

中国现代公路桥梁技术丛书

# 高速公路跨线桥

李亚木 王培阳 编著  
王伯惠 审定

(其他桥梁类)



人民交通出版社

China Communications Press

U448/2

2007

中国现代公路桥梁技术丛书

Gaosugonglu Kuaxianqiao  
**高速公路跨线桥**

李亚木 王培阳 编著  
王伯惠 审定

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书共分六章,主要介绍了 14 种适宜的上部构造桥形,包括近年新开发的无梁板桥,无桥台斜腿刚构桥、斜拉桥等。下部构造的桥墩为跨线桥景观的重要组成部分,因此以美学为线索讲述了各种桥墩形式的发展。桥台则以轻型化为线索讲述了各种桥台形式的发展,特别介绍了结构合理、造价经济、最适合跨线桥采用的带锥坡的排架桩式桥台。另外,着重讨论了桥头跳车问题和软基处理问题。

本书可供从事路桥设计、施工、管理的技术人员学习,参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

高速公路跨线桥/李亚木,王培阳编著. —北京:人民交通出版社,2007. 10

(中国现代公路桥梁技术丛书)

ISBN 978-7-114-06861-4

I. 高… II. ①李…②王… III. 高速公路—高架桥  
IV. U448. 28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 154107 号

中国现代公路桥梁技术丛书

书 名:高速公路跨线桥

著 作 者:李亚木 王培阳

责任编辑:张征宇 刘永芬

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:15.75

字 数:3904

版 次:2007 年 11 月 第 1 版

印 次:2007 年 11 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-06861-4

印 数:0001~3000 册

定 价:35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# 前 言

我国自 20 世纪 80 年代以来开始修建高速公路,迄今 20 余年已建成近 40 000km。高速公路与其他道路相交必须采用立交,而立交无论分离式或互通式、双层或多层的,皆必须采用跨线桥。如果每千米平均以 2.5 座计,即已修建了近十万座跨线桥。城市高架桥、跨线桥亦十分众多。在这个过程中我们取得了大量经验,同时也有不少教训。按照粗略规划,今后我们还将继续修建高速公路 40 000km 左右,即还需修建近十万座跨线桥。因此,总结现有跨线桥的经验和教训,对更加好、省、快地建设今后的跨线桥是一项十分有意义的工作。

跨线桥大都是旱地修建的中小跨径桥梁,而且跨越另一条公路、城市道路或铁路之上,位置显著,每天皆有成百上千车辆从下面通过,因而上、下部构造的景观十分重要。根据上述两个主要特点,本书介绍了 14 种适宜的上部构造桥型,包括近些年新开发的无梁板桥(辽宁)、无桥台斜腿刚构桥(湖北)、斜拉桥(中小跨径)等。下部构造的桥墩为跨线桥景观的重要组成部分,因此以美学为线索叙述了各种桥墩形式的发展。桥台则以轻型化为线索叙述了各种桥台形式的发展,特别介绍了结构合理、造价经济、最适合跨线桥采用的带锥坡的排架桩式桥台。对于跨线桥桥型方案选择则专门列为一章(第五章),介绍国内几个省在这方面的具体做法和经验。

跨线桥不单纯是“桥”的问题,还有“线”的问题,因此对路线专列一章(第六章)。其中,第一节专门讨论线形有关问题,线形和桥长等确定不当会导致成千万元工程费用的浪费,在此以多个实例加以阐述。第二节、第三节则着重讨论了当前大家最关心的桥头跳车问题和软基处理问题。

由上可见,一个优秀的跨线桥设计牵涉到桥梁上部、下部以及路线各方面的问题,本书虽然力求触及到所有有关方面,但挂一漏万,在所难免,不足之处,尚祈求广大读者多多指正。

本书桥梁部分由李亚木主写,路线部分由王培阳主写。王伯惠参与编写了部分章节,并负责全书的审定工作。

王伯惠

2007. 3. 15

# 目 录

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第一章 概论           | 1   |
| 第一节 跨线桥的主要功能     | 1   |
| 第二节 跨线桥的技术要求     | 2   |
| 第三节 跨线桥的景观要求     | 4   |
| 第四节 跨线桥的分类       | 5   |
| 第五节 跨线桥的适宜结构形式   | 6   |
| 参考文献             | 8   |
| 第二章 跨线桥上部构造的适宜形式 | 9   |
| 第一节 空心板桥         | 9   |
| 第二节 无梁板桥         | 20  |
| 第三节 连续箱梁桥        | 36  |
| 第四节 鱼脊式梁桥        | 46  |
| 第五节 斜腿刚构桥        | 47  |
| 第六节 无桥台斜腿刚构桥     | 53  |
| 第七节 V形墩桥         | 56  |
| 第八节 T形梁桥         | 58  |
| 第九节 预应力混凝土组合梁    | 62  |
| 第十节 上承式拱桥        | 63  |
| 第十一节 中承式拱桥       | 80  |
| 第十二节 下承式拱桥——系杆拱  | 85  |
| 第十三节 斜拉桥         | 96  |
| 参考文献             | 122 |
| 第三章 桥墩的适宜形式      | 123 |
| 第一节 重力式桥墩        | 123 |
| 第二节 薄壁墩          | 126 |
| 第三节 柱式桥墩         | 128 |
| 第四节 各种异形墩        | 133 |
| 第五节 排架桩式墩        | 137 |
| 第六节 墩(台)基础有关问题   | 141 |
| 参考文献             | 145 |
| 第四章 桥台的适宜形式      | 146 |
| 第一节 重力式桥台        | 146 |
| 第二节 铰接式轻型桥台      | 153 |
| 第三节 埋置式桥台        | 159 |

