



济南市天桥工程

8.15
17

中国建筑工业出版社

济南市天桥工程

济南市城市规划管理局

上海市市政工程设计院

中国建筑工业出版社

本书主要介绍济南市天桥的设计、施工与试验研究。内容包括：天桥立交工程规划、主孔斜腿刚架设计与计算实例、引桥整体波双曲拱设计、天桥工程施工、推力体系结构（拱桥、刚架桥等）的荷载横向分布研究与荷载试验等。

本书可供城市建设部门设计和施工技术人员，及大专院校土建专业的师生参考。

济南市天桥工程

济南市城市规划管理局

上海市市政工程设计院

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

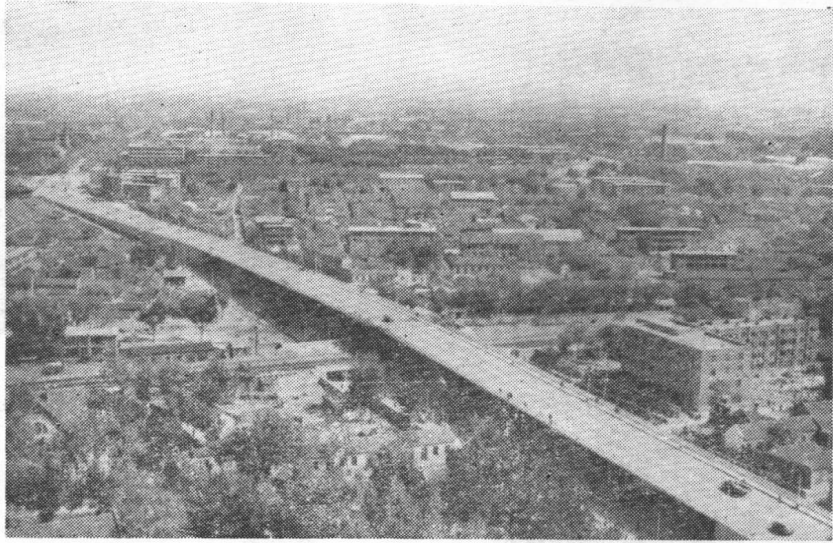
*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：9¹/₈ 插页：1 字数：222千字

