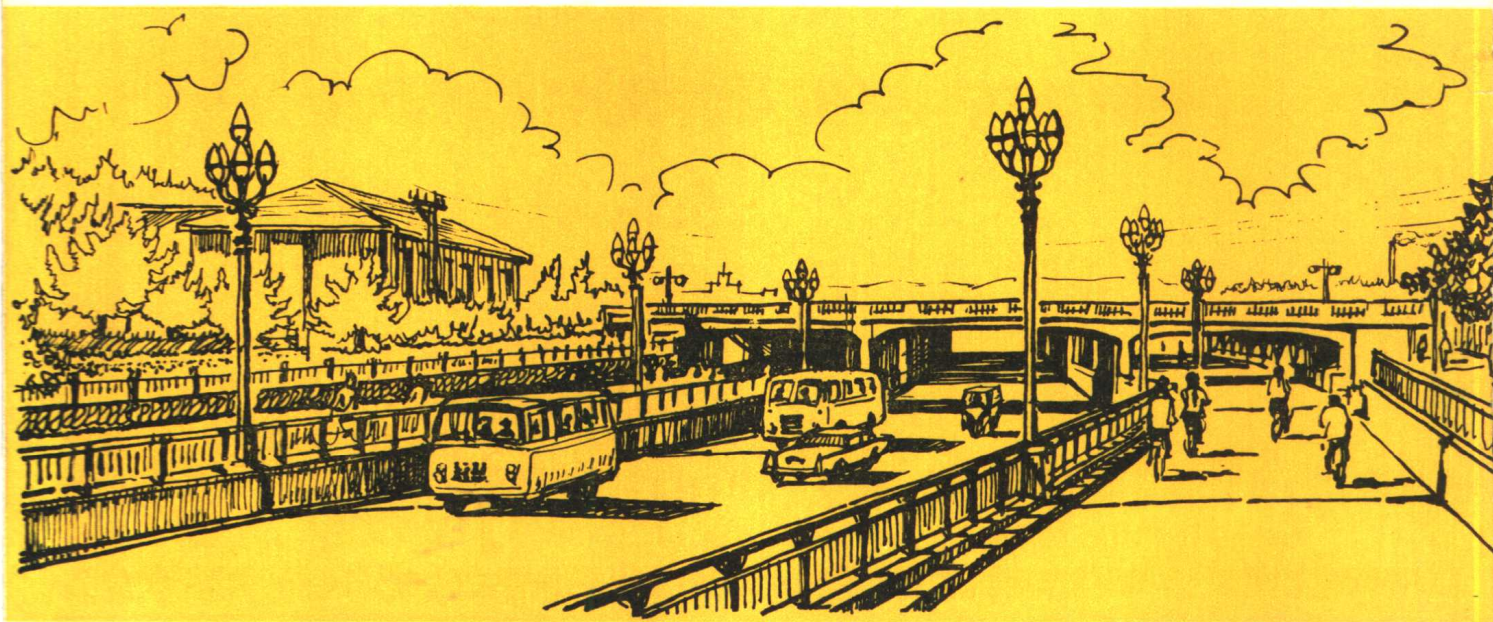


城市地道设计与施工

天津市市政工程局《城市地道设计与施工》编写组



中国建筑工程出版社

城市地道设计与施工

天津市市政工程局《城市地道设计与施工》编写组

中国建筑工业出版社

本书主要介绍我国一些城市地道设计与施工实践的经验。内容包括：地道设计概述、箱形框架结构设计、引道设计、地道施工、后背设计、铁路加固的设计计算、地道排水及地道的建筑设计等。书后附有三孔箱形框架计算实例以及地道顶力、地道工程概算等参考资料。

本书可供城市建设部门设计和施工人员以及大专院校土建专业的师生参考。

城市地道设计与施工

天津市市政工程局《城市地道设计与施工》编写组

*

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

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：9 3/4 字数：230千字

1976年12月第一版 1976年12月第一次印刷

印数：1—18,130册 定价：0.75元

统一书号：15040·3308

前 言

无产阶级文化大革命以来，随着我国工农业生产的迅猛发展，城市交通运输量增长很快。在交通繁忙的铁路干线贯穿或局部包围城市的情况下，城市的主要干道与铁路的原有立体交叉或平面交叉道口已不能满足交通的需要。尤其是平交道口，由于铁路的运营车次频繁，使城市道路的交通中断时间过长，造成交通阻塞，影响生产运输和人民生活，成为近年来市政建设中迫切需要解决的问题。