第四节 排架桩式桥台..... 160

第五节 其他形式桥台..... 164

参考文献..... 168

**第五章 方案比较**..... 169

第一节 概述..... 169

第二节 方案比较实例..... 171

参考文献..... 181

**第六章 路线和路基**..... 182

第一节 路线有关问题..... 182

第二节 桥头跳车问题..... 204

第三节 软土地基处理..... 222

参考文献..... 244

# 第一章 概 论

现代公路,不论经过乡村还是城市,桥梁是必不可少的。就所跨越的对象而言,可分为跨河桥和跨线桥两大类。低等级公路上的桥梁几乎全是跨河桥梁,所占公路总里程的比例很小,而对于近年大量修建的高速公路则跨线桥就极多。

我国辽宁省的沈大高速公路,全长 347.955km(金宝台收费站至后盐收费站),其中桥梁长度 7.3619km/148 座,占路线全长 2.116%;分离式立交(包含通道)4.20413km/239 座,占桥梁总长的 57.1%。但是,跨越主线的跨线桥 111 座,平均 3.135km 就一处跨线桥,这里还包括全线 27 座互通式立交中的匝道上跨的跨线桥有 18 处。这 18 处匝道跨线桥,占互通立交的 67%。再如,辽宁省的丹东至大连高速公路的丹东至庄河段全长 136.16km,其中桥梁长度 13.851km/266 座,占路线全长 10.17%,分离式立交(包含通道)4.477km/168 座,占桥梁总长的 32.3%。跨越主线的跨线桥 20 座,平均 6.808km 就一处跨线桥,其中包括全线 7 座互通式立交中的匝道上跨的跨线桥有 6 处。这 6 处匝道跨线桥,占互通立交的绝对多数。

我国浙江省的杭甬高速公路(沽渚至宁波段)全长 80.140km,其中桥梁长度 9.477km/108 座,占路线全长 11.8%,分离式立交(包含通道)3.018km/162 座,占桥梁总长的 31.8%。跨越主线的跨线桥 9 座,平均每 8.904km 就有一处跨线桥。其中包含全线 6 座互通式立交中的匝道上跨的跨线桥有 5 处。这 5 处匝道跨线桥,占互通立交的 83%。

在国外,例如,日本车关东高速公路,道路全长 30.2km,其中桥梁长 7.4km,占 24.5%;17 座桥梁中只有 3 座是跨河的,其余 14 座都是跨线桥或高架桥,占桥梁总长的 84%。

单以一座立交工程来说,例如沈大公路的灯塔立交,立交范围内跨线匝道总长 3900m,其中桥梁总长 690m,占匝道全长的 17.7%。

从上述实例可以看出,高等级公路上的跨线桥,所占桥梁总长的比例是相当大的。

另在高速公路外,在某些场地,由于地形或其他原因,两条路线本来就处于不同高程上,跨线桥则是优先采用的经济形式。

当处于下面的公路沿河流岸边并行时,还可与跨河桥结合为一,也属于跨线桥范畴。

一般情况下,相互交叉的两条路线,在上面跨越者称为上跨线,下面被跨越者称为下穿线,又称为通道。

## 第一节 跨线桥的主要功能

跨线桥在现代公路系统中的作用非常重要。它使两条或两条以上相互交叉的公路处于不同高程,使不转弯的直行车流以最短路径安全通过。它的主要功能和作用有以下几方面。

### 一、对于高速公路

1. 排除横向行车干扰,确保车辆高速、安全运行。

2. 解决完全控制出入问题,不允许两线车辆互相出入则设置分离式立交,允许出入则设置互通式立交,只允许某一个方向出入则只在该方向设置单一的出入匝道。

## 二、对于一般公路

1. 将交通繁重、通行能力不足的平交道口改为跨线桥或互通式立交以彻底解决瓶颈效应或交通阻塞。

2. 彻底消除平交道口事故率,确保通过车辆的安全。

3. 除上而外,跨线桥还有若干其他作用:

(1)社会效益:节省用路者由于交通拥挤的平面交叉而延滞、浪费的时间,同时节省车辆变速、停车和等待而产生的诸如燃料、轮胎、油料、机械等的费用,将远远超出修建立交(分离、互通)而不中断交通的费用。一般情况下,互通式立交与平交道路比较,需要略长一些的总运行距离。跨线桥则没有互通立交额外运行距离增加的费用、平面交叉停车和延滞时间的费用。一般情况下,在交叉口修建跨线桥,群众受益与交通改善的社会效益是明显的。

(2)公路景观作用:跨线桥可以减少单调行车,增加景观美化。

(3)可用作悬挂交通标志牌,提供一些有用的行车信息,如高速公路的标志“行车道、超车道”等。



图 1.1.1 交通拥挤的跨线桥

图 1.1.1 所示为交通拥挤的跨线桥。

## 第二节 跨线桥的技术要求

跨线桥与跨河桥相比,属于旱地修建的桥梁。一般情况下,没有水下工程,下部基础工程施工较简单,上部工程施工更加方便。常见的较大跨的跨线桥多采用预应力连续箱梁结构,以简单易行的满堂支架施工。