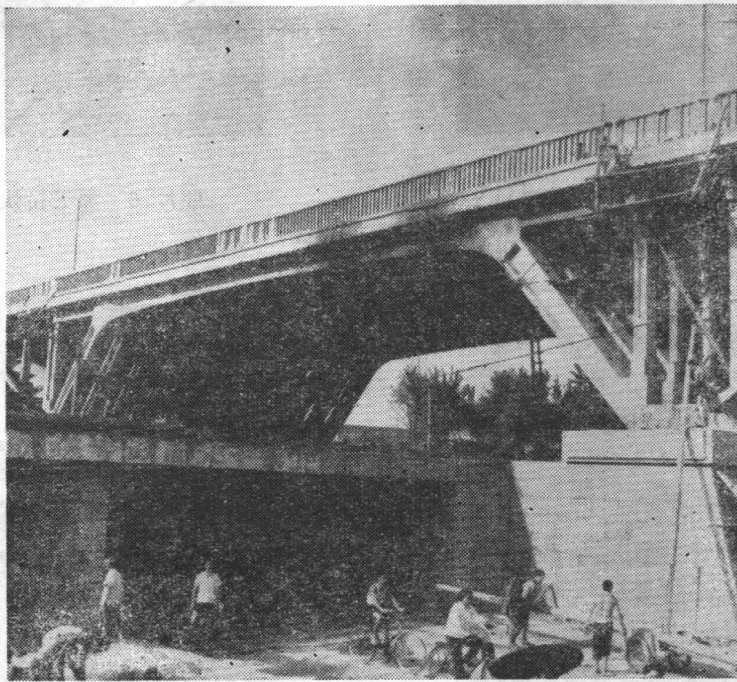
1981年11月第一版 1981年11月第一次印刷

印数：1—2,700册 定价：1.00元

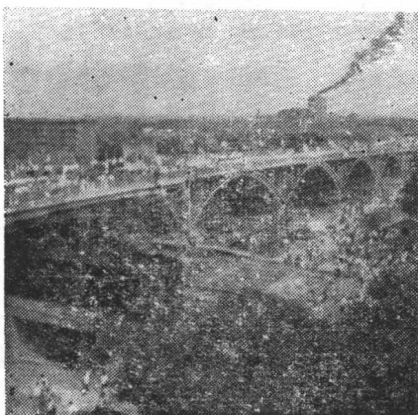
统一书号：15040·4037



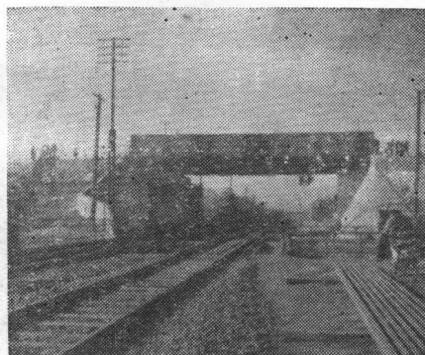
照片 1 天桥全貌（由南向北影）



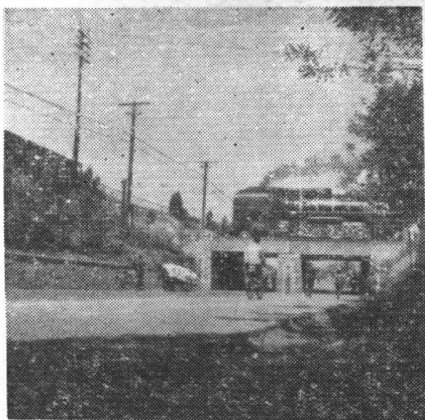
照片 2 主孔斜腿刚架及地道桥



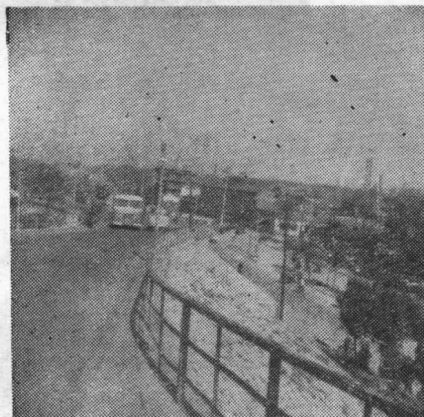
照片 3 天桥主孔向北影



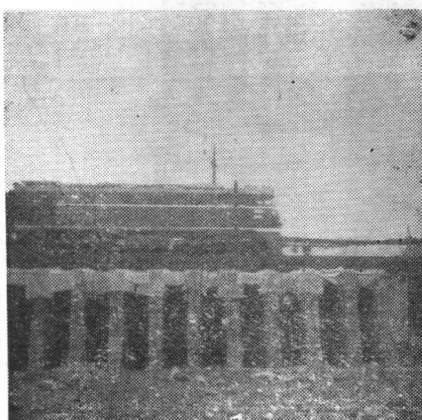
照片 4 原天桥



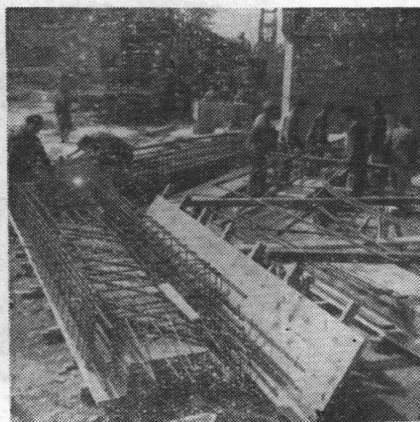
照片 5 原天桥东侧两孔地道桥



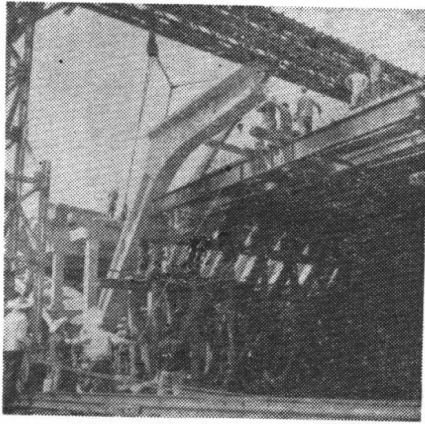
照片 6 原天桥快车道引道



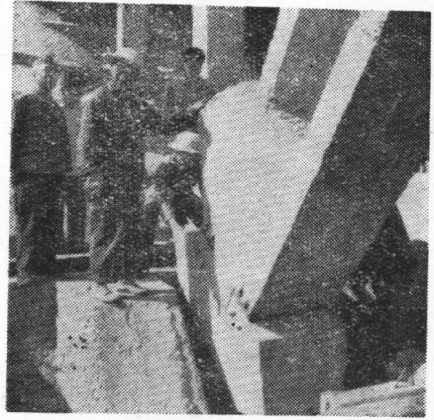
照片 7 主孔桥墩施工



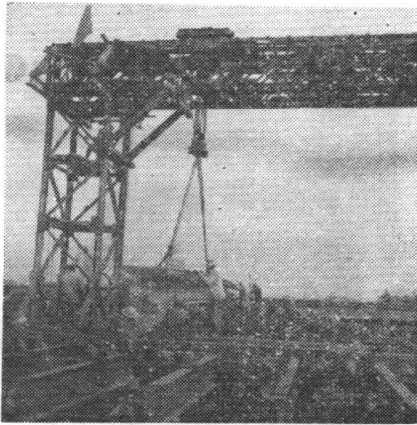
照片 8 主孔斜腿预制



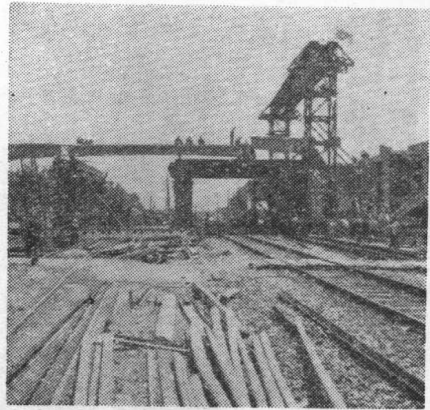
照片 9 主孔斜腿吊装



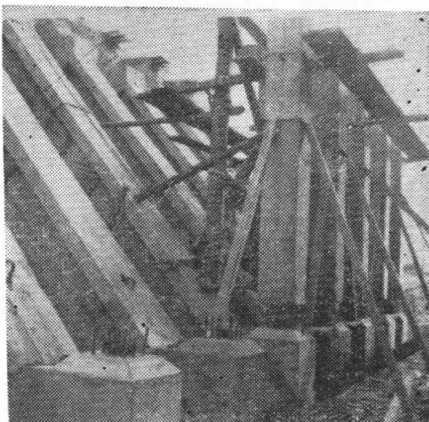
照片 10 主孔铰支座就位



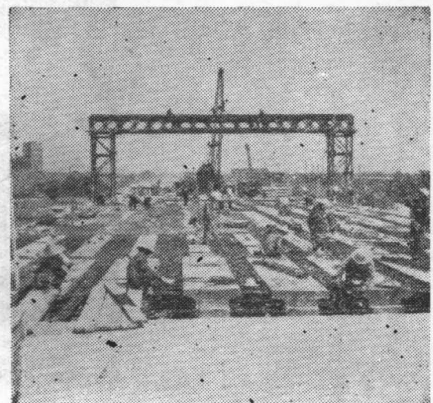
照片 11 主孔中段梁吊装



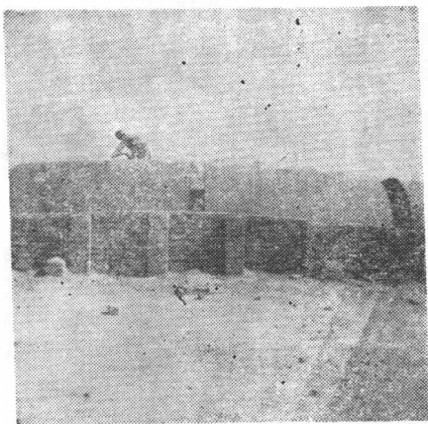
照片 12 主孔吊装就位



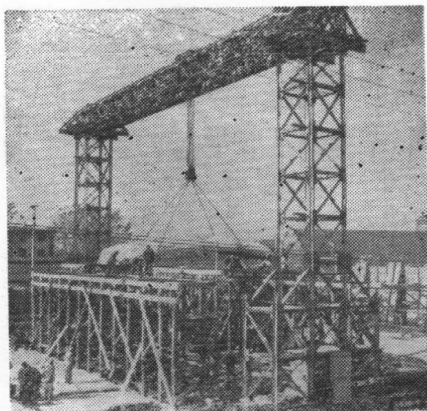
照片 13 主孔直拉杆安装



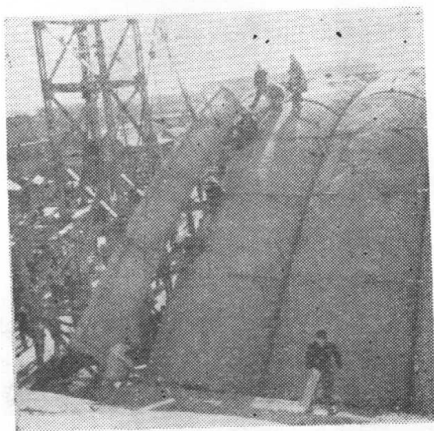
