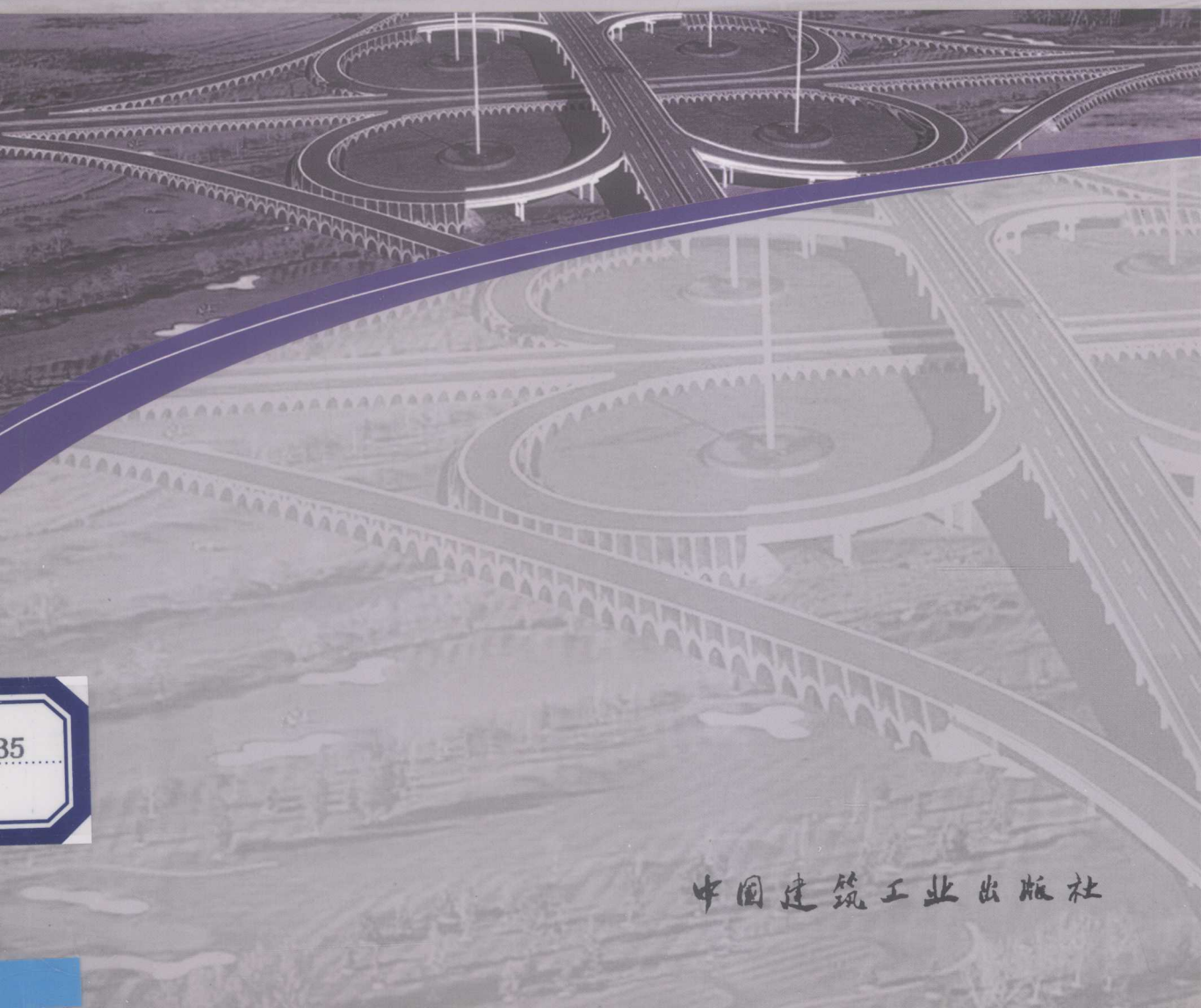


高等学校道路与桥梁专业规划教材

# 道路交叉设计

杨建明 主编



35

中国建筑工业出版社

高等学校道路与桥梁专业规划教材

# 道路交叉设计

杨建明 主编

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

道路交叉设计/杨建明主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 9

(高等学校道路与桥梁专业规划教材)