在毛主席无产阶级革命路线指引下，许多省、市的市政建设部门和铁路部门，在保证铁路安全运行的情况下，用顶进箱形框架的方法，修建了许多立交地道及过水桥涵，改善了城市交通，促进了生产发展。通过实践，使设计理论及施工技术不断改进，逐步摸索到在铁路线下用顶入法修建立交地道的一些经验。为了使从事市政工程的工人和技术人员了解和掌握用顶入法修建立交地道的设计方法与施工工艺，以便运用到实际工作中去，我们编写了这本书。书中除介绍技术经验外，还收集了一些实例和数据，供参考。

由于用顶入法修建立交地道的实践还不多，因此，本书介绍的一些技术经验有待充实完善，某些问题也尚待进一步探讨。

在本书编写过程中，曾得到各兄弟城市有关部门的热情指导和支持，给予编写工作以极大的帮助。由于我们水平有限，书中难免有缺点和错误，请读者指正。

天津市市政工程局《城市地道设计与施工》编写组

1975年12月

毛主席语录

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。这就是马克思主义的认识论，就是辩证唯物论的认识论。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

要认真总结经验。

目 录

第一章 地道设计概述	1
第一节 地道的构造	1
第二节 立交方案的拟订	2
第三节 地道横断面形式及一般尺寸要求	5
第四节 地道的施工设计	6
第五节 地道的附属设施	7
第二章 箱形框架的结构设计	8
第一节 结构形式	8
第二节 设计规定	9
第三节 框架计算	13
第四节 用渐近法计算单层或多孔框架	32
第五节 弹性地基上框架的计算	49
第六节 截面验算	52
第七节 地基应力计算	55
第八节 构造要求	56
第三章 引道设计	59
第一节 一般要求	59
第二节 分离式引道设计	61
第三节 封闭式引道设计	62
第四节 引道的施工图实例	64
第四章 地道施工	66
第一节 概述	66
第二节 顶进工艺	70
第三节 工作坑	75
第四节 箱涵预制	78
第五节 后背修筑	81
第六节 铁路加固	83
第七节 顶进设备	87
第八节 施工排水	90

第九节 箱涵起动	92
第十节 对顶法施工	93
第十一节 对拉法施工	94
第十二节 中继间法顶进	94
第十三节 深覆土顶进	96
第十四节 斜框架顶进	96
第十五节 多箱分次顶进	97
第十六节 顶拉法施工	98
 第五章 后背设计	 99
第一节 顶力计算	99
第二节 后背墙的土抗力	100
第三节 钎桩墙的设计	101
第四节 后背梁的设计	101
 第六章 铁路加固的设计计算	 106
第一节 轨束梁的计算	106
第二节 工字钢束梁的计算	108
 第七章 地道排水	 112
第一节 排水方案的拟定	112
第二节 盲沟设计与施工	114
第三节 泵站设计	116
 第八章 地道的建筑设计	 118
附录 I 三孔净跨5.5+9.0+5.5米箱形框架计算实例	122
附录 II 地道顶力参考资料	145
附录 III 地道工程概算参考资料	147
参考文献	148

第一章 地道设计概述

城市地道为城市道路穿越铁路的立体交叉工程。近年来，随着交通运输事业的发展，地道建设的发展很快，全国各地已修建了不少地道工程。这种工程的特点，是在保证铁路交通安全运行的同时，在铁路线下将预制的钢筋混凝土箱形框架，用机械顶入铁路路基内，成为一个铁路刚构桥。这种方法，称之为顶入法。顶入法不仅用于修建城市道路穿越铁路的立交道，还用于修建穿越铁路的过水桥涵，如农田排灌水渠及矿山排洪沟等。无产阶级文化大革命以来，用顶入法修建城市地道的技术发展更快。目前，已建成的地道中，顶入的箱形框架的外廓尺寸已宽达35.4米；箱顶距铁路轨底的距离已由2.0米逐步减少至0.4米；顶入的箱形框架，其整体长度最长的达36.5米；顶进时的最大顶力达4744吨；在建成的地道中，最长的穿越了30股铁路；在路基内的顶程最长的达48.5米。除由一端顶入的方法外，有的还采用了对顶法、对拉法、中继间法等新的施工工艺。