照片 14 主孔现浇桥面板



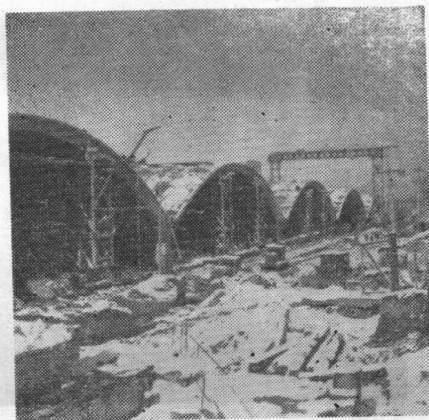
照片 15 引桥整体拱
波胎模



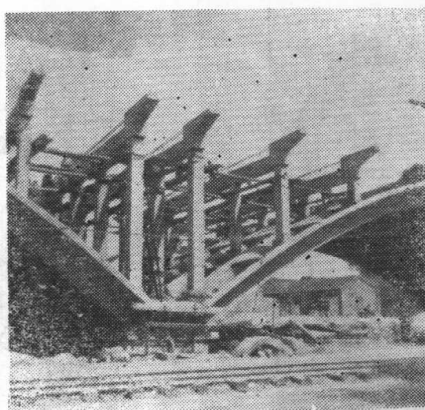
照片 16 龙门吊正在吊装引桥中
段整体拱波



照片 17 引桥悬半波吊装



照片 18 引桥主拱波安装完毕



照片 19 引桥拱上排架

前 言

济南市天桥为不互通的三层式立交桥：即城市干道的快车道以高架跨线桥跨越铁路（桥），而快车道两侧各设慢车道与人行道则通过铁路下的地道桥穿越铁路。

该桥在1973年12月25日动工，于1975年7月1日建成通车。其主体工程（即跨线桥的主桥、引桥、引道）由上海市市政设计院设计；铁路地道桥由济南铁路局设计；成丰桥改建、慢车道及排水、照明设计则由济南市市政工程公司设计。除铁路桥外，其他工程均由济南市市政工程公司施工。

本书系该工程技术总结性的叙述，共分四章，其中第一章天桥立交工程规划及第三章天桥立交工程施工由济南市城市规划管理局编写。第二章天桥立交工程设计及第四章研究与试验由上海市市政工程设计院编写。

本书在编写过程中，曾得到同济大学、济南铁路局、济南市市政工程公司、山东省交通局等有关部门的指导和支持，特在此致谢。由于我们业务水平不高，书中难免有缺点和错误，请读者指正。

目 录

第一章 天桥立交工程规划	1
第一节 天桥在济南市总体规划中的地位和作用	1
第二节 天桥立交工程的规划方案	1
第三节 天桥立交工程方案比较	3
第二章 天桥立交工程设计	7
第一节 工程概况	7
第二节 主桥斜腿刚架的设计与计算	8
第三节 引桥双曲拱、下部结构及引道的设计	57
第四节 铁路地道桥	69
第三章 天桥立交工程施工	72
第一节 主孔斜腿刚架桥施工	72
第二节 引桥双曲拱桥施工	75
第三节 铁路地道桥施工	81
第四节 引道挡土墙施工	84
第五节 快慢车道及排水工程	85
第六节 栏杆外装饰及照明	86
第七节 成丰桥改建	87
第四章 研究与试验	88
第一节 概述	88
第二节 推力体系宽桥荷载横向分布问题	89
第三节 双曲拱桥试验荷载横向分布计算	94