ISBN 978-7-112-15618-4

I. ①道… II. ①杨… III. ①公路交叉-设计-高等学校-教材 IV. ①U412.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 162054 号

高等学校道路与桥梁专业规划教材

**道路交叉设计**

杨建明 主编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 14½ 插页: 1 字数: 363 千字

2013 年 9 月第一版 2013 年 9 月第一次印刷

定价: 33.00 元

ISBN 978-7-112-15618-4

(24248)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



长沙某喇叭形立交



广州某双喇叭形立交



广州某 Y 形立交



武汉某苜蓿叶形立交



北京大羊坊立交



上海某定向式立交

本书对道路平面交叉口设计与立体交叉设计的概念、理论、标准及设计方法进行了全面系统的介绍,主要包括交叉口的作用与交通流分析、平交口规划与设计、交通岛设计和通行能力计算、交叉口平面、视距和展宽设计、环形交叉口设计、交叉口竖向设计、立交类型和规划、立交主线、匝道及端部设计、公路(道路)与其他线路交叉设计、附属设施设计、计算机辅助设计及示例等。书中重点对平交口设计、交通岛设计、立交主线、匝道及端部设计及附属设施设计进行详细论述。全书内容丰富,系统性强,插图详尽,结合实践,完全采用新标准、新规范,并叙述计算机辅助设计和平交口、立交设计示例。

本书可作为高等工科院校土木工程、道路桥梁与渡河工程及交通工程专业本科生教材(含成人和继续教育本科相关专业),也可为道路与铁道工程方向研究生和道桥、市政、交通等方面工程技术人员参考使用。

\* \* \*

责任编辑:辛海丽

责任设计:李志立

责任校对:张颖 刘梦然

# 前 言

近年来随着我国经济的高速发展,交通建设也突飞猛进,公路和城市市政道路的新建和改建方兴未艾,作为公路及城市道路网节点的交叉口设计与施工也得到极大发展。交叉口不仅是道路交通枢纽,同时也是重要的交通设施。交叉口通常分为平交口和立体交叉,前者建设投资较省;而立体交叉的建设投资高、设计与施工难度大,对周围建筑物和环境影响较大。立体交叉设计的合理与否,不仅对工程规模、投资多少、建筑物动迁、占用土地等有极大影响,同时对区域交通和经济发展也有一定影响。立体交叉的设计不仅是路线线形设计,还包括桥梁、涵洞、交通附属设施及景观设计。

道路交叉设计是道路与桥梁工程专业的必修课,近年来,随着交通事业发展,平交口和立交设计理论、原理和方法发生了很大变化,设计标准和规范已重新修订,设计理论与方法也在不断更新。同时道路交叉设计是实践性很强的学科,需要学生学习过程有较强的动手能力,才能完整理解交叉口设计理论和规范要求,因此笔者在编写本教材时,尽量采用新标准、新规范和设计示例以适应需求。本教材编写有以下特点:第一,内容编排系统性强,首先力求平交口和立交设计理论、原理和方法系统化;其次强调理论联系实际,坚持理论与实践相结合;再次结合设计示例讲解。力求学生在系统学习设计理论的基础上,能在短时间内设计出相应的平交口和立交,从而加深对平交口和立交设计理论、规范和方法的理解。

本书第一、二、三、六章由杨建明编写,第四、五章由刘华良、杨建明编写。全书由杨建明统稿。由于编者水平有限,读者若发现本书有错误和不完善的地方,请予以批评指正。

# 目 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第 1 章 概论 .....                  | 1   |
| 1.1 交叉口的作用与分类 .....             | 2   |
| 1.2 交叉口的交通特征 .....              | 2   |
| 1.3 改善交叉口的基本途径 .....            | 5   |
| 1.4 交叉口发展历史概况 .....             | 5   |
| 1.5 本课程的学习目的、特点和学习方法 .....      | 9   |
| 复习思考题 .....                     | 9   |
| 第 2 章 道路平面交叉设计 .....            | 10  |
| 2.1 交叉口设计概述 .....               | 11  |
| 2.2 交叉口交通组织设计 .....             | 16  |
| 2.3 交叉口通行能力 .....               | 21  |
| 2.4 交叉口平面与视距设计 .....            | 25  |
| 2.5 交叉口展宽设计 .....               | 38  |
| 2.6 环形交叉口设计 .....               | 44  |
| 2.7 交叉口竖向设计 .....               | 51  |
| 复习思考题 .....                     | 64  |
| 第 3 章 道路立体交叉设计 .....            | 66  |
| 3.1 立交基本组成及特征 .....             | 67  |
| 3.2 立体交叉的分类与形式 .....            | 69  |
| 3.3 立交规划、选型与设计 .....            | 74  |
| 3.4 立交主线设计 .....                | 84  |
| 3.5 立交桥跨设计 .....                | 88  |
| 3.6 立交匝道设计 .....                | 94  |
| 3.7 匝道端部设计 .....                | 116 |
| 3.8 分离式立体交叉 .....               | 130 |
| 3.9 立交服务水平与通行能力分析 .....         | 131 |
| 复习思考题 .....                     | 135 |
| 第 4 章 公路(道路)与铁路、乡村道路、管线交叉 ..... | 137 |
| 4.1 道路与铁路交叉 .....               | 138 |
| 4.2 道路与乡村道路交叉 .....             | 141 |
| 4.3 城市人行立交 .....                | 143 |
| 4.4 道路与管线交叉 .....               | 146 |
| 复习思考题 .....                     | 147 |

