

文章编号: 0451-0712(2006)02-0001-04

中图分类号: U448.51

文献标识码: B

# 钢管混凝土上承式拱桥桥型分析

陈宝春, 杨亚林

(福州大学土木建筑工程学院 福州市 250002)

**摘 要:** 收集了国内已建和待建的钢管混凝土上承式拱桥的基本资料, 对其结构形式、主要构造参数和施工方法进行了分析, 可供此类桥梁设计与施工参考。

**关键词:** 钢管混凝土; 上承式拱桥; 分析; 设计; 施工

钢管混凝土拱桥近十余年来在我国发展很快, 其结构型式多样, 按车桥形式可分为上承式、中承式和下承式。调查表明, 与我国其他拱桥(如石拱桥、钢筋混凝土拱桥)相比, 在钢管混凝土拱桥中, 上承式修建得不多, 反而中下承式占了主要的地位。在过去的钢管混凝土拱桥桥例统计分析中, 上承式一般仅占总数的10%左右。这主要是因为钢筋混凝土拱桥或石拱桥, 自重较大, 对基础要求高, 在城市和平原地区修建, 容易由于下部结构与基础的工程量较大而使造价上升而较少采用。而钢管混凝土拱桥由于自重较轻, 加上刚架系杆拱等新的结构型式, 使得对下部结构与基础的要求降低, 因而在城市与平原地区能够得到大量的应用, 从而使上承式拱在钢管混凝土拱桥中所占的比例相对于中、下承式下降了。尽

管如此, 钢管混凝土上承式拱桥有其独特的优越性, 因而成为地质条件较好的峡谷和山谷地区具有很强的竞争力的桥型。这种桥型构造简单, 横向联系容易布置, 桥道系支承于立柱上, 整体性、横向稳定性均较好。为此, 本文收集了国内已建和在建的跨径大于50 m的钢管混凝土上承式拱桥的资料, 对其结构形式、主要构造参数和施工方法等进行分析总结, 为此类桥梁今后的实际应用提供参考。

## 1 发展概况

表1列出了我国已建和在建的13座跨径等于或大于50 m的钢管混凝土上承式拱桥的简要情况。各桥例的具体情况可参见文献[3]文献[10]。

表1 上承式钢管混凝土拱桥一览表

桥 名	建成年份/年	跨径/m	矢跨比	拱轴线型	施工方式
新疆阿克苏过塔公路老大河桥		52	1/8	$m=2.514$ 悬链线	
北京昌平山羊洼一号桥	1998	80	1/5	$m=2.24$ 悬链线	
河北京张高速公路周家沟1号桥	2000	108	1/5	$m=2.24$ 悬链线	缆索吊装、支架施工
湖南天子山大桥	2003	125	1/5	$m=1.167$ 悬链线	悬拼架设
青海拉西瓦黄河大桥	2003	132	1/6.5	$m=1.51$ 悬链线	缆索吊装
湖北三峡黄柏河大桥	1996	160	1/5	$m=1.543$ 悬链线	转体施工
湖北三峡下半溪大桥	1996	160	1/5	$m=1.543$ 悬链线	转体施工
湖北九畹溪大桥	1998	160	1/6	$m=1.495$ 悬链线	缆索吊装
湖北恩施南泥渡大桥	2002	220	1/5	$m=1.756$ 悬链线	缆索吊装
水柏铁路北盘江大桥	2001	236	1/4	$m=3.2$ 悬链线	转体施工
杭新景高速公路千岛湖1号桥	在建	252			
重庆奉节梅溪河桥	2001	288	1/5	$m=1.5$ 悬链线	缆索吊装
湖北支井河大桥	在建	430	1/5.5	悬链线	缆索吊装



