

第一章 绪 论

第一节 立体交叉的发展概况

立体交叉（简称立交）是利用跨线构造物使道路与道路（或铁路）在不同标高相互交叉的连接方式。

高速公路和城市快速路（统称为高速道路）是交通运输现代化的主要标志之一。立体交叉是高速道路必不可少的组成部分。随着我国高速道路的迅速发展，必然要修建大量立体交叉，以实现道路之间空间交叉和行车方向的转换。

立体交叉是伴随着社会经济增长和汽车工业发展而产生的一种道路交通设施。由于社会经济增长，促进了汽车工业的快速发展，使道路交通运输量增加很快。此时，道路上的一些平面交叉口就成为行车的咽喉地段，交通拥挤不堪，不断发生堵塞现象，通行能力小，车速低，油耗大，交通事故率高。实际上平面交叉已越来越不能适应交通量增长的要求。为此，不得不将平面交叉变为立体交叉，使道路交叉向立体化方向发展。

一、国外立体交叉的发展

上世纪 20 年代初，新建城市中构想采用多层、空间交叉的高效快速交通系统就已在外国提出并建成。追溯道路立体交叉的发展和演变，从构想到实现，从平面到空间，发端于城市道路，发展于高速公路。

早在上世纪 20 年代，美国就开始修建立体交叉。1928 年美国在新泽西州的两条道路交叉处修建了第一座公路立体交叉，如图 1-1。该立体交叉为全苜蓿叶式，平均每昼夜通过的交通量达 62500 辆，高峰小时交通量达 6074 辆。1930 年又在芝加哥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。随后，为适应交通量日益增长的需要，美国在洛杉矶建成第一座四层半定向式立体交叉，使立体交叉开始向多层定向型方向发展，如图 1-2。该立交第一、三层分别为两对左转匝道，第二、四层为直行车道。最上层高出地面 14.4m 最下层低于地面 6.6m。正线计算行车速度为 96km/h 匝道计算行车速度为 55km/h 每昼夜通过的交通量达 75000~100000 辆 耗资约 280 万美元。

1931 年~1935 年，瑞典在斯德哥尔摩建成了著名的斯鲁先立体交叉，该立交采用了 3 个小环道的部分苜蓿叶式立交解决交通问题。

德国，自第二次世界大战之前即开始修建高速公路，战后继续修建，其标准和质量之高是举世闻名的。由于高速公路是不收费的，因此，从 1935 年开始修建了大量苜蓿叶式或部分苜蓿叶式立体交叉，这种立交只需修建一座跨线构造物，匝道可以用土方来填筑，降低了造价，而且适宜于分期修建，使部分苜蓿叶式立交易于改建为全苜蓿叶式立交。例如德国 A6 高速公路上有 20 多座立交，几乎全是苜蓿叶式 其中几座如图 1-3 所示。图中 a) 为已建成的全苜蓿叶式立交；b) 为近期已建跨线构造物，远期建成全苜蓿叶式立交；c) 为近期三路立交，远期四路

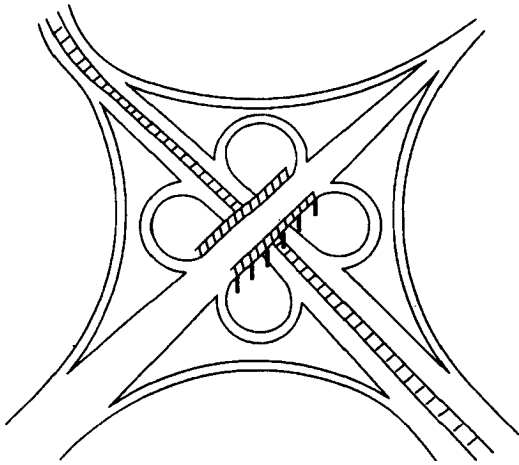


图 1-1 第一座公路立体交叉

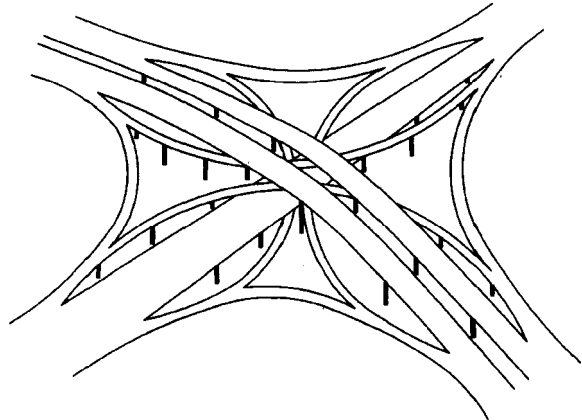


图 1-2 四层半定向形立体交叉

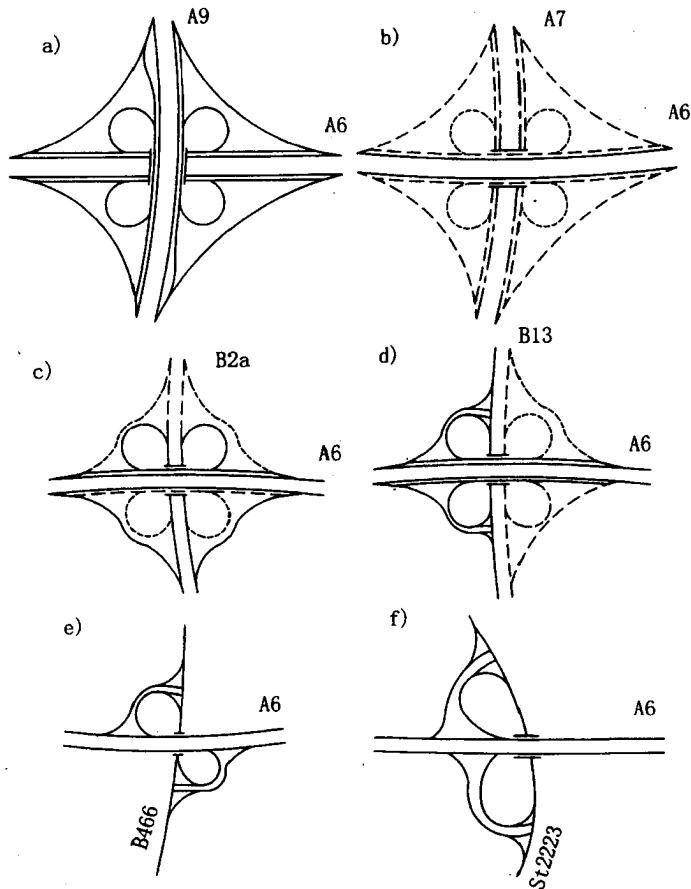


图 1-3 德国 A6 高速公路部分立体交叉

全苜蓿叶式立交 ;d) 为近期部分苜蓿叶式立交，远期发展为全苜蓿叶式立交。以上四座立交包括远期修建部分，均设有集散车道，而且，远期都为全苜蓿叶式立交。e) 和 f) 都为近期一次建成的部分苜蓿叶式立交。图 1-4 为德国 A6 和 A81 高速公路相交处的部分苜蓿叶加定向匝

