睡眠环境——能否熟睡	行车情况	车外环境	行车时间——白天、黄昏、夜间 气 候——晴、雨、雪、雾 道路条件——道路线形、坡度 以及位于市区、郊区、山区等 交通条件——通畅或拥挤 道路安全设施——完善或不完善
	生活环境	居住环境——上班路程远近 家庭环境——婚否、家庭和睦情况 业余时间——下班后时间的利用			行驶条件 运行条件——长距离行车或距离行车 时间限制——到达目的的时间是否充裕
行车情况	车内环境	车内温度——温度是否合适 车内湿度——湿度是否合适 噪声及振动——是否过大 车内仪表——是否易于观察 座 椅——乘坐是否舒适 与同乘者的关系——融洽或紧张	驾驶员本人情况		身体条件——体力与健康状况 经验条件——技术是否熟练 年 龄——青年、中年、老年 性 别——男、女 性 格——内向或外向

饮酒

- 2009 年，全国查处酒后驾驶案件 31.3 万起，其中醉酒驾驶 4.2 万起；2019 年上半年，全国查处酒后驾驶案件 90.1 万起，其中醉酒驾驶 17.7 万起公安部交通管理局数据显示，每年有约 3000 人因酒后驾驶肇事死亡
- 饮酒对安全行车的影响
 - 情绪不稳定；理性被麻痹，注意力下降；意识面变窄；信息处理能力下降；预测的正确度和自制力下降；危机感被麻痹，脾气变大，喜欢超速和超车等



饮酒对人的影响

当血液中酒精的浓度为 0.03%-0.09% 时，其事故的发生率比不饮酒者增加 7 倍，当酒精浓度为 0.1%-0.14% 时，事故率为不饮酒的 32 倍，当酒精浓度为 0.15% 时，事故率增加 128 倍。（捷克斯洛伐克的莫斯试验）

- 醉驾的标准是血液内酒精含量超 $80\text{mg}/100\text{ml}$ ，酒驾的标准是血液内酒精含量超 $20\text{-}80\text{mg}/100\text{ml}$
- 鉴定的方式有两种：抽血检查和吸气检查

注意与动态判断

- 注意：心理活动对一定事物的指向和集中
- 动态判断：动态条件下对**距离**和**速度**的知觉，例如正确估计超车的距离、被超车的速度和对面来车速度，提高超车效率

驾驶员的差异

性别差异

年龄差异

气质差异

外界因素对驾驶员的影响

- **道路线形设计欠妥**, 可能使视线失去诱导, 使驾驶员产生错觉, 增加驾驶员的心理紧张程度和驾驶疲劳
- **车辆的结构尺寸、仪表位置、操纵系统、安全设备等**都对驾驶有影响
- **环境的影响:** 交通标志的布设会约束驾驶员的行为; 道路周围若有吸引人注意的干扰点, 驾驶员的注意会分散; 若沿途播放轻音乐, 可加快车速; 路上行人过多, 会增加驾驶员的心理紧张等

本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

② 车的特性

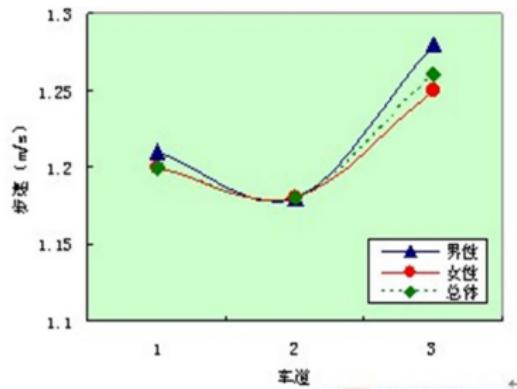
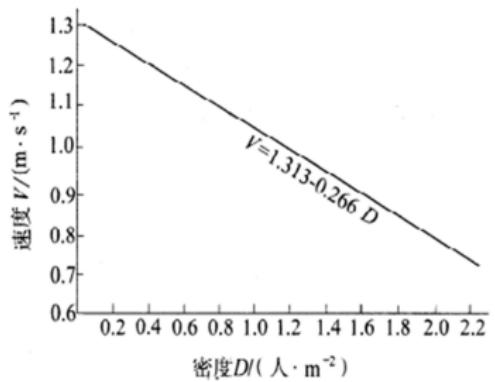
- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

行人交通特征及相关因素

因素	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，儿童喜欢任意穿梭
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
文化素养		受教育程度高的人一般要求高，为自己，也为别人。反之，则要求低，也不太顾及他人	受教育程度高的人一般对个人空间要求高，也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，烦恼时要求较小	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
生活的区域	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

两个例子



本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

乘客的交通特性

- 乘客的交通需求心理
- 乘车反应
- 社会影响



Figure: 长时间通勤

不同出行目的出行容忍时间				单位: min
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 憇	10	30	85	

不同规模城市的最大出行时耗		
城市规模		最大出行时耗/min
大	>200 万人	60
	100~200 万人	50
	<100 万人	40
中		35
		25