图1-1 已建成的某市穿越铁路的地道

地道设计的任务，就是如何在既有铁路线下，采用顶入法的施工技术，结合铁路桥梁和城市道路的技术要求，多快好省地解决铁路与城市道路的立体交叉问题。

随着城市建设的发展，对地道设计提出了新的要求，如结构计算、抗震要求、地道防水和排水，以及较长地道的采光和通风问题、噪音的消除、绿化和美观要求等等，都有待于在今后的实践中加以充实和提高。

第一节 地道的构造

地道的构造大致可以分成三部分：

一、桥洞

这是立体交叉工程的主体结构，是一个钢筋混凝土的箱形框架。此项框架多是在铁路一侧预制好，然后再以顶入法或其他方法将其顶入铁路路基内，框架的顶板代替了一般铁路桥中的梁，其侧墙则代替了桥梁的墩台，而底板作为基础，使箱架承受全部荷载而成为一个刚构桥。

地道的形式，以箱形框架的桥洞论，有单孔、双孔及三孔三种；也有分别顶入几个单孔的箱形框架组成的多车道形式。如图 1-2 所示，为一单孔地道，采用了变截面杆件的框架结构，其侧墙较厚而顶板得以减薄，从而取得了较大的桥下净空。

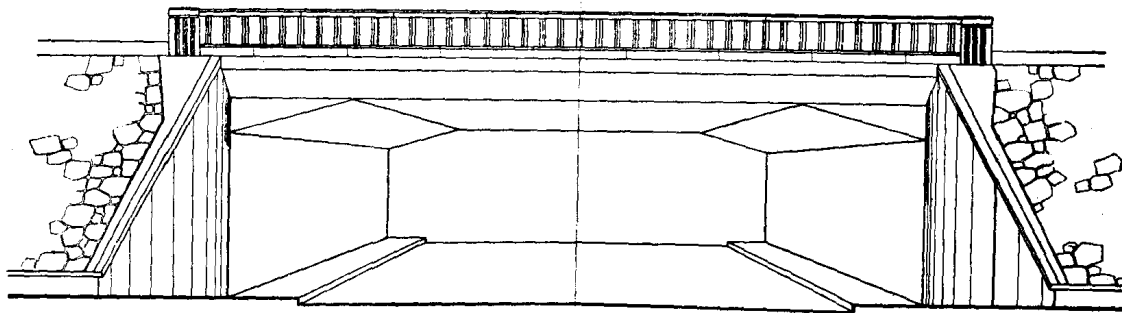


图1-2 穿越铁路的单孔地道

二、引道

在箱形框架的桥洞两端，增修引道，用以沟通铁道两侧的城市道路。在平原地区，铁路路基一般高出原地面 1~3 米，而箱形框架的建筑高度，一般在 6 米左右，因此，地道的引道常采用路堑式，并用 1~3% 的纵坡与原有道路接顺。引道的路基一般与城市道路的路基做法一样，其路面一般多采用水泥混凝土路面。

路堑式引道，如处于地下水位以下时，可以将引道的路面和侧墙筑成整体，成为封闭式结构。这种做法，耗费的材料较多，有时不甚经济。如果修筑敞开式引道，材料则较为节省，但敞开式引道若处于地下水位以下时，则需要在路面下和侧墙后修筑排水盲沟，接入泵站，促使地下水位常年降低。

三、附属工程

地道的附属工程主要是排水管道及排水泵站，用以排除地道桥洞内的雨季积水。对敞开式引道，还用于排除盲沟内的地下水。地道范围内的雨水，如能接入城市下水道内时，则可不另设泵站。

第二节 立交方案的拟订

城市道路与铁路立体交叉方案的拟订，须根据城市的规划要求，结合拟建地点的地形条件，对该地区的铁路、道路的交通情况，作全面的了解，并结合拟建的规模，对立交地点的地上地下构筑物、拆迁的可能性、排水要求以及施工条件等，经过不同方案的比较，权衡其各方面的优缺点以后，最后确定立体交叉工程的修建形式。

为达到上述目的，需要按下面的纲目，进行调查研究，取得必要的资料，作为决定上

行或下行的方案依据:

一、对拟修建立交工程的地区, 进行交通情况及其发展可能性的调查

1. 立交地点的铁路运行情况 列车通过次数及间隔时间, 轨道股数及每一股道的使用性质(如干线、区间线、专用线、作业线等), 各股道间距、高程, 与城市道路的交角, 拟建地点是否属于弯道或铁路道岔的集中处, 有无号志等其他讯号构筑物, 以及铁路规划情况和有关设施的改建计划等。