## 2.2 拱肋截面

上承式钢管混凝土拱桥的拱肋可以是多肋的哑铃形拱肋,也可以是桁式拱肋。由于是上承式,拱肋全部位于桥面之下,所以与中下承式不同,它可以采用较多的拱肋,从而使每根肋的受力减小,拱肋截面尺寸也相应减小。如黄柏河、下半溪大桥采用了4片拱肋,所以虽然跨径较大(160 m)、荷载较重(汽-36),仍可采用哑铃形拱肋。对于跨径更大的钢管混凝土拱桥,如重庆奉节梅溪河桥,设计采用1根桁式拱肋,由于两肋之间可以采用较多的横向联系使两肋联成整体,所以实际上设计时可将其视为箱形断面,相当于以钢管混凝土为劲性骨架的混凝土箱拱没有填充箱壁的混凝土。湖北井支河桥设计人员采纳了作者的这一理念,主拱圈设计时考虑成箱而不是两根四肢桁肋。由于箱形拱圈的受力性能要好于肋式截面,特别是它的抗扭刚度很大,采用这种设计理念,只要对按肋式拱肋在两肋的横向联系构造上稍加变化,就能较大地改善主拱的受力,节省工程量和造价。

大部分上承式拱采用了等高度拱肋,在已知拱肋截面高度的12座桥中有7座采用了等高度拱肋,这主要是为了施工方便。拱肋的高度主要与跨径有关。图5是桥梁跨高比与跨径的关系,从中可以看出,拱圈的高度一般在跨径的1/40~1/70之间。

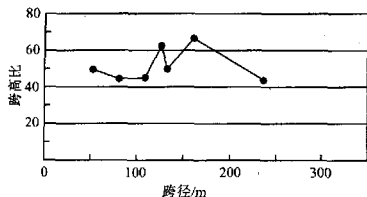


图5 等高度拱肋截面跨高比与跨径的关系

在大跨径拱桥中,为减轻恒载自重和节约材料,拱肋截面也经常采用变截面形式。在本文统计的桥梁中,有5座桥梁的拱肋截面是变截面。由于是无铰拱,拱肋截面的变化规律均为拱肋高度从拱顶截面向拱脚截面逐渐增大。图6是这5座桥梁拱脚截面、拱顶截面跨高比与跨径的关系。拱脚截面高度一般为跨径的1/30~1/60,拱顶截面高度一般为跨径的1/50~1/70,拱脚处与拱顶处拱肋高度的比值在1.1~2.0之间。

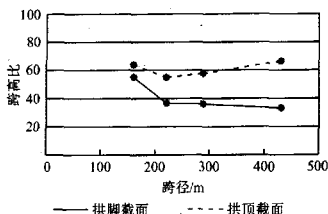


图6 变高度拱肋截面跨高比与跨径的关系

## 3 立柱与桥道系

上承式钢管混凝土拱桥的立柱,一般采用钢筋混凝土或钢管混凝土。立柱与钢筋混凝土盖梁组成排架或刚架式结构。当跨径较大时,拱脚附近的立柱较高,在柱间应设置横向联系来提高其稳定性。同时,由于立柱较高,为减轻恒载自重、方便施工和结构整体协调一致,多采用钢管混凝土立柱,如黄柏河大桥、下半溪大桥、九畹溪大桥、南泥渡大桥等。也有采用钢筋混凝土立柱的,一般将截面做成空心,如北盘江大桥。在跨径最大(430 m)的支井河大桥中,立柱最高(在拱脚处)达74 m,该桥采用了空钢管混凝土格构式立柱。

在中下承式拱桥中,受拱肋数量的限制,横梁的跨径一般较大,由此,桥面板的跨径不能太大。而对于上承式拱,由于一排的立柱可以采用多于两根,立柱盖梁的跨径不大,桥面板可以采用较大的跨径,这样也可以减小立柱的数量,特别是对于大跨径拱,拱脚附近的立柱由于较高、工程数量大,因此减少立柱的数量显得非常重要。如跨径300 m的拱,采用1/5的矢跨比时,拱脚处的立柱就高达60 m。桥道纵梁采用较大跨径还减少了桥道梁的跨数,有利于缩短施工周期,同时使得结构的立面较为简洁美观。所以,钢管混凝土上承式拱的桥面板跨径一般比中下承式的大,桥道系的受力以纵梁为主,而不是以横梁(盖梁)为主。桥道纵梁当跨径较小时可以采用板梁,较大的可以采用T梁,更大的可以采用箱梁。

