

Daolu Lijiao De Guihua Yu Sheji

道路立交的规划与设计

贺栓海
徐 岳 等编著
胡大琳

杨炳成 审核

人民交通出版社

前 言

立体交叉是高等级公路及城市道路的交通枢纽。近年来,随着我国公路及城建事业的飞速发展,各地已陆续兴建了一些立体交叉,从发展趋势来看,仍有方兴未艾之势。一个技术先进、经济节约、功能齐全、布局合理的立体交叉的规划与设计,必须是交通流的预测、道路线形的周密规划,异型桥梁设计的有机结合,同时还要符合我国具体的交通状况。到目前为止,这方面的理论探索仍在完善之中,实际工作中这方面的问题更为突出:进行立交规划布局及线型设计时很少考虑立交桥梁的构造处理及结构内力计算的方便程度,进行构造物结构设计时又往往抱怨立交线形复杂,而如何提高立体交叉的通行能力则考虑得更少,结果是有些立体交叉在多方面存在不足之处。因此,突破目前专业划分过细的局限,把立体交叉规划设计所涉及到的路线、桥梁及交通工程等方面的内容熔为一体,并使之系统化,无疑对今后大量修建立交是十分有益的,这也是我们完成本书的初衷。

本书以西安公路学院公路与城市道路桥梁工程及交通工程专业开设立交工程课程讲义为蓝本,经过多次的修改补充,并注意消化吸收了国内外近年来修建立交的成功经验和先进的科研成果。

全书共分十一章,具体分工如下:

贺栓海:第一、三、四、五、六章;

徐 岳:第八、九、十一章;

胡大琳:第七、十章;

罗明坤:第二章。

其中第四章第五节、第七章第三节、第十一章第二节由刘来君编写。

全书由贺栓海、徐岳负责组稿并统稿,杨炳成审核。

限于作者水平,书中谬误在所难免,恳请读者及专家学者指正。

作者

1994年2月于西安

(京)新登字 091 号

道路立交的规划与设计

贺栓海 徐 岳 胡大琳等编著

杨炳成 审核

插图设计:王惠茹 正文设计:崔凤莲 责任校对:李丽

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京顺义牛栏山印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17.5 插页:2 字数:440 千

1994 年 9 月 第 1 版

1994 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—3000 册 定价:15.00 元

ISBN 7-114-01998-X

U · 01334

内 容 提 要

本书对公路与城市道路立体交叉的规划与设计作了系统而全面的介绍。主要包括:分离式立体交叉;互通式立体交叉;立体交叉的规划与设计;交通量及通行能力;立体交叉的技术经济指标及线形设计计算;匝道设计;立交桥及人行立交的规划,造型与结构设计的原理和方法等。同时还通过设计实例演示了公路远景交通量预测,立体交叉方案设计,公路互通式立体交叉线形及立交结构设计的方法和步骤。

本书可做为桥梁工程、公路与城市道路工程及交通工程专业的教学参考用书,也可供桥梁工程、市政工程、公路及交通工程方面的技术人员使用参考。

目 录

第一章 总论	1
第一节 现代交通的发展与立体交叉的应用	1
一、交通的现代化及所带来的问题	1
二、平面交叉口的缺点	1
三、立体交叉的应用	3
第二节 立体交叉的作用及其发展概况	4
一、立体交叉的作用	4
二、国内外发展概况	4
三、立体交叉的发展趋势	6
第三节 立体交叉的特征及修建	6
一、城市道路立体交叉的特征	6
二、等级公路立体交叉的特征	7
三、建造立体交叉的必要性	7
第四节 立体交叉的组成与分类	10
一、主体交叉的基本组成	10
二、立体交叉的基本类型	10
第五节 立体交叉设计资料调查及设计程序	13
一、设计资料调查	13
二、设计步骤	14
第二章 分离式立体交叉	15
第一节 概 述	15
第二节 分离式立体交叉的适用性	16
一、交通与运行方面	16
二、道路条件方面	16
三、场地与地形方面	16
第三节 两层分离式立交与三层分离式立交	16
一、两层分离式立交	16
二、三层分离式立交	18
三、斜交分离式立交与曲线分离式立交	18
第四节 分离式立体交叉中主线上、下位置的确定及其构造物的形式选择	19
一、主线上、下位置的确定	19
二、构造物的形式选择	19
第五节 分离式立体交叉的间距	21
第三章 匝道	23
第一节 交叉口动线的布置形式	23

