

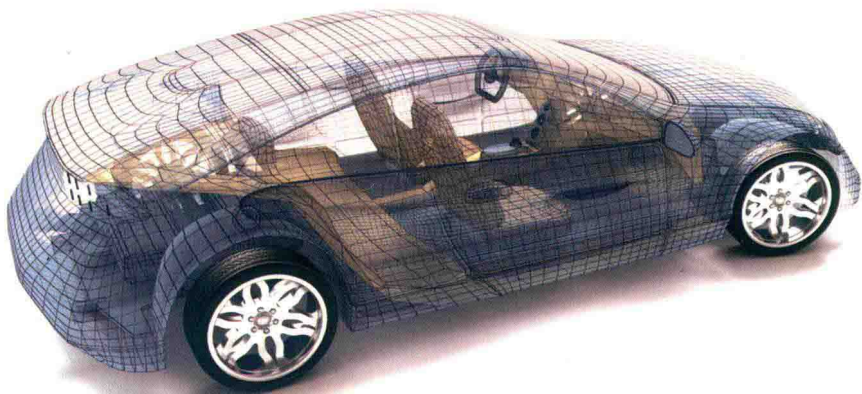
第2版

# 汽车运用工程学

普通高等教育交通类专业规划教材



陈焕江 李复活 编著



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育交通类专业规划教材

# 汽车运用工程学

第2版

陈焕江 李复活 编著



机械工业出版社

《汽车运用工程学》(第2版)系统阐述汽车运用工程学科的基本概念、基本规律和基本方法,全面介绍汽车使用过程中有关汽车运用基础设施、汽车使用性能、汽车运用技术、汽车运用技术保障等内容,努力反映汽车运用工程领域的新技术、新理论、新成果。

本书既可用作高等院校交通运输(汽车运用工程)、汽车服务工程和其他相关专业本科生或研究生“汽车运用工程”课程的教材或教学参考书,也可供从事汽车技术管理、汽车运输、汽车技术使用、汽车维修等工作的技术人员和管理人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车运用工程学/陈焕江,李复活编著. —2版. —北京:机械工业出版社,2018.7

普通高等教育交通类专业规划教材

ISBN 978-7-111-60350-4

I. ①汽… II. ①陈… ②李… III. ①汽车工程-高等学校-教材  
IV. ①U46

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第145843号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵海青 责任编辑:赵海青 责任校对:刘 岚

封面设计:马精明 责任印制:孙 炜

天津千鹤文化传播有限公司印刷

2018年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·23.25印张·573千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-60350-4

定价:59.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

# 前 言

要实现汽车运用的最佳效果，就必须科学合理地运用车辆。《汽车运用工程学》以提高汽车运用效果为主线，全面介绍汽车使用过程中有关汽车运用基础设施、汽车使用性能、汽车运用技术、汽车运用技术保障等内容，系统阐述汽车运用工程学科的基本概念、基本规律和基本方法，努力反映汽车运用工程领域的新技术、新理论、新成果，深入探讨提高汽车运用的经济效益和社会效益的技术措施、组织措施和管理措施。

《汽车运用工程学》（第1版）自2010年5月出版以来，数次重印，在全国许多高等院校的交通运输（汽车运用工程）专业、汽车服务工程专业和其他相关专业的教学中得到广泛应用，并于2016年9月获得陕西省普通高等学校优秀教材二等奖。本次修订过程中，在总结并坚持第1版优点的基础上，根据汽车运用工程领域的发展和科技进步，结合我们在实际教学中的学术积累和教学经验积累，第2版在以下方面进行了更新：

1. 根据汽车运用和汽车技术管理领域最新颁布的标准法规，力求反映汽车行业、汽车运输和管理行业的新技术、新成果、新趋势；对全书内容及文字进行了较大幅度更新。

2. 在保持第1版的基本内容框架的基础上，进一步优化了章节和内容安排，以更好地与其他相关课程的授课内容相衔接。

3. 根据所介绍内容之间的逻辑关系对相关内容进行了调整，使其逻辑性和系统性更好。

4. 增加了各章复习题以供读者参考选做。

5. 修改了第1版文字、图表、公式中的错误。

本书由长安大学陈焕江教授和三门峡速达交通节能科技有限公司李复活博士编著。长安大学邱兆文、王来军、肖梅、陈昊、朱彤、沈小燕等和三门峡速达交通节能科技有限公司李红宇、李雪锋、邹忠月、赵训练、李燕、卫振国、赵静等参与了资料分析、数据整理、插图绘制等工作。长安大学汽车学院和三门峡速达交通节能科技有限公司的领导对本书出版非常关心并提供了许多帮助，作者对此表示感谢。在本书编著过程中，参考了很多文献资料，在此对各位作者深表谢意。

恳请读者对本书的内容和章节安排等提出宝贵意见，并对书中存在的错误及不当之处提出批评和修改建议，以便本书再版修订时参考。

# 目 录

## 前 言

## 第一篇 汽车运用基础设施

第一章 汽车运输道路设施	2	第二章 公路运输枢纽和站场设施	28
第一节 道路网络	2	第一节 公路运输枢纽	28
第二节 道路设施	10	第二节 汽车货运站(场)	29
第三节 道路交通控制设施	19	第三节 汽车客运站(场)	34
复习题	26	复习题	41

