

异型拱桥

李生智 王玮瑶 邬妙年 编著

人民交通出版社



U448.22
9700011

异 型 拱 桥

Yixing Gongqiao

李生智 王玮瑶 邬妙年 编著

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

异型拱桥/李生智编著. -北京:人民交通出版社,1995

ISBN 7-114-02276-X

I. 异… II. 李… III. 拱桥,异型 IV. U448.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 19326 号

异 型 拱 桥

李生智、王玮瑶、郭妙年 编著

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

通县马头 印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 5.625 字数: 124 千

1996 年 4 月 第 1 版

1996 年 4 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—1800 册: 定价 9.00 元

ISBN7 - 114 - 02276 - X

U · 01574

内 容 提 要

本书系统叙述了一种新颖美观的桥梁型式——异型拱桥的设计与施工方法,包括结构构思与结构特性,实桥简介、美学效果、设计与施工等内容,并介绍了试验桥的荷载试验,最后给出了具体的算例。

本书适用于桥梁和道路工程等专业的工程技术人员以及有关院校的教师、学生参考。

序

随着经济建设的飞速发展,人们对桥梁建筑提出了更高的要求。无论是立交桥、高架桥,还是跨河桥梁,都已不单纯作为交通线上重要的工程实体,而且作为一种空间艺术结构物存在于社会生活之中。研究和设计结构合理、造型美观新颖的桥梁结构,这是市政和交通事业发展的迫切需要。

一般的系杆拱桥,其吊杆多为竖向布置,即使采用斜吊杆,也是相对于桥跨中心线对称布置,桥面荷载通过吊杆传递给主拱,得出的合理拱轴线均为对称曲线。若将吊杆按一个斜率斜向布置,推导出的合理拱轴线便是偏态的曲线,由此得到的桥型便是一种新型结构——异型拱桥。

异型拱桥具有独特别致的外形,景观奇异,易与周围的环境协调。从几个工程实例来看,建成的实桥均形成了当地著名的景点。而且异型拱桥还保持了一般系杆拱桥的原有优点,如结构合理、造价经济、跨越能力大、建筑高度小、适用于软土地基等。

本书系统叙述了异型拱桥的设计与施工方法,包括结构构思与结构特性、实桥简介、合理拱轴线方程、异型拱桥的美学效果、结构方案的确定、设计步聚与计算方法、施工、调索等内容,并介绍了试验桥的荷载试验,最后给出了具体的算例。

本书是在上海市市政工程研究院与河南安阳市市政工程处共同承担完成的科研项目“异型拱桥开发应用”研究报告的基础上编著的,该课题曾得到同济大学颜义然教授、姚玲森教授,城建学院郭文复教授,肖汝诚老师等专家以及河南省建七公司、柳州市预应力混凝土张拉公司和湖南省交通科学研究

所等单位的指导和协助。

本书的编写分工如下：陈科昌编写第九章，朱积全编写第八章，王玮瑤编写第十一章，鄒妙年编写第四章，其余各章由李生智编写。全书由李生智统稿，陈科昌审阅、修改定稿。

由于笔者水平所限，书中难免有遗漏及疏忽之处，错误也在所难免，殷切期望广大读者批评指正。

上海市市政工程研究院

陈科昌

1995.6

目 录

第一章	概述	1
第二章	结构构思与结构特性	3
2.1	结构各部分的名称及其作用	3
2.2	斜吊杆对结构内力的影响	6
2.3	拱结构性能分析	7
2.4	结构的优点	9
2.5	结构的适用范围	10
第三章	实桥简介	12
3.1	安阳市东风桥	12
3.2	哈尔滨市动物园 1 [#] 桥	14
3.3	哈尔滨市内环东路宽城桥	15
3.4	北海市北海大道西路立交桥	16
第四章	合理拱轴线	17
4.1	合理拱轴线方程推导	17
4.2	合理拱轴线简化方程	24
4.3	合理拱轴线线型分析	31
第五章	异型拱桥的美学效果	39
5.1	形式美	39
5.2	功能美	42
5.3	与环境的协调	43
5.4	色彩	44
第六章	结构方案的确定	45
6.1	主拱圈与系梁的刚度比	45
6.2	斜吊杆的斜率	46