本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

机动车的分类

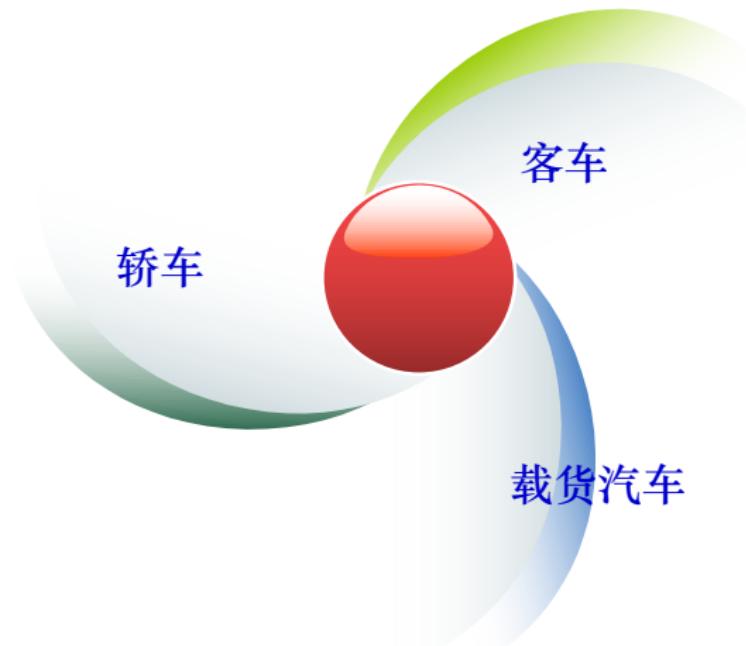
- 车辆是道路交通的基本要素之一。在道路上行驶的下列机动车和非机动车
 - 机动车：是指各种汽车、电车、电瓶车摩托车、拖拉机、轮式专用机械车



- 非机动车：是指自行车、三轮车、人力车、畜力车、残疾人专用车



汽车分类



轿车

- 乘坐 2—9 人 (包括驾驶员), 主要供个人使用
 - 微型轿车: 发动机排量在 1L 以下
 - 普通轿车: 发动机排量为 1.0—1.6L
 - 中级轿车: 发动机排量为 1.6—2.5L
 - 中高级轿车: 发动机排量为 2.5~4.0L
 - 高级轿车: 发动机排量在 4L 以上

客车

- 乘坐 9 人以上，主要供公共服务用
 - 微型客车：车身长度在 3.5m 以下
 - 轻型客车：车身长度为 3.5—7.0m
 - 中型客车：车身长度为 7—10m
 - 大型客车：车身长度为 10—12m
 - 特大型客车：包括铰接式客车 (车身长度大于 12m) 和双层客车 (车身长 10—12m) 两种

载货汽车

- 主要用于载运各种货物，其驾驶室内可容纳 2—6 名乘员
 - 微型货车：总质量小于 1.8t
 - 轻型货车：总质量为 1.8—6t
 - 中型货车：总质量为 6—14t
 - 重型货车：总质量大于 14t
 - 汽车列车：由专门的牵引车牵引的为半挂列车，由普通货车牵引的为全挂列车

本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

车辆设计外廓尺寸

- 在我国《公路工程技术标准》(JTG B01—2014) 和《城市道路设计规范》(CJJ37—2012) 中都规定了机动车外廓尺寸标准。

《公路工程技术标准》(JTG B01—2014) 规定的设计车辆外廓

设计车辆外廓尺寸						
车辆类型	总长(m)	总宽(m)	总高(m)	前悬(m)	轴距(m)	后悬(m)
小客车	6	1.8	2	0.8	3.8	1.4
大型客车	13.7	2.55	4	2.6	6.5+1.5	3.1
铰接客车	18	2.5	4	1.7	5.8+6.7	3.8
载重汽车	12	2.5	4	1.5	6.5	4
铰接列车	18.1	2.55	4	1.5	3.3+11	2.3

注: 铰接列车的轴距: (3.3+11)m; 3.3m 为第一轴至铰接点的距离, 11m 为铰接点至最后轴的距离。

《城市道路设计规范》(CJJ37—2012) 规定的设计车辆外廓尺寸
机动车设计车辆及其外廓尺寸

车辆类型	总长(m)	总宽(m)	总高(m)	前悬(m)	轴距(m)	后悬(m)
小客车	6	1.8	2.0	0.8	3.8	1.4
大型车	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

车辆的主要特性



本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- **机动车的主要特性**
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

动力性能

- 最高车速: 在良好水平路段上, 汽车所能达到的最高行驶车速
- 加速能力: 原地起步加速时间和超车加速时间
- 爬坡能力: 汽车满载时用 1 档在良好的路面上的最大爬坡度, 用 i_{max} 表示。

制动性能

在车辆的安全设计中，最重要的操纵特性是制动和减速，而在实际交通系统的设计和运行中，制动时间和制动距离是首先要考虑的两个因素

- 制动距离：从踏着制动踏板开始到汽车停住为止车辆所驶过的距离，不包括驾驶员的知觉—反应距离
- 制动稳定性：是指制动性能不因制动器摩擦条件的改变而恶化的性能，可分为热稳定性和水稳定性
 - 热稳定性（抗热衰退性）：是指因连续制动使制动器温度升高后仍能保持冷态制动效应的能力
 - 水稳定性：是指不因制动器浸水而使制动效能减退的能力