道式立交，设有集散车道，整个立交布置紧凑，线形十分流畅。

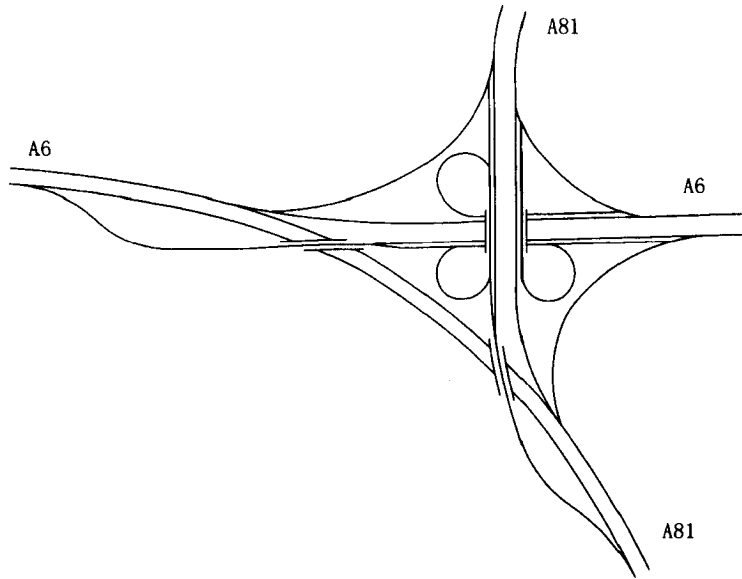


图 1-4 德国温斯堡立体交叉

1936年，加拿大在安大略省别尔里格顿城附近的公路上建成第一座三路喇叭式立体交叉如图 1-5 所示。1937年在克列奇特港城附近的米德尔—鲁乌德公路与 10号干线公路相交处修建了一座全苜蓿叶式立体交叉。1938年又在阿尔里格顿城附近建成第一座四路环形立体交叉，如图 1-6 所示，上跨为一条铁路。

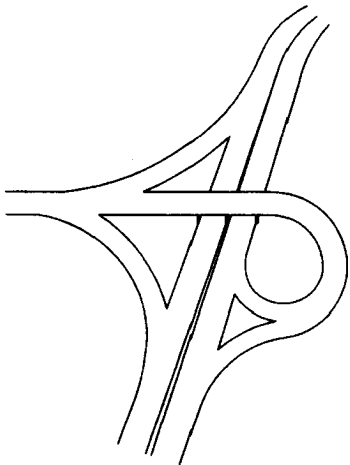


图 1-5 三路喇叭式立体交叉

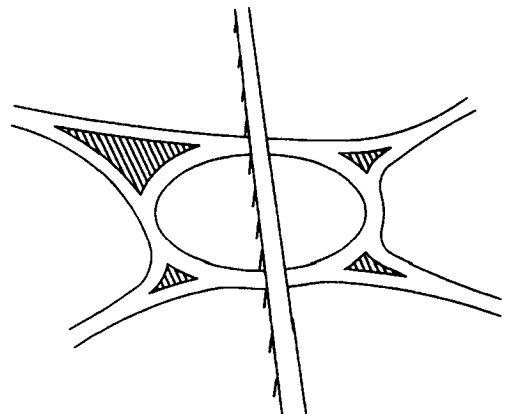


图 1-6 四路环形立体交叉

二次世界大战后，随着汽车保有量的急剧增加，人类活动时空观的转变，要求运输方式的快速化，使高速公路应运而生。由于传统的平面交叉已不能适应高速公路交通特性的要求，代之而起的是空间立体交叉的交通分配模式。上世纪 50 年代中期开始，美、英、法、德和日本等国开始大量修建高速公路，立体交叉向多层化方向发展。进入 60 年代，澳大利亚、西班牙、墨西哥、加拿大、捷克斯洛伐克、南斯拉夫以及一些发展中国家也加入了大量修建立体交叉的行列。到目前，各国陆续修建了大量的立体交叉，并逐步地形成了不同的特色和风格。比如，美

国国土辽阔,立交型式众多;日本国土狭窄,近 70% 的立交型式是喇叭形或组合喇叭形;英国则以环形立交为主,特别是小环岛立交。国外立体交叉正向着多层定向式方向发展。

二、国内立体交叉的发展

我国修建立体交叉起步较晚,首先从解决城市道路交叉口的交通问题开始的。1955年,武汉在滨江路上建成第一座部分苜蓿叶式立体交叉。1956年,北京开始在京密引水工程滨河路上修建三座部分苜蓿叶式立体交叉。1964年,广州市在大北路建成第一座双层环形立体交叉,该立交在1986年又改建为三层环形立体交叉。

从上世纪70年代初开始,北京市在二环路上先后修建了十几座立体交叉。例如,西直门三层环形立交,下层为二环路直行机动车道,中层供行人与非机动车行驶,上层供相交道路直行车辆及所有转弯车辆行驶。另外,二环路上的建国门立交和复兴门立交均为全苜蓿叶式,其中,建国门为三层长条全苜蓿叶式立交,机动车与非机动车在不同标高的平面上行驶。

进入80年代后,随着我国改革开放政策的步步深入,经济的快速增长,全国各地纷纷修建高速道路和环城高速道路。1984年12月动工、1988年10月建成通车的沪嘉高速公路,是我国大陆第一条最早建成通车的高速公路。1984年6月动工、1990年8月建成通车的沈大高速公路,长375km,为我国大陆第一条最长的高速公路。到1998年,我国高速公路通车里程已达6258km,在这些公路上修建了大量立体交叉。另外,北京、天津、广州、沈阳、南京、上海、西安等城市,为了改善城市交通,修建了许多全立交或部分立交的环城高速公路;为了改善一些交通量大、阻塞严重交叉口的交通问题,也都修建了立体交叉。例如,沈大高速公路设有25座立体交叉,天津市中环路全长34.49km,设置了8座立体交叉,广州环市路全长7.3km,设了3座立体交叉。到1998年,北京市共修建立体交叉165座。在这一阶段,具有我国独特风格的立交主要有:

北京市三元立体交叉,如图1-7所示。该立交位于北京市东北三环路、机场路和京顺路交汇处,后两条为相距160m的平行路,其中三环路为城市快速路,机场路为专用快速路,京顺路为一级公路。为解决交通问题,将两个立交合并在一起进行设计,其中三环路、京顺路交叉处为长条全苜蓿叶式立交,与机场路交叉处为部分苜蓿叶式立交。该立交工程于1983年12月1日破土动工,1984年9月15日建成通车,占地350000m²,设计交通量为12000辆/小时,