一、基本形式	23
二、组合情况	23
第二节 匝道的组成	24
一、单车道单方向的转弯道路——匝道	24
二、双车道单方向的转弯道路——转弯道	25
三、单车道、双方向的转弯道路——一般公路	26
四、匝道的组成	26
第三节 匝道的类型	26
一、按匝道的车流方向及是否分隔分类	26
二、按匝道所在象限分类	27
三、按匝道的结构形式分类	27
四、按匝道的性质及其行驶状况分类	28
第四节 匝道的性质	31
第五节 匝道的设计速度、设计交通量和设计通行能力	34
一、设计速度	34
二、设计交通量	38
三、通行能力	38
第六节 匝道线型设计标准	39
一、最小平曲线半径	39
二、最大超高率和横坡	41
三、加宽	43
四、缓和曲线和平面线形	44
五、纵坡和合成坡度	45
六、竖曲线和纵断面线形	47
七、平面和纵断面组合线形	48
八、视距	48
九、横断面和净空	52
第七节 匝道端部——道口	56
一、端部设计的一般原则	56
二、连续匝道端部之间的距离	57
三、变速车道	58
四、典型设计及评述	63
第八节 曲线上的匝道道口	68
一、斜行式道口	68
二、平行式道口	69
第九节 双(多)车道道口	70
一、双车道驶入道口	70
二、双车道驶出道口	71
第十节 匝道连接端的布置	73
一、分叉点、汇合点端部的布置	73

二、出口或入口横断面的布置	74
第四章 互通式立体交叉	75
第一节 概 述	75
一、适用性	75
二、设置及类型	75
第二节 三肢互通式立体交叉	76
一、喇叭形	77
二、子叶式	77
三、环形	78
四、梨形	78
五、半定向式	79
六、定向式	79
七、其它形式	80
第三节 四肢互通式立体交叉	80
一、菱形	81
二、苜蓿叶形	82
三、带集散路的苜蓿叶式	83
四、部分苜蓿叶式	84
五、环形	86
六、迂回式	87
七、卅字式	88
八、四星式	89
九、涡轮式	89
十、定向式	89
十一、组合式	91
第四节 多肢立体交叉	91
第五节 混合式立体交叉	93
一、扁平式	94
二、环形	95
第六节 收费立交	97
第五章 立体交叉的规划与设计	99
第一节 规划与布局	99
一、布设原则	99
二、立体交叉的形式统一性	99
三、路线的连续性	101
四、车道数平衡原理	101
五、互通式立体交叉的间距	103
第二节 设计原则	104

一、线形简单、直捷、正常	104
二、运转顺适流畅	105
三、行驶安全	105
四、总体经济	105
五、构造美观	106
第三节 互通式立体交叉的形式选择	106
一、类型选择的一般原则	106
二、形式选择步骤及内容	106
第四节 立体交叉的位置	111
第五节 立体交叉的交通组织	112
一、交通流形态及运用	112
二、出、入口	113
三、集散路的设置	113
四、行人交通组织	114
第六节 立体交叉的造型及分期建设	114
一、造型及绿化	114
二、与周围环境的配合	114
三、造型与分期建设	115
第七节 主体交叉的主要附属设施	115
一、装饰、照明与栏杆	115
二、排水设计	118
三、交通标志	119
第八节 立体交叉收费站	120
一、规律车辆的定期票证制	120
二、不规律车辆的服务台收费制	120
三、收费所的平面几何设计	123
第九节 国内部分大城市立体交叉规划布局实例	124
一、北京市二环路北半环	124
二、天津市中环路	124
第十节 主体交叉实例介绍	126
一、收费立交	126
二、非收费立交	127
第六章 交通量及通行能力	130
第一节 概 述	130
第二节 车道通行能力	130
一、城市道路车道的通行能力	130
二、信号灯管制的交叉路口通行能力	137
三、一般道路通行能力的确定	138
第三节 路口饱和通行能力与计算方法	138