通过性

是指机动车不用其它辅助措施能以足够高的平均速度通过各种路面(潮湿、冰雪)、无路地段和越过各种自然障碍的能力，可分轮廓通过性和支承通过性

- 轮廓通过性：包括机动车的最小离地间隙、接近角和离去角纵向和横向通过半径、车辆所能通过的最大横坡
- 支持通过性：包括附着质量、附着质量系数和车轮接地比压(车轮对地面的单位压力)

机动性与稳定性

- 机动性：指车辆在最小面积内转向和转弯的能力
- 稳定性：指机动车根据驾驶员的意愿按照规定的方向行驶，且不产生侧滑或倾翻的能力。

本节目录

① 人的特性

- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

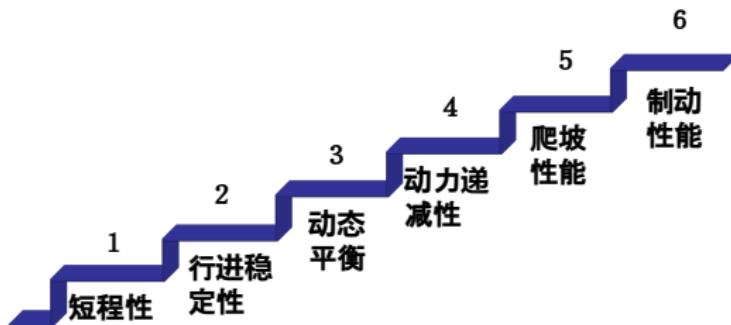
② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

自行车的交通特性

- 自行车的基本特性: 短程性、行进稳定性、动态平衡、动力递减性、爬坡性能、制动性能



- 自行车流的交通特性: 群体性、潮汐性、离散性、赶超现象、并肩或并排骑行
 - 提倡使用护具

本节目录

① 人的特性

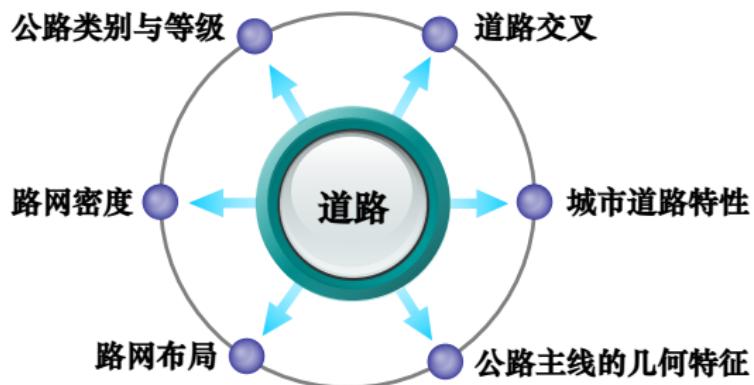
- 驾驶员的特性
- 行人的交通特性
- 乘客的特性

② 车的特性

- 机动车的分类
- 车辆设计外廓尺寸
- 机动车的主要特性
- 自行车的交通特性

③ 道路的特性

道路的交通特性



Figure

道路的交通特性-公路类型与等级

公路按其交通量、任务及性质分为五个等级		
	定义	通过能力
高速公路	专供汽车分向分车道行驶并应全部控制出入的多车道公路	15000 辆以上
一级公路	供汽车分向分车道行驶并可根据需要控制出入的多车道公路	15000辆以上
二级公路	为供汽车行驶的双车道公路	双车道5000 ~ 15000 辆
三级公路	主要供汽车行驶的双车道公路	双车道三级公路: 2000 ~ 6000 辆
四级公路	主要供汽车行驶的双车道或单车道公路	双车道四级公路: 2000 辆以下 单车道四级公路: 400 辆以下

Figure

- 公路技术等级的选用：路网规划、公路功能，并结合交通量论证确定

道路的交通特性-公路类型与等级 (cont.)

公路的行政等级

- 公路按行政等级分为：国家干线公路（国道），省、自治区、直辖市干线公路（简称省道），县公路（简称县道），乡镇公路（简称乡道）专用公路，村道五个行政等级。
- 公路功能定位
 - 畅通直达：主要干线公路（高速公路）、次要干线公路（二级及以上）
 - 汇集疏散：主要集散公路（一、二级公路）、次要集散公路（二、三级公路）
 - 出入通达：支线公路（三、四级公路）

道路的交通特性-公路类型与等级 (cont.)