一般情况下,两条相交道路中,当等级较低者上跨时,其桥梁净宽较窄,引道路线平面技术指标较小、纵坡度较大,因而工程造价较低廉,同时上跨线的桥梁,常常是弯坡斜桥,还经常处于竖曲线上,这时设计施工也较容易。

就目前情况来看,高速公路上的跨线桥桥孔数量多数是 4 孔,还有少数 4 孔以上的多孔桥,已经很少见到 2 孔或 1 孔桥。前述的丹东至大连高速公路的丹东至庄河段,跨越高速公路的跨线桥 20 座,均为 4 孔跨线桥,如图 1.2.1 所示。

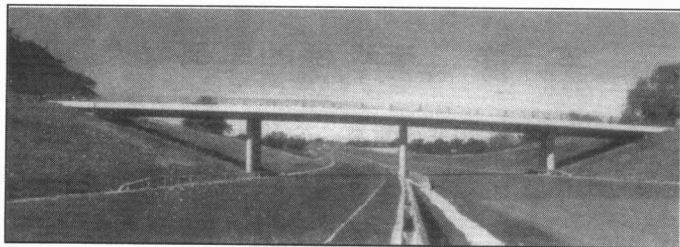


图 1.2.1 一座典型的 4 孔跨线桥

由于公路路基净宽甚小,例如,一般的双车道二级公路净宽 12m,乡村道路净宽仅 7.0m 或 4.5m。跨线桥采用小跨径(16~40m)即可满足。小跨径桥梁多采用构造简单、多孔重复、预制安装的简支梁桥,以利于降低造价,缩短工期。只有在特殊需要的少数情况下,才采用较大的跨径。对于多孔小跨径桥梁,多采用减少或取消伸缩缝的措施,以保证桥上路面平整度,利于行车舒适。

当两线相交,如互相跨越而互不通联时称为分离式立交,这时整个立交只有两层。如互相跨越而又互相通联时即为互通式立交,两线之间用左、右转弯道路相联结,称为匝道。一个交叉口有多条匝道,匝道与匝道也会相交。如果允许匝道相互平交,即称为不完善互通立交;如果不允许平交,只能立交,即称为完善互通立交。如图 1.2.2 所示,辽宁省沈大高速公路一个 3 肢完善互通立交,各有两条左、右转弯匝道,整个立交有 3 层。图 1.2.3 所示为美国巴顿罗格市一个 4 肢完善互通立交,各有 4 条左、右转弯匝道,整个立交有 4 层。当交汇于一处的道路肢数越多,转弯匝道也越多,层数也越多。图 1.2.4 所示为英国格拉维利山(Gravelly Hill)6 号高速公路 M6 和阿斯顿快速干道、伯明翰东北路网的 3 条干线 6 肢交汇处互通立交,共有 7 层。显而易见,层数越多越高,跨线工程的路线和桥梁就越长,立交造价就越高。因此,为了降低路线交叉工程造价,就必须:①选择下线最可能低的高程处跨越;②尽可能降低跨线桥上部构造的建筑高度。



图 1.2.2 辽宁省沈大高速公路大石桥立交,3 肢 3 层互通

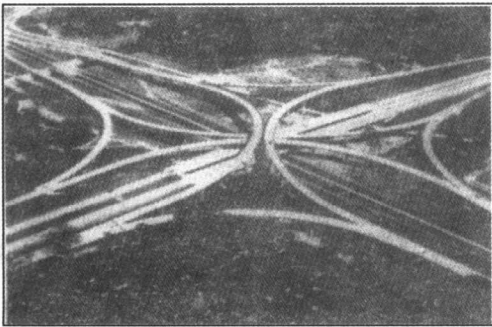


图 1.2.3 美国巴顿罗格市立交,4 肢 4 层互通



图 1.2.4 英国格拉维利山立交,6 肢 7 层互通

一般四车道高速公路净宽 24.5m,由于有中央分隔带可以设置跨线桥桥墩,因此垂直相交的跨线桥通常只需采用 20m 跨径(甚至 16m 跨径),以减少桥梁上部结构的建筑高度,具有很大的经济意义,是最常用的跨线桥布置方式。

跨线桥是公路中最醒目的建筑物,必须充分重视美观的要求,以及桥下净空和透空度。为

此跨线桥力求造型美观、结构轻盈、构造新颖和多样化。多孔连续的跨线桥还须注意各桥孔之间的比例、协调等美观问题。

为美观起见,一般公路跨线桥的栏杆做得细密透空,能增强桥梁的纤细感。目前高速公路上的跨线桥栏杆多为行车安全考虑而采用笨重的防撞墙,甚至还增设防落物网,这无疑更加影响跨线桥的美观。目前我国一些高速公路互通式立交中的匝道跨线桥,取消了防落物网,这是一个很好的尝试。在保证交通安全的条件下,应推广这一方法。