一、路口饱和通行能力	138
二、饱和通行能力的计算方法	139
三、进口端车道的组合与划分	140
四、临界流量值的计算示例	140
第四节 典型干道交叉口的临界流量估算值	141
一、主干道为六车道	141
二、主干道为四车道	142
第五节 立体交叉道路的设计交通量及通行能力	143
一、设计交通量	143
二、通行能力	144
第六节 交织段的设计通行能力	144
一、交织段的形式	144
二、交织段的设计通行能力	146
第七节 环形立交的通行能力	149
第七章 技术经济指标及立交线形设计计算	152
第一节 车行立交的主要技术经济指标	152
一、设计车速	152
二、设计荷载	152
三、桥孔净空	152
四、国内部分车行立交桥主要技术经济指标	155
第二节 车道宽度及立交主要组成部分的横断面设计	156
一、城市道路立交车行道宽度计算	156
二、公路立交道路的宽度	160
三、立交桥桥面及桥孔横断面的一般形式	161
四、人行道、非机动车道及分车带的宽度	162
第三节 立交道路路拱设计及横坡设置	162
一、路拱的形式及适应范围	162
二、横坡度	165
第四节 立体交叉道路的平面设计	166
一、平曲线的计算	166
二、超高	171
三、加宽	173
四、缓和曲线	173
五、视距	173
第五节 立体交叉道路的纵断面设计	175
一、纵坡	175
二、竖曲线半径	175
三、坡长	177
第六节 匝道线形设计方法	177

一、简单匝道	177
二、环圈式匝道(BSSF 型)	177
第八章 立交桥梁	180
第一节 立交桥梁概述	180
一、作用、组成与分类	180
二、基本要求	181
三、设计荷载	181
四、建筑艺术造型	181
第二节 立交桥梁的规划设计要点	182
一、总体规划	182
二、纵横断面设计及平面布置	182
三、复杂多层立交桥梁的主要形式	185
第三节 立交桥梁桥跨结构与墩台的基本体系和类型	186
一、桥跨结构基本体系	186
二、桥跨结构类型	187
三、墩、台类型及布置	187
第四节 梁(板)式桥跨结构	189
一、类型及适用情况	189
二、一般构造特点	190
三、钢(预应力)筋构造特点	192
第五节 其它桥跨结构	201
第六节 典型立交桥梁的一般构造	202
一、斜板桥	202
二、弯桥	203
三、箱涵立交桥	203
四、开式箱涵立交桥	203
五、刚架桥	203
六、无梁板桥	204
第七节 立交桥梁的桥面构造	204
一、桥面铺装	205
二、桥面排水设施	205
三、伸缩缝	205
四、人行道、护栏、栏杆和照明	205
第八节 立交桥梁桥跨结构计算特点	208
第九节 立交桥型的选择	208
一、孔数及结构体系	208
二、跨径	208
三、横截面	209
四、地质情况	210
五、建筑界限	210