城市道路类别与等级

- 城市规模：按城市人口规模划分。我国城市的规模划分为 4 类：a. 特大城市，人口在 100 万以上；b. 大城市为 50 万—100 万人；c. 中等城市为 20 万—50 万人；d. 小城市为 20 万人以下。
- 城市道路类别：根据道路在城市道路网中的地位、交通功能以及沿线建筑物的服务功能，将城市道路分为以下 4 类：快速路、主干路、次干路、支路
- 城市道路等级：除快速路外，每类道路按照所在城市的规模、设计交通量、地形等分为 I, II, III 级。各级城市采用不同的等级

道路类别

- 快速路：为城市中大量、长距离、快速交通服务的。快速路对向车行道之间应设中间分隔带，其进出口应采用全部控制或部分控制。快速路在特大城市或长度超过 30km 的带形城市中设置，主要联系市内各主要区域、市区和主要的近郊区、卫星城镇、主要对外公路。
- 主干路：为连接城市各主要分区的干线道路。以交通功能为主。自行车交通量大时，宜采用机动车与非机动车分隔形式，如三幅路或四幅路。
- 次干路：城市中数量较多的一般交通性道路，配合主干路组成城市干道网，起联系各部分和集散交通的作用。
- 支路：次干路与街坊路的连接线，用来解决局部地区交通，以服务功能为主。支路是一个地区内（如居住区内）的道路，是地区通向干道的道路，部分支路用以补充干道网的不足。

道路类别 (cont.)



地面快速路



高架快速路



地道快速路



主干路



次干路



支路

道路等级划分

根据国家《城市规划定额指标暂行规定》的有关规定
道路划分表

级别	设计车速 (km/h)	单向机动车道数 (条)	机动车道 宽度(m)	道路总 宽(m)	分隔带设 置
一级	60~80	>=4	3.75	40~70	(必须设)
二级	40~60	>=4	3.5	30~60	(应设)
三级	30~40	>=2	3.5	20~40	(可设)
四级	30	>=2	3.5	16~30	(不设)

道路的交通特性-路网密度

- 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与该区域的总面积之比

道路的交通特性-路网布局

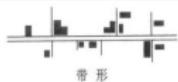
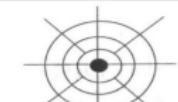
典型公路网的布局模式

网络	特点
 放射形路网	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、信息中心作用，促进中心城市对周围地区的辐射和影响有重要作用，不足之处是周围城镇之间联系不便
 三角形路网	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
 并列形路网	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
 树叉形路网	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

Figure

道路的交通特性-路网布局 (cont.)

城市道路网的布局模式

网络	特点
 棋盘形	布局严整、简洁，有利于建筑布置，方向性好，网上交通分布均匀，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
 带形	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
 放射形	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
 放射环形	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，以免造成市中心交通过分集中

Figure

道路的交通特性-路网布局 (cont.)

典型的环加放射性道路网



成都



北京

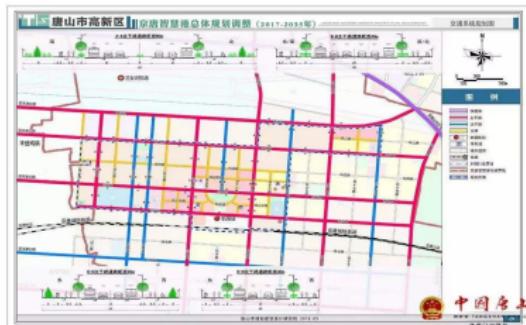


莫斯科

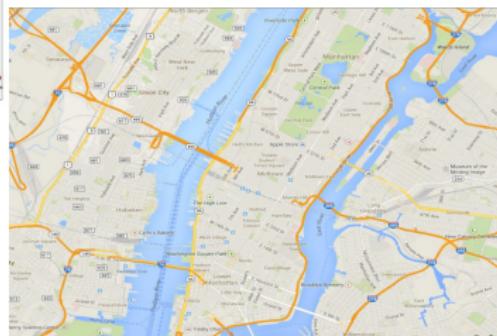
Figure
第 2 节

道路的交通特性-路网布局 (cont.)

典型的棋盘式道路网



唐山

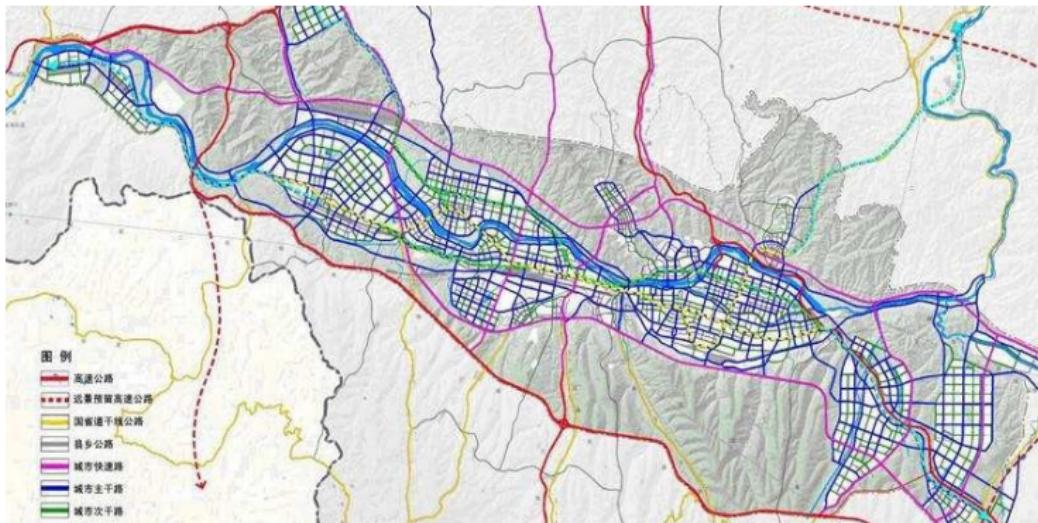


曼哈顿

Figure

道路的交通特性-路网布局 (cont.)