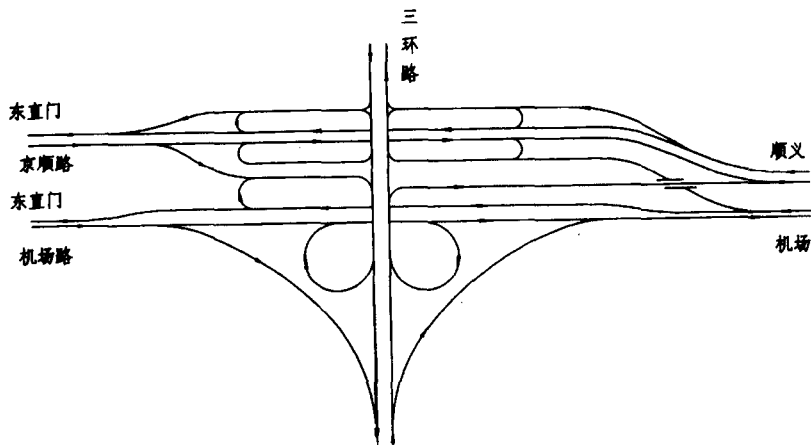


图 1-7 北京三元立体交叉采用方案

为北京市规模最大、雄伟壮观的立交。

沈大高速公路大石桥立体交叉，如图 1-8 所示。沈阳 ~ 大连高速公路在 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，铁路部门希望除主线跨越铁路以外，匝道避免与铁路干扰。据此，经多方案反复比较，沈大线上设喇叭形立交 营大线上设 Y 形立交。在这种客观条件下，此方案是合理的。

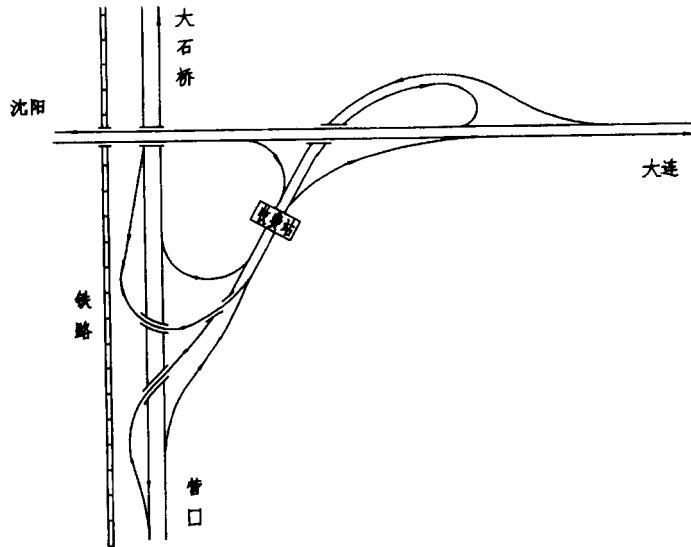


图 1-8 沈大高速公路大石桥立体交叉

天津中环线中山门立交，如图 1-9 所示。该立交位于中环线与津塘公路两条主干线相交处。相交处西侧受已建居民楼和两所学校限制，东侧为拟建商业中心和文化宫，不宜拆迁和占用。所采用立交方案功能完善、造型新颖，满足场地限制要求，被称为蝶式立交。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。中环线对向行车道设计标高各异，并合理利用空间组合布设匝道，有效降低了桥面标高。

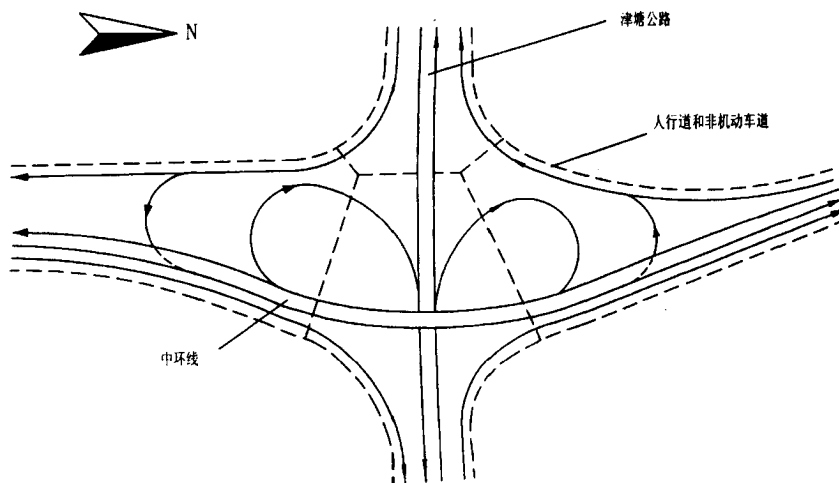


图 1-9 天津中环线中山门立交

又如广州区庄四层环形立体交叉、大连市萨大路立体交叉、鞍山市解放路立体交叉、北京市四元立体交叉，以及上海延安中路立体交叉、延安西路立体交叉、浦东新区龙阳路立体交叉和罗山路立体交叉等，都是我国立体交叉高水平发展的典范。

我国立体交叉的规划与设计，尽管起步较晚，但发展速度是举世瞩目的。从整体来看，立体交叉正在向形式简洁、功能齐全、线形平顺、流畅美观、施工方便方向发展。要求跨线构造物材料轻质、高强、便于拼接。规划设计将全面合理，利用智能型 CAD 技术向自动化方向发展。线形设计向灵活、方便的曲线型设计方法转变。施工向快速简便、工业化制造的方向发展。这些方向，将是我国立体交叉发展的趋势。

三、我国立体交叉发展中的问题

立体交叉的发展是随着高速公路的迅速兴起而逐步发展的。高速公路的兴起标志着我国经济建设持续、稳定、快速发展的成就，立体交叉的产生则标志着人们对道路交叉认识上的飞跃，即道路交叉决不是道路偶然相交形成的的简易道口，而是处理和组织交通运行手段的必然产物。国外在高速公路建设的初期，提出的立交形式是多种多样的，但大多是自发的和凭经验的，还没有形成设计理论。直到上世纪 50 年代中期，多层次立交设计理论逐步建立和发展，但至今仍然落后于高速公路线形设计理论，尤其是立体交叉的规划尚处于经验阶段，未形成科学的、实用的规划理论。我国立体交叉发展进程中需要在下列方面进一步研究和总结：

1. 由于我国开始大量修建高速公路时间较晚，高速公路及其组成部分立体交叉的规划与设计，目前尚处于大量实践、经验积累和理论研究阶段，迫切需要在立体交叉的规划原理和 design 方法方面有所突破。