桥梁栏杆设计应满足:①在设计车辆荷载碰撞下是安全可靠的;②在设计车辆碰撞下,车辆能安全改变方向且不撞坏、穿过或越过栏杆;③碰撞时车辆不应被套住或挂住而引起突然减速、旋翻或滚落出栏杆。为此,标准栏杆可以有两种形式:①防撞墙;②混凝土基座或栏墙台座上加设金属或混凝土栏杆,从美观而言后者比前者优越。

作者先后参加了多条高速公路的设计工作。从以往辽宁省已建成的高速公路和在建的高速公路来看,早期修建的沈阳至大连、沈阳至本溪、沈阳至四平和沈阳绕城等高速公路,以及浙江省早期已建成的和在建的杭甬、同三线宁波市境段等高速公路设计中,在跨线桥的美观方面,似欠考虑。近期修建的北京至沈阳、盘锦至海城、本溪至丹东、沈阳至抚顺、锦州至阜新、锦州至朝阳、杭州湾南岸接线等高速公路,则有所改进,跨线桥美观方面考虑得稍多一些。现在全国各地还在设计修建大量高速公路,希望对跨线桥景观问题认真考虑,引起重视。

综上所述,跨线桥与一般桥梁相比较,技术上有以下几方面的特殊要求:

(1)主梁建筑高度要矮,以节省总桥长和工程造价。

(2)旱地修桥,基础通常没有冲刷、淤积问题。

(3)净高和净宽由桥下道路的要求而定,一般情况下跨径不是很大,属于中桥或者小桥。

(4)景观要求较高。

(5)一般情况下,相交两线中以等级较低的线路上跨,造价较经济。

(6)通常遵守桥梁服从路线的原则,跨线桥多为斜弯坡桥,尤其互通式立交中的匝道跨线桥,绝大多数是斜弯坡桥。

目前我国还缺少关于道路立交和跨线桥的专门规范,仅在《公路路线设计规范》JTJ 011—94 的个别条款如:11.4 条 分离式立体交叉、12.2 条 公路与铁路立体交叉、12.3 条 公路与乡村道路交叉中,分散、零星地提出了一些技术要求,对于跨线桥的整体布局、平面线形、纵面线形、桥梁选型、结构设计特点等都缺乏全面系统的考虑。这是本书要重点解决的问题。

### 第三节 跨线桥的景观要求

当我们驱车在公路上行驶时,映入眼帘的是公路两旁的树木,以及远近的田野、河流、山谷。而前方往往是公路在延伸,消失在遥远的地平线,或连绵的山谷,容易使人产生单调乏味的感觉。但是,跨线桥梁的出现,缓解了这种单调。

看到跨线桥梁上面川流不息的车辆和人群,它将会使人们感到无限的快乐和极大的满足。桥梁建筑能使人产生一种激情,在人的一生中总是那样的清新,总是那样富有激励性。我们脑海中的桥梁总是那么迷人,不论是跨越急流或深谷的原始桥梁,还是具有想象不到的巨大跨径的、宏伟的现代桥梁。

回顾一些非常美丽的古代石桥,如我国悠久的赵州桥和卢沟桥,它们不但是连接河流两端道路的建筑物,同时又是地界划分的标志。其原因是桥一经建成,其独特的建筑风格,优美的形象

实体,便成为区域地界的坐标物,人们只要到了某一桥处,就知道区划地名和寻找的向导了。

我国江南水乡目前仍存的多处古桥,反映了不同历史时期的古朴雅致,也给人生旅途带来诸多的方便与欣慰。时过境迁,时代的潮流滚滚向前,交通建设突飞猛进,古桥已经次第远去,功能日趋减少,但风采各异,造型多姿的古桥,却为南来北往的行人送上一片温馨和安慰,留下一个美好的回味。

意大利水城威尼斯“开门见桥”,这些桥既有水韵,又饱含文学色彩,诗情相应成趣。英国女王学院的数学家桥,建于1744年至1750年,根据牛顿力学原理镶嵌而成,高贵典雅,每到雨天还会散发出浓郁的檀香味。法国巴黎塞纳河上,有37座造型迥异、各领风骚的桥,桥小史长。美丽的袖珍之国卢森堡,人们总是高兴地把客人带到几座桥上去浏览卢森堡的美丽风光,桥梁是国民情感的寄托。

联想现在桥梁,美丽的景观。桥梁的美丽激励人们用现代化技术去赶超这些对和谐规律是那么熟悉的古代杰出的营造大师。

现代跨线桥也不例外,它横陈在下穿道路上来往的成千上万车辆和过客的正前方,是现代公路系统中非常重要的景观。这一点我们有深深的体会,但还是缺乏系统的桥梁美学论述,这是本书要着重考虑的问题之一。