## 第二篇 汽车使用性能

第三章 汽车整车结构参数和使用方便性	44	第六节 前、后轴制动器制动力的比例关系	120
第一节 汽车的结构参数	44	第七节 防抱死制动系统的工作原理	125
第二节 汽车的质量参数及利用	46	第八节 汽车制动性试验	126
第三节 汽车的使用方便性	49	复习题	129
复习题	52	第七章 汽车的操纵稳定性	130
第四章 汽车的动力性	53	第一节 弹性轮胎的侧偏特性	130
第一节 汽车动力性的评价指标	53	第二节 汽车转向时的运动	135
第二节 汽车行驶方程式	54	第三节 汽车稳态转向特性分析	137
第三节 汽车动力性分析	68	第四节 转向轮绕主销的摆振	144
第四节 附着条件限制下汽车的动力性	75	第五节 作用于转向轮的稳定效应	146
第五节 影响汽车动力性的驱动系统参数	79	第六节 汽车的瞬态响应简介	149
第六节 汽车动力性试验	83	第七节 汽车操纵稳定性试验	150
复习题	87	复习题	151
第五章 汽车的燃油经济性	89	第八章 汽车的行驶平顺性	153
第一节 汽车燃油经济性的评价指标	89	第一节 汽车行驶平顺性的评价	153
第二节 汽车燃油经济性的计算	93	第二节 汽车振动系统的简化和振动特性分析	156
第三节 影响汽车燃油经济性的结构因素	98	第三节 影响汽车行驶平顺性的结构因素	159
第四节 汽车燃油经济性试验	102	第四节 汽车行驶平顺性试验	161
复习题	103	复习题	162
第六章 汽车的制动性	105	第九章 汽车的通过性	164
第一节 汽车制动性的评价指标	105	第一节 汽车通过性的评价指标	164
第二节 制动时车轮的受力	106	第二节 汽车的倾覆失效	167
第三节 汽车的制动效能	112	第三节 影响汽车通过性的因素	169
第四节 制动效能的恒定性	115		
第五节 制动时汽车的方向稳定性	117		

第四节 汽车通过性试验 .....	172	第二节 汽车噪声排放性能 .....	182
复习题 .....	173	第三节 汽车电磁波干扰 .....	187
<b>第十章 汽车的环保性</b> .....	175	复习题 .....	188
第一节 汽车的排放性能 .....	175		

### 第三篇 汽车运用技术

<b>第十一章 汽车运输组织与效益</b> .....	192	第三节 道路交通安全系统分析 .....	254
第一节 运输需求 .....	192	第四节 道路交通事故的预防措施 .....	261
第二节 汽车运输过程和统计指标 .....	193	复习题 .....	264
第三节 汽车货物运输组织 .....	195	<b>第十四章 汽车公害防治技术</b> .....	266
第四节 公路旅客运输组织 .....	200	第一节 汽车排放公害的防治 .....	266
第五节 城市公共汽车客运组织 .....	204	第二节 汽车噪声公害的防治 .....	274
第六节 汽车利用效率单项评价指标 .....	207	第三节 汽车电磁波公害的防治 .....	279
第七节 汽车运输综合评价指标 .....	210	复习题 .....	280
复习题 .....	215	<b>第十五章 汽车在特殊条件下的合理</b>	
<b>第十二章 汽车运行材料及合理使用</b> .....	217	使用 .....	282
第一节 汽车燃料及合理使用 .....	217	第一节 汽车的走合期及其合理使用 .....	282
第二节 汽车润滑材料及合理使用 .....	225	第二节 汽车在低温条件下的合理使用 .....	285
第三节 汽车工作液及合理使用 .....	235	第三节 汽车在高温条件下的合理使用 .....	290
第四节 汽车轮胎及合理使用 .....	240	第四节 汽车在高原和山区条件下的	
复习题 .....	247	使用 .....	295
<b>第十三章 汽车运用安全技术</b> .....	249	第五节 汽车在拖挂运输条件下的合理	
第一节 道路交通事故及其分类 .....	249	使用 .....	299
第二节 道路交通事故的影响因素 .....	251	复习题 .....	301