6.3	矢跨比	47
6.4	主结构材料选择	47
6.5	预应力体系选择	51
第七章	设计步骤与计算方法	55
7.1	主拱、系梁的截面型式和构造	55
7.2	横梁与桥面系	59
7.3	斜吊索的力学特性	62
7.4	斜吊索的索力配置	66
7.5	内力计算与强度验算	69
7.6	拱的稳定分析	73
7.7	拱与系梁联结段的构造	84
7.8	吊索与拱肋、系梁的节点构造	86
第八章	施工	89
8.1	施工方案选择	89
8.2	系梁支架型式及对支架的要求	90
8.3	拱架和拱圈浇筑	92
8.4	预制拼装法	95
8.5	施工工序安排中需特殊考虑的问题	97
8.6	试验桥所采用的施工方法	99
8.7	预拱度	107
8.8	施工内力分析及应力验算	111
8.9	吊索安装和初张拉	112
8.10	索力的测定	114
第九章	调索	118
9.1	调索的目的和一般要求	118
9.2	调索计算方法	119
第十章	试验桥的荷载试验	123
10.1	试验目的与试验内容	123

10.2	测点布置与量测仪器	125
10.3	车辆荷载布置	126
10.4	试验数据	127
10.5	试验结果分析与结论	134
第十一章	算例	136
11.1	计算说明	136
11.2	基本设计资料	136
11.3	截面几何特性	140
11.4	结构内力计算与正截面强度验算	141
11.5	正常使用状态截面应力验算	148
11.6	施工阶段计算	154
参考文献		171

第一章 概 述

随着交通事业的飞速发展,人们对桥梁建筑提出了更高的要求。高速公路上迂回交叉的立交桥、高架桥和城市的高架道路,超大跨径的海湾海峡大桥以及新发展的城郊高速铁路桥与轻轨运输高架桥等,这些新型桥梁不但是规模巨大的工程实体,而且犹如一道道地上彩虹,成为独立景观或为周围环境增色。桥梁建筑已不单纯满足交通功能,而且作为一种空间艺术结构物存在于社会之中。

对桥梁美学的日益重视,促进了桥梁造型的丰富多彩。在梁式桥、拱桥、刚架桥、吊桥四种基本体系的基础上,一些新颖的桥型又呈现在人们面前。例如 1963 年原联邦德国建成了跨径 248.8m 的提篮式系杆拱桥(弗马恩桥),1976 年日本建成了跨径 175m 的单片拱肋型系杆拱桥(大阪府泉北联络桥),1981 年瑞士建成了板拉桥(甘特桥),这些工程在构成交通线的同时,也形成了当地著名的景点,美化了人民的生活。

一般的系杆拱桥,其吊杆多为竖向布置,即使采用斜吊杆,也是相对于桥跨中心线对称布置,桥面荷载通过吊杆传递给主拱,得出的合理拱轴线均为对称的曲线。若将吊杆按一

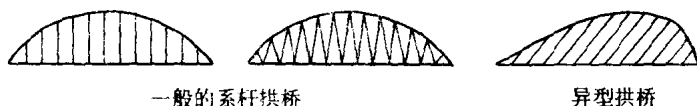


图 1.1 一般系杆拱桥与异型拱桥的比较

个斜率斜向布置,导出的合理拱轴线便是偏态的曲线,由此得出的桥型结构便是又一种新型结构——异型拱桥(图 1.1)。

异型拱桥结构合理,造型美观别致,是一种富有竞争力和值得推广的桥型。

第二章 结构构思与结构特性

2.1 结构各部分的名称及其作用

同一般系杆拱桥一样,异型拱桥由桥跨结构(上部结构)及下部结构组成。桥跨结构由拱肋(拱圈)、斜吊杆、系梁、桥面系和横向联结系组成,根据拱肋与系梁的相对刚度分为柔性系梁刚性拱、刚性系梁柔性拱、刚性系梁刚性拱等三种型式。系梁与拱肋构成组合体系共同受力,桥面荷载由悬吊系梁的吊杆传递给拱肋承受,而系梁又承受拱肋产生的推力。图 2.1 示出了异型拱桥的主要组成部分、主要尺寸和名称。

拱圈是主要承重构件,针对其主要受压的结构特性,采用钢筋混凝土结构。跨度较大且拟采用吊装施工方案时,为减轻吊装重量,也可采用钢管混凝土结构。肋拱的矢跨比常用范围在 $1/3 \sim 1/6$ 。

桥面系悬挂在斜吊杆上,吊杆主要承受拉力。吊杆分刚性吊杆和柔性吊杆两类。刚性吊杆用钢筋混凝土或预应力混凝土制作,柔性吊杆用圆钢或高强钢丝制作。使用刚性吊杆可以增强肋拱的横向刚度,但材料用量较多,结构较复杂;使用柔性吊杆可以部分消除拱肋与桥面系之间的互相影响,且节省钢材。