第九章 人行立交的规划、造型与设计 211

第一节 概 述..... 211

一、人行立交的作用 211

二、人行立交的分类与组成 211

三、人行立交的规划布置原则 212

四、人行立交的主要技术指标 212

五、附属设施 214

第二节 人行天桥设计..... 214

一、平面形式 214

二、结构造型 217

三、梯(坡)道、平台及栏杆..... 218

四、建筑设计 219

五、结构设计 219

六、防水与排水 220

七、照明设施 221

第三节 人行地道设计..... 221

一、结构选型 221

二、梯(坡)道、平台与进出口..... 221

三、建筑设计 222

四、结构设计 222

五、地基与基础 223

六、通风与照明 223

七、防水与给排水 223

八、其它 224

第四节 人行天桥与人行地道的比较..... 224

一、施工技术与经济因素 224

二、景观限制 224

三、地域区别 224

四、特殊需要 224

第十章 立体交叉的设计荷载..... 225

第一节 设计荷载..... 225

一、公路桥涵设计荷载 225

二、铁路桥梁设计荷载 230

三、城市桥梁设计荷载 231

第二节 荷载组合与选择..... 233

一、荷载组合 233

二、荷载选择 233

第十一章 立体交叉的设计方法、步骤及实例 235

第一节 设计方法与步骤..... 235

一、基本资料的搜集 235

二、预估设计交通量 235

三、初步设计 235

四、选定最佳方案 235

五、施工图设计 235

第二节 公路远景交通量预测示例..... 236

一、二次曲线模型 236

二、指数曲线模型 238

第三节 立体交叉方案设计实例(南京市中央门立体交叉方案设计)..... 239

一、概 述 239

二、远景(2000 年)交通量的预测 239

三、主要设计技术指标 241

四、方案设计 241

五、方案比较与选择 243

第四节 公路互通式立体交叉线形设计实例..... 243

一、立体交叉形式的确定 244

二、立体交叉的横断面设计 244

三、立体交叉的平面线形设计 244

四、立体交叉的纵断面设计 249

五、交叉口连接部设计 252

第五节 某互通式立交桥结构设计简介..... 258

一、基本资料 258

二、设计内容 258

参考文献..... 265

第一章 总 论

道路是交通的动脉。在现代交通中,公路交通起着至关重要的作用。

随着交通事业的飞速发展。社会经济的繁荣,不但城市道路纵横交错,乡村公路上交叉也随处可见。道路的相交处——交叉口,是行人、车辆汇集,转向和疏散的必经之点,可谓是保证公路交通运输畅通的关键,也是交通的咽喉。因此,路口的交叉形式和交通组织对车辆的畅通与行人的安全,具有很大的影响。

第一节 现代交通的发展与立体

交叉的应用

一、交通的现代化及所带来的问题

数十年来,由于现代科学技术和经济的发展,交通运输量也日益增长。特别是第二次世界大战后,作为工农业生产纽带的公路运输,为适应国民经济增长的需要,以前所未有的速度迅猛发展,大多数工业发达的国家,已打破了一个世纪以来陆上运输以铁路为中心的局面,公路运输已成为各种运输方式中的主要方式。随着高速公路、汽车专用公路等的出现,引起了运输结构的变化,促进了汽车工业的迅速发展,使汽车的保有量大幅度增加。在某些工业发达国家中,小汽车的保有量很大,平均每两人左右就有一辆。

高等级公路的不断增多,迫使公路从平面向立体发展,这不但保证了交通的畅通,更重要的是保证了行人和车辆的安全。

我国是一个人口大国,虽然小汽车的拥有量还赶不上发达国家,但汽车总量的增加已给平面交通带来很大压力。特别是在城市里,由于人口密集,汽车的拥有量相对较大,摩托车的大量增加,自行车的不断增长,使得这一问题更加严重。据北京市 70 年代末的统计资料北京市拥有 250 万辆自行车,其中市区 175 万辆,约占 75%,平均每车每日骑行 2.5 次,全年自行车客运量为 16 亿人次,按市区人口计,平均每人每天约乘自行车一次,占全市总客运量的 45% 左右。由此可见自行车在我国人民日常生活及工作中所起的作用,及给公路交通带来了的巨大压力。

由于自行车的大量增加,在城市交通中出现了自行车与汽车争路的现象。加上其它非机动车辆,形成了人、车混合行驶,相互干扰,造成交通阻滞,通行能力降低,交通事故增加等问题。

随着社会经济的发展,高速公路、汽车专用公路等高等级公路将不断修建,人们时间观念不断增强,使以单向行驶为主的平交路口已远远不能满足交通量增加和运输速度提高的要求,必须以立体交叉来替代平交路口。

二、平面交叉口的缺点

平面交叉口目前还是公路交通的主要交叉口形式,当各个方向的车辆通过路口时,由于行

驶的去向不同,相互交叉就会形成冲突点。如果车辆无一定的交通管理,在各个冲突点就可能发生车辆冲撞,从而造成交通事故和路口的阻塞。如何消除和减少这些冲突点,保障车辆的顺利通行与安全,就是路口设计的重要任务之一。