第四节 双曲拱引桥荷载试验	124
第五节 分析	127

第一章 天桥立交工程规划

第一节 天桥在济南市总体规划中的地位和作用

济南市为津浦、胶济两大铁路干线的交点。津浦铁路由北向西穿越市区，胶济铁路由东向西横贯市区，与城市道路交叉甚多。天桥系同时跨越津浦、胶济两线，又临近济南车站。在道路系统中处于穿越市中心区的南北主干道之中段，北接济洛路，直通黄河洛口港，与通往津京公路相交，南经纬二路，与济临公路衔接，恰好是济南市南北交通的咽喉（图1-1）。

天桥的地位不仅处于交通要道，也正是主要的排水通道。济南市南高北低，自然坡度大，而由于铁路与车站的位置横贯东西，致使近五华里长的地区中，竟没有一个排水洞口，经常造成积水为害。本地区上游汇水面积达2.65平方公里，以五年一遇的频率计算，估计有30个流量的雨水须经天桥的地道桥排入北面的工商河。另外还有其它地下管道亦需要由地道桥下通过。所以，天桥的修建直接关系到济南市工农业生产和交通运输的发展，以及人民生活和环境卫生的改善。

第二节 天桥立交工程的规划方案

一、桥位选择（规划中心线）

天桥桥位的选择，系根据城市道路规划中心线位置，在少拆迁房屋的原则下，尽量使桥中心线垂直于铁路，并与现有道路顺接好。经过方案比较确定在原有天桥以东20米处跨越铁路，桥中心线与铁路略呈斜交（斜交角 $\alpha=88^{\circ}48'30''$ ），与桥南端引道中心线一致，桥北接现有道路中心线，在桥北离设计铁路五股道中心约200米处有一折点，折角为 $4^{\circ}37'23''$ ，选用弯道半径为500米。

二、天桥横断面的规划设计

天桥的横断面形式和宽度，是根据道路等级、性质、交通量大小、机动车与非机动车所占比重，地上、地下管线、绿化等公共设施的要求，并结合道路规划和远景交通发展的需要而确定的。天桥位于南北干道中段，其南段纬二路，北段济洛路，所规划路幅宽度均为50米，现状已基本按规划形成（其中天桥南经一路至经七路一段，路幅宽只有13米左右，近期将予以拓宽）。现状道路横断面为三块板形式，可使机动车与非机动车分行。根据1973年9月原天桥南口交通流量调查资料分析，其中非机动车比重远超过机动车，故天桥横断面采用三块板形式。