对刚性系梁而言,系梁承受由横梁传来的大部分桥面荷载,将其传递给斜吊杆,并且承受拱肋的水平推力以及斜吊杆

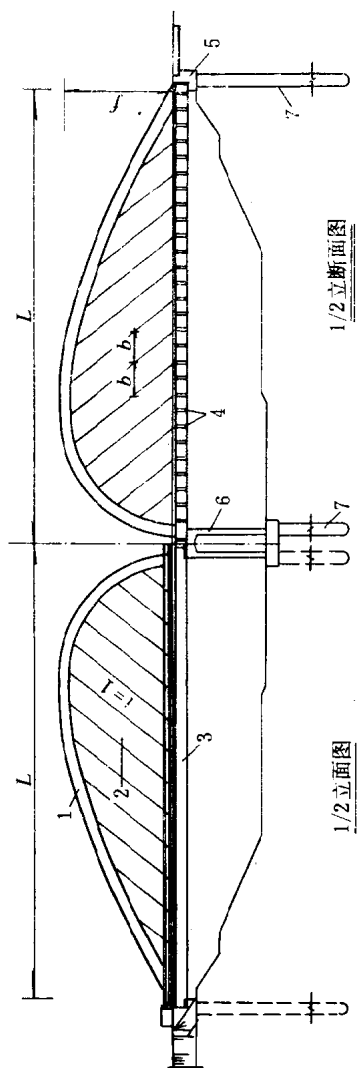


图 2.1 悬型拱桥主要部位及尺寸的名称

1—拱肋(拱圈); 2—斜吊杆; 3—系梁; 4—横梁; 5—桥台; 6—桥墩; 7—桩基础; 8—齿向联结系

f —计算矢高; L —计算跨径; f/L —矢跨比; r —吊杆斜率; b —吊杆间距

的水平分力。系梁可以采用预应力混凝土结构或钢结构。由于吊杆的作用,系梁高度可以大大减小,从而减小桥梁的建筑高度。在一定情况下,梁高不受桥梁跨径而是受横梁跨度的控制。

为了保证肋拱的横向刚度和稳定,可以在两片拱肋之间设置横向联结系。横向联结构件的尺寸一般比较粗大,高悬在行车道之上,给人以压抑感。为了改善这种感觉,在行车道之上可以取消风撑,而做成敞口桥。但是,为了满足肋拱的横向刚度,有时需采用刚性吊杆,以使吊杆和横梁形成一个刚性的半框架,给拱肋提供足够刚劲的侧向弹性支承,以承受拱肋上的横向水平力;或者加大拱肋的断面尺寸使其本身具有足够的横向刚度和稳定。

行车道系由纵、横梁和车道板组成。车道板上设桥面铺装,安设人行道和栏杆等。

异型拱桥虽是多次超静定结构,但外部仍是静定,对墩台的作用力传递如同简支梁结构,只是跨度较大,上部结构传向下部结构的作用力较大。而作用力较大主要是指垂直荷载,因而要求墩台有较好的地基或设置较深的桩基。上部结构传向下部结构的水平力也仅仅是制动力,或在多跨结构桥面连续时所产生的温度力。但总体上讲是简支结构,墩台所受水平力的数值不会太大。

对于多跨结构,为减少伸缩缝的道数和为了行车舒适,也可以做成简支结构桥面连续。桥面连续的设置方法和一般简支梁相同。只是跨度较大,所传递水平力增大,在配置桥面连续筋时应考虑增多钢筋用量并适当加长桥面连续筋的长度。

异型拱桥由于是下承式结构,因而设置拱梁的片数很少,所以上部结构传向下部结构的荷载值不单数值较大,而且比较集中,需设置承载力较大的盆式支座。设置固定支座、滑动

支座的布置方法和简支梁或桥面连续简支结构的考虑方法相同。在桥面较宽时,应考虑横向滑动的要求,以适应桥结构在温变时的横向伸缩,避免桥结构在温变情况下产生不必要的横向次应力。图 2.2 所示为安阳市东风桥的支座布置图,为了适应各个方向温度变位要求,在一孔桥座上设置了四个滑动方向各不相同的盆式支座。

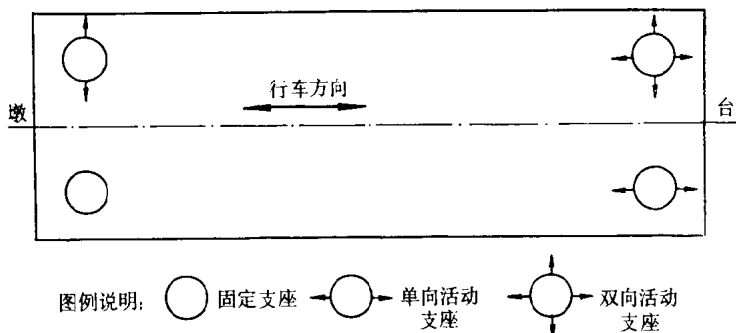


图 2.2 安阳市东风桥支座布置图

2.2 斜吊杆对结构内力的影响

一般系杆拱桥的吊杆多为竖向布置,合理拱轴线为对称曲线,系梁所受的拉力大小在全桥跨范围内也是均等的。

异型拱桥的吊杆按一定斜率斜向布置,桥面荷载通过斜吊杆传递给主拱。在吊杆力的作用下,分析拱的压力线形状,可以把拱形反过来成索形,荷载作用下的索形即为反转过来的压力线。在竖直吊杆传力作用下,如图 2.3a)所示,索形是对称的曲线。根据传递力(荷载)分布状况,可以推导出索形是抛物线或悬链线,即拱的压力线或应设置的拱合理拱轴线应是抛物线或悬链线。在斜吊杆传力作用下,如图 2.3b)所