### 第四篇 汽车运用技术保障

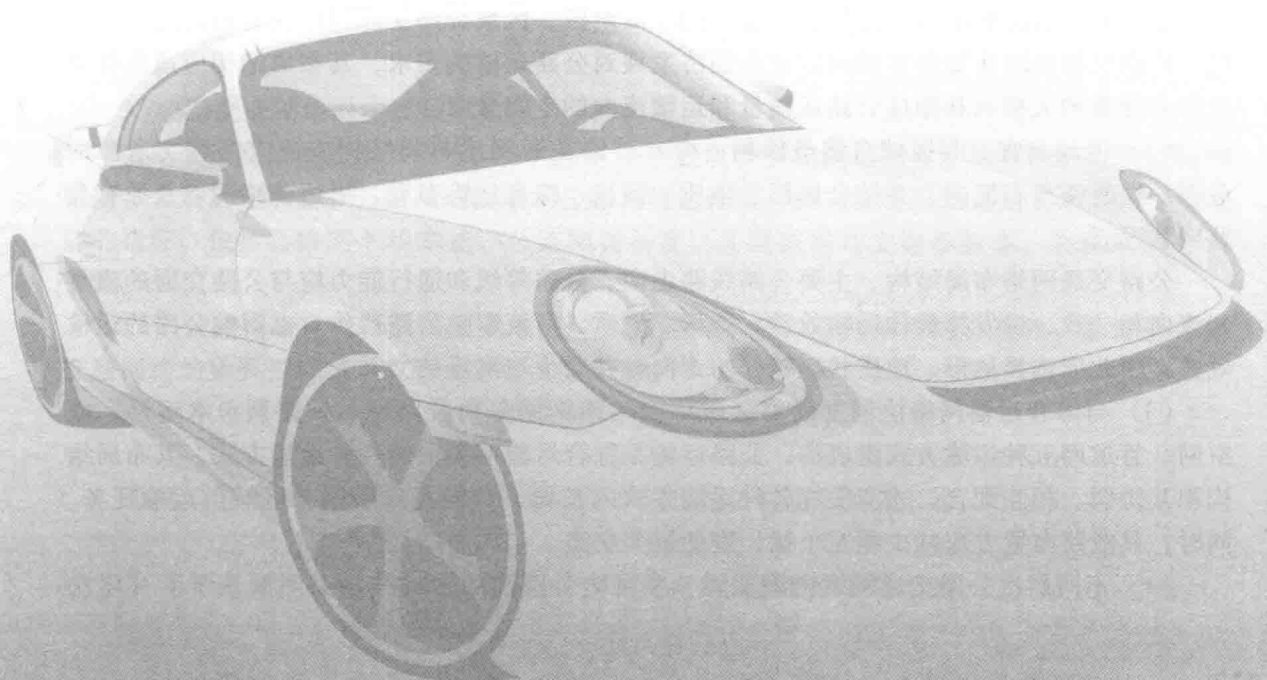
<b>第十六章 汽车技术状况及其变化</b> .....	304	复习题 .....	326
第一节 汽车技术状况和运用性能 .....	304	<b>第十八章 汽车的检测诊断与维修</b> .....	327
第二节 汽车技术状况变化的基本原因 .....	305	第一节 汽车的检测诊断 .....	327
第三节 影响汽车技术状况变化的使用		第二节 汽车的维护 .....	342
因素 .....	307	第三节 汽车的修理 .....	346
第四节 汽车技术状况变化的规律 .....	310	第四节 汽车维修经营及维修质量管理 .....	353
第五节 道路运输车辆技术等级划分和		复习题 .....	356
评定 .....	311	<b>第十九章 汽车更新理论</b> .....	357
复习题 .....	312	第一节 汽车性能劣化的原因 .....	357
<b>第十七章 车辆的技术管理</b> .....	314	第二节 汽车使用寿命 .....	357
第一节 车辆技术管理概述 .....	314	第三节 汽车更新时刻的确定 .....	359
第二节 车辆的基础管理 .....	315	复习题 .....	364
第三节 车辆的全过程技术管理 .....	318	<b>参考文献</b> .....	365

# 第一篇 汽车运用基础设施

道路网络有公路交通网络和城市道路交通网络两大类。两者共同构成城市间或城市与周边地区的对外道路交通系统和城市内部的道路交通系统；而公路运输枢纽及其站场设施是公路运输网络上的节点，是综合运输枢纽体系的重要组成部分，旨在提高公路运输的组织化程度并达成各种运输方式的有机衔接。

道路运输网络的完善程度决定着汽车的运用效果和运输效益，影响着汽车运输服务水平的提高，也制约着汽车运用和运输服务的空间范围。

因此，在汽车运用过程中，汽车运输道路设施、道路网络和汽车运输站场设施、公路运输枢纽所构成的道路运输网络是最重要的基础设施，本篇将给予重点阐述。



# 第一章 汽车运输道路设施

汽车运输服务于城市和乡村广大区域的旅客和货物位移，完善的汽车运输道路设施和道路网络是充分发挥汽车运输功能，提高运输服务水平的基础设施，也是决定汽车运输服务范围的基础条件。

## 第一节 道路网络

根据服务区域、交通性质和使用特点，道路网络有公路网络和城市道路网络两大类。前者构成城市间或城市与周边地区的对外道路交通运输系统；而后者服务于城市中的交通运输，承担着城市内部各种机动车、非机动车、行人等不同形式的交通任务，是城市内部的交通载体。

### 一、公路网络

公路运输系统是由公路网络、载运工具（汽车）、运输站场等设施设备按照一定规则构成的有机整体。公路网络是由各种不同等级、不同规格的道路构成的网状结构。按照服务区域和范围，公路网络分多个层次，如：国道网、省道网、县道网。各层次公路网络有机连接构成完整、方便、通达的公路网络；并与铁路、水路、航空、管道运输网络有机结合，构成国家综合交通运输网。完善的公路网络及公路运输系统，对于汽车运输效益和服务水平的提高具有重要意义，是从事汽车运输生产的载体和基本条件。

#### 1. 公路网络的要求

公路网络的布局结构应满足以下要求：

(1) 满足国民经济发展的要求 公路网络的布局结构和建设必须服从于所服务区域社会经济总发展的总战略、总目标。在不同发展阶段，区域公路网络应有相应的发展规模，应满足该阶段所服务区域内的社会经济发展对公路运输的需求，其布局结构应适应社会生产力分布的大格局和相应公路运输量和运输流向的空间分布。

(2) 因地制宜，与区域自然条件相适应 公路网络布局结构应适应区域交通源的分布、交通流量和流向，并结合地形、地质、河流、综合运输布局、周边公路网以及原有公路网状况。