2. 由于汽车在立体交叉的匝道上处于变速行驶状态，即车速是由高到低再到高的变化过程，匝道的平面线形必须适应这种变速行驶要求，因此，还需要进一步研究匝道的平面线形设计理论。

3. 远景出入交通量及其流量流向图（或表）是立体交叉规划和设计的重要依据，但目前交通调查资料缺乏，科学的交通预测和交通流向分配方法还有待深入研究。

4. 立体交叉的规划与设计主要参考国外资料和技术标准，使规划设计无法统一管理，线形设计指标掌握尺度不一，有些直接引用的指标与我国国情不符，甚至出现个别领导或专家说了算的现象，急需制订统一的、较全面的立体交叉规划和设计标准，通过实践逐步总结完善。

5. 在立体交叉设计、施工中，提倡采用新技术、新工艺、新产品、新设备等，以解决复杂的斜、弯、坡结构问题。同时应重视结构的轻巧、造型的美观、设施的完备、绿化的艺术以及与环境的协调等问题。尤其对城市立体交叉，应该做到新颖、飘逸、简洁、优美，对绿化工程必要时应视作景观来专门设计。

6. 立体交叉是一项复杂的工程，设计时图表量多，计算量大，靠传统的手工设计方法周期长、差错多、劳动强度大，需要尽快研制开发科学、实用的立交 CAD 系统。

第二节 立体交叉的作用、组成及特征

一、立体交叉的作用

1. 一条高速公路上的立体交叉

高速公路是社会经济发展的必然产物，是道路交通运输现代化的重要标志。作为高速公路出入口的立体交叉是高速公路的门户，只有通过这些立体交叉才能出入高速公路。因此，立体交叉在一条高速道路上起着吞吐交通流量的作用，而交通流量的大小又直接关系到修建高速公路的经济效益。立体交叉又起着梳理及控制车流的作用，通过高速公路出入口的立体交叉使全部车流渠化，这是高速公路营运安全的关口。因此，出入口处的立体交叉在高速道路上处于十分重要的地位。

由于高速公路是全封闭的，因此，高速公路正线本身通过某一地区，对该地区并无实际意义，只有高速公路出入口的立体交叉设在何处，才有重要的意义。高速公路出入口附近的地区受益最高。据调查，日本有 80% 的先导产业分布在高速公路的出入口附近，其产品和原材料几乎全部通过高速公路运输。这是因为出入口处为交通中心，运输十分方便。另外，因沿线产业以及配套设施的建立，也会促使区域人口的就业问题得以解决，使经济发展更加活跃。

2. 单个立体交叉

采用立体交叉是解决平面交叉口交通问题最彻底的方法。在道路网中，各种道路纵横交错，必然会形成许多交叉口，交叉口是道路系统的重要组成部分，是道路交通的咽喉。相交道路的各种车辆和行人都要在交叉口汇集、通过和转换方向，由于它们之间的相互干扰，会使行车速度降低，阻滞交通，通行能力减小，也容易发生交通事故。

进出交叉口的车辆，由于行驶方向的不同，车辆与车辆之间的交错方式也不相同，可能产生的交错点的性质也不一样。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。因此，在交叉口设计中，应尽量采取措施，减少或消灭冲突点。在交叉口采用立体交叉是消灭冲突点最有效的措施。它将相互冲突的车流从通行空间上分开，使其互不干扰，为高速、安全、大量行车提供了可靠保障。据调查，设置立体交叉后，行车速度和通行能力，要比相同规模的平面交叉口提高 2.5~3 倍。

对于城市道路上的立体交叉，还可以使行人和非机动车辆之间及二者与机动车辆之间，最大限度地减少或消除干扰，既保证了机动车的行驶速度，又保证了行人和非机动车的安全。同时，采用立体交叉，可以不设置交通信号灯或交警指挥，减少了交通管理费用。

另外，对设计新颖、施工先进、绿化良好的立体交叉，也可以作为某地区或某城市的代表工程，反映建设的成就、现代化的气氛，或作为一种人工构造的景观，来点缀环境。

二、立体交叉的组成

立体交叉通常由跨线构造物、正线、匝道、出入口以及变速车道等部分组成，如图 1-10 所示。

1. 跨线构造物

它是立体交叉实现车流空间分离的主体构造物，指设于地面以上的跨线桥（上跨式）或设于地面以下的地道（下穿式）。

2. 正线

它是组成立体交叉的主体，指相交道路（含被交道路）的直行车道，主要包括连接跨线构造物两端到地坪标高的引道和立体交叉范围内引道以外的直行路段。根据相交道路等级，正线可分为主要道路（简称主线），一般道路或次要道路（简称次线）。

3. 匝道

它是立体交叉的重要组成部分，是指供上、下相交道路的转弯车辆行驶的连接道，有时也

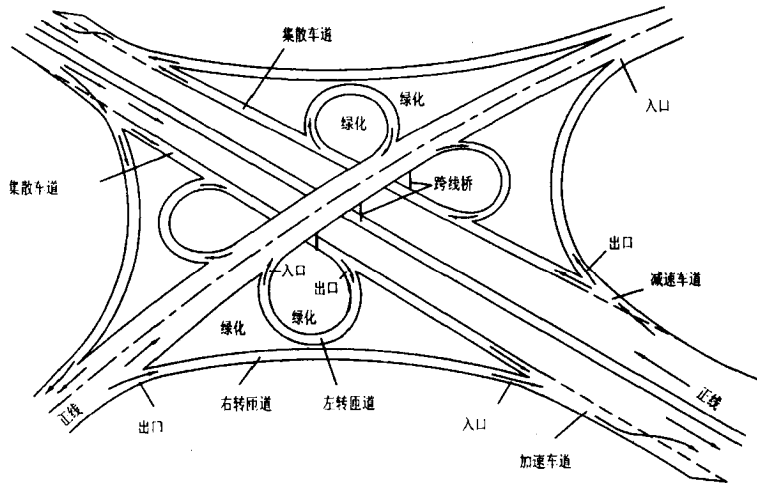


图 1-10 立体交叉的组成

包括匝道与正线或匝道与匝道之间的跨线桥（或地道）。按其作用可分为右转匝道和左转匝道两类。

4. 出口与入口

由正线驶出进入匝道的道口为出口，由匝道驶入正线的道口为入口。

5. 变速车道

为适应车辆变速行驶的需要，而在正线右侧的出入口附近增设的附加车道。它可分为减速车道和加速车道两种，出口端为减速车道，入口端为加速车道。

6. 辅助车道

在高速公路立体交叉的分、合流附近，为使匝道与高速公路车道数平衡和保持正线的基本车道数而在正线外侧设置的附加车道。

7. 匝道的端部

是指匝道两端分别与正线相连接的道口，它包括出入口、变速车道和辅助车道等。

8. 绿化地带

在立体交叉范围内，由匝道与正线或匝道与匝道之间所围成的封闭区域，一般用以美化环境的绿化地带，也可布设排水管渠、照明杆柱等设施。

9. 集散道路

在城市附近，为了减少车流进出高速公路的交织和出入口数量，可在高速公路的一侧或两侧设置与其平行且分离的专用道路。

立体交叉的范围，一般是指各相交道路端部变速车道渐变段顶点以内所包含的正线、跨线构造物、匝道和绿化地带等的全部区域。

除以上主要组成部分外，也包括立体交叉范围内的排水系统、照明设备以及交通工程设施等。对城市道路立体交叉还应包括人行道、非机动车道和各种管线设施等。对于收费立体交叉也包含收费站、收费广场和服务设施等。