## 第四节 跨线桥的分类

### 一、从上跨线的性质分

**等级公路跨线桥:**上跨的是四级以上的公路主线,线形标准等级较高,桥形比较开阔美观。

**铁路跨线桥:**上跨的是铁路,线形标准高,构造物相对厚重。

**乡村道路跨线桥:**上跨的是非等级的乡村道路。乡村道路泛指乡村、城镇之间不属于等级公路,用于机动车(汽车或农机)、非机动车及行人通行的道路。

**城市街道跨线桥:**特点是占地紧张,人口密集,所以桥形变化多样、功能齐全、美观新颖。

**人行天桥:**属于专用通行人群的跨线桥,城市最多,构造物最轻盈美观。

**排水构造物渡槽跨线桥:**专用于输送水流的上跨构造物。

### 二、从桥位、地形和构造物主次角度分

**平原区路堤跨线桥:**平原地区的跨线桥一般采用梁式桥,也可以采用刚构桥。桥梁的上部结构应力求造得尽可能纤细,也可用恰当地设计横断面以增强梁的长细比(①桥面翼缘板悬伸、②设置梁的外斜腹板)等方法来增强它的纤细的外貌。桥梁的下部结构可以采用独柱墩或双柱墩。墩柱相对上部结构梁要粗厚一些,因为它们必须抵抗车辆的撞击。粗厚的墩柱增加了上部结构的纤细印象。应避免设置多于4根墩柱的方式。如果桥梁宽度需要的话,可以采用实体墩。实体墩的厚度与上部结构的主要部分宽度相同,尤其当桥墩和桥台为圬工镶面时。对于事故来说,这种实体桥墩,比一系列薄墩更加有利。

**山区路堑跨线桥:**在丘陵地区或山区,公路经常以路堑方式通过。一般情况下常采用拱桥,有时也采用斜腿刚构桥。无论拱桥还是斜腿刚构桥,其上下部结构与梁式桥有很大的区别。拱圈从路堑的斜坡起拱,跨越整个公路路宽,是非常自然协调的。

跨线桥一般是指主要道路上跨高等级公路的构造物,目前多为斜交弯曲桥梁。一条公路

为了获得好的线形,往往导致了斜交,甚至是弯曲交叉口。要在这样的地方作出好的设计要相对困难一些。好的方案需要反复比较确定,不可草率行事。对于斜交角很小的狭桥,应尽量采用中央独柱墩支撑梁式结构;对于宽桥(宽度大于 15m),沿桥轴的独柱墩就不再合适,桥墩竖立在中央以支撑双跨主梁,主梁之间不要用横隔梁连接,只要在桥面板的端部有一根狭肋就足够了。

通道桥或叫地道桥:次要道路下穿高等级公路的跨线桥。通道桥受其上面的大型构造物影响,本身对景观或环境的干扰影响相对较少。一般情况下采用跨径一孔 8m 左右的薄壁轻台空心板桥,也有一些通道结合涵洞排水做成通道兼排水构造物。以往我们对通道的美观方面考虑的相对少一些,现在看来应重视这一设计,毕竟它是老百姓最常用的构造物。

本书主要分析当前现实中应用最多的、最常见的高速公路跨线桥。

## 第五节 跨线桥的适宜结构形式

### 一、上部构造

跨线桥多为中小跨径,要求建筑高度小,造型美观,常用的和适宜的上部构造形式如下:

(1)空心板梁桥:是现今高速公路中最常见的跨线桥结构,其一般跨径 10~20m,有先张法预应力混凝土和后张法预应力混凝土两种,跨径 10m 以下的空心板桥一般采用普通钢筋混凝土。目前,空心板桥发展为宽幅(1.5m)和窄幅(1.0m)两种预制结构,以及墩顶部位断缝而桥面连续的结构和墩顶部位现浇混凝土连续的结构。

(2)无梁板桥:是用几排桩柱式下部结构直接支撑着连续板式上部构造。桩排顶上没有盖梁,板式上部也没有纵梁,因而称为无梁板。

一座典型的无梁板桥上部为连续平板,下部为墩柱。每根墩柱顶部有扩大的柱头,扩大角不宜大于  $45^\circ$ ,其作用为减少跨径和增大平板抗剪能力。柱头上为托板,相当于加大柱顶板厚,以承受大的柱顶负弯矩和支点附近的斜拉力。当板为变截面时,可取消托板以及柱头。所有的柱、柱头、托板、桥面板都是浇筑在一起的,即板柱在柱顶是刚性嵌固的。

(3)连续箱梁桥:在高速公路跨线桥中也很常见,目前应用呈上升的趋势。有普通钢筋混凝土和后张预应力混凝土两种。箱梁属于薄壁结构,与前面所述的空心板梁不同之处在于:空心板梁的壁厚相对于其外形来说较大,属于一般梁式体系,设计时只考虑其弯曲和扭转作用,而箱梁的壁厚相对于其外形来说较小,设计时须考虑翘曲。箱梁用料很省而抗弯和抗扭能力又很高,因而广泛用于跨径 25m 以上的桥梁中,墩身较高(如多层跨线桥)也常做成连续刚构。

(4)鱼脊式梁桥:是箱梁桥的一个发展。当箱梁两边的翼缘板加宽时,需要在两边施加横向预应力,或者在下边加设斜撑支撑。后者以其外形有如鱼脊,因而称为鱼脊梁式桥。这种桥外形美观新颖,在现今城市跨线桥以及重要景观之处多有采用。

(5)斜腿刚构桥:为近年来国内外发展起来的一种新型结构桥梁。其外形整体划一,简洁明快,给人以力的感觉,受力合理,用料经济,大、中、小跨径皆可采用,一般做成单孔跨线桥。在山区高速公路路堑段的跨线桥多有应用,与拱式跨线桥互相映衬,避免了单调。

