

连续桁架桥在管线过河工程中的应用与结构设计

张金明, 梁东伟

(中冶京诚工程技术有限公司, 北京市 100176)

摘要:以芜湖某工厂管线过河工程为工程背景,对管线上跨过河方案的桥梁选型进行分析比选,并通过建立空间模型对总体结构进行计算分析,论证了连续桁架桥的适用性和设计要点。该桥型具有显著的适用性和经济性,布置形式新颖、受力合理,可实现最优化设计,适宜推广使用,可为类似工程提供参考。

关键词:管线过河;连续桁架桥;多墩固支;有限元计算

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)10-0091-03

0 引言

随着近年来我国经济实力的不断提升,综合管廊(共同沟)在工业企业和市政基础设施建设中得到了日益广泛的应用。在河网密集的厂区建设和城市建设中,综合管廊中的管线需要集中跨越河流的情况也越来越多。与管廊下穿隧道方案相比,采用上跨过河的桥梁方案具有经济性和技术安全易控等显著优点,往往成为过河方案的首选。本文以工程案例的形式,对管线集中上跨过河的桥梁形式进行分析比选,并对桥梁整体结构设计进行论述,以供业内人士参考。

1 工程概况

新建管线过河工程位于安徽省芜湖市,连接小江南北两侧新旧厂区。过河管线包括四根工业燃气管道、六根各类给排水管道、一根氮气管道、一根蒸汽管道和若干电力电信线缆。因存在多根燃气管道,出于安全原因未考虑下穿隧道方案。过河线位受厂区总图影响,斜交过河,两侧河堤之间距离为208.5 m,拟建桥梁全长326.0 m。

2 桥型比选

一般具有自身承载能力的工业管线在跨越短距离障碍或悬空传输介质时,通常可直接在管道下方设置管架^[1]。但当支承结构的间距超过其自身承载能力时,就需要设置专门的承载结构对其进行支撑。本文案例跨越的小江河具有行洪泄洪功能,水中结构物数量及尺寸受限,间距不能过小;

同时考虑集中过河管线复杂多样,需要设置桥梁结构进行承载。

管线过河桥梁的桥型选择同样遵循安全、耐久、适用、环保、经济和美观的原则^[2]。与常规以实现交通功能的桥梁不同,过河管道(管线)的种类和布置要求对桥型桥式的选择具有直接影响。当与桥头路基段综合管廊顺接时,桥上管线的布置一般与管廊中的布置保持一致。考虑该工程过河管线中含有多根燃气管,其设置要求不能在封闭空间中,如采用常规的箱形断面结构,只能将其设置在箱梁顶板上,对梁宽尺寸要求较大。钢桁梁结构具有镂空特性,且其框架结构与各类管线的支架结构可以有机结合,作为综合管线的承载结构优势显著。

该工程选择多跨连续桁架桥与三跨自锚式悬索桥(主梁采用钢桁架)进行经济和景观方面的比选。悬索桥造价较高,该例中超出连续桁架桥约30%。考虑桥梁属于厂内桥梁,对景观要求不高,最终选型采用多跨连续桁架桥。

3 总体设计

和简支桁架桥相比,连续桁架桥具有施工方便、刚度大、用钢量省等优点^[3]。桥梁共设置两联,综合考虑跨越被交路、河堤及边中跨合理比例和构件标准化等因素,跨径布置为 $(50+60+50)\text{m}+(3\times 55)\text{m}$ 。上部结构采用连续钢桁梁,桁架截面为矩形,高度为5.0 m,宽度为5.2 m,桥面上弦设置人行检修道,管道敷设在上、下弦面上,每隔5 m设置一个管道支座。下部结构采用钢筋混凝土柱式墩,基础采用钻孔灌注桩(见图1)。

该项目管线种类较多,管线所产生的水平推力较大,为了更好地分配水平力,在中间连续墩处均

收稿日期: 2020-04-01

作者简介: 张金明(1979—),男,本科,高级工程师,从事路桥工程设计工作。

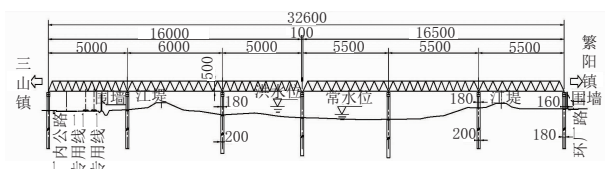


图 1 管线过河桥立面布置

设置固定支座,共同分担水平力作用。

4 结构设计及构件尺寸

4.1 钢桁梁结构形式

主桁采用两片钢桁梁,桁高 5.0 m,桁式为三角形桁架;主桁间距为 5.2 m,节间距为 5.0 m;为了使腹杆受力更加合理,腹杆与弦杆夹角为 45° ;过渡墩处支座中心距梁端 0.4 m,主桁节点采用整体式节点(见图 2)。钢桁梁横断面布置如图 3 所示。