|                |     |
|----------------|-----|
| 第5章 附属设施设计     | 148 |
| 5.1 交通安全设施设计   | 149 |
| 5.2 照明设施设计     | 168 |
| 5.3 排水设施设计     | 173 |
| 5.4 收费站及广场设计   | 180 |
| 5.5 景观设计       | 191 |
| 复习思考题          | 194 |
| 第6章 计算机辅助设计及示例 | 195 |
| 6.1 计算机辅助设计    | 196 |
| 6.2 平交设计示例     | 199 |
| 6.3 立交设计示例     | 202 |
| 复习思考题          | 224 |
| 参考文献           | 225 |

## 第1章

## 概论

### 教学要点

| 知识要点        | 掌握程度                                                        | 相关知识                           |
|-------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 基本概念        | (1) 掌握交叉口的基本概念;<br>(2) 掌握交叉口交通流的交通特征;<br>(3) 了解交叉口设计的发展史与趋势 | (1) 交叉口的作用;<br>(2) 分流、合流、冲突与交织 |
| 交叉口设计的发展与现状 | (1) 了解平交口设计的进展;<br>(2) 了解立体交叉的发展历史;<br>(3) 了解交叉口设计学习的要求     | (1) 平面交叉口的作用;<br>(2) 立体交叉口的作用  |

### 技能要点

| 技能要点    | 掌握程度                                                               | 应用方向                           |
|---------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 交叉口的作用  | (1) 掌握交叉口的作用;<br>(2) 了解交叉口的分类                                      | (1) 交叉口分类;<br>(2) 交叉口选择        |
| 交叉口交通特征 | (1) 掌握分流、合流、冲突和交织基本概念;<br>(2) 掌握交叉口不同控制方式交通流的特征;<br>(3) 掌握平交口的构造特征 | (1) 平交口设计的基础;<br>(2) 立体交叉设计的基础 |



### 基本概念

概论：交叉口、交叉口作用、交叉口分类、公路（道路）与铁路交叉、公路（道路）与公路（道路）交叉、公路与乡村道路交叉、公路（道路）与管线交叉；立体交叉、平面交叉；互通式立体交叉、分离式立体交叉；分流点、合流点、冲突点、交织段；信号控制交叉口、无信号控制交叉口；渠化交通。



### 引例



交叉口是道路网的节点，是车辆与行人在交叉口汇集、穿行和转向的位置。据统计，大约 35%~59% 的交通事故发生在交叉口。此外车辆在通过交叉口时，在交叉口延误的时间占全程行车时间 31%，其中因信号而引起延误时间约占全部交叉口延误时间的 60%。

因此良好的交叉口设计可以改善交叉口行车条件，保证车辆和行人的安全，同时可以节省车辆和行人通过交叉口的时间，具有极大的经济效益和社会效益。

## 1.1 交叉口的作用与分类

交叉口是道路网非常关键的部分,各向道路在交叉口相互连接而构成路网,以满足沟通各向交通的需要。相交道路上的各种车辆和行人在交叉口汇集、转向和穿行,互相干扰或发生冲突,不但造成车速减慢、交通拥挤阻塞,而且还容易发生事故。据统计,车辆通过信号交叉口的时间延误约占全程时间的31%,发生在交叉口的交通事故约占道路事故总数的35%~59%。道路的行车安全、交通流量、运营费用和通行能力很大程度上取决于交叉口的正确规划和设计。而交叉口的正确设计,有利于提高交叉口乃至整个路网的行车安全和通行能力。

根据相交道路及相交构筑物的性质、等级,公路(道路)交叉可分为公路(道路)与公路(道路)交叉、公路(道路)与铁路交叉、公路(道路)与乡村道路交叉和公路(道路)与管线交叉等,如图1.1所示。