三、公路立交与城市道路立交的特

公路上的立体交叉和城市道路上的立体交叉，在其作用、主要组成部分和设计方法方面是

基本相同的。但由于受地形、地物、用地以及收费制等环境条件的影响，使得二者之间又有一些区别，设计的主导思想各具特色。了解它们之间的不同特征，对于指导立体交叉的规划与设计具有非常重要的意义。概括起来，公路立交和城市道路立交的不同特征表现在以下几方面：

1. 公路上一般为收费立交，可供选择的形式较少；而城市道路上的立交一般不收费，可供选择的形式较多。因此，城市道路立交形式多样，可充分发挥设计者的主观想象力，设计出新颖、美观的立交形式。

2. 公路立交一般不考虑行人和非机动车交通，立交形式简单，以二层式为主；而城市道路立交须考虑行人和非机动车交通，立交形式复杂，以多层式为主。城市道路上最突出的问题是庞大的自行车流和行人交通，如果要把机动车、非机动车和行人交通全部分离、互不干扰，城市道路立交的层数至少应为三层以上，形式更为复杂。而高速公路一般为汽车快速、安全、直达运输服务，对少量的行人和非机动车可由辅道和通道组织交通。因此，在城市道路立体交叉设计中，对非机动车和行人交通必须予以特别重视，合理解决。

3. 公路立交一般间距较大，相互之间干扰较小；而城市道路立交的间距较小，匝道不易布置，相邻立交之间影响较大。在城市道路上，当有连续多个路口时，一般距离在 600~800m 之间，如果都采用立体交叉，由于距离较近，会造成匝道布置不下，或导致指示标志无法设置；若主要路口设置立体交叉，次要路口采用平面交叉，一旦平面交叉口发生交通堵塞，往往影响到立体交叉交通的正常运行。同时，平面交叉口车辆的横穿，也会影响主线车辆的行驶速度，使主线通行能力下降。有时为了降低工程造价，相邻立体交叉之间需要下降或抬高到地表面，造成行车上下起伏不平顺。因此，在立体交叉的规划和设计时，应对一条道路上的立交全面分析，统一考虑，不应孤立地为解决某一交叉口的交通问题而设置立体交叉。

4. 公路立交的计算行车速度比城市道路立交的高，相应地线形指标高，占地面积也大。

5. 城市道路立交用地限制较严，往往采用非标准型立交；而公路立交用地限制较松，多采用标准型立交。

6. 城市道路立交受地上、地下各种建筑物和管线影响大；而公路立交受这方面的影响一般较小。通常，在城市道路的交叉口处地上建筑物（尤其是永久性高大建筑物）及各种杆柱较多，而在地下各种管线纵横交错，也有部分人防工程，使得拆迁数量大、费用高，非建安费有时达 50% 以上，并增加了立体交叉设计的难度。

7. 城市道路立交比公路立交更多地重视美观问题。城市道路立交除满足交通功能以外，还应符合市政建设景观方面的要求。在结构上要求简洁、轻巧、线条连续；在外观上要求新颖、漂亮、飘逸等，并与周围环境协调统一。

8. 城市道路立交设计须考虑施工时，在狭小的场地条件下，便于维持原有交通和进行快速施工；而公路立交施工时场地多不受限制，交通组织也较方便，只须注意适当的工期即可。

9. 城市道路立交比公路立交的排水系统更为复杂。城市道路立交多为地下管渠排水，并与城市整体排水系统连接，有时需要设置泵站提升排水；而公路立交多采用地上明沟排水，相对比较简单。

10. 城市道路立交比公路立交更为重视绿化。公路立交绿化一般注重对通过立交车辆的引导作用，而城市道路立交则更侧重于对立交的美化，使之成为城市的象征或景观之一。

第三节 立体交叉的设计资料与步骤

一、设计资料

在立体交叉设计之前，应通过实地勘测和调查，收集下列所需设计资料：

1. 自然资料：测绘立交设计范围的 1:500 ~ 1:2000 地形图，详细标注建筑物的建筑线、种类、面积、层高、地上及地下各种杆柱和管线，调查并收集用地发展规划、地质钻探、水文、土壤和气候资料；收集立交附近的国家测量控制点和水准点资料等。

2. 交通资料：调查并收集各转弯及直行交通量，交通组成，推算远景交通量，制作交通量流量流向图或表，调查非机动车和行人流量等。

3. 道路资料：调查相交道路的等级、平纵面线形、横断面形式和尺寸，相交道路交角、控制坐标和标高；路面类型及厚度；确定道路净空高度、设计荷载、计算行车速度及平纵横技术指标等。与铁路交叉时，还应调查铁轨股数、间距、列车通过次数、断道时间、净空和净宽要求等资料。

4. 排水资料：收集立交所在区域的排水系统、现状和规划；调查各种管渠的位置、埋深和尺寸等。

5. 文书资料：收集设计任务书，上级主管部门的具体要求、意见及有关文件；有关技术标准 and 规范等资料。

6. 其它资料：调查取土、弃土和材料来源；施工单位、施工季节、工期、交通组织和安全等方面的资料。

二、设计步骤

一座立体交叉的设计，是通过规划、可行性研究、方案设计到技术设计的全过程。其中，方案设计和设计一般可按以下步骤进行：

1. 初拟方案：根据设计要求和地形条件，在地形图或其上覆盖的透明纸上勾绘出各种可能的立交方案。

2. 确定比较方案：对初拟方案进行分析，应考虑线形是否顺适，转弯半径能否满足要求，各层间可否跨越，拆迁是否合理，一般选 2~4 个比较方案。

3. 确定推荐方案：在地形图上按比例绘出各比较方案，完成初步的平纵设计、桥跨方案和概略工程量计算，做出各方案比较表，全面比较后一般确定 1~2 个推荐方案。比较时应考虑交通是否流畅安全，各匝道的平纵横及其相互配合是否合适，立交桥的结构、布置是否合理，设计和施工难易程度，整体工程的估价，养护营运条件以及立交的造型和绿化等。