天桥及引道横断面的组成，按现状交通量资料的分析，其高峰小时交通量为570辆/时，根据济南市交通量情况，年增长率定为12%，设计年限为20年，则计算规划远景交通量 $N=570(1+20\times0.12)=1938$ 辆/时（双向），根据每条车道通行能力的500辆小汽车，需要4车道。非机动车根据调查主要为自行车，高峰时间内半小时为5100辆，按每条自行

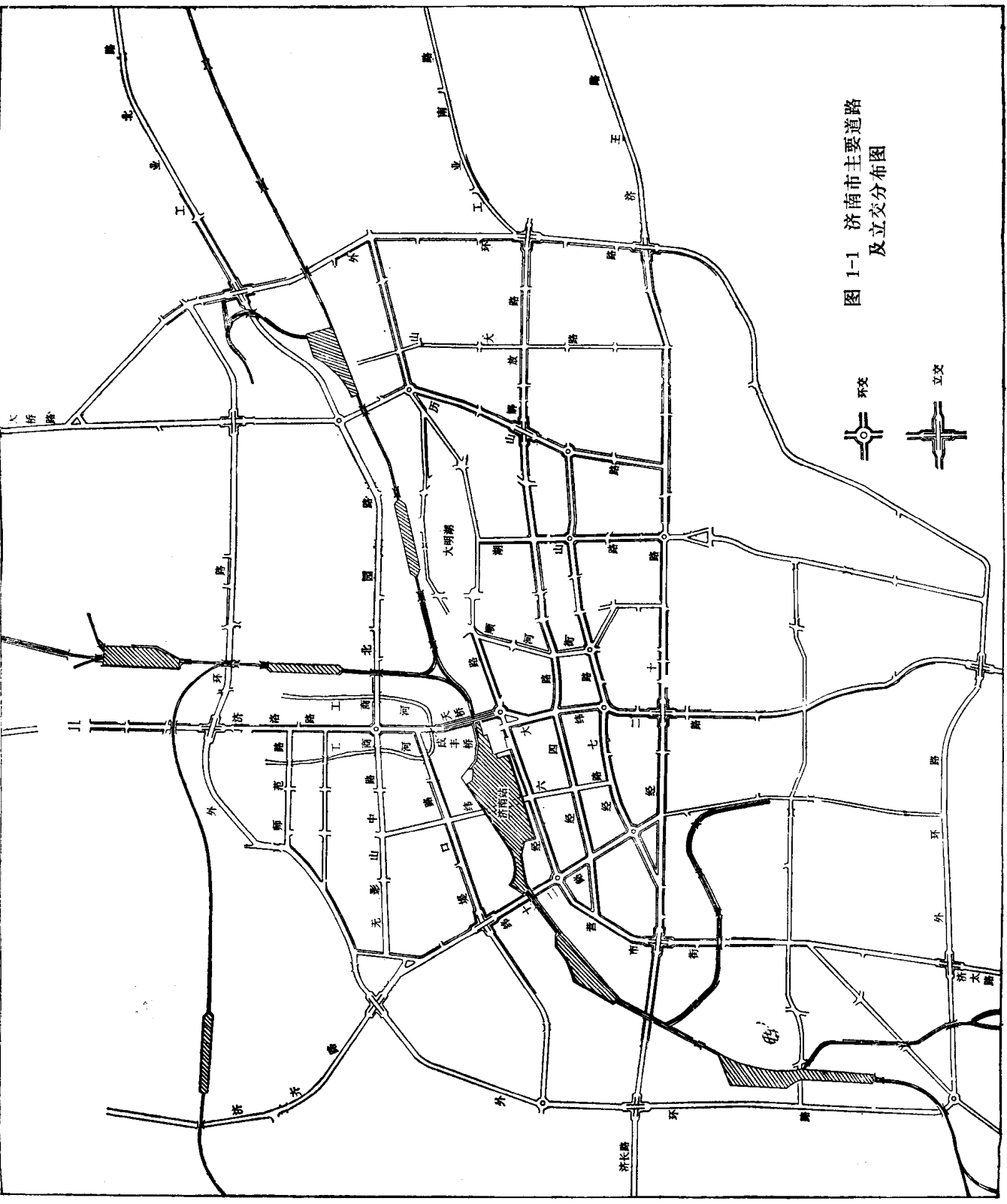
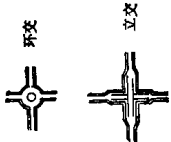


图 1-1 济南市主要道路
及立交分布图



车道的通行能力为750辆/时计，则需要设置14条自行车道，考虑近期自行车还可能有所发展，故取用16条自行车道（双向）。此外，据调查，目前还有少数地排车、兽力车，但一般行驶时间均不在自行车行驶的高峰时间，且逐渐在被淘汰，故不另保留余地。据调查，行人交通高峰时间内半小时为2700人，若按每条步道通行能力为半小时450人，则需设置6条步道（双向）。综上所述，天桥横断面各组成部分的规划宽度：跨线桥宽18.1米，其中：机动车道宽14米，两侧人行道各宽2.05米；东西两侧穿越铁路的地道桥各二孔。其中：一孔供非机动车行驶，净跨8.5米；一孔供行人通过，净跨5米。与其相适应的南北引道横断面组合：