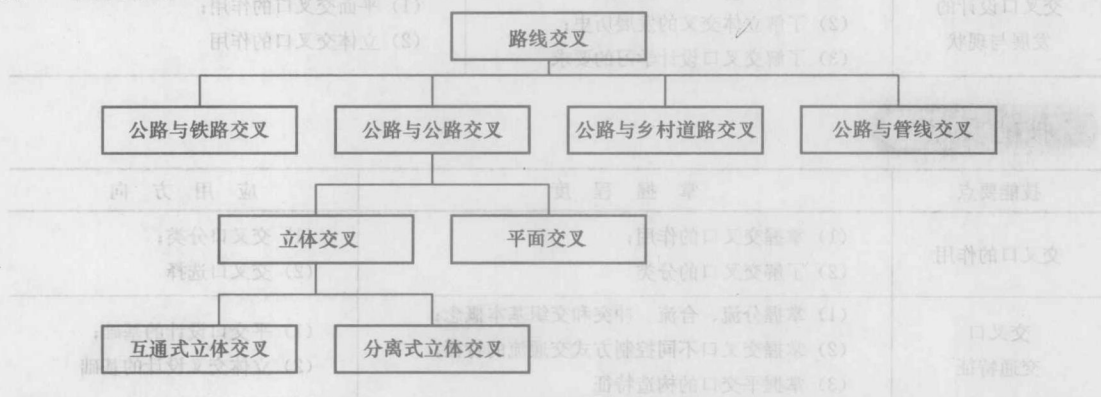


图 1.1 路线交叉的分类

## 1.2 交叉口的交通特征

### 1. 平面交叉的交通特征

汽车行驶时的轨迹称交通流线(也称行车路线)。在十字交叉口入口处,每一交通流线都将分成直行、左转、右转三个方向的交通流线,这一分一合,形成了交通流线间十分复杂的关系。

交叉点是指交通流线相互发生交错(connection point)。由于行车路线在交错点发生交错,给行车安全带来影响。按交通流线交错的不同形式,又分为分流点、合流点、冲突点以及交织段四种情况,如图1.2所示。

分流点是指一条交通流线分为两条交通流线的地点。在分流点处,由于有的车辆要驶出原交通流线,改变行车方向,因而要减速,使通行能力降低,有可能产生尾随撞车。分流点主要产生在交叉口入口处,直行、右转、左转交通流线之间。

合流点主要是指来自不同方向的交通流线以较小的角度向同一方向汇合行驶的地点。由于几列不同方向的车队合成一列车队,车辆之间可能发生同向挤撞或尾随撞车,通行能

力也会降低。合流点主要产生在交叉口出口处，直行、右转和左转交通流线之间。

冲突点是指来自不同方向的交通流线以较大角度或接近  $90^\circ$  角度相互交叉的地点。冲突点处由于交通流线角度很大，发生撞车的可能性最大，对交通干扰影响很大。冲突点主要产生在交叉相交的公共区内，左转、直线交通流线之间。三、四、五路交叉口三种危险点分布如图 1.3 所示。

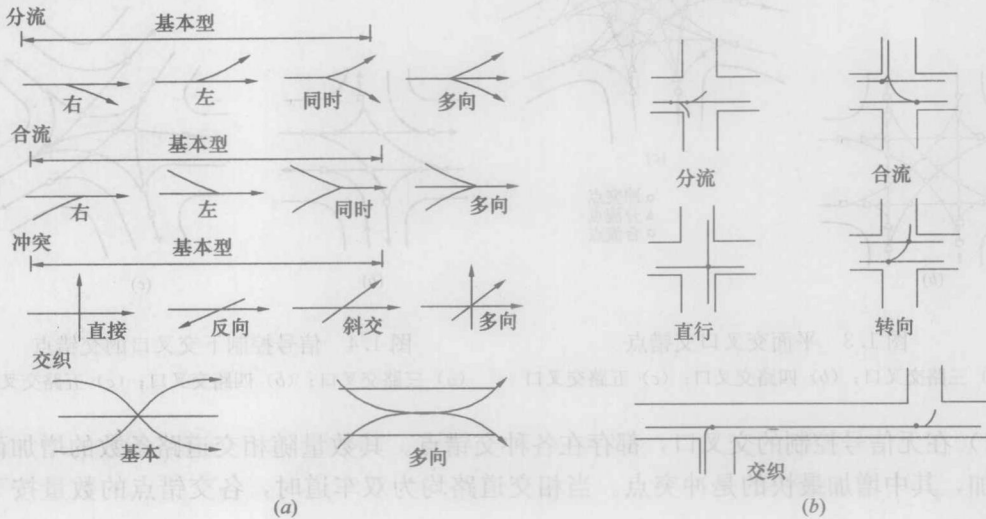


图 1.2 交叉口交通流线的基本情况

(a) 交通流线图; (b) 交叉平面图

交织段是分流和合流的组合情况，当两方向的交通流线合流后，交换车道又分流。交织段长度是交织的基本参数。

此三类交错点都存在相互尾撞、挤撞或碰撞的可能性，是影响交叉口行车速度、通行能力和发生交通事故的主要原因。其中，以直行与直行、左转与左转以及直行与左转车辆之间所产生的冲突点，对交通的干扰和行车的安全影响最大；其次是合流点；再次是分流点。因此，在交叉口设计时，应尽量采取措施减少冲突点和合流点，尤其要减少或消灭冲突点。

无信号控制时，三路、四路和五路相交平面交叉口交错点分布情况如图 1.3 所示，其数量如表 1.1 所示。有信号控制下的平面交叉口交错点可见图 1.4 和表 1.1。