4. 确定采用方案：对推荐方案视需要做出模型或透视图，征询有关方面的意见，最后定出采用方案。应权衡造价与方案、近期与远期、局部与全局的关系，也可采用分期修建的立交方案。

5. 详细测量：对采用方案实地放线并详细测量，进一步收集技术设计所需的所有资料。

6. 技术设计：完成全部施工图设计和工程预算。

以上 1~4 步为初步设计阶段，当可选方案较少或简单明了时可酌减步骤，5~6 步为施工图设计阶段。

三、设计成果

根据交通部《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》和《公路工程基本建设项目设计文件图表示例》的有关规定，立体交叉设计在初步设计和施工图设计阶段应分别提交下列设计成果：

(一) 初步设计阶段

1. 互通式立体交叉

互通式立体交叉设置一览表、工程数量表、方案比较表、交通量分布图、立交平面图，主线被交叉道路和匝道的纵断面图、横断面图，桥型布置图、透视图等。

2. 分离式立体交叉

分离式立体交叉设置一览表、工程数量表、立交平面图、道路和匝道纵断面图、桥型布置图等。

3. 通道与人行天桥

通道与人行天桥设置一览表、工程数量表、通道一般布置图、天桥一般布置图。

(二) 施工图设计阶段

在施工图设计阶段的说明书中，应说明初步设计审批意见执行情况，设计说明，施工方法和注意事项说明等。

1. 互通式立体交叉

互通式立体交叉工程数量表、平面设计图、线位图，主线、被交叉道路和匝道纵断面图，匝道及被交叉道路标准横断面图和路面结构图，匝道与主线连接部详图和路面高程数据图，排水系统布置图，排水沟加固及高路堤地段边坡、急流槽结构图，跨线桥桥型布置图，跨线桥全桥工程数量表，安全、管理设施布置图和大样图等。

2. 分离式立体交叉

分离式立体交叉工程数量表、立交平面图、平纵面布置图、结构设计图和全桥工程数量表等。

3. 通道与人行天桥

人行天桥工程数量表和布置图，通道工程数量表和布置图等。

第二章 立体交叉的规划

道路立体交叉的规划布局合理与否，对交叉口通行能力的提高、交通的安全、行驶时间的节省和道路功能的发挥有很大影响。它不仅关系到道路所在地区的整体规划，还关系到道路的整体使用效果、道路的经济价值和道路的环境等。因此，在规划设计道路的立体交叉时，必须综合交通条件、自然条件、社会条件等多方面的因素进行比较确定。

第一节 立体交叉规划调查

一、交通调查

道路立体交叉规划作为道路所在地区道路网规划的重要组成部分，交通调查是不可缺少的调查。其主要目的是为了解道路和立体交叉可利用的交通量并估计将来增加的趋势，因此调查内容应包括交通现况调查、起讫点调查、普通交通量调查等。搜集和调查的资料加以整理分析后，将作为以后决定道路位置和标准以及道路立体交叉的数目、位置、形式的主要依据。

（一）交通现况调查

交通现况调查着眼于道路所在地区的整个运输系统，由于其它运输方式如铁路、航运、水运等的运输流向和数量及目的地等诸类重要资料均与道路交通有密切关系，彼此相互影响，因此，在规划高速道路和立体交叉之前，对于其它运输系统的调查工作非常重要。此项调查不仅局限于路线附近部分，应进行广泛而深入调查，掌握其与高速道路相互配合的关系，并作为预测未来交通趋势的依据。

（二）交通起讫点(OD)调查

交通起讫点调查就是从某一出行点到吸引点之间对交通单元（车辆、货物）的流量流向，及其通过的线路和起止地点等资料的调查。它在交通规划中占有极为重要的地位。

1. OD 调查的目的

收集出行的类型与数量方面的资料，弄清“源”与“流”之间的关系，从中推求远景年的交通量，为交通规划和可行性研究提供基础数据。如调整城市结构布局，完善交通网系统，选择交通运输方式，预测远景年的交通量等，都需要详细的 OD 调查资料。对于高速道路和立体交叉规划所需的交通组成和可利用交通量，也是以 OD 调查资料为基础的。

2. OD 调查的内容和调查前准备工作

通常，OD 调查分两类：客流 OD 调查和货流 OD 调查。前者的调查重点为起讫点分布、出行目的、出行方式、出行时间、出行距离、出行次数等；后者的调查重点为货源点与吸引点分布，货流分类数量与比重，货运方式分配等。

OD 调查前的准备工作如下：

(1) 画线分区

在调查区境界线确定后，为了研究分析大量的交通源及其空间分布情况，应结合调查范围

内行政区域划分和道路、河流、铁道等构造物，将调查区域分成若干小区。小区划分多少、大小，视交通复杂程度和研究目的、人口密度而定。一般说来，规划区域内的交通小区划分较小，规划区域外的交通小区划分较大，离规划区域越远的区域交通小区划分越大；交通矛盾突出的地方，交通小区应划分较小，外围则相对较大。

(2) 确定抽样率和抽样方法

如果调查范围和对象不是很大，可采用全样调查。多数情况下，需按一定比例抽取调查的样本。抽样率的大小与母体数量、调查对象的复杂程度，调查分析的目标和精度有关，一般来说，母体越大抽样率越小。但调查对象越复杂，分析的目标越多，精度要求越高，抽样率应越大。美、日等国建议按表 2-1 标准选定抽样率。

国外抽样率建议标准

表 2-1

人口数上限(万)	< 5	~ 15	~ 30	~ 50	~ 100	> 100
抽样率(%)	20	12.5	10	6	5	4
抽样比例	1:5	1:8	1:10	1:15	1:20	1:25

抽样方法与数理统计中使用的方法相似，一般有简要抽样法、两阶段法和比估值法等。

(3) 资料准备及人员培训

客、货流基本情况的收集，设计、印刷调查表格等工作应提前做好。表格设计的原则是既要满足调查的要求，又要简明扼要，使被调查者易于填写或回答，同时注意结构合理，为以后的统计分析工作减少工作量。

调查结果的质量很大程度上取决于调查人员的素质，尤其在面访中，调查人员的责任心将直接影响调查的成功。因此，对调查人员要严格要求，训练过程中要反复讲明调查目的、要求和内容，要模拟实际调查时可能出现的各种情况，强调培养耐心、热情与韧性。