5.0	+	8.5	+	2.5	+	2.0	+	14.0	+	2.0	+	2.5	+	8.5	+	5.0
人行道		非机动车道		绿带		人行道		机动车道		人行道		绿带		非机动车道		人行道
天桥及引道部分																

总宽为50米，两侧建筑要求后退5~10米，在地道桥头须后退10~20米，以利绿化。

三、天桥与排水

济南市排水规划采取雨污分流制。排除雨水规划，全市以22个地区分别排除，其中，天桥系经一路地区雨水的唯一出口。此区范围：经四路以北，纬一路以西，纬五路以东加上车站和天桥附近，汇水面积达1.57平方公里，按两年一遇的频率标准，设计流量为10米³/秒。但近期由于上游截留工程未建，经四路以南，经十路以北的范围还需要考虑，则其汇水面积就达2.65平方公里，并按五年一遇标准复核，除考虑经七路、经四路道路纵坡比较大，有1/3的雨水将向东流入西圩子壕外，故还有17米³/秒的水量必须通过天桥排出。

原有天桥的地道桥断面狭窄，引道坡度较大，且下游排水不畅，一遇较大降雨，路面过水深达1米左右，不仅波及经一路一带居民，甚至影响济南车站出站口的交通。故这次天桥须使地道桥具有适当的净跨，以使路面过水深度降到30厘米以下，以便解决中断交通的问题。

根据铁路要求设计轨顶标高为29.67米，非机动车要求净高3米，若以交通要求提出的地道桥断面为基础，则洞下路面标高为25.24米，而地道北端排水出口处的成丰桥规划桥面标高为24.50米，工商河历史最高洪水位23.75米，规划洪水位22.86米，故考虑用暗沟及路面排水相结合的方式排除雨水，即频率小于2年的雨水由暗沟排出，频率大于2年的雨水，即超出部分由路面排除，在成丰桥东西两侧慢车道外各做水簸箕一个将路面水引入工商河。以频率为5年的标准进行复核，路面水深小于30厘米，可不致于影响交通。

济南市排污规划共分6个系统，天桥系济洛路污水干管系统之中游。天桥不仅是交通要道，排水咽喉，也是各种地上地下管线的必经之地，天桥两侧设置的地道桥，正好能便于各种管线通过。

第三节 天桥立交工程方案比较

天桥拟建地点原有一快慢分行、跨线桥与地道桥相结合的小型三层式立体交叉。该项工程建于1911年，桥的纵轴与铁路中心线交角近于90°，但与北端济洛路纵轴则形成一个S形曲线，常因行驶车辆多，视线不好，而发生交通事故。此外，原跨线桥与地道桥还各居一侧，致使引道南北端交通混乱，机动车、非机动车及人流混杂一起，交通组织极不合理。

原跨线桥上部结构为净跨16米的下承式钢板梁，桥面净宽仅4.5米，两侧无人行道，

桥两端引道纵坡近 5%，会车视距不够，桥头错车困难，常因在桥上错车时相互挤撞而产生伤亡事故。跨线桥净高解放后虽经两次提高，也仅有 5.2 米，既影响较大设备的运输，也影响铁路股道的发展。在跨线桥东侧 2 孔的地道桥，净跨各 4 米，净高仅有 2.88 米，纵坡达 2.2%，非机动车行驶十分困难，而且桥下排水不畅，致使雨季时常积水，造成交通中断。

根据规划要求以及对原有天桥的分析，考虑地上、地下构筑物及其拆迁的可能性，附近的工程地质情况和修建后对附近的支路及两旁建筑物出入口带来的影响，以及城市排水和改善城市面貌等因素，并尽量使机动车与非机动车分行，以保证行车速度与安全。天桥方案的拟定，是在采取地道，还是天桥；或是天桥与地道相结合，作了三种形式进行比较（道路红线均按 50 米考虑，道路两旁拆迁房屋基本一样）。现分述如下：

一、跨线桥方案

桥位既处于车站东邻，又跨越于南北交通干线上。原铁路路基较高，铁路局部升高、降低均不可能，这是因为受到已有车站站台及铁路通讯、地下设备等所限制。采用跨线桥时，考虑目前还有相当数量非机动车行驶，桥上及引道纵坡不宜太大，而在保证桥下净空符合铁路要求下，引道势必就要加长。根据我国一些城市调查资料分析，对于非机动车行驶的坡度，其最大纵坡最好能控制在 2% 以下。跨线桥方案，如果最大纵坡按 2% 考虑，铁路南将顺坡 370 米，铁道北顺坡 650 米，桥道总长达 1000 多米。这样南面引道展伸到经一路口，而北面引道则到了工商河。桥头两端的路口，如不进行改线或者适当的拓宽，交通问题还不可能解决的好。否则，不仅拆迁量大，占地面积大，建设费用也大。同时，也难于与附近各支路连接的好，且引道过长，与四周建筑物的现状不好协调，综合这个方案的最大缺点是：