平面交叉口交错点数量表

表 1.1

| 交错点类型   | 无信号控制   |     |     | 有信号控制   |     |     |
|---------|---------|-----|-----|---------|-----|-----|
|         | 相交道路的条数 |     |     | 相交道路的条数 |     |     |
|         | 3 条     | 4 条 | 5 条 | 3 条     | 4 条 | 5 条 |
| 分流点     | 3       | 8   | 15  | 2 或 1   | 4   | 4   |
| 合流点     | 3       | 8   | 15  | 2 或 1   | 4   | 6   |
| 左转车流冲突点 | 3       | 12  | 45  | 1 或 0   | 2   | 4   |
| 直行车流冲突点 | 0       | 4   | 5   | 0       | 0   | 0   |
| 总数      | 9       | 32  | 80  | 5 或 2   | 10  | 14  |

由图 1.4 和表 1.1 可得出以下三点结论:

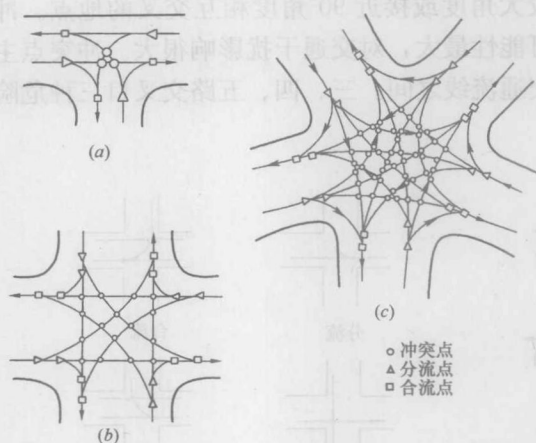


图 1.3 平面交叉口交错点

(a) 三路交叉口; (b) 四路交叉口; (c) 五路交叉口

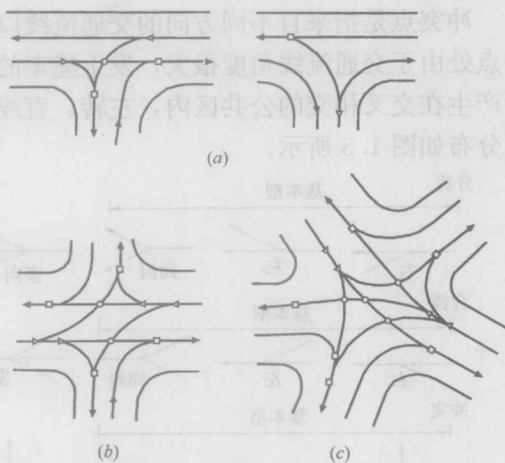


图 1.4 信号控制下交叉口的交错点

(a) 三路交叉口; (b) 四路交叉口; (c) 五路交叉口

1) 在无信号控制的交叉口, 都存在各种交错点。其数量随相交道路条数的增加而显著增加, 其中增加最快的是冲突点。当相交道路均为双车道时, 各交错点的数量按下式计算:

$$\left. \begin{aligned} \text{分流点} &= \text{合流点} = n(n-2) \\ \text{冲突点} &= \frac{n^2(n-1)(n-2)}{6} \end{aligned} \right\} \quad (1.1)$$

式中  $n$ ——交叉口相交道路的条数。

因此, 在规划和设计交叉口时, 应力求减少相交道路条数, 尽可能避免五条或五条以上道路相交。

2) 产生冲突点最多的是左转弯车辆。如图 1.3 所示四路交叉口若没有左转弯车流, 则冲突点可由 16 个减至 4 个, 而五路交叉口则从 50 个减到 5 个。因此, 在交叉口设计中, 如何正确地处理和组织左转弯车辆, 是保证交叉口交通通畅和安全的关键所在。

3) 在有信号控制的交叉口, 交叉口的冲突点减少, 保证行车安全, 但增加交叉口的延误时间, 影响交叉口的通行能力。在设信号控制的交叉口, 其通行能力比路段上的通行能力减少。三条道路交叉口减少约为 30%, 四条道路交叉口减少约为 50%, 五条道路交叉口减少约为 70%。

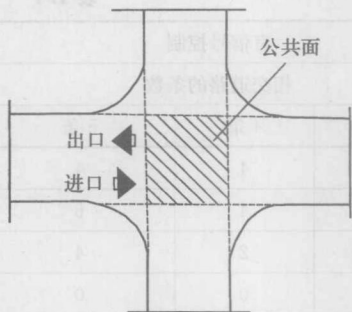


图 1.5 平面交叉口的公共面

因此, 在交叉口设计过程中, 必须力求减少或消除冲突点, 保证车辆和行人的安全, 同时又要努力提高交叉口的通行能力, 保证行车畅通。

## 2. 平面交叉的构造特征

具有公共面是交叉口的构造特征。由于是在平面上相交, 各条道路在交叉口处就形成了共有的公共平面, 如图 1.5 所示。一个十字路口的公共面上, 有四个出口, 集中到公共面上, 形成了十分复杂的交通状况。