公路网络布局结构、主要公路线路走向、公路等级和通行能力应与公路交通的流量和流向相一致，以发挥最佳运输效益。地形、地质、河流影响公路造价，也影响公路的运输效益，因此应选择地形、地质状况较好的走向，并减少与河流的交叉。

(3) 与综合运输网络协调发展 区域综合运输网络是由公路网、铁路网、水运网、航空网、管道网五种运输方式组成的，公路运输是综合运输系统中的一种运输方式。其布局结构相互协调、相互配合，才能发挥各种运输方式的长处，共同完成所服务区域的运输任务。同时，其线路布置上应减少相互干扰，避免过多交叉。

(4) 不同层次公路网络协调发展 某层次公路网的布局结构必须服从于上一层次



公路网总体布局的要求，各层次公路交通网络有机连接，才能构成完整、方便、通达的公路交通网络。如：省际（域）公路网布局结构，必须以国家干线公路交通网络布局为前提；城市区域公路网规划，必须以国家干线网络布局和省际（域）干线网络布局为前提。同时，区域间公路交通网络要协调发展，相互衔接，使之发挥最大效益；另外，新建公路交通网络应与现有公路交通网络结合，使之得到充分利用，发挥最大作用。

## 2. 公路交通网络的结构

公路网布局结构是以运输需求场所和运输站场为节点，以连接运输节点间的公路为边线所组成的图形来表示。公路网的结构和完善程度对于汽车运输的效率有关键影响。如图 1-1 所示为某地公路网的结构。

一般来说，在平原和微丘地区，路网布局结构以三角形（星形）、棋盘形（方格形）和放射形（射线形）较为普遍；由于受到山脉和河川的限制，在重丘地带和山区，路网布局结构往往为并列型、树杈型或条型。当主要运输节点偏于区域边缘时，路网布局结构常为扇型或树杈型；在狭长地带，区域公路网常为条型。而各种布局结构往往又相互组合而形成混合型。

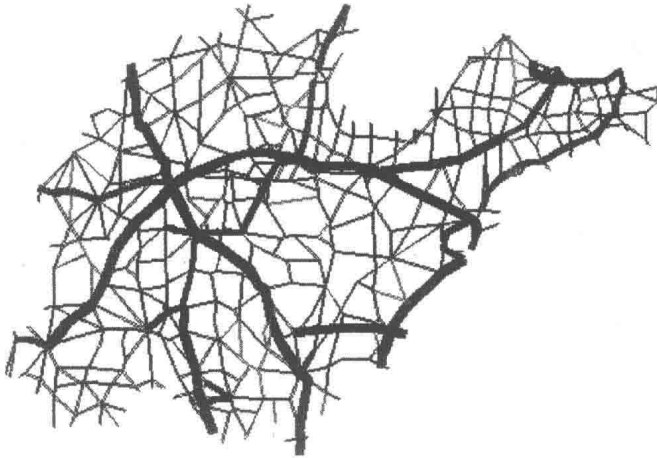


图 1-1 某地公路网的结构

## 3. 公路交通网络的主要技术指标

公路交通网络的技术评价指标分两类：一类是反映公路网结构性能的指标，包括公路网密度、公路网连通度、公路网铺面率、公路网可达性等；另一类是反映公路交通网络使用功能的指标，包括公路网平均车速、公路网拥挤度、公路网平均交通事故率、公路网服务水平等。

(1) 公路网密度 反映国家或地区的公路发展水平和路网结构的合理性，是评价公路交通网络的重要指标之一。常用评价参数如下。

① 面积密度  $\delta_1$  (km/km<sup>2</sup>)，指单位面积拥有的公路里程长度。即

$$\delta_1 = L/A$$

② 人口密度  $\delta_2$  (km/万人)，指单位人口拥有的公路里程长度。即

$$\delta_2 = L/P$$

③ 车辆密度  $\delta_3$  (km/百辆)，指单位车辆占有的公路里程长度。即

$$\delta_3 = L/N$$

④ 运输密度  $\delta_4$  (km/万车公里), 指单位运输周转量占有的公路里程数。即

$$\delta_4 = L/T$$

⑤ 经济密度  $\delta_5$  (km/亿元), 指单位经济产值占有的公路里程数。即

$$\delta_5 = L/GDP$$

式中  $L$ ——区域内公路总长度 (km);

$A$ ——区域国土面积 ( $\text{km}^2$ );

$P$ ——区域总人口 (万人);

$N$ ——区域车辆保存量 (百辆);

$T$ ——区域客、货车周转量 (万车·km);

$GDP$ ——区域国内生产总值 (亿元)。

上述参数中, 面积密度使用最为普遍。但由于各区域的自然地理特征、经济发展水平和人口密度不同, 因此有时使用其他评价参数。

(2) 公路网连通度 为区域内各节点间由公路交通相互连通的强度。公路网密度从公路网建设规模方面反映公路网结构性能; 公路连通度则通过网络交通节点 (公路交叉口或交通枢纽) 的连通状况, 从路网布局合理性的角度反映公路网的结构特点。公路网连通度计算公式为

$$C = \frac{L/\xi}{sN} = \frac{L/\xi}{\sqrt{AN}}$$

式中  $C$ ——规划区域内公路网连通度;

$L$ ——区域内的公路网总里程 (km);

$s$ ——相邻两节点间的平均空间直线距离 (km);