(6)无桥台斜腿刚构桥:在斜腿刚构桥的基础上,取消桥台,增设边斜杆,将梁端荷载传递到桥墩上。边斜杆的倾角与路堤锥坡一致,一般采用  $45^\circ$ 。其主要特点是不设桥台但满足桥台各功能,无水平推力,适用于软基修建,跨越能力加大,造价低廉。目前我国已经修建了几座无桥台斜腿刚构桥,取得了一定的经验。这种桥型在跨线桥上应具有很大的发展空间。

(7)V形墩桥:也是近年来国内外发展起来的一种新型结构桥梁,一般是3孔以上。这种桥梁跨径大,受力合理,用料经济。它造型优美,给人以连续、轻盈的感觉。

(8)T形梁桥:是各级公路常用的桥型,跨径20~50m。同工字组合梁一样,在以前的跨线桥中应用甚多,但现今已很少采用。其主要原因是T梁底部暴露有纵横梁,欠美观,且建筑高度也较大,经济效益不明显。

(9)预应力混凝土组合梁桥:在预制安装的预应力梁上再现浇普通钢筋混凝土形成整体上部构造,其性能与钢梁和混凝土叠合梁基本一样,是一种十分合理的做法。

(10)上承式拱桥:一般适用于山区公路路堑段的跨线桥。拱桥对于我们十分熟悉的,例如始建于公元7世纪的中国古代赵州石拱桥。常见的拱桥有石拱桥与钢筋混凝土拱桥,一般跨径20~80m。双曲拱桥、桁架拱桥、刚架拱桥都属于上承式拱桥之列。

(11)中承式拱桥:桥面系位于拱肋矢高的中部,一部分用吊杆悬挂在拱肋下,一部分借助刚架立柱支撑在拱肋和桥墩上,因而是一种半悬吊、半支撑体系。

(12)下承式拱桥:在拱脚水平处设置主梁,全部悬挂在拱肋下。如果主梁与拱脚固结承担拱脚水平推力,或者两拱脚之间另设系杆来承受拱脚拉力,则专称为系杆拱。它是无推力拱,外部静定,兼有拱桥的较大跨越能力和简支梁桥对地基适应能力强的两大特点。当桥面高程受到限制而桥下又要求保证较大的净宽和净高,或当墩台基础处地质条件不良易发生沉降,但又要求保证较大的跨度时,系杆拱是较优越的桥型。

(13)斜拉桥:斜拉桥是近代发展起来的新桥型,最大跨径可达1000m以上。但在中小跨径跨线桥上,因其较大的跨越能力,较小的建筑高度,优美的桥形,亦常有应用。

## 二、桥 墩

对于跨线桥,桥墩是重要景观建筑,还要求纤薄空透,少占桥下空间。其截面形状可有矩形、圆形、圆端形、尖端形、矩形圆角、工字形、空心墩等多种,后两者主要用于墩身高度较大的大跨径桥梁。

桥墩按照构造可分为下列各种形式。

1. 重力式墩:主要靠自身重力(包括桥跨结构重力)以平衡外力,保证桥墩稳定。在一些老式跨线桥中有应用,随着钢筋混凝土桥梁的发展,逐渐被替代。目前跨线桥中基本上不再应用。

2. 钢筋混凝土实体薄壁(墙式)墩:为了美观而减薄墩厚,同时可获得节省圬工和减小对底部地基的压力等技术经济效益。

3. 桩(柱)式墩:通常分为单柱式、双柱式、多柱式。单柱墩较常采用,墩顶可以有盖梁,或无盖梁,直接支撑上部构造。各柱间可不设横系梁,显得挺拔有力,干净利落。3柱以上的多柱式墩影响桥下的视野,很不美观,建议跨线桥中少采用。

4. 柔性排架墩:依靠支座摩阻力使桥墩上下部构成一个共同承受外力和变形的整体。一般梁式跨线桥的墩高6~7m,多孔、跨径26~20m多采用这种桥墩。

5. 其他型墩:主要为了优化墩身造型,减轻墩身自重,以及改进上部构造受力等,而采用一些其他形式,如:

(1)Y形墩:也是使用得较普遍的形式之一,有各种做法,造型优美,可减少上部跨径,并节省基础,墩顶与上部构造之间一般用橡胶支座支撑。

(2)V形墩:类似Y形墩,国内各地立交桥使用较多,美观新颖。

(3)X形墩:类似Y形墩,一般的立交桥使用较少。但由于其造型新颖,可在特定的环境中应用。

(4)Π形墩。一座斜跨另一公路的立交桥,由于净空的限制,用2根斜岔在下面公路路幅之外来支撑墩顶盖梁,形成Π形。

### 三、桥 台

桥台因要承受路堤土压力,历来圬工体积较为庞大,技术发展的方向是力求轻型化。根据目前的发展,除重力式台、埋置式台外,还有轻型桥台、排架桩式桥台、组合式桥台等。

1. 重力式桥台,如早期的U形桥台,后来也做了一些改进。

2. 埋置式桥台,将台身埋置于台前溜坡内,台身变为两片或多片薄壁墙肋,台前后土压大部位自行平衡,因而构造得以轻型化,通常不需要另设翼墙,仅由台帽两端耳墙与路堤衔接。高速公路跨线桥多数采用这种桥台。

3. 轻型桥台,应用在单跨或少跨的小跨径跨线桥中,两桥台间靠近基础处设支撑梁,主梁与桥台设置锚固栓钉,桥台与支撑梁及上部结构形成四铰框架。

4. 排架桩式桥台,采用桩与墩柱直接相连接,且为同一材质,然后埋置的桥台。

5. 组合式桥台,由直接承受来自桥跨结构的垂直力和水平力的前部台身,及承受台后土压力的后部构造两部分组成。在中等跨径的跨线桥或拱桥中常有应用。

### 参 考 文 献

[1] 中华人民共和国行业标准. 公路工程技术标准(JTG B01—2003). 北京:人民交通出版社, 2003.