另外,公共面为各相交道路的组成部分之一,在几何上应满足各条道路的平面、纵面线形和排水的要求。因此,如何设计好交叉口的公共面,确保交叉口排水畅通和路容美观,是平面交叉口的设计任务之一。

### 1.3 改善交叉口的基本途径

#### 1. 使交通流线在时间上分离

用交通组织和管理的办法对交叉口的交通进行限制,在同一时间内只允许某一方向的车流通过,这样在交叉口的危险点就大大减少。通常,在交叉口装置自动交通信号灯,或由交警指挥,或设置让行交叉口,或定时不准左转车通行等,都是属于在时间上分离的措施。

#### 2. 使交通流线在平面上分离

在交叉口采用各种交通设施或进行交通组织,使交通流线在平面上分离,这也是减少交叉口危险点的重要途径。通常采用的措施和方法有:

(1) 在交叉口进口处设置专用车道,将不同方向车辆在过交叉口前分离到各专用车道上,减少行车干扰。

(2) 合理组织交通路线,变左转车为右转车。如设置中央岛组织环行交通,规定交通路线,绕街坊组织大环行交通,设置远引交叉,都属于这一类型。

(3) 组织渠化交通。在交叉口用画线、绿带、交通岛和各种交通标志等方法,限制交通流线,使交通流线在平面上分离的交通组织方法。

#### 3. 使交通流线在空间上分离

设置立体交叉,从根本上分离交通流线,解决交叉口交通问题。

### 1.4 交叉口发展历史概况

早期公路车速和交通量都不大,所有道路都是平面交叉,交叉口的安全和畅通尚未构成问题,但交叉口的交通组织就已引起了人们的重视。1868年,在英国伦敦威斯敏斯特地区首次安装了一台两色信号灯管理路口的交通。1914年美国克利夫兰市开始使用电照明的信号灯。1918年纽约开始使用三色手动信号灯,最早在交叉口设立交通标志是1895年由意大利设计,1909年九个欧洲国家政府一致同意采用“交叉路口”、“前有铁路横过”等标志,开始了交通标志的国际化。

随着交通的发展,汽车大量增加,平交口往往交通拥挤、堵塞和产生事故。美国从1906年交通事故死亡400人,到1920年死亡12500人,其中约40%是发生在交叉口。因而产生对平交口进行设计的需求。为保证交叉口的行车视距,在转弯处设置曲线并适当加宽,以保证车辆平稳顺当地驶入和驶出交叉口。然后,逐步将平面交叉由简单的十字交叉逐渐发展为加铺转角式、扩宽路口式、渠化路口式以及环形交叉等形式。后来,人们认为按环形行车原则组织交通的交叉口是解决平面交叉冲突的有效办法,因而环形交叉在英国、美国、加拿大、瑞典和其他许多国家一时都获得广泛应用。1945年英国的技术规范推荐公路干线交叉采用环形交叉,并按交通量大小设计交叉的几何尺寸,中心岛直径由

18~72m, 环道宽度由 9~15m 不等。美国的环形交叉, 中心岛直径由 60~90m, 与环道相连的道路间距为 21~24m。瑞典环形交叉中心岛直径一般为 40m。我国在 20 世纪 50~70 年代期间, 各地也盛行环形交叉, 并针对我国自行车多的特点, 在环道外侧都设计有一条或几条自行车道。

当道路交通迅速发展和汽车数量急剧增长时, 平面交叉已不能适应汽车快速行驶和保证行车安全的需要, 从空间上来分隔交叉的交通流变得尤为迫切。随着高速公路及干线公路的发展, 要保证车辆大量、快速、安全地通过交叉口, 根本的途径是运用交通流在空间上实行分离的形式, 立交顺其自然产生了, 随后得到大量发展。

世界上最早的立交出现在德国, 建于 1925 年, 采用苜蓿叶形立交。1928 年在美国新泽西州建成了第一座全苜蓿叶形立体交叉(图 1.6), 该立体交叉平均每昼夜通过的交通量为 62500 辆, 高峰时每小时达到 6074 辆, 即每分钟可允许 100 辆车通过。截至 1936 年, 公路立交达到 125 座, 大部分是苜蓿叶形和部分苜蓿叶形, 其平曲线半径一般不小于 50m, 匝道纵坡不大于 5%~6%; 环形立交的环道半径不小于 90m, 纵坡不大于 8%。