2. 道路的交通现状 货运交通量、公共交通量、自行车的高峰交通量以及非机动车辆的交通情况, 还应了解有无特种车辆的通行, 其数量和净空如何要求。

调查中应取得立交地点的道路规划断面形式及车道的规划宽度, 永久中心线位置及其与现状路中线的关系, 以及本路在总体规划道路系统中所属的等级和使用性质等资料。

二、对立交地点地上、地下构筑物及其拆迁可能性的调查

1. 在拟顶入箱形框架的铁路路基中有无地下管线、地下构筑物或其他地下障碍及其在箱形框架顶进时或顶进前拆迁的可能性。

2. 在预制箱形框架的工作坑开槽范围内有无地上、地下构筑物, 如房屋、电杆、地下电缆、给水排水管道、人防工事或其他工程构筑物等。还要了解其是否为永久拆迁或在施工期间的临时拆迁, 并能否临时加固。

3. 引道路堑开槽或路堤填土范围内的地上、地下构筑物的调查。

4. 需要设置泵站的立交工程, 尚应了解泵站附近的地上、地下构筑物的情况。

经上述调查后, 须将各类地上、地下构筑物的准确位置、尺寸、数量、规格型号等标注在比例准确的平、立断面图上, 对部分重要设施(其损坏会严重影响生产、战备、重要通讯、地区排水等)尚须加注必要的说明。

三、调查拟建立立交地点及附近的水文地质、工程地质情况

1. 工程地质 地基土壤的物理力学性质及指标, 地基承载力及压缩系数、各层土的深度及标高、土壤的渗透系数等。

2. 水文地质 常年地下水位的标高, 最高丰水位、枯水位及冻前水位, 地下水的流向等。最好能掌握立交地点附近的地下水位长期观测孔的水位动态资料。

3. 地面水的资料 包括河道、排水沟、稻田、水坑等, 调查中要掌握河道的河底标高、常水位、洪水位及河道的规划情况。

四、立交地点附近的支路及出入口情况

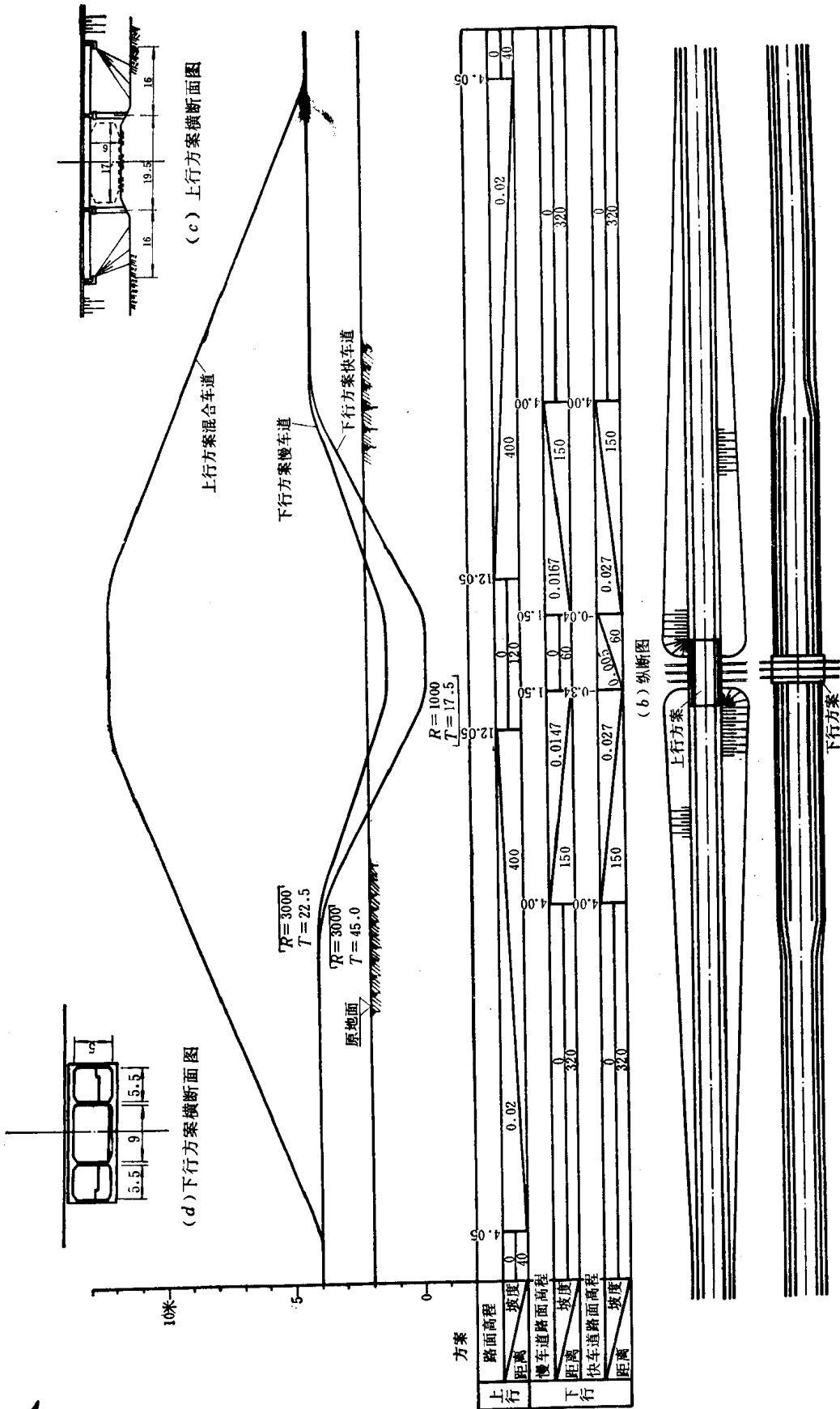
在建筑物较密集的地段, 须调查主要道路修建立交以后对支路及两旁建筑物出入口带来的影响。如立交的上行方案可能引起支路爬坡或穿过; 下行方案又可能使支路及出入口降低或跨越。另外尚须了解上述这些交叉对主要道路交通的影响, 以便在立交方案中作适当的考虑。