1. 交通问题不能彻底解决，快慢车混合行驶，既不能提高机动车的车速，也不能保证非机动车和行人的安全；

2. 桥头路口虽然可以进行改线和拓宽，但短时期内难于实现，则问题仍不能解决；

3. 解决不了超标准地面雨水排除问题。

因此，该方案没有进一步做经济比较。

二、地道桥方案

根据天桥所处地形条件及济南市的交通特点和今后的发展，地道桥洞的横断面，采用机动车与非机动车分离的三孔形式，即中孔行驶机动车，边孔行驶非机动车并布置人行道，中孔机动车道按四车道，车道边距洞壁有 0.5 米安全距离，中孔桥洞净宽为 15 米，边孔桥洞非机动车道宽为 7.5 米，人行道宽 1.5 米。地道中通行机动车的桥洞净空为 5 米，通行非机动车的桥洞净空为 3 米，引道断面相应采用三块板形式（图 1-2）机动车的纵坡采用 3%，铁道南顺坡 300 米，铁道北顺坡 150 米。非机动车道铁路南纵坡为 1.27% 顺坡 300 米，铁路北纵坡为 0.18% 顺坡 600 米，为了排除上游地面以及地道附近所汇集的地面水及地下水需要设置泵站一处。现将主要经济指标列表 1-1 如下：

本方案的优缺点

优点

1. 机动车与非机动车分流，避免了机动车、非机动车与行人间的相互干扰，能提高车速确保交通安全；

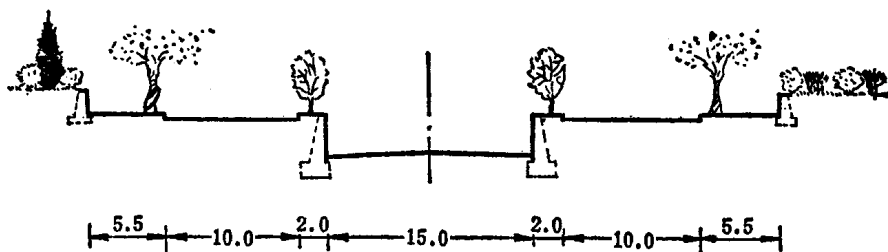


图 1-2 地道引道横断面图

泵站主要经济指标 表 1-1

材料名称	单 位	数 量	
		引道部分	地 道 桥
钢 材	吨	124	100
木 材	米 ³	129	511
水 泥	吨	2912	730
造 价	万元	372	120

2. 工程投资和三项材料用量均较少;

3. 施工比较简便;

4. 上游部分雨水及地道附近所汇集的地面雨水和地下水, 用泵站排出, 经常维持费用较多。

缺点 主要是对城市排水不利。雨水靠泵站排出, 除经常维持费较多外, 一旦遇大暴雨急于排出时, 如果下游工商河出现顶托或因泵站发生故障, 则雨水就不能及时排

出, 车道上会因积水而中断交通。此外, 济南向北其它几条主要对外交通干线与铁路相交处, 已建的或即将兴建的均系采用地道桥, 遇暴雨时, 有可能造成南北向全部交通中断, 从战备的观点看, 颇为不利。

三、跨线桥与地道桥相结合的三层立交方案

根据天桥所处的位置及特点, 又做了跨线桥与地道桥相结合的三层立交方案。即快车道跨越铁路为跨线桥, 东西侧慢车道在铁路下通过为地道桥。跨线桥路面由车行道和人行道组成, 车行道宽14米, 两旁人行道各宽 2.05 米, 南北纵坡均为2.6%, 铁路南桥道顺坡 370米, 铁路北桥道顺坡485米, 桥道总长 855 米。跨线桥下净空为 6 米, 跨径按铁道 5 股考虑, 而桥下东西两侧各设双孔地道桥, 通行慢车的桥洞净宽 8.91 米, 人行道桥洞净宽 4.93米, 慢车道桥洞净高为 3 米, 引道断面为慢车道宽8.5米, 人行道宽 5 米, 绿带宽2.5 米。铁路南引道纵坡1.28%顺坡300米, 铁道北纵坡为0.18%顺坡600米, 全长计 900 米, 道路全宽50米(图1-3)。

本方案主要经济指标列表1-2如下:

本方案的优缺点

1. 机动车与非机动车分流, 避免了机动车、非机动车与行人间的相互干扰, 能提高车速确保交通安全;

2. 非机动车道与人行道结合, 便于使道路与四周建筑物及附近支路的衔接, 竖向变化不大, 有利于施工和使用;