另外，在全面展开调查工作前，应制定调查计划，并先做小范围的典型实验，以暴露一些问题，取得经验教训，进一步完善计划和做法。

3. OD 调查方法

OD 调查的方法多种多样，根据调查内容、要求不同可以采用多种不同的方法，但最常用是家访调查法、表格调查法、路边询问法等。

(1) 家访调查法

家访调查法用于客流调查。在调查区内的居民或流动人口中，对抽样选取的对象进行家访，由调查员当面了解包括学龄儿童在内的全体家庭成员一天的出行情况。

(2) 表格调查法

表格调查法可用于机动车调查或货流调查。将调查表发给单位、车场的机动车驾驶员或利用收费站发放、回收调查表格，由驾驶员逐项填写。填写前需做好动员和解说工作，对当日未出车的原因予以说明。

(3) 路边询问法

路边询问法是在主要道路或城市出入口上设置调查站，让车辆停下，询问该车的起讫点和其他出行资料。抽样率可取 20% ~ 50%。调查过程中需注意不要造成因车辆过多而引起延误甚至堵塞，因此需要有交警的协调。此法是目前国内公路网规划和可行性研究中最常用的 OD 调查方法。

另外，还有明信片调查法，车辆牌照法，电话询问法等，可参阅有关交通工程方面文献。

4. OD 调查的成果整理和分析

(1) OD 调查表

车流、货流可分为区内流动，各区之间的流动和过境流动三类。调查区内流量、流向、经过路线，以及起点和终点，都要用图表形式明确表达出来。OD 调查表能反映上述所收集的资料。OD 调查表一般采用矩形表和三角形表两种表现方法。

矩形表(见表 2-2)是在直角坐标轴左上取起点及终点，表明地区之间车流流向，各元素为各流量。它适用于车流的流动方向经常变化而流量显著不同的情况。

三角表(见表 2-3)，它是将矩形表往返合计分开的车流合并成一个回程的表达方法，因此它适用于区间往返流量相等或流向相对稳定的人车流动。

OD 调查矩形表

表 2-2

$O(i) \backslash D(j)$	1	2	3	4	...	n	$Q_{pi} = \sum_{j=1}^n Q_{ij}$
1	Q_{11}	Q_{12}	Q_{13}	Q_{14}	...	Q_{1n}	Q_{p1}
2	Q_{21}	Q_{22}	Q_{23}	Q_{24}	...	Q_{2n}	Q_{p2}
3	Q_{31}	Q_{32}	Q_{33}	Q_{34}	...	Q_{3n}	Q_{p3}
4	Q_{41}	Q_{42}	Q_{43}	Q_{44}	...	Q_{4n}	Q_{p4}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮
n	Q_{n1}	Q_{n2}	Q_{n3}	Q_{n4}	...	Q_{nn}	Q_{pn}
$Q_{Aj} = \sum_{i=1}^n Q_{ij}$	Q_{A1}	Q_{A2}	Q_{A3}	Q_{A4}	...	Q_{An}	Q

OD 调查三角形表

表 2-3

OD	1	2	3	4	...	...	n	Q_i
	q_{11}	q_{12}	q_{13}	q_{14}	...	...	q_{1n}	Q_1
		q_{22}	q_{23}	q_{24}	...	...	q_{2n}	Q_2
			q_{33}	q_{34}	...	...	q_{3n}	Q_3
				q_{44}	...	...	q_{4n}	Q_4
					⋮	⋮
						...	⋮	⋮
							q_{nn}	Q_n
								$Q = \sum Q_i$

表 2-2 和表 2-3 中的元素关系：

$$Q_{ii} = q_{ii} ; q_{ij} = 2Q_{ij} = 2Q_{ji}$$

表 2-3 中 q_{ii} 与 Q_i 的关系：

$$Q_i = 2q_{ii} + \sum_{j=i+1}^n q_{ij}$$

表中 Q_1, Q_2, \dots, Q_n 表示各区的出行交通量，且 $Q_i = Q_{pi} + Q_{Aj}$ 。

(2) 期望线图和交通等值线图

由于调查区之间常有几条路线相通，用 OD 表很难掌握各区之间的交通流，所以按照人们选择最短和最畅通路线的意愿，在交通规划地图上用线条宽度与交通成一定比例的粗直线将各区的形心连接起来，即绘成按 OD 调查表所要求的期望线图，如图 2-1 所示。

将期望线图上所表示小区形心之间的直线改绘成与道路走向方向相同而粗细不同的折

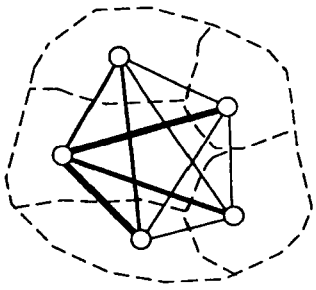


图 2-1 期望线图

线，粗细折线就表示汇集该路段上交通量大小，即形成交通量等值线图。所获得的路线方向交通量可作为计算设计交通量的依据。

高速道路沿线控制出入，仅有互通式立体交叉可以进出，因此交通量等值线图上沿高速道路方向交通流量发生变化之处，将被研究预定为立体交叉的位置。

另外 根据要求，OD 调查还可提供交通发生统计图和出行特征资料。

(三) 普通交通量调查

高速道路所在地区的道路网的现状及交通量是普通交通量调查的内容，它包括有关路线的年平均日交通量、高峰小时交通量、交通类型和组成、流向、流量、各年交通量增长率、交通量月、周、日不均匀系数、车流平均运行速度以及交叉口的交通状况等资料。若立体交叉位于城市，还必须同时搜集非机动车和行人流量。

交通调查时要特别注意了解可能设置互通式立交的位置及匝道的连接地点对该地区的道路网是否适当。因为高速道路中互通式立交的设置，有可能对该地区道路网中的交通量分配产生较大影响，并使现有道路承担一部分交通量，有可能造成现有道路的超负荷运行，恶化交通条件。因此，交通调查有利于互通式立交位置的正确确定。

二、社会经济调查

社会经济系统作为运输系统分析的三要素之一，在进行交通规划和可行性研究时，社会经济现状和预测资料不可缺少。社会经济调查是根据交通规划的需要，对所规划区域内的社会经济状况作全面的调查，收集详尽的资料。顾及立体交叉规划是交通规划的重要部分和立体交叉规划的个性特点，可把调查任务分为综合社会经济调查和区域社会条件调查。

综合社会经济调查是对某一地区社会经济现状和远景发展所作的全面调查，以获取全面交通规划所需的基础资料，这也利于整个地区立体交叉的宏观定位。区域社会条件调查则是针对某一高速道路全体或部分立体交叉的调查，其目的在于帮助立体交叉的定位和选型。