五、施工时的临时辅道

一般城市道路与铁路的交叉处, 都修建有平交道, 如在原有地点修建立交, 则需要考虑原有平交道在施工期间能否暂时断绝交通(此时铁路仍正常运行), 附近有无可绕行的路线, 如须另辟施工辅道时, 则应调查有否因为修建辅道而引起拆迁、占地的情况。

六、在方案中需要注意的其他问题

如地道排水出路、泵站电源及随地道穿越铁路的规划管线等。



(a) 平面图

图1-3 某立交工程方案图

经过上述的调查研究工作,取得必要的资料以后,结合方案的拟订过程,着重研究下列几个方面的问题:

(一) 上行还是下行,即是道路跨越铁路;还是道路穿行于铁路之下。

如原有铁路路基较高,道路较低,或是铁路有可能配合局部升高,并且非机动车的流量较大,在这种情况下,城市道路如从铁路下面穿过,则采用下行方案,较为适宜。

如原有铁路线标高与附近地面接近,而且改动的可能性不大,或改变后会引出一系列问题,如铁路枢纽、铁路股道较多、车站附近受站台限制等;且地下水位较高,修建地道后排水出路有困难;非机动车的流量较小;此外,还具备修筑高填土路基或高栈桥的条件时,则以采用道路跨越铁路修建跨线桥,选择上行方案为好。

如非机动车的流量较大,而修建地道又有困难,必须采用上行方案时,由于上行跨线桥一般引道长、坡度大、非机动车爬坡费力,如现状仍有可能利用原有平交道口时,除尽先考虑暂时保留外,也可考虑另辟非机动车行驶的专用道口,以弥补上行方案的不足。

本书主要讨论用顶进法修建立交地道,只适宜于下行方案。因此,有关上行跨线桥的设计与施工均从略。

对于新建铁路与现有道路交叉,在考虑现有道路的改建条件下,对采取下行方案时,最好考虑将地道修建成铁路的梁式桥跨形式,则施工较为简便。

(二) 排水方法

如道路穿行于现有铁路之下,除考虑地面水(雨水)的一般排除问题外,遇到地下水位高于引道路堑的地区,尚须对地下水的浮托力进行处理,一般多采用修筑排水盲沟消除其浮托力或修建封闭式抗浮结构,使引道不会因积水而影响交通,特别是在北方地区还可避免因地基冻胀而破坏路面结构。

第三节 地道横断面形式及一般尺寸要求

由于地道的桥洞及引道建成后不易改动,其形式及宽度除应满足当前交通使用外,并结合道路规划,在符合远近期结合的原则下,根据地区的交通特点,考虑发展。因此,在选择断面形式及确定路面宽度时,就应根据道路等级、性质、交通量和机动车及非机动车所占的比重,估计今后发展过程中的变化等因素,进行综合考虑。