典型的带状道路网

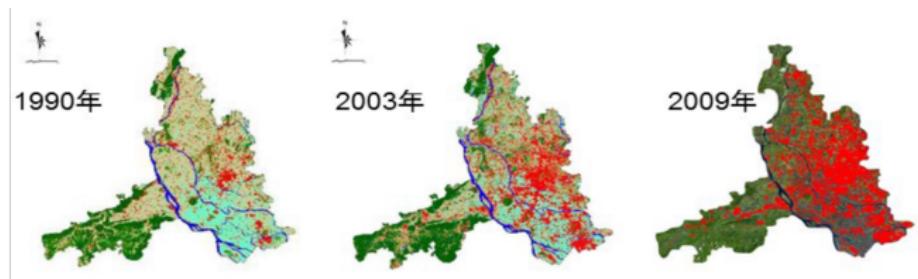


兰州

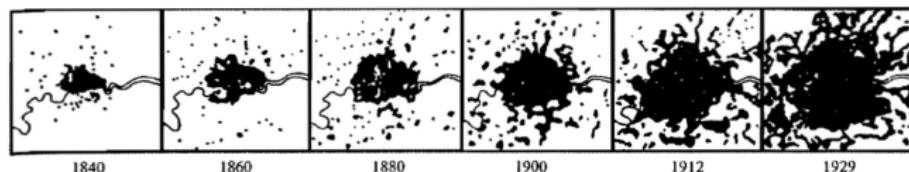
Figure

道路的交通特性-路网布局 (cont.)

城市发展与交通系统的关系 (思考???)



佛山



伦敦

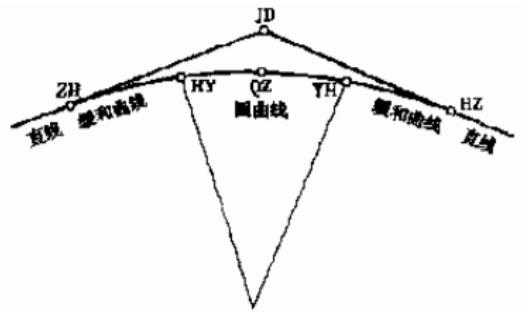
Figure

公路主线的几何特征

- 公路的组成：几何线形、路基路面、桥梁隧道、排水系统、防护工程、附属设施等
- 公路主线的几何线形：平面线形、纵断面线形、横断面线形三方向进行设计

公路主线的几何特征-平面线型

- 将公路的中心线投影在大地水平面上所得线形称为平面线形，它由直线和曲线组成，这里的曲线包括圆曲线及缓和曲线



Figure

公路主线的几何特征-平面线型 (cont.)

● 直线

- 两点之间用直线连接时，距离最短，视线最好。但直线过长不利于行车安全，驾驶员容易思想麻痹，产生单调疲劳，容易出现超速行驶，所以对直线长度有所限制
- 一般规定，在公路上直线行驶的最长时间为 70s 左右，或者说直线的最长距离 S_{\max} 为

$$S_{\max} = 20v$$

式中 v 表示计算行车速度 (km/h)

公路主线的几何特征-平面线型 (cont.)

- 圆曲线

- 在平面曲线中最简单就是圆曲线，为了确保行车安全及乘客的舒适性，圆曲线半径不能太小，根据车辆在弯道上横向受力的平衡条件，可得最小半径 $R_{\min}(m)$ 为：

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127(\mu + i)}$$

式中 v 表示计算行车速度 (km/h), i 表示路面外侧超高的横向坡度, μ 表示横向力系数

- 当横向力系数越小时，转弯时越平稳舒适。

公路主线的几何特征-平面线型 (cont.)

- 在直线与圆曲线之间还应插入一段过渡曲线，即**缓和曲线**，原因：
 - 直线段曲率为零，曲率半径为无穷大，而圆曲线的曲率半径 R 为常数从直线到圆曲线（或者相反）需要有一段曲率半径变化的路段，使离心力逐渐变化，满足舒适性的要求
 - 从直线到圆曲线（或者相反），车辆前轮需要转过相当的角度，此时驾驶员转动方向盘需要逐步进行，与此相对应的车轮轨迹的曲率是逐渐变化的。
 - 在圆曲线上，路面需要横向外侧超高，而直线段不需要超高，因此在直线与圆曲线之间需要有超高的过渡段。