$A$ ——区域面积 ( $\text{km}^2$ );

$N$ ——区域内应连通的节点数;

$\xi$ ——非直线系数。

当  $C$  值接近 1.0 时, 公路网布局为树状, 各节点之间多为两路连通;  $C$  值为 2.0 时, 公路网布局为方格网状, 节点多为四路连通; 当  $C$  值略大于 3.0 时, 公路网布局为三角网状, 节点多为六路连通。一般来说, 公路网连通度  $C$  最好为 2.0~3.0。

(3) 公路网铺面率 指铺有路面的公路里程占整个公路网总里程的比例。铺面率与整个路网的通行能力和服务水平密切相关。既直接影响行车质量 (如: 行车的全天候性和舒适性等), 又直接影响公路运输的经济效益。其计算公式为

$$P = \frac{\sum L_p}{\sum L}$$

式中  $P$ ——公路网平均铺面率 (%);

$\sum L_p$ ——铺有路面公路总里程 (km);

$\sum L$ ——公路网总里程 (km)。

(4) 公路网可达性 指从某一节点出发, 通过公路交通抵达任一目的地的行程距离、行程时间或交通费用的大小。

公路网中某一节点的可达性，即由该点开始至其他各点的平均出行时间  $T_i(\text{h})$  和距离  $D_i(\text{km})$  为

$$T_i = \frac{\sum_j^n t_{ij}}{n}$$

$$D_i = \frac{\sum_j^n d_{ij}}{n}$$

式中  $t_{ij}$ —— $i$ 、 $j$  两节点间的最短平均行程时间 (h)；  
 $d_{ij}$ —— $i$ 、 $j$  两节点间的最短平均距离 (km)；  
 $n$ ——路网中节点数目。

整个公路网络的可达性，则由其总平均出行时间  $\bar{T}$  或距离  $\bar{D}$  来表示，即

$$\bar{T} = \frac{\sum_i^n T_i}{n}$$

$$\bar{D} = \frac{\sum_i^n D_i}{n}$$

(5) 公路网平均车速 是公路网络系统、车辆技术性能和公路交通管理系统综合作用的结果，是反映公路网络服务质量的重要指标。计算公式为

$$\bar{v}_a = \frac{\sum_i^n (\bar{v}_{ai} l_i q_i)}{\sum_i^n (l_i q_i)}$$

式中  $\bar{v}_a$ ——平均车速 (km/h)；  
 $\bar{v}_{ai}$ ——第  $i$  路段平均行驶车速 (km/h)；  
 $l_i$ ——第  $i$  路段里程 (km)；  
 $q_i$ ——第  $i$  路段交通量 (辆/日)。

(6) 公路网拥挤度 为公路网交通量与公路网容量之比，是用来表示公路拥挤或利用程度的指标，反映整个公路网与交通需求的适应情况。其计算公式为

$$S = \frac{Q}{C} = \frac{\sum_i (q_i l_i)}{\sum_i (l_i c_i)}$$

式中  $S$ ——公路网拥挤度；  
 $Q$ ——整个路网交通量 (辆/日)；  
 $C$ ——整个路网的标准容量 (辆/日)；

- $q_i$ ——第  $i$  个路段实际交通量 (辆/日);  
 $c_i$ ——第  $i$  个路段设计标准交通量 (辆/日);  
 $l_i$ ——第  $i$  个路段里程 (km)。

利用以上技术指标评价实际公路交通网络的结构性能、功能和完善程度时,应根据具体情况作适当取舍或修正。

## 二、城市道路交通网络

城市道路交通网络指由各类各级城市道路所组成的连接城市各种功能区域和组织社会生产和生活的交通骨架。城市道路交通网络布局是否合理,直接关系到城市是否可以合理、经济地运转和发展,影响着城市交通的快捷、顺畅和方便。建立结构合理、主次分明、功能良好、完整、连续、通畅的城市道路网络,对促进和加快城市建设与发展具有极其重要的意义。

### 1. 城市道路交通网络的基本要求

城市道路交通网络应能适应城市将来的发展、交通结构的变化和要求,具有一定超前性。

(1) 满足城市道路交通运输需求 城市道路交通网络是城市综合交通体系中的子系统。其功能包括:使城市各分区之间有方便、迅速、安全和经济的交通联系,能形成城市道路交通干道系统,满足城市中以速度为主要要求的长距离出行;在城市各分区内部则要形成工作、生活性道路,满足以交通容量为主要要求的短距离出行,以方便城市中客、货流的集散。

在城市道路系统中,快速路和主干路主要起“通”的作用,应满足机动车以较高速度通过的要求;次干路则兼有“通”和“达”的功能。次干路两侧一般设置有大量的沿街商贸、文化、卫生建筑设施及城市公共服务设施,并且与支路直接相连,支路对于城市客货流的集散以及在快速干道上的运输起着承接转换的作用。因此,要求次干路具有较大的交通容量,道路通行速度则居于第二位;支路则遍及到城市各分区内部,主要起“达”的作用,其主要功能是交通过程中最初的“集”和最终的“散”。

(2) 满足城市合理布局的要求 城市道路交通网络应构成城市结构的基本框架。各级道路常常是划分城市各分区、组团、各类城市用地的分界线,形成城市分区布局的“骨架”。比如城市支路和次干路可能成为划分小街坊或小区的分界线;城市次干路和主干路可能成为划分大街坊或居住区分界线;城市交通性主干道和快速路及两旁绿化带可能成为划分城市分区或组团的分界线。道路网分割的城市用地及分区形态,应有利于城市总体规划对用地的分配。