1. 冲突点的数量

一个平面交叉口冲突点(仅计交叉点,不计分流、合流点)的数目可用下式计算:

$$N=\frac{1}{6}n^2(n-1)(n-2) \tag{1-1}$$

式中: N ——冲突点数目;

n ——相交道路单方向车道数的总和;若为混合交通时,则为相交道路单方向轨迹线的总和。

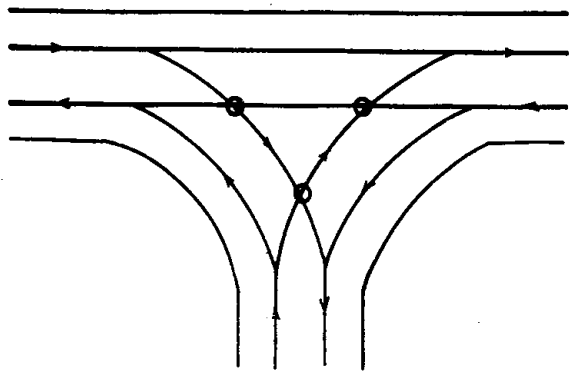


图 1-1 三叉路口交叉点

4=16,冲突点数目 $N=8960$ 个。由此可见,这样多的冲突点,不可能保证行车安全。

2. 冲突点的交通量限度

如何确定通过一个交叉口中冲突点的交通量的最大限度,超过这个限度就不能继续采用平交,而必须修建专门的左转立交匝道,在国内还没有作过特别的研究。美国采用“500 交叉冲突点分析法”来确定冲突点的交通量最大限度,即认为:如果左转弯运行和直通运行之间的冲突点通过的设计交通量等于或大于 500 辆/时,同时左转弯交通量等于或大于 60 辆/时,就应加设专门的立交匝道。此方法是针对菱形立交提出来的,在目前还没有更好的判定方法之前,借用此法来判定冲突点的交通量最大限度还是简便可行的。

3. 改善平面交叉的途径

通常,可通过以下三种途径来改善平面交叉。

- (1)将车道平面分离——交通渠化;
- (2)将运行时间分离——红绿灯管制;

由式(1-1)可知,一个平面三叉路口(三条路相交的路口,如 T 型、 Y 形路口等)有三个冲突点;四叉路口(四条路相交的路口,如十字形、 X 形等)有十六个冲突点;五叉路口(五条路相交的路口)就有五十个冲突点(见图 1-1,1-2,1-3)。如果机动车与非机动车同时通过交叉口时,则路口的冲突点就更多了,交叉口的交通也就更复杂了。如四车道四路交叉口的每条路在一个方向上有两个车道,则 $n=8$,冲突点数目 $N=448$ 个;四车道四路交叉口,每条路的外侧各有一条非机动车道和一条人行道,计入人车冲撞时, $n=(2+1+1)\times$