一、地道横断面的一般形式

在市区交通干线上的地道,一般采用将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,使有利于车辆的安全行驶。由于非机动车道的桥洞净空较小,可将路面抬高,使非机动车道的坡度减缓,这样,对于路堑式引道,其挖土量及挡土墙的高度均可减小。图 1-4 所示,为一三孔式桥洞立交地道的断面。

对于郊区公路地道,一般多采用单孔形式,即机动车及非机动车混合行驶。

二、地道桥洞的尺寸及高程

对于三孔式桥洞,其中孔行驶机动车,如按四行车道设计时取 15~16 米,如按双车道设计时取 8~9 米,另外,车道边距洞壁每侧至少应有 0.25 米的安全距离,故中孔桥洞净宽一般为 8.5~16.5 米。边孔桥洞为通行非机动车及行人之用,按每一条自行车道宽约 1.5 米,每小时约可通过 500 辆,如果考虑自行车与其他非机动车混合行驶,则边孔桥洞的非

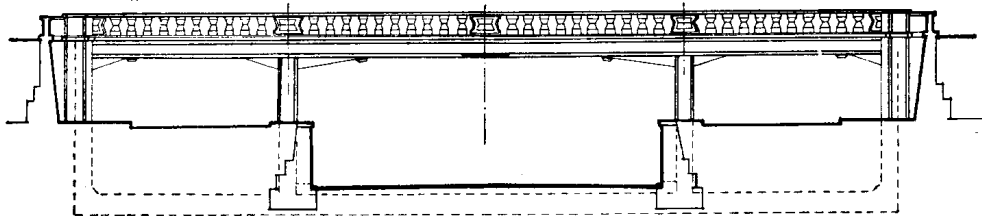


图1-4 三孔式立交地道

机动车道宽度至少为4~5米，此外，还应考虑人行道的宽度，一般为1.5米。位于郊区公路上的单孔立交地道，按双车道设计时，一般至少应有7米宽的路面，两边应各有0.75米宽的人行道；按单车道设计时，要求有4.5米宽的路面和两边各有0.75米的人行道。

地道中通行机动车的桥洞净空一般为4.5~5米。对有超高车辆的地区，在地道附近又无可供超高车辆绕行的路线时，地道桥洞的净空尚应适当提高，一般可增至5.7米。如果超高车辆的通过机会不是太多，且过于加大净空将使地道的引道坡度太陡或长度过长时，则可考虑设置专供超高车辆临时通行的平交道口。地道中通行非机动车的桥洞，其净空一般为3~3.8米，以3.5米为宜。如遇特大暴雨，排水不及、机动车道内临时积水或其他原因临时阻塞时，一般机动车也可从此通过。人行道的净空一般不少于2.5米。

地道桥洞的高程根据铁路轨底高程而定，一般使箱顶距轨底0.4~0.8米，作为铁路加固的空间。但须注意铁路纵坡对高程的影响，应以轨底高程最低点作为设计依据，不应以道路中心处的轨底高程控制设计，尤其当桥洞跨径较大时，此项出入也较大。

三、引道的断面形式

引道的宽度一般多与桥洞的一致或适当加宽，对路堑式引道，其横断面布置中，除了保证各种车道的宽度外，还应考虑挡土墙、灯杆、护栏、号志设施及分车带等所需的宽度。另外，有时在引道上还要考虑绿化的布置。