## 第二章 跨线桥上部构造的适宜形式

### 第一节 空心板桥

一般把 50m 以下的跨径视为中小跨径。目前,许多国家在中小跨径桥梁上部构造方面逐步推行设计标准化、预制构件化和施工机械化,即“三化”。

美国中小跨径以预应力混凝土桥为主要发展方向。美国公路官方协会曾制定了 40m 以下的预应力混凝土简支梁桥标准图。其构件为厂制和工地预制 2 种。梁长一般限制在 24m 以内。

日本由建设省制定并正式颁发了 5~21m 先张法和 14~20m 后张法预应力混凝土上部构造标准设计。一些标准设计由道路公团自己发行,正向“三化”过渡。英国在实现“三化”中保留了预制构件与整体浇筑相结合的自己特色。前苏联中小跨径基本定型化、标准化,但其“三化”水平还低于欧美。

我国目前一般的高速公路典型跨线桥常采用跨径 10~20m 的空心板简支结构,见图 2.1.1。跨径 10m 以下为钢筋混凝土结构,跨径 10m 以上多为先张法预应力结构。板宽 1~1.5m 横向密布,板与板之间采用实铰或铰缝连接,桥面铺装层与铰缝同时浇筑,使各板之间横向形成整体。纵向一般采用简支结构形式,利用桥面的水泥铺装层,把简支梁做成桥面连续,其最上表层铺设沥青混凝土;也有一些空心板纵向采用先简支后连续结构。

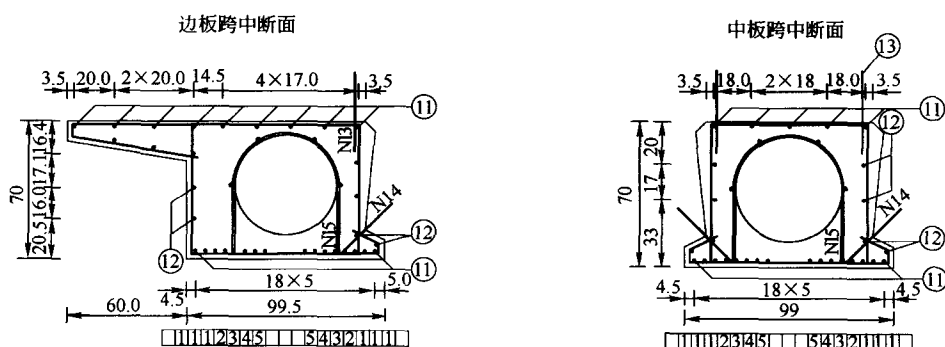


图 2.1.1 空心板横截面(尺寸单位:cm)

由于空心板的大量采用,其结构设计和施工方法有多方面改进,可说是丰富多彩。目前比较常见的有:

- (1) 正或斜空心板;
- (2) 先简支后连续或桥面连续空心板;
- (3) 窄幅(板宽小于 1m)或宽幅(板宽 1.5m)空心板;
- (4) 钢筋混凝土或先张法和后张法预应力混凝土空心板;

- (5)带翼缘(宽翼或窄翼)或无翼缘空心板;
- (6)纵向等宽度或纵向变宽度空心板;
- (7)冲气胶囊芯模、木芯模或钢芯模空心板;
- (8)预制或现浇空心板。

对于上述 8 种常见空心板形式分别介绍如下。

### 一、正或斜空心板

两交叉公路正交交角成  $90^\circ$  时,跨线桥所采用的上部空心板就是正板,否则就是斜板。斜板要注意其斜度宜小于  $45^\circ$ ,否则容易翘起形成锐角端支座脱空现象,影响板的局部质量。

#### 1. 正空心板

正空心板是最简单的情况,多采用预制吊装施工方法。两条公路交叉时,跨线桥一般应尽可能做成正桥。对上跨的低等级公路必要时宜局部改线,使之与高速公路正交。在距离城镇较远,对景观要求不高的情况下,跨越高速公路的主桥多采用 20m 左右跨径的空心板结构,偶尔也采用 20m 以上者。

跨线桥以外的引桥,无论主桥是否采用空心板简支结构,引桥多采用跨径 20m 或以下小跨径正空心板梁。即使跨线主孔为斜桥,亦宜通过一孔平面异形引桥,由斜变正,使其余引桥均做正空心板结构。