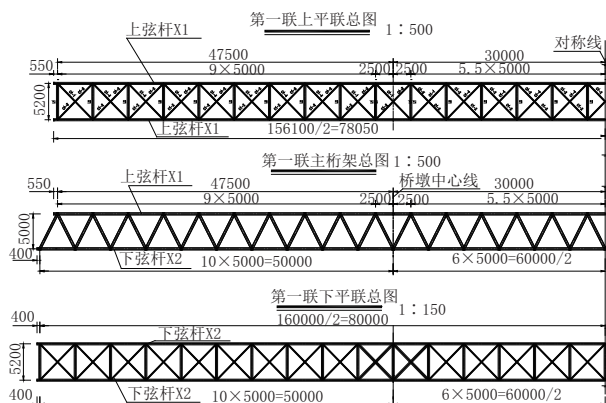


图 2 钢桁梁布置图

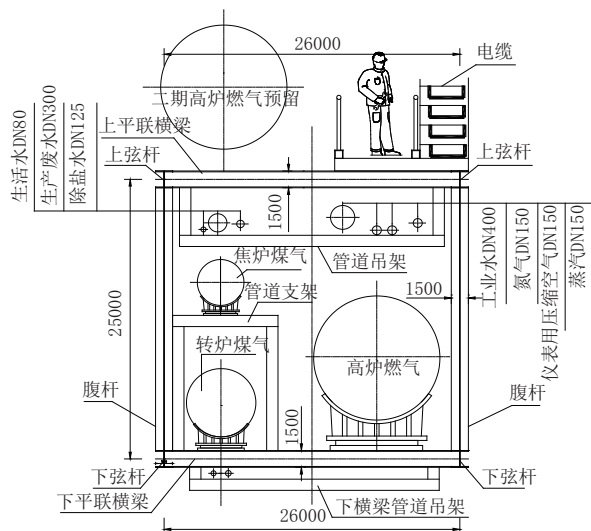


图 3 钢桁梁横断面布置

4.2 钢桁架构件尺寸

上、下弦杆,腹杆,上、下平联横梁均采用 H 型钢(HW 300 × 300 × 10/15),上、下平联斜撑采用 H 型钢(HW 150 × 150 × 7/10),在支点处上、下平

联横梁,腹杆均做加厚处理,以承受支点荷载。

5 结构计算

5.1 计算模型

以第一联为例,采用 Midas Civil 进行空间整体计算分析,计算模型如图 4 所示。进行静力特性分析时,全部采用梁单元进行模拟,管道荷载按管道恒载和管道介质分别施加至连接系横梁上,其余荷载按规范施加。固定支座采用弹性连接-刚性连接模拟。桩基采用 m 法建立弹性支撑进行模拟。

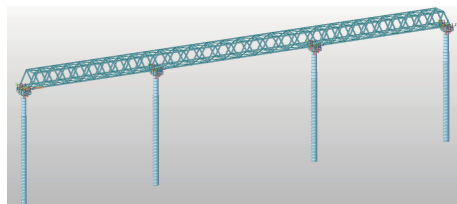


图 4 整体计算模型

5.2 荷载分析

设计考虑两类荷载,即永久荷载和可变荷载。

永久荷载包括钢结构自重,二期恒载包括管道及其附属结构自重、人行道构造、支架、吊架、补偿器检修平台及其他附属结构、基础沉降等。

可变荷载包括管道试压阶段充水荷载、检修人群荷载、风荷载(包括管道和桁架风荷载)、温度效应等。

5.3 结构验算

按《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64—2015)分别进行杆件局部稳定计算、整体稳定计算,承载能力极限状态下钢桁架应力验算,正常使用极限状态下钢桁架竖向变形及挠度设计值。

5.3.1 强度验算

承载能力极限状态组合下,钢桁架各杆件应力如图 5 所示,计入重要性系数 1.1,最大应力为 254.9 MPa,最小应力为 203.6 MPa,低于钢材强度设计值 270 MPa,满足规范要求。