城市各级道路应成为联系城市各分区、组团、各类城市用地的通道。比如城市支路应成为联系小街坊或小区之间的通道;城市次干路可能成为联系各分区、组团内各大街坊或居住区的通道;城市主干道可能成为联系城市各分区、组团的通道;公路或快速路又可把郊区城镇与中心城区联系起来。

(3) 满足城市环境的要求 城市道路网络的布局应尽可能使建筑用地取得良好的朝向,以有利于城市建筑的通风、日照。

城市道路网络应有利于组织城市的景观。形成自然、协调、活泼、多变的城市风貌,给人以浓烈的生活气息、丰富的动感和美好的感受。

(4) 满足各种市政工程管线布置的要求 城市公共事业和市政工程管线包括：给水管、雨水管、污水管、电力电缆、照明电缆、通信电缆、供热管道、煤气管道及地上架空线杆等，其走向和埋设与道路网布局密切相关。因此，城市道路网络应能满足工程管线的布置要求，并为其留下必需的布置空间。

## 2. 城市道路网络的结构形式

城市道路网络结构形式指城市道路网络的平面投影几何图形，是根据城市发展需要，为满足城市规模、形态、用地布局、城市交通及其他要求而形成的。由于社会经济条件、自然条件和建设条件的差别，不同城市道路系统的发展形态不同，具有不同的结构形式。

(1) 方格网式道路网络 又称为棋盘式道路网。其优点是街道形状整齐，有利于沿街建筑布置，且由于平行方向有多条道路，交通分散、灵活性大。其缺点在于道路功能不易明确，交叉口多，对角线方向的交通不便。北京市中心区的城市道路网络是典型的方格网式结构形式，如图 1-2 所示。



图 1-2 方格网式道路网络

(2) 环形加放射式道路网络 指由市中心向四周引出若干条放射干道，并在各条放射干道间连以若干条环形干道的城市路网。优点是有益于市中心区与各分区、郊区、市区外围相邻各区之间的交通联系，道路功能明确。缺点是放射形干道容易将各方向外围交通引至市中心，造成市中心交通过于集中，交通灵活性不如方格网式道路网；同时，道路形成的街区不规则，交叉口不易处理，不利于建筑布置。我国长春市和英国伦敦市的城市道路网络是典型的环形加放射式结构形式，如图 1-3 所示。

(3) 自由式道路网络 一般是由于城市地形起伏变化较大，道路适应地形变化呈不规则形状而形成的。主要优点是不拘一格，充分结合自然地形，线形生动活泼，对环境和景观破坏较少；缺点在于绕行距离较大，不规则街坊多，建筑用地较分散。重庆市的城市道路网络是典型的自由式结构形式，如图 1-4 所示。

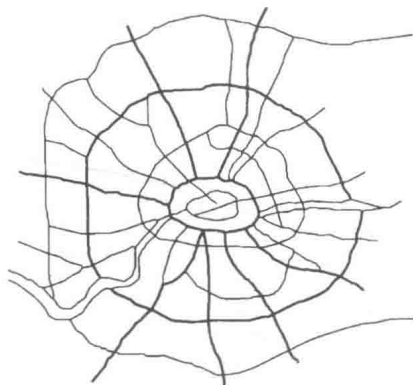


图 1-3 环形加放射式道路网络



图 1-4 自由式道路网络

(4) 混合式道路网络 方格网式、环形加放射式及自由式三种基本路网形式常常组合在一起, 形成混合式城市道路网。混合型城市道路网有利于因地制宜、扬长避短、合理组织分配交通, 如中心城区布置(或保留)方格网式结构, 各分区、郊区、城区及外围可用放射环和(或)自由式结构加以组织。武汉市城市道路系统已形成了典型的混合式道路网结构形式, 如图 1-5 所示。

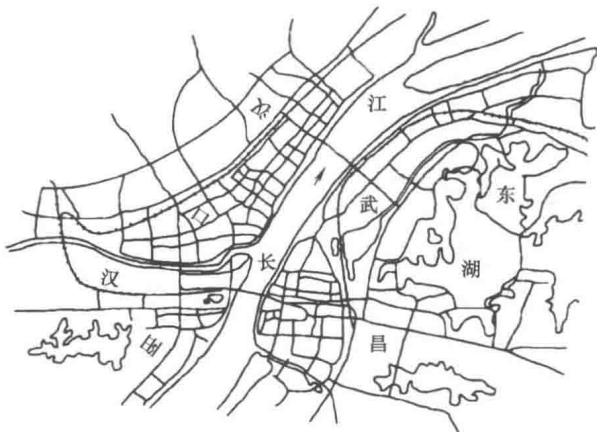


图 1-5 混合式道路网络

此外, 还有一种由一两条主要交通干道作为纽带(链), 好像脊骨一样联系着各类较小范围的道路网而形成的链式道路网。常见于组合型城市或带状发展的组团式城市, 如兰州等。