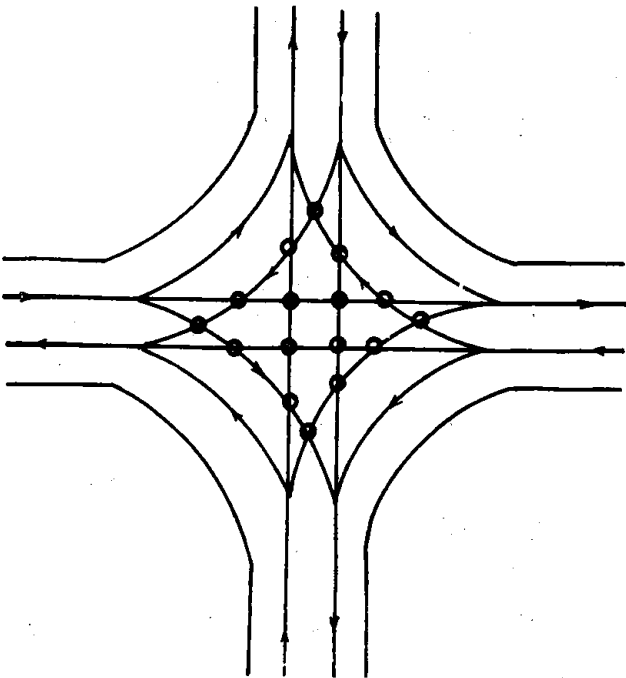


图 1-2 四叉路口交叉点

(3)将车道空间分离——立体交叉。

途径(1)是将上、下行车道都分开、或设置中间分隔带、或设置中间转盘等。分开车道和设置中间分隔带都只能减少冲突点,而不可能完全消除冲突点;设置中间转盘虽然消除了冲突点,将其转化为合流、分流、交织的混合运行,但车速大大降低,大交通量的常常受阻。

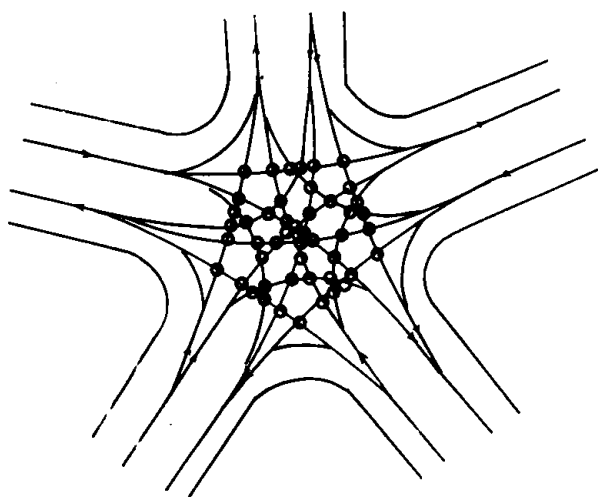


图 1-3 五叉路口交叉点

途径(2)是将冲突发生的车道双方的运行时间错开。为减少或消除行车冲突点,一般采用交叉口红绿灯交通管理设施,也有以单行线、自动信号控制、民警指挥等来达到这一目的。但这样以一个路口的车辆停留等候来避免冲撞,使路口的通行能力大大降低,一般约减少 $\frac{2}{3} \sim \frac{1}{2}$,在交通量不大的城市交叉口或低等级公路交叉口上尚可采用该方法,而当交通量发展到一定程度和车速要求较高时,这种平面交叉口势必造成车队长队,人行混乱,交通阻滞,甚至无法通行的现象。

在我国的一些大城市里,一般平面交叉路口的放行时间所占比例仅为 $\frac{1}{3}$,而红灯停放时间则为 $\frac{2}{3}$,这样有大量的车辆被阻,排队等候放行。北

北京市阻车严重时停车车队长达 750m,有的车辆在路口排队需要三次放行绿灯才能通过。车辆通过路口的速度也大大减低,平均车速仅为该路段上车速的一半(市区约 20km/h,市郊约 25km/h)。

由于平面交叉口的交通组织所限,造成了大量的时间浪费,运输效率降低,燃料消耗,汽车轮胎磨损和机械磨损增加等。据有关资料介绍,在交叉路口范围内,由于车辆减速、起动和加速等,平均小汽车损失 7~12s,载重汽车比它多一倍,而市内公共汽车要多 2~4 倍以上。在交叉路口上停车所消耗的燃料和时间,足够汽车以 50km/h 的速度行驶 600m。磨损和环境污染等的损失也非常可观,这不能不引起道路经济学家们的重视。

据北京市的调查资料,在平面交叉路口平均损失的时间可供汽车以 35~45km/h 的速度行驶 875~1125m,而一个路口的全年损失费,按 3~4t 载重汽车计约为 23 万元,其中还没有包括机械磨损,轮胎磨损,汽油消耗等损失,如果计入这些损失,并将小汽车、公共汽车,自行车和人流在路口受阻所耽误的时间计算在内,那损失就更大了。