3. 跨线桥桥型采用斜腿刚架桥和具有民族特色的双曲拱桥, 在城市面貌上能有良好

表 1-2

材 料 名 称	单 位	数 量
钢 材	吨	680
木 材	米 ³	1000
水 泥	吨	7150
工程总投资	万元	600

注: 本表材料用量及总投资包括铁路地道桥在内。

的建筑艺术效果；

4.城市雨水采用自流排入下游工商河，小雨时从管道中排，大雨时由管道和路面排，不需要设泵站，减少了经常维持费，并能保证交通的正常运行；

5.工程量较大，一次总投资比第二方案大，三项材料用量也较多。

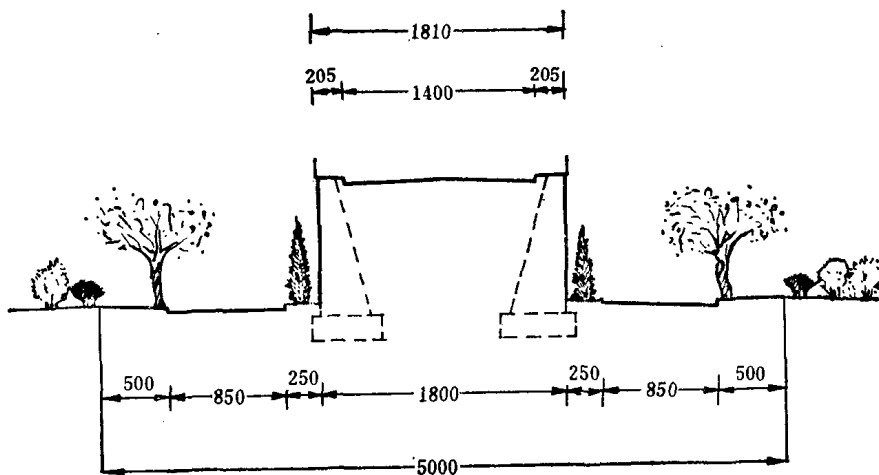


图 1-3 三层立交引道部分横断面图

根据上述三种类型方案分析比较，最后认为天桥与地道桥相结合三层立交形式比较合理，其最大的优点是既能较好的解决城市排水问题，也能解决机动车与非机动车的相互干扰问题。虽其工程量和投资较大，材料用量也较多，但从长远的观点看，该方案仍属经济的，故最后确定作为选用方案。

第二章 天桥立交工程设计

第一节 工程概况

一、工程范围

根据规划要求，天桥立交采用天桥与桥式地道相结合的类型。其工程范围北至成丰桥，南至经一路。包括快车道跨线桥及南北引桥（宽18.10米）共10孔总长340.5米，南北引道总长511.5米，两侧绿化带、慢车道、人行道（包括双孔桥式地道二座）总宽50米，全长854.5米。另外配合道路接坡工程，对原有成丰桥同时进行拓宽（50米）改建。

二、主体工程

立交的主体工程由跨线桥、引桥及引道三部分组成。

（一）跨线桥上部构造采用跨径35米钢筋混凝土两铰斜腿刚架，矢跨比为1/5.76。桥面最高处在跨越铁路部分，最大建筑高度为14.39米。下部构造：主墩采用空心重力式墩身，基础采用天然地基上的大方脚基础。

（二）引桥共9孔（主孔以南四孔，主孔以北5孔），净跨径均为30米。上部构造为等截面悬链线（ $m=1.347$ ）整体拱波双曲拱。矢跨比为1/5。下部构造除南端一号墩为实体混凝土墩身外，其余墩台均为空心重力式混凝土墩身，扩大基础。为满足战备要求及施工安全，所有桥墩均按承受恒、活载单向推力设计。

（三）引道设计中为了避免高填土造成地面沉降及影响市容，引道挡土墙高度最高为7.6米，并根据填土高度，分别采用肋式（8米以下）、衡重式（5米以下）及重力式（3米以下）三种不同形式，以达到结构合理、减少圬工体积的目的。主体工程见图2-1。

三、桥位

桥位中心线按城市道路规划，北接天成路现有道路中心线，在官扎营后街与官扎营中街之间为一折点（折角 $I=4^{\circ}58'29''$ ），弯道平曲线半径（ $R=500$ 米），在老天桥以东20米处跨越铁路，与铁路略成斜交（ $Q=1^{\circ}11'30''$ ），向南顺接至经一路交叉口。

四、技术标准

（一）道路等级：天桥位于济南南北主要干道上，北接天成路、济洛路直达洛口黄河港。南接卫二路、济临公路。道路等级按交通部1972年部颁标准二级公路，并结合城市道路具体情况进行设计。

（二）桥面净空：桥上快车道按四车道设计，净宽14米，两侧人行道（包括栏杆），各宽2.05米，总宽18.10米。

（三）桥下净空：根据济南铁路局的规划，考虑铁路日益发展的需要，津浦、胶济两铁路均需扩建复线，同时考虑车站咽喉区改建机待线加长，因此，跨线桥下按五股道考虑，净宽27米。桥下考虑内燃机车通过，净高6米，见图2-2。

（四）跨线桥设计荷载：根据该桥性质及该桥所处的位置，荷载标准按我国公路桥梁

图 2-2 主孔桥下净空