加拿大立体交叉的兴起稍晚于美国, 1936 年在安大略省别尔里格顿城附近公路上建成第一座喇叭形立体交叉, 其最小平曲线半径为 33m, 最大纵坡为 3%, 跨线桥桥下最小净空高度 4.3m(图 1.7)。

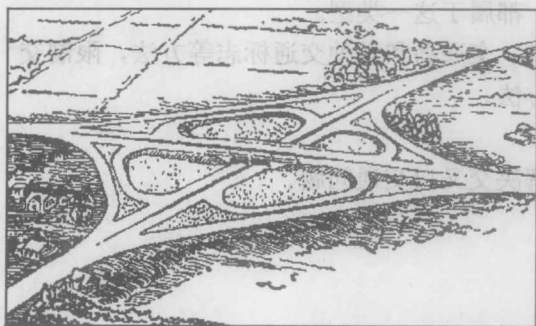


图 1.6 苜蓿叶形立交

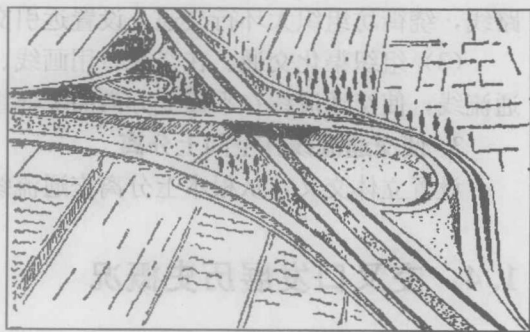


图 1.7 喇叭形立交

第一座三岔式公路立体交叉是 1935 年德国在法兰克福至美茵公路干线上建造的, 该立交由公路十字分岔到盖杰别尔洛和曼盖姆(图 1.8)。这座立交建有三座跨线桥, 采用 400~1000m 的大半径平曲线。由于有了这座立交, 曼盖姆三角形地带从此闻名于世。

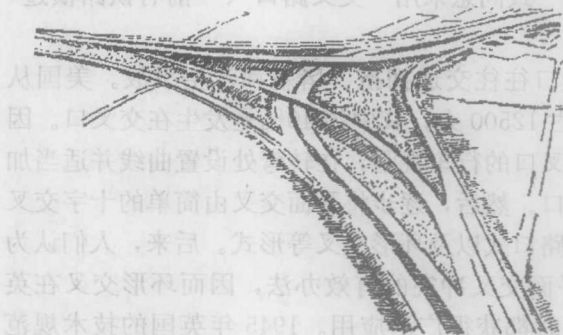


图 1.8 三岔式公路立交

随着交通量增长的需要, 也为了节约用地, 立体交叉开始向三层、四层及定向式发展。纽约城的特利包罗三层立交, 上下层供干线车辆快速行驶, 中层则为地方交通服务。美国洛杉矶城建成世界上第一座四层公路立交, 其第二、四层供干线车

辆通行，一、三层布置转向联络匝道，最高层高出地面 14.4m，最低层低于地面下 6.6m；主线为 6 车道，设计车速 96km/h；联络匝道的曲线半径 90~105m，车速不低于 55km/h；总建筑费用达 280 万美元。

我国第一座立交是 1955 年在武汉滨江路修建的半边苜蓿叶形立交（图 1.9）。该立交利用武汉市江汉一桥主桥边孔供滨江路通过，用两小环道与桥上连接实现车辆左转。第一座全互通式双层环形立交于 1964 年在广州大北路建成，1986 年又改建为三层环形立交，该立交位于内环环市路与城北进出干道解放北路交叉处。

北京西直门立交（图 1.10）建成于 1980 年，为机动车与非机动车完全分离的三层环形立交，中层为非机动车环，是为地面非机动车、行人及建筑服务的基本层。该立交现已改建。