公路主线的几何特征-纵断面线形

- 道路中心线纵向垂直剖切的一个立面。表达了道路沿线起伏变化的情况
- 纵断面组成：直线和曲线（竖曲线）
- 最大纵坡度：纵断面上直线的斜率称为纵坡度 i ，即

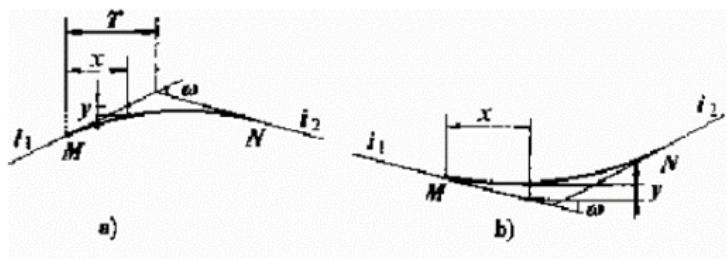
$$i = \frac{h}{d}$$

式中 h 表示两点间高度差， d 表示两点间水平距离

- 当纵面坡度太大时会影响车辆的加速性能及爬坡能力，且下坡时制动距离不能保证，甚至产生侧滑现象

公路主线的几何特征-纵断面线形

- 竖曲线：在纵坡变化的地方不能突然俯仰，必须逐步过渡，这就需要设置竖曲线。竖曲线一般采用圆曲线，也可采用抛物线。



Figure

公路主线的几何特征-横断面线形

- 公路横断面：垂直于道路中线方向的断面。构成部分有：
 - 车行道
 - 路肩
 - 中间分隔带
 - 边坡
 - 边沟等
- 对于高速公路和一级公路，还设有变速车道、爬坡车道、紧急停车带及路上设施等。二、二级公路只有双车道，不能分道单向行驶，中间不设分隔带；四级公路为单车道，当路基宽度只有 4.5m 时需要设置错车道。

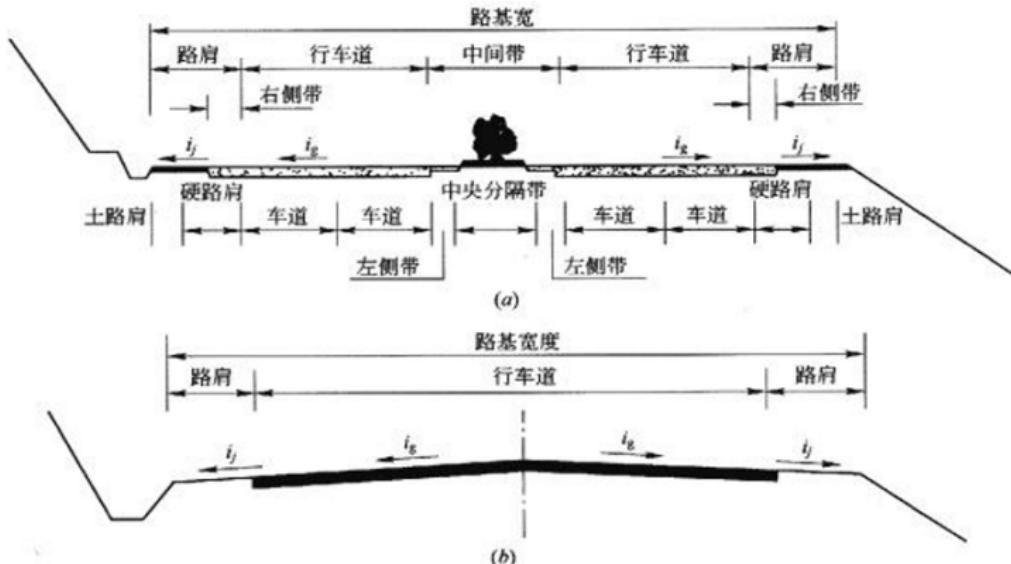


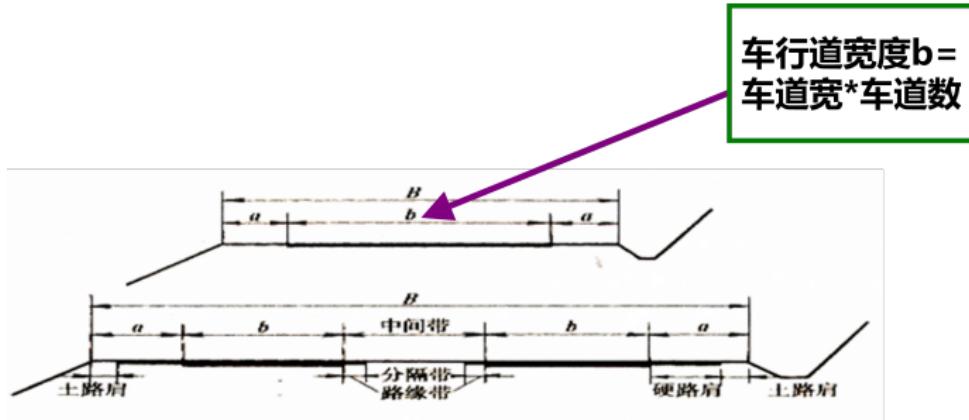
图 3-1 公路路基标准横断面图

(a)高速公路、一级公路路基标准横断面; (b)二、三、四级公路路基标准横断面

Figure

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)

- 路基、路面及车行道宽度



Figure

- 路面宽度：车行道、路缘带、硬路肩及变速车道、爬坡车道、紧急停车带等，但对二级以下的一般公路，路面宽度也就是车行道宽度。

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)



Figure

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)



Figure

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)



Figure

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)



Figure

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)



Figure

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)

- 在直线路段为了横向排水，将路面铺筑成中间高两侧低，形成路拱。当车辆行驶在弯道路段时，如果路面仍然是向两侧倾斜，弯道外侧的路面向外倾斜，则重力横向分力的方向与离心力方向一致，加大了侧翻与侧滑的危险性。
- 弯道外侧超高：**为了利用重力的横向分力抵消离心力的作用，弯道上的路面需整体向内倾斜

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)



Figure

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)



Figure

公路主线的几何特征-横断面线形 (cont.)