### 3. 城市道路网络的主要技术指标

评价城市道路网络完善程度的主要技术指标包括交叉口间距、道路网密度、道路面积率、人均道路用地面积、非直线系数等。

(1) 交叉口间距 不同规模城市的不同性质、不同等级道路的交叉口间距应有不同要求, 主要取决于道路设计车速、隔离程度及方便性要求, 其推荐值见表 1-1。

表 1-1 城市道路交叉口间距推荐值

道路类型	快速路	主干路	次干路	支路
设计车速/(km/h)	60~100	40~60	30~50	20~40
交叉口间距/m	1500~2500	700~1200	350~500	150~250

注: 小城市取低值。

(2) 道路网密度 即城市道路总长度与城市用地总面积之比。道路网密度对于城市居民出行和货物集散的方便性、便捷性和迅速性有重要影响, 其评价指标按各类道路分别表示:

$$\delta_i = \frac{\sum L_i}{\sum A}$$

式中  $\delta_i$ ——某类道路网密度,  $i$  分别对应为快速路、主干路、次干路和支路;

$\sum L_i$ ——某类道路总长度 (km);

$\sum A$ ——城市建设用地总面积 ( $\text{km}^2$ )。

根据 GB 50220—1995《城市道路交通规划设计规范》的规定, 大、中城市各类道路网的密度指标见表 1-2。

道路网密度值无法反映同类道路因横断面宽度不同而产生的通行能力差异, 因此不能全面评价道路网对城市交通的适应性。

表 1-2 大、中城市道路网密度指标

项目	城市规模与人口/万人		快速路	主干路	次干路	支路
道路网密度 ( $\text{km}/\text{km}^2$ )	大城市	>200	0.4~0.5	0.8~1.2	1.2~1.4	3~4
		$\leq 200$	0.3~0.4	0.8~1.2	1.2~1.4	3~4
	中等城市		—	1.0~1.2	1.2~1.4	3~4

(3) 道路面积率 指城市各类各级道路占地面积与城市用地总面积之比值:

$$r = \frac{\sum (L_i \cdot B_i)}{\sum A}$$

式中  $r$ ——城市道路面积率 (%) ;

$L_i$ ——各类道路长度 (km) ;

$B_i$ ——各类道路宽度 (km) ;

$\sum A$ ——城市建设用地总面积 ( $\text{km}^2$ )。

城市道路用地面积也包括交通集散广场和公共停车场面积等。

根据 GB 50220—1995《城市道路交通规划设计规范》规定,  $r$  应在 8%~15% 之间, 对规划人口在 200 万以上的大城市,  $r$  应为 15%~20%。

(4) 人均道路用地面积 指城市道路用地总面积与城市人口总数之比值, 即

$$\lambda = \frac{\sum (L_i \cdot B_i)}{N}$$

式中  $\lambda$ ——人均道路用地面积 ( $\text{m}^2/\text{人}$ ) ;

$L_i$ ——各类道路长度 (m) ;

$B_i$ ——各类道路宽度 (m) ;

$N$ ——城市总人口 (人)。

根据 GB 50220—1995《城市道路交通规划设计规范》规定,  $\lambda$  应为 7~15 $\text{m}^2/\text{人}$ 。其中: 道路用地面积为 6.0~13.5 $\text{m}^2/\text{人}$ , 广场面积为 0.2~0.5 $\text{m}^2/\text{人}$ , 公共停车场面积为 0.8~1.0 $\text{m}^2/\text{人}$ 。

(5) 非直线系数 指道路起、终点间的实际长度与其平面直线距离之比值, 用以衡量道路网的便捷程度。

$$\rho = \frac{L}{\bar{L}}$$

式中  $\rho$ ——非直线系数;

$L$ ——道路起、终点的实际长度;

$\bar{L}$ ——道路起、终点的平面直线距离。

除山区或地形起伏较大的城市外, 交通干道的非直线系数应尽可能控制在 1.4 以内。

(6) 道路红线宽度 道路红线是道路用地和两侧建筑用地的分界线。道路用地包括车行道、步行道、绿化带、分隔带四部分。在道路的不同部位, 这四部分的宽度有不同的要求。例如, 在道路交叉口附近, 车行道应加宽, 以利于不同方向车流在交叉口分行, 步行道部分加宽, 以减少交叉口人流拥挤状况; 在公共交通停靠站附近, 要求增加乘客候车和集散的用地。根据实际需要, 道路红线的宽度是变化的。

不同等级道路对道路红线宽度的要求不同,根据 GB 50220—1995《城市道路交通规划设计规范》规定,大、中城市道路红线宽度见表 1-3。

表 1-3 大、中城市道路红线宽度

(单位:米)

项目	城市规模/万人		快速路	主干路	次干路	支路
道路宽度/m	大城市	>200	40~45	45~55	40~50	15~30
		≤200	33~40	40~50	30~45	15~20
	中等城市		—	35~45	30~40	15~20

## 第二节 道路设施

### 一、公路基础设施

公路指连接城市、乡村,主要供汽车行驶的具备一定技术条件和设施的道路,是一种建筑在大地上的带状空间结构物。

#### 1. 公路的主要结构

公路的结构主要包括路基、路面、桥涵、隧道、排水工程、防护工程、公路沿线设施等。

(1) 路基 路基是路面的基础。路基必须具有足够的强度和整体稳定性,以承受车辆荷载的作用。路基通常由天然土石材料修筑而成,其基本构造如图 1-6 所示。

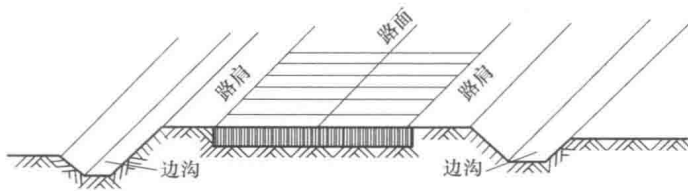


图 1-6 路基基本构造

(2) 路面 路面是公路与汽车车轮直接接触的结构层,一般是用各种不同的材料铺筑于路基顶面的单层或多层结构,如图 1-7 所示。路面应具有足够的强度、稳定性、平整度和粗糙度,以承受车轮荷载,减小磨损,保证汽车的附着条件和较小的运行阻力,使车辆安全而舒适地行驶。