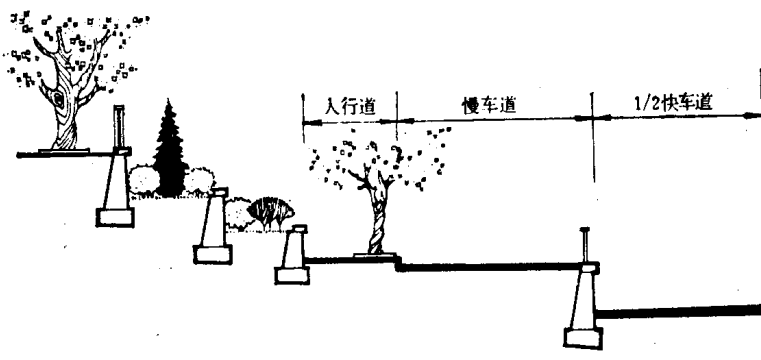


图1-5 某地道的引道断面

第四节 地道的施工设计

施工方案 的比较及施工方法的选择乃是地道设计中重要环节之一，也是确定立交工程

下行方案的关键。地道的横断面形式及尺寸对施工方案有着密切的关系，因为，横断面设计不仅取决于交通量的需要及规划要求，还要结合本地区的施工技术条件及机具设备能力加以综合考虑。目前，地道的施工方法主要采用顶入法（一次顶入法或分次顶入法）；而对顶法、对拉法、中继间法等效果也很好；对于跨径较小、长度较短的地道桥洞还可采用架梁推入法或架梁后就地浇筑的方法修建；有特殊需要的地道（如需要利用旧墩台或原有大梁的，或为管线穿越铁路而须修建空心墩台等）尚可采用顶墩拉梁法修建空心墩台的梁式桥跨；斜交地道的桥洞还可采用斜向顶进；深覆土的情况下也可采用将框架设计成双层的，使框架顶板覆土减薄，以尽量减少顶进时的土壤阻力；在铁路股数不多，有条件临时局部改线或局部永久改线时，也可考虑采用新建铁路桥的方法先修地道，然后架设铁路桥。

由于地道的施工技术发展较快，在决定施工方案时，应对各种方案进行技术经济比较，要打破常规，尽量采用先进技术，编制切实可行的施工方案。在地道完成技术设计后，对于施工设计，要根据确定的施工方案，提出各施工步骤的工程量及各施工期所需时间和主要材料、机具设备和劳动力等的数量。在施工设计中对于必须进行试验的新工艺，尚应提出具体的试验计划和必要的技术数据。

第五节 地道的附属设施

城市道路与铁路的立交地道，是城市交通的集中点之一，修建前后的交通量和交通组织将有很大的不同，在设计方案阶段，则须充分考虑交通的组织形式，在修建设计中，设置必要的交通信号及标志，以及分车带、护栏等设施。

立交地道的雨水应尽可能争取自流方式排入附近的河道或沟渠，当自流方式不可能时才考虑设置排水泵站的方法。泵站的位置须在地道的总体设计中结合排水出路、电源等一并予以考虑。

其他，如地道桥洞的立面处理及引道的照明、绿化、各种规划管线的敷设，以及这些附属设施对主体工程的要求等，在地道设计中都应作必要的注意。

第二章 箱形框架的结构设计

地道的主体结构一般采用箱形框架结构，或以箱形框架作为墩台，在其上架梁或板成为梁式桥跨，故箱形框架的设计，为地道设计的一项主要工作。一般箱形框架的杆件，可以按变截面或等截面设计成为单孔或多孔连续的钢筋混凝土结构(预应力或非预应力的)。

箱形框架的主要优点能使桥梁建筑高度减小，取得较大的净空，并以较薄的侧墙代替重力式墩台，使圬工量大为减小，因而结构自重轻，基底应力小。箱形框架由于是一个封闭式的整体结构，故其抗震性能比普通静定式的梁式桥为好。

第一节 结构形式

箱形框架的结构形式可分为以下几种：

一、按箱形框架结构的杆件截面类型分

可分为变截面与等截面两类。变截面的优点很多，以结构上说，其主要效能是使支点的负弯矩增加，跨中的正弯矩减少，因此，跨径中部材料可移至支点附近，既减少恒载力矩，同时亦减低支点附近高剪力区之剪应力。另外，变截面箱形框架由于顶板的厚度减薄，能使同样跨径的箱形框架增加桥下净空，外型亦较轻巧美观。

二、按箱形框架横断面孔型分

可分为单孔与多孔、闭合框架与门式框架，铰接中隔墙与固接中隔墙等类。铰接中隔墙可减少中墙的弯矩以及减少结构超静定次数。各类断面形式的箱形框架其计算简图如图2-1所示。

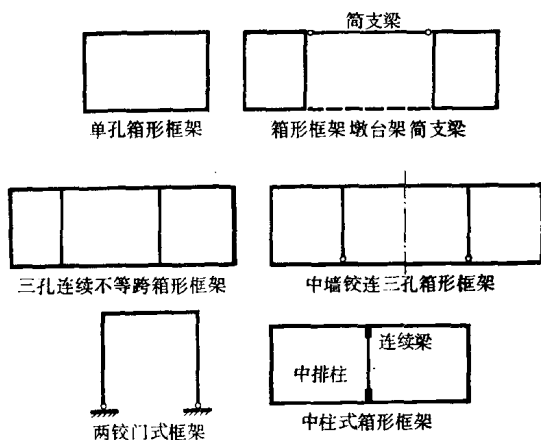


图 2-1

三、按地道的桥洞与铁路的平面交角分

可分为正桥与斜桥两类。凡地道的桥洞在平面上与铁路线或铁路路基正交或基本上正交者，称为正桥。若地道桥洞在平面上与铁路的交角大于 70° 时，仍可按正桥设计，对此，箱形框架的顶板和底板应在两端设置斜向主筋。若地道桥洞在平面上与铁路的交角小于 70° 时，则按斜桥形式设计较为妥当。关于这个问题，将在本章第八节中予以说明。