(一) 综合社会经济调查

综合社会经济调查包括下列内容：

1. 人口

社会经济分析研究的目的不同，需要的人口指标不同。人口调查的指标可以分为两大类，它们是：

(1) 总量指标 如总人口 职工人数 社会劳动者 劳动力资源总数 农业人口与非农业人口等。

(2) 相对指标，有人口密度，人口自然增长率、人口平均增长速度等。

2. 自然资源

自然资源的储量和分布从根本上影响或决定着社会经济的结构、布局以及规模，因而影响和决定了交通基础设施的布局。国民经济发展与能源消耗量的增长有着直接的联系，其它的自然资源也是如此，因此，资源在某种意义上说就是交通运输的运量和潜在运量。自然资源包括燃料动力资源、矿产资源、水土资源、旅游资源等。与道路规划和可行性研究关系密切的资源主要有矿产资源和旅游资源等。

3. 经济

交通运输是为经济发展服务的，经济发展是交通运输需求的根本源泉，所以经济调查的主要内容应包括以下几个方面：

(1)经济水平。经济水平是经济发展的总体规模及发展程度，目前我国反映经济水平的指标主要有国民经济生产总值（生产的最终产品和提供的劳务总量的货币表现），社会总产值（农业、工业、建筑业、运输业、商业等五个部门的物质生产总成果的货币表现）工农业总产值、工业总产值和农业总产值、国民收入等。

(2)经济结构。经济结构是社会经济各种成分，国民经济各个部门和社会再生产各个方面的构成及其相互关系，最直观的指标是国民经济各部门的各产业的总产品或总劳务的价值量和各自在总体中所占的比值。国民经济各部门可按五大类分为农业、工业、建筑业、运输业和商业，也可按三大产业分为第一产业（农业，包括林、牧、渔业等）第二产业（工业和建筑业）第三产业。

(3)经济布局。经济布局主要指生产布局，它从根本上决定了交通流的发生点和汇集点分布。这里调查的主要内容是地区重要物质生产部门在空间上的分布以及各重点区域的行业专门化程度。专门化程度是反映各种物质生产部门专业化水平的一个概念，通常用区位商来表示。区位商是地区某个部门的职工人数占地区职工人数之比重与全国该部门的职工人数占全国职工人数之比重的比值。

(4)建设投资。建设投资调查的主要指标有，全社会固定资产投资、基本建设投资、更新改造措施投资、其他固定资产投资以及国外贷款与投资。同时还应调查投资方向构成和主要投资项目等。

(5)外贸。外贸调查的主要内容有进、出口总量；进、出口产品结构；主要贸易伙伴及贸易水平等。

(6)经济计划及规划。经济计划及规划是国家和各级人民政府对经济工作所做的预计筹划及安排，是经济发展的目标。调查的主要内容包括有关产业、经济发展趋势与展望，经济发展目标及水平，经济增长速度，建设投资额，投资重点和重点项目等。还应注意调查经济制度与立法，如有关经济特区，对外经济开发区的政策等。

社会经济分析与预测详见本章第二节。

（二）区域社会条件调查

区域社会条件的调查，为有关占用土地、拆迁建筑物、文物古迹及对环境影响方面的调查。

互通式立交占地面积很大，其补偿费用占工程费用比例也很高，因此占用土地调查十分重要。占用土地不只影响立体交叉位置的选定，更重要的是直接关系到立体交叉型式的选择。

立体交叉区域内的建筑物及其设施，不仅会给办理征购土地造成困难，而且拆迁也会给当地经济环境造成影响。要注意调查住宅、商业和工业用地的变更及居民搬迁和变换职业的情况。

关于文物古迹的调查，不能仅限于文物保护法指定的名胜古迹，还要按照历史文物古迹的重要程度，采取不同措施，或变更路线位置，或预先挖掘，但这些都必须与文物保护部门取得联系，进行联合研究调查。

互通式立交一定要避开居民区、文化区和其它环境敏感区，要特别注意噪声、废气等公害对这些地区的污染问题。

三、自然条件调查

自然条件的调查,包括有关地形、地质、排水、水利、气象、地物等。一般情况下借助于1/2000的地形图或实地勘查资料选定互通式立交的位置。选择其位置时,应尽量避免开陡峻的地形和地基软弱地区,更不要选择在铁路、河川附近,以及需要修建长大构造物的位置上。城市立体交叉还必须考虑建筑物的范围、大小和地下管线的埋藏以及与周围环境的配合。

在确定立交型式阶段,要作详细的土质调查和水利、排水调查。在寒冷地区,气象条件调查也是很重要的。

第二节 立体交叉的交通流量预测

一、交通预测的基本概念

预测技术是广泛应用于社会、经济和工程技术等领域的一门综合性的方法论科学。其基本思想就是根据历史和现状预测未来,即在研究事物发生、发展过程所呈现的规律性和分析现状条件、环境因素的制约和影响的基础上,推测事物未来演变的状态和发展趋势。

预测具有科学性、近似性和局限性等特点。它遵循可知性、可能性、相似性、关联性、反馈性和系统性原理。

交通预测是预测技术在交通领域的运用,是对规划期内的公路运输发展作出的科学估计。通过对过去和现有交通运输网的组成和特性进行分析,进而推知未来区域运输网上交通流量构成和分布特征。应当强调的是道路运输发展预测应以社会经济发展预测为基本依据。

(一) 交通预测的步骤

交通预测的一般步骤如下:

1. 确定预测目标。预测是为决策服务,所以要根据决策所提出的要求去确定预测的目标。
2. 选择预测影响因素。从大量因素中,鉴别、选择和确定与预测目标有关的影响因素。
3. 搜集、整理资料。资料是进行预测的依据,应根据预测目标的具体要求,搜集预测时所需要的社会经济发展、路网发展、国土规划等资料,做好预测前准备工作。
4. 数学模型的选择与建立。通过分析预测对象内部因素的相互关系和外部环境的制约条件,选择适当的预测途径和方法,使构造的模型能满足确切性、简洁性和适应性等要求。通常预测模型的型式有统计型、连续型、递推型、时间序列模型、因果模型等。
5. 数学模型的检验。由于模型是利用历史资料得出的,它们反映的是事物发展的历史规律,因此,应根据搜集到的有关未来情况的资料,对得到的预测模型加以分析和研究,检验其是否能够应用于对未来实际的预测。如利用回归技术得到的数学模型能否通过各种有关的检验,看模型是否反映出事物发展的未来规律;事物发展的概率分布是否将发生较大变化,等等。
6. 进行预测。根据搜集到的有关资料和经过检验所确定的预测模型,就可计算或推测出预测对象发展的未来结果。这种预测是在假设过去和现在规律能够延续到未来条件下进行的。
7. 分析和确定预测结果。由于模型是对客观实际现象的简化和抽象,在建模时,还会存在一些难以考察或技术上的困难而被省略、被简化的复杂环节,所以,预测结果与实际结果难免会有较大偏差。因此,每次得到预测结果之后,都应对其加以分析和评价,通常是根据常识和