- 弯道**内侧加宽**: 弯道路段不仅需要外侧超高, 而且需要内侧加宽, 这是因为前轮转向, 后轮不能转向, 使前后轮在弯道上的轨迹不重合, 所需要宽度比直线行驶时要宽一些。
- 单车道需增加的宽度 $e_1 = \frac{l_0}{2R}$
- 双车道需增加的宽度 $e = 2e_1 = \frac{l_0}{2R}$, 式中 R 表示弯道的曲率半径, l_0 表示汽车的轴距加前悬
- 可见, 内侧加宽主要取决于弯道的曲率半径

公路主线的几何特征—行车视距

- 当驾驶员突然发现前方路上有障碍不能绕过，而能安全地停止在障碍物前所需的距离，称为停车视距

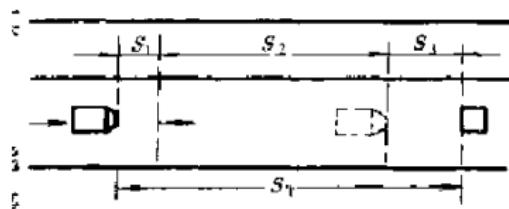


图 2-20 停车视距

Figure

公路主线的几何特征—行车视距 (cont.)

- 会车视距：两辆对向行驶的汽车能在同一车道上相遇及时制动并停车所必须的安全视距
- 超车视距：指的是在双车道道路上，后车超越前车时，从开始驶离原车道起，至可见对向来车并能超车后安全驶回原车道所需的最短距离
 - 在双车道公路上，为提高道路的服务水平，应提供充分的超车机会，使快速的车辆驾驶员不必忍受在慢行车辆后面行驶，而能实现超车

城市道路的特性

1

功能多样

2

组成复杂

3

行人交通量大

4

车辆多、类型杂、车速差异大

5

交叉口多，沿线两侧建筑密集

6

道路交通量分布不均衡

7

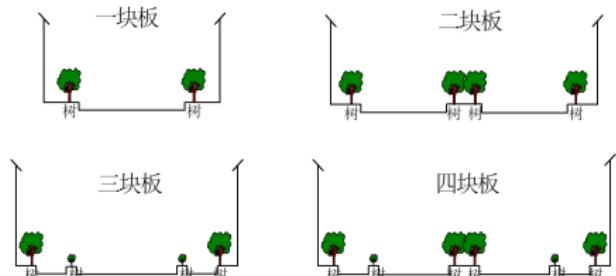
政策性强

城市道路的特性-城市道路系统及其组成

- 道路系统：由城市辖区范围内各种不同功能的道路（包括附属设施）有机组成的道路体系
- 城市道路网：指城市中各种道路在城市的总平面图中的布局
 - 但凡属不为过境交通服务的小区内部道路，如居住小区内的街坊连通道路，以及位于街坊内供居民出入的道路均不计入城市道路网。