四、按框架的纵向设计分

可分为整体式及分段式两类。分段式顶入铁路路基后的框架，可用后张法施加预应力连接成整体，藉以增加结构的纵向强度。分段的长度由于受顶力及纵向经济配筋率的影响，不宜过长，一般不超过 $30 \sim 40$ 米。

框架结构还可按普通钢筋混凝土结构及预应力（包括横向及纵向）钢筋混凝土结构分类。

综上所述，各种框架的结构形式，都应根据实际情况和当地的施工条件，作出方案比较，因地制宜地选择。

第二节 设计规定

由于箱形框架实际为一铁路刚构桥，故在设计中，首先应遵循铁路工程各种技术规范进行。其次，再按弹性理论分析内力，并按容许应力作截面计算。

一、材料

钢筋一般选用热轧普通低合金钢筋16锰及普通碳素三号钢筋两种。其力学性能应符合 YB171—69 的标准，倘若采用普通碳素五号钢筋，其力学性能则应符合 YB171—65 标准。

常用热轧钢筋机械性能及容许应力 表2-1

直 径 (mm)	钢 号	屈 服 点 (kg/mm ²)	抗 拉 强 度 (kg/mm ²)	容 许 应 力 (kg/cm ²)	
				主 力	主力及附加力
6~40	三号钢筋(A ₃)	24	38	1300	1600
6~25 28~40	16Mn	34 32	52 50	1800	2300
10~40	五号钢筋(A ₅)	28	50	1500	1900

水泥混凝土一般采用300#以上，并要求能达到一定的抗渗和抗冻标准，并避免采用有侵蚀作用的附加剂，如氯化钙，氯化钠等。

300# 水泥混凝土的强度及容许应力 表2-2

混 凝 土 标 号	弹性模量 (抗弯)	抗压强度(kg/cm ²)		抗拉强度 (kg/cm ²)	容许应力(kg/cm ²)		容许剪应力(kg/cm ²)		
		轴心受压	弯曲受压		轴心受压	弯曲受压	R_p	R_{p-1}	R_{p-2}
300	2.1×10^5	210	260	21	80	100	19	7	3.5

二、设计荷载

顶入铁路内的箱形框架，既是一座铁路刚构桥，须按表 2-3 所列的荷载，就其可能的最不利组合情况，进行计算。

设计荷载分类及名称

表2-3

荷载分类		荷载名称
主 力	恒 载	结构自重 道碴及线路材料重量 土压力 水压力及浮力
	活 载	列车重量 冲击力 列车活载所产生的土的侧压力
附 加 力		制动力或牵引力 温度变化的影响力 混凝土收缩的影响力
特 殊 荷 载		地震力 施工荷载

1. 恒载：

计算竖向恒载时，根据“铁路工程技术规范”的规定，一般常用材料的重量如下：

钢轨及其零件……………7.85吨/米³

道床碴石……………2.0吨/米³

混凝土……………2.3吨/米³

钢筋混凝土(配筋率在3%以下)……………2.5吨/米³

当钢筋混凝土中配筋率大于3%时，其容重为单位体积中混凝土(扣除所含钢筋体积)重量加钢筋重量。

如全跨度上的竖向恒载不均匀，而实际的不均匀性不超过平均值的10%时，仍可按均匀的计算。

2. 活载：

(1) 箱形框架设计的竖向活载，采用中华人民共和国铁路标准活载，即“中—活载”，标准活载的计算图式见图 2-2。

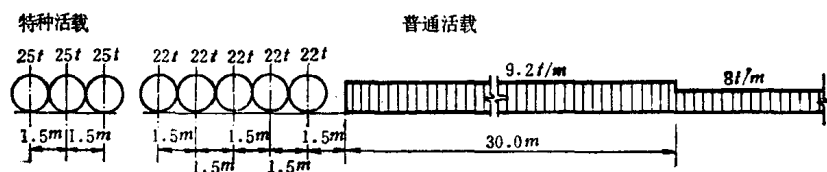


图2-2 中—活载

(2) 对于轨底到框架顶板的距离不足1.0米时，应将由静活载(即未计冲击力的静