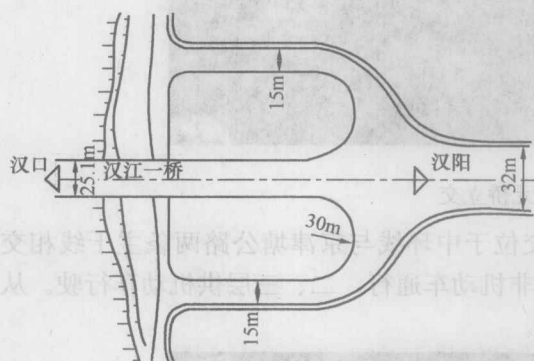


图 1.9 我国第一座车行立交（1955 年）

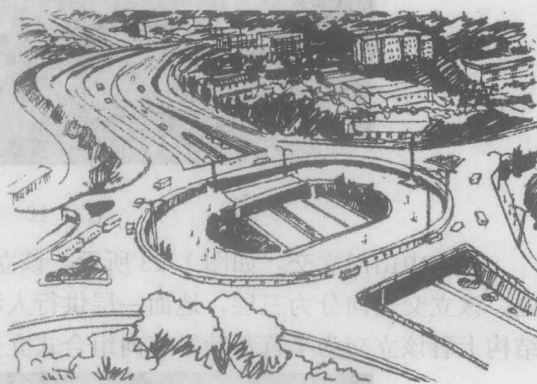


图 1.10 北京西直门立交

我国城市立交设计中，特别注意到我国存在有大量的非机动车（自行车）和行人交通，因而三层立交得到广泛应用。1979 年建成的北京建国门三层长条苜蓿叶形立交（图 1.11），采用三桥六洞，从空间上分隔机动车和非机动车，使之各行其道。左转和直行的自行车走中层环道，右转自行车走外缘慢车道；主线机动车直行走一、三层，转弯走快车道。

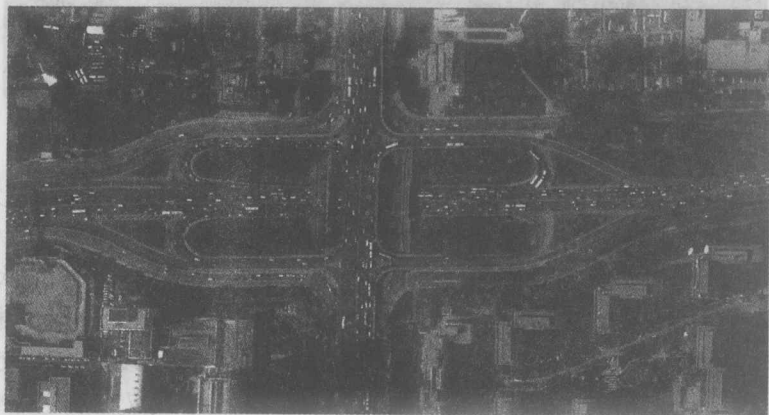


图 1.11 建国门立交

北京四元桥是一座苜蓿叶形加定向式四层大型互通立交(图 1.12),它由 26 座桥组成,其中主桥 2 座、匝道桥 10 座、副路桥 6 座、跨河桥 8 座。桥梁面积约 4 万  $\text{m}^2$ ,桥梁总长 2773m,桥梁最高 12m。桥址位于四环路上,北通亚运村、南达京津塘高速公路,四环路在此同时跨越机场高速公路和京顺路。

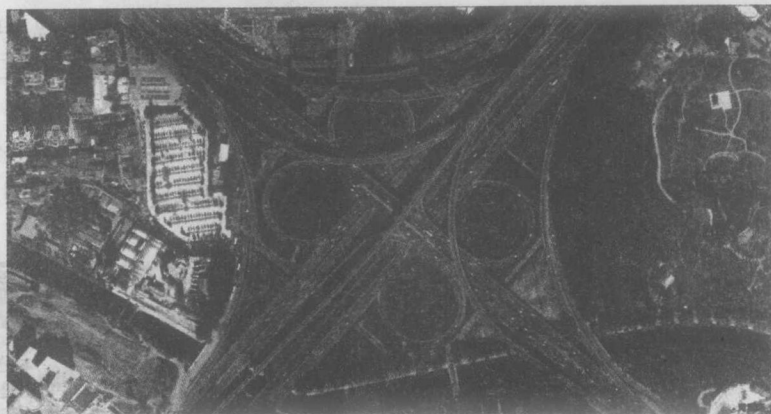


图 1.12 四元桥立交

天津中山门立交,如图 1.13 所示,该立交位于中环线与京津塘公路两条主干线相交处。该立交竖向分为三层,地面一层供行人和非机动车通行,二、三层供机动车行驶。从结构上看该立交为半苜蓿叶半定向组合式立交。



图 1.13 天津中山门蝶式立交

1988 年我国大陆第一条高速公路——沪嘉高速公路建成通车,随后沈大高速公路建成。截至 2011 年底,我国高速公路达 8.50 万公里,在这些公路上修建了大量立交。其中沈大高速公路设有 25 座立交。如图 1.14 所示为沈大高速大石桥立交,沈大高速在  $K156+205.4$  处与营口—大石桥铁路相交,又在  $K156+255.5$  处与营口—大石桥一级公路相交,为避免匝道与铁路干扰,沈大路上设喇叭形立交,营大线上设 Y 形立交。

人行立交在我国近年来也得到迅速发展。最早是 1973 年武汉在航空路修建了一座钢筋混凝土箱形结构的人行地道;广州在 1980 年修建了北京路和延安路东侧两座人行天桥、均为斜腿刚架式钢桥。此后,北京、上海、天津、沈阳、西安等大城市和高速公路上相继