城市道路的特性-城市道路横断面布置的 4 种形式

- 城市道路按横断面布置分为:一块板、二块板、三块板、四块板



Figure

道路交叉口

- 道路与道路相交的部分。根据相交道路的主线标高是否相等，把交叉口分为平面交叉和立体交叉两类。
- 平面交叉

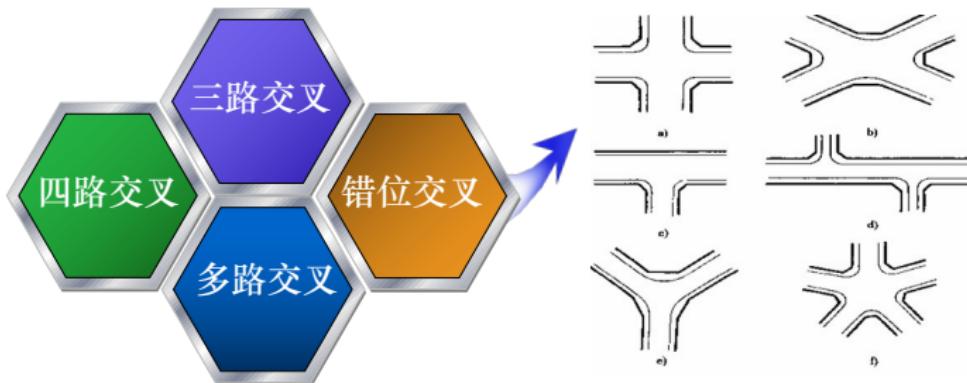


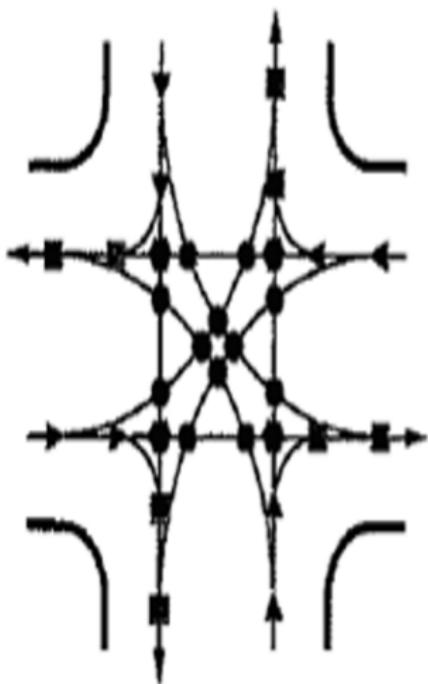
Figure: 平面交叉的方式

道路交叉口-平面交叉 (cont.)

- 交错点及减少冲突点的措施
- 相互交错的 3 种方式¹
 - 分流点：来自同一方向的车辆向不同方向行驶时的交叉点
 - 交汇点：来自不同方向的车辆向同一方向行驶时的汇合点
 - 冲突点：来自不同方向的车辆向不同方向行驶时的交叉点
- 减少冲突点的措施：
 - 在交叉口实行交通管制、对交叉口实行渠化交通、改用立体交叉等

¹三种交错点中，以冲突点最危险，交织的交汇点其次

道路交叉口-平面交叉 (cont.)



冲突点:

▲ 分流	8
■ 汇流	8
● 穿越相交	4
● 转向相交	12
	—
总数	32

道路交叉口-平面交叉 (cont.)

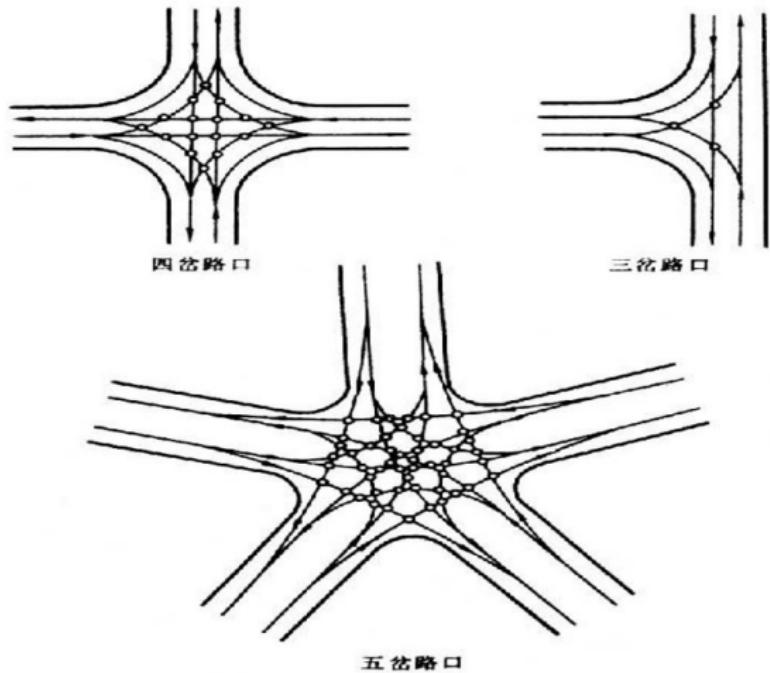


图 2 平面交叉口冲突点

道路交叉口-平面交叉 (cont.)

- 交叉口的交通组织方式及调整
 - 左转车辆的交通组织
 - 渠化交通
 - 扩宽交叉口
 - 调整交通组织

道路交叉口-立体交叉

- 当相交道路的主标高不相同时，称为立体交叉
 - 立体交叉的基本形式

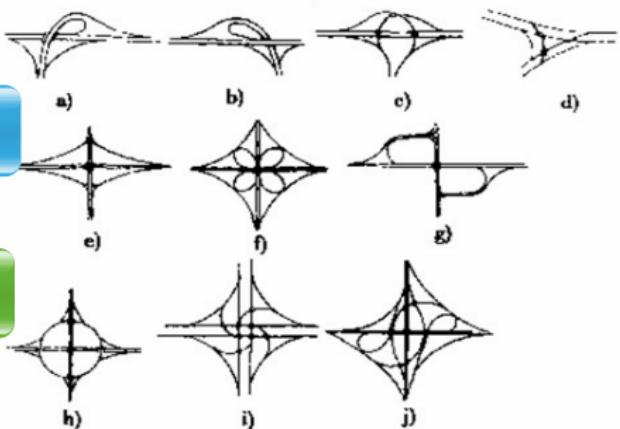


Figure: 互通式立交的基本形式

课下训练

- 王炜等. 第二章
- Mannerling&Washburn. Chapter 2-4