方法(3)是消除冲突点最有效的方法。

三、立体交叉的应用

由于平面交叉已不能适应不断增大的交通量的要求,立体交叉工程随即出现,并在道路交通上担任了重要角色。

随着高速公路的逐渐发展,各种形式的立体交叉相继修建,这些立交成为确保高速行驶时车流畅通和安全通过交叉路口的设施。另外,由于公路交通运输的大幅度增长,带来了高速公路与城市交通的联系及穿越城市等一系列问题。为了不影响城市交通,需把高速公路上大量的快速交通流与城市交通密切连结起来,从而解决城市交通的快速运输问题。因此,在城市

周围就逐渐建成了快速环城干道,这种环城干道与城市放射线相交的路口就需要设置立体交叉。同时,市内交通流较大,影响通行的主要交叉口也需要以立体交叉代替平面交叉;在靠近市区的公路与铁路相交处,也需要以立体交叉形式解决其冲撞问题。于是逐步形成了在高速公路,城市环城干道,重要道路的交叉口建造以立体交叉网为主的形式,成为解决公路交通咽喉问题的重要组成部分。

第二节 立体交叉的作用及其发展概况

一、立体交叉的作用

立体交叉在道路交通上起着非常重要的作用。它取代了平面交叉路口的信号管理;基本上消除了平面交叉路口的冲突点;使车辆接连不断地迅速地通过交叉路口;大大地提高了道路的通行能力;同时节省了时间、燃料等,带来相当可观的经济效益,为高等级公路的高速安全、畅通提供了保证。

二、国内外发展概况

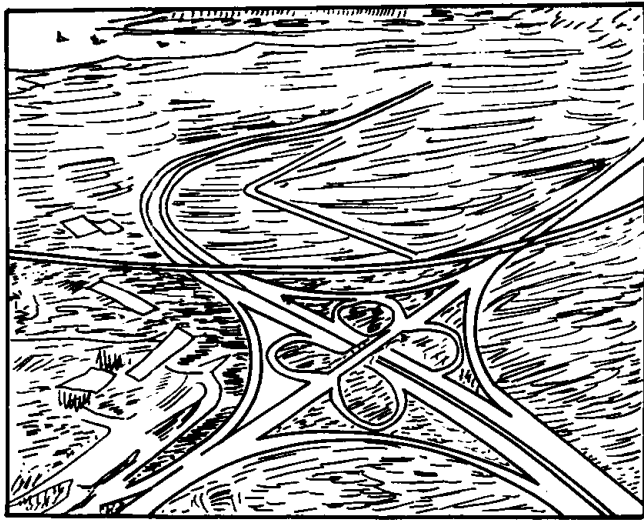


图 1-4 第一座公路主体交叉(全苜蓿叶式)

美国最早修建立体交叉是 1928 年在新泽西州 Woodbridge 的两条道路相交叉处修建的第一座苜蓿叶式立体交叉(见图 1-4),该立交通过的交通量平均每昼夜达 62500 辆,高峰小时达 6074 辆,即每分钟可容许 100 辆汽车通过。1930 年在芝加哥又建成了第一座拱式立体交叉桥。到 1936 年已建成 125 座立体交叉。

瑞典于 1931 年~1935 年在斯德哥尔摩建成举世闻名的斯鲁先立体交叉,该立交采用了 3 个小环道以解决交通问题。

德国从 1935 年开始修建部分苜蓿叶式

立体交叉,以后在长达 185km 的柏林环城干道上修建了 24 座立交,平均间距为 7.7km。

加拿大于 1936 年在安大略省别尔里格顿城附近公路上建成第一座三路 T 形喇叭式立体交叉(见图 1-5),随后于 1937 年又在克列奇特港城附近的米德尔—鲁乌德公路与 10 号干线公路相交处建成一座全苜蓿叶式立体交叉,1938 年在阿尔里格顿城以东建造了第一座四路环形立体交叉,这座立交被一条铁路横跨而过,见图 1-6 我国修建立体交叉起步较晚,1956 年北京开始在京密引水滨河路修建了三处部分互通式立体交叉(图 1-7~1-9)。1963 年广州市修建了一座环形立体交叉。

随着社会的发展,立体交叉在高等级公路及城市道路中已随处可见。如莫斯科全市有立体交叉 80 余处,其中内二环全长