桥道纵梁一般采用桥面连续的简支梁或先简支后连续梁。目前仅见支井河大桥桥道纵梁采用连续箱梁。实际上,当跨径较大时,宜考虑桥道纵梁与拱共同作用,在拱脚附近由于立柱较高较柔,纵梁可以与立柱固结,在拱顶附近立柱较低,纵梁采用支座支承于立柱之上,即将纵梁做成刚构—连续组合结构。

#### 4 施工方法

钢管混凝土上承式拱桥的架设方法主要有转体施工法和缆索吊装法,在表1已知的10座桥例中,有3座采用了平面转体施工法,6座均为缆索吊装。

当施工的桥梁跨越较深的峡谷时,可以利用两岸的山体和岸坡的地形条件,采用平面转体施工技术架设拱肋。采用平面转体法时,上承式拱不像飞鸟式拱有边拱可以利用作为平衡体,因此需要考虑将交界墩作为平衡重。另外,由于上承式拱的桥道纵梁跨径较大、自重也较大,主拱合拢后,桥道纵梁的吊装还需另外考虑。黄柏河、下牢溪和北盘江3座采用水平转体施工的上承式钢管混凝土拱桥,其桥道纵梁均采用了缆索吊装,这就使得桥梁施工除转体设备外,同时还要有缆索吊装设备,使主拱采用转体施工的优越性受到质疑。

因此,在上承式钢管混凝土拱桥中大量采用的还是缆索吊装法。在缆索吊装施工中,悬臂拱肋通常通过斜拉索扣挂于索塔上,当地形合适、跨径不大时也可以采用少支架临时支承,如河北张高速公路周家沟1号桥。湖南天子山大桥由于是桁式组合拱,利用主拱、立柱和临时拉索组成桁式悬臂结构,进行主拱的架设。

#### 5 结语

上承式拱桥虽然在钢管混凝土拱桥中所占的比例较小,但它在地基承载能力较高的峡谷、山区桥位,无论是从景观或是从结构上来说,都是一种极具竞争力的桥型。近年来它的跨径也越修越大,最大的

已达430 m。当跨径较大时,设计中主拱圈应考虑采用箱形拱圈而不是肋肋,采用较大跨径的刚构—连续体系的桥道纵梁,既可减小立柱的数量、又可使拱梁共同受力,使结构更加合理。

#### 参考文献:

- [1] 陈宝春,杨亚林. 钢管混凝土拱桥应用概况分析[A]. 中国公路学会桥梁和结构工程学会2005年全国桥梁学术会议论文集[C]. 2005.
- [2] 陈宝春. 钢管混凝土拱桥发展综述[J]. 桥梁建设, 1997, (2).
- [3] 陈宝春. 钢管混凝土拱桥设计与施工[M]. 北京:人民交通出版社, 1999.
- [4] 陈宝春. 钢管混凝土拱桥实例集(一)[M]. 北京:人民交通出版社, 2002.
- [5] 马庭林,徐勇,何庭国. 水柏铁路北盘江大桥设计[J]. 桥梁建设, 2001, (5).
- [6] 童顺军,王存江. 上承式钢管拱桥拱上结构施工[J]. 铁道标准设计, 2001, (8).
- [7] 肖国强. 新型钢管混凝土桁式组合拱桥主拱施工实践[J]. 中外公路, 2004, (4).
- [8] 王慧东,张浩. 拉西瓦水电站黄河大桥132 m钢管混凝土拱桥施工技术[J]. 铁道标准设计, 2004, (9).
- [9] 经柏林,胡小庄. 九峰溪大桥动载试验及动力分析[J]. 中南公路工程, 2000, (2).
- [10] 张明远,王学国,江志学,卢哲安. 钢管混凝土拱桥拱肋吊装几何非线性分析[J]. 武汉理工大学学报, 2003, (9).
- [11] 范立础. 桥梁工程(下册)[M]. 北京:人民交通出版社, 1999.

## Analysis of Concrete-Filled Steel Tubular Deck Arch Bridges

CHEN Bao-chun, YANG Ya-lin

(College of Civil Engineering and Architecture, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** Information of concrete-filled steel tubular deck arch bridges is investigated. The structure type, parameters and erection methods are analyzed. It may be used as reference for the design and construction of this type bridge.

**Key words:** concrete-filled steel tubular; arch bridge; deck-type; analysis; design; construction