示,索形自然偏向一边,形成偏态的曲线,即异型拱的压力线或合理拱轴线是偏态的曲线形状。不同的吊杆斜率,可推导出不同外形的合理拱轴线。随着所选吊杆斜率的不同和拱矢度的不同,将得到异型度不同、外形变幻奇特的各种合理拱轴线线型。

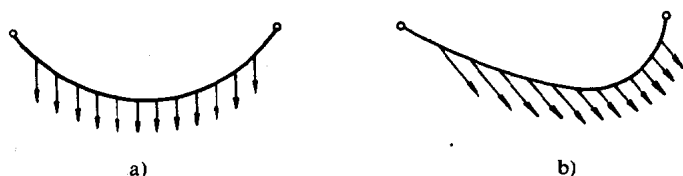


图 2.3

各吊杆间系梁的拉力也因受到吊杆拉力影响而逐段不同,全跨吊杆向一个方向倾斜,系梁所受拉力沿着向倾斜端的方向逐渐减小。在有些情况下,系梁的内力还可能出现压力。

2.3 拱结构性能分析

异型拱在拱轴线外形变化后,仍然与一般系杆拱一样,保持拱结构特性。即主拱圈内力以受压为主,且由于拱结构存在,通过吊杆支承系梁使系梁弯矩内力大大减小。这一结论可以从实桥计算中拱圈、系梁的静活载内力值分析得出。此外下面再从异型拱与一般系杆拱的主拱内力影响线比较进行分析。

图 2.4 给出了异型拱和一般系杆拱二种结构主拱 $\frac{1}{4}L$ 、 $\frac{1}{2}L$ 、 $\frac{3}{4}L$ 截面弯矩内力影响线以及拱顶推力影响线,比较两种结构各相应的内力影响线,不但看出影响线

形状相同，而且坐标数值也十分接近。这说明两种结构受力特性一致，异型拱完全保持一般系杆拱原有的结构特性。

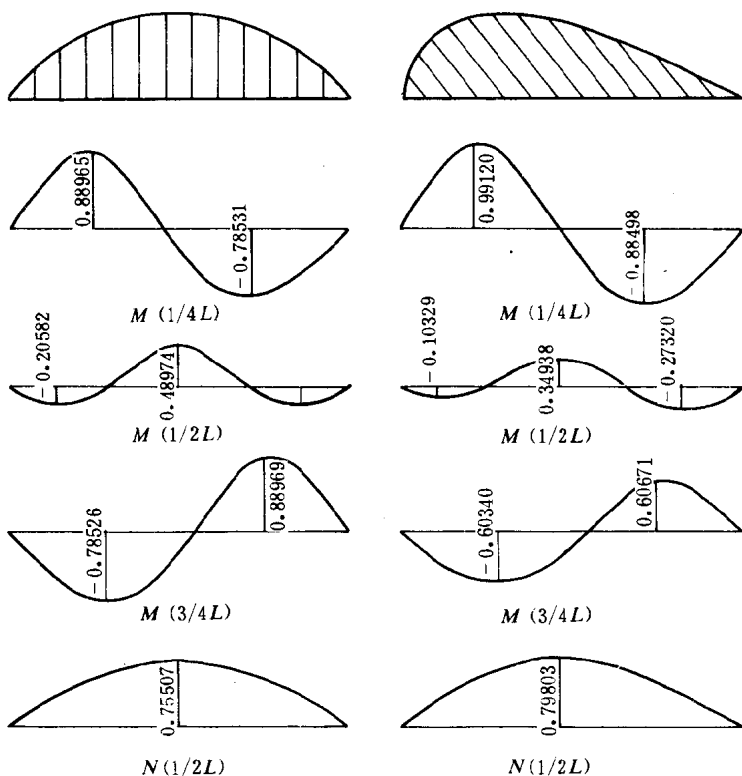


图 2.4 内力影响线的比较

从拱的结构性能出发，由拱的内力影响线坐标值可以推得系梁在荷载作用下的弯矩值因拱结构作用所带来的受益程度，即弯矩值减小的程度。图 2.4 所示影响线是按计算跨径 60m，矢高 15m，结构各部分构件截面特性采用东风桥实桥数