图 2.1.2 是一个正空心板跨线桥的示例:主桥和引桥均采用跨径 20m 的空心板结构,空心板建筑高 0.85m,桥面水泥混凝土铺装厚 0.1m,沥青混凝土铺装厚 0.1m;跨线桥下的高速公路净高要求为 5.0m,2.5% 路线纵坡,桥长计算长约 120m,桥孔按照 6 孔 20m 布置。高速公路中央分隔带设墩,桥梁各孔之间的空心板用连接板(桥面铺装)连接,保持桥面连续,以消除简支梁桥墩顶伸缩缝引起的跳车,伸缩缝只设在 2 座桥台上。

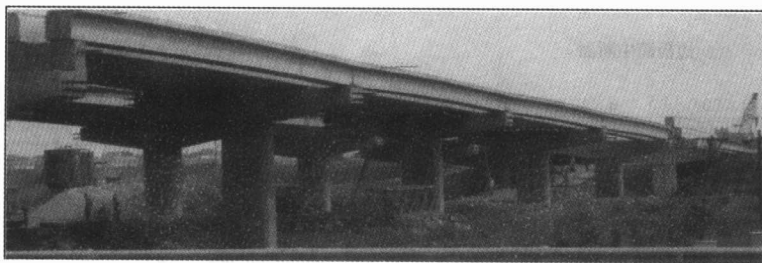
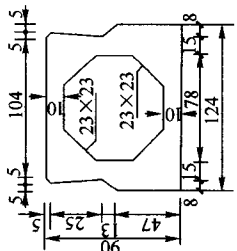
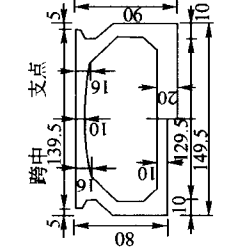
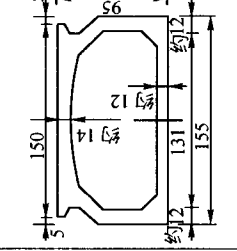
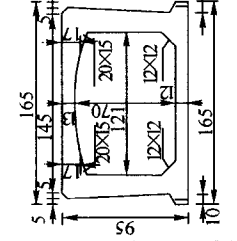


图 2.1.2 高速公路空心板跨线桥

空心板在我国发展过程中,各地都做过一些改进,其中几种跨径 20m 者列于表 2.1.1 中,其中列出了 5 个设计所用的断面尺寸和钢材用量。起初使用较多者为交通部公路规划设计院和浙江省交通设计院的图纸,每块幅宽 124cm,高 90cm。后来北京建达道桥咨询公司提出了宽幅空心板的设计,每块幅宽 149.5cm,用预应力筋量较前者大量减少,施工安装亦较省工,但在广东省南海市某大桥使用结果,发现刚度不足,裂纹甚多,后来广东省高速公路公司和广东省公路设计院做了改进,断面高度增大到 95cm,预应力筋也有所增加,并在广清高速公路一些桥做了重载试验,效果甚好,后在省内推广使用。前述各桥荷载标准皆为汽车-超 20 级、挂车-120。表中末栏为公路设计一院和陕西省路桥设计所提出的汽车-20 级、挂车-100 荷载的宽幅空心板图纸,幅宽 158cm,高减为 85cm。

国内一些预应力空心板梁设计概况 (跨径 20m) 表 2.1.1

| 设计截面及配筋                | 设计或修改设计单位                                                                           |                                                                                    |                                                                                   |                                                                                   |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|                        | 交通部公路规划设计院<br>浙江省交通设计院                                                              | 北京建达道桥咨询公司<br>(南海市××大桥)                                                            | 广东省高速公路公司                                                                         | 广东省公路设计院                                                                          |
| 中板设计截面                 |  |  |  |  |
| 中板主要<br>设计尺寸<br>(cm)   | 板宽                                                                                  | 149.5                                                                              | 155                                                                               | 165                                                                               |
|                        | 高度                                                                                  | 跨中 80 支点 90                                                                        | 95                                                                                | 85                                                                                |
|                        | 顶板厚                                                                                 | 10~16                                                                              | 缺一般构造图, 约 14~17                                                                   | 13~17                                                                             |
|                        | 底板厚                                                                                 | 跨中 10 支点 20                                                                        | 缺一般构造图, 约 12                                                                      | 12                                                                                |
|                        | 腹板厚                                                                                 | 10                                                                                 | 缺一般构造图, 约 12                                                                      | 12~14                                                                             |
| 每块板<br>主筋              | 预应力筋                                                                                | 13-φ15.24                                                                          | 13-φ15.24                                                                         | 16-φ15.24                                                                         |
|                        | 普通钢筋                                                                                | 9-φ8                                                                               | 12-φ12                                                                            | 8-φ20                                                                             |
| 折合成 155cm<br>板宽主筋      | 预应力筋                                                                                | 13.48-φ15.24                                                                       | 13-φ15.24                                                                         | 15.03-φ15.24                                                                      |
|                        | 普通钢筋                                                                                | 11.25-φ8                                                                           | 12-φ12                                                                            | 7.85-φ20                                                                          |
| 钢筋混凝土现浇层+<br>桥面铺装 (cm) | 10+6(沥青混凝土)                                                                         | 缺资料                                                                                | 缺资料                                                                               | 10+8(钢筋混凝土)                                                                       |

注: 漠阳江大桥设计荷载为汽车-20 级、挂车-100, 其余设计荷载均为汽车-超 20 级、挂车-120。