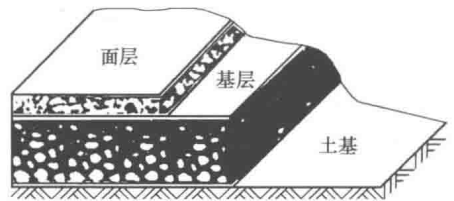


图 1-7 路面结构示意图

路面平整度是路面的主要使用特征,影响汽车

运行速度、动载荷、轮胎磨损、货物完好性及乘员舒适性,从而影响汽车的利用指标和使用寿命。例如,汽车在良好路面上行驶,可达到较高车速并具有良好的燃料经济性;汽车在崎岖不平的道路上行驶,平均技术速度低,换档和制动频繁,加剧了零件的磨损,并增加了油耗和驾驶人工作强度;路面不平也使汽车零部件受到的冲击载荷增大,加剧行驶系统损伤和轮胎磨损,同时因难以操纵而易于引发交通事故。另外,在附着条件不良的路面上,汽车的制动距离增长,容易发生侧向滑移,汽车行驶的安全性降低。汽车允许行驶速度与路面平整度的关系如图 1-8 所示。



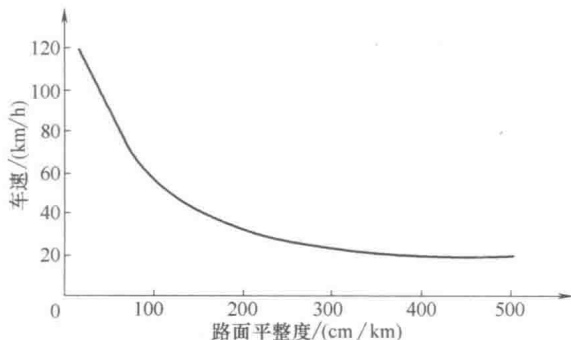


图 1-8 汽车允许行驶速度与路面平整度的关系

(3) 桥梁、涵洞 公路跨越障碍物(如:河流、山谷、铁路、公路)时,需要修筑桥梁和涵洞。交通部 JTG B01—2014《公路工程技术标准》规定,凡单孔跨径不小于 5m 或多孔跨径总长不小于 8m 者,都称之为桥梁;当小于上述值时则称为涵洞,如图 1-9 所示。

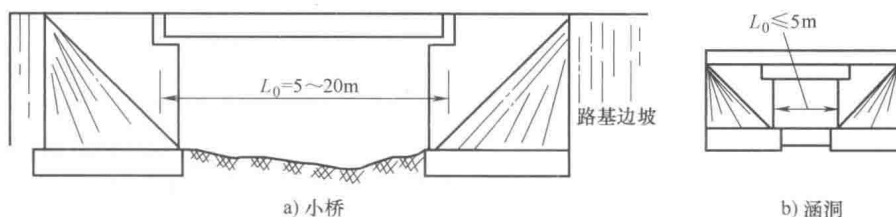


图 1-9 桥梁与涵洞示意图

(4) 隧道 山区公路翻越垭口或穿越山梁时,往往采用隧道,如图 1-10 所示。隧道可以改善公路平面线形,减缓纵坡,缩短路线里程,提高路线标准,并能减少土石方开挖工程量,但隧道的施工技术和工程造价较高。

除上述基本构造物外,公路的构成还包括交通安全设施、交通管理设施、防护设施、停车设施、公路养护和营运房屋等设施及公路绿化等。

## 2. 公路的几何要素

公路是平面上有曲线、纵面上有起伏的立体空间线形,包括平面线形和纵面线形。

(1) 平面线形几何要素 公路的中心线在水平面上的投影称为公路路线的平面。当受地形、地质、地物等障碍的限制时,就需要设置曲线来连接相邻两直线。因此,公路的平面线形主要由直线、圆曲线、缓和曲线组成,如图 1-11 所示。

直线是平面线形中的基本线形,其长度应根据路线所处地段的地物、地貌,并结合土地利用、驾驶人的视觉和心理状态以及行车安全等合理布设。直线的最大长度(m)及曲线间直线的最小长度一般规定为设计车速(km/h)的若干倍。但长直线路段易使驾驶人注意力

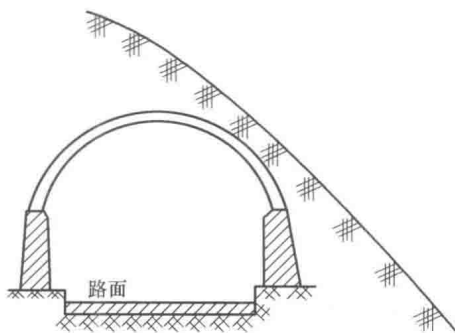


图 1-10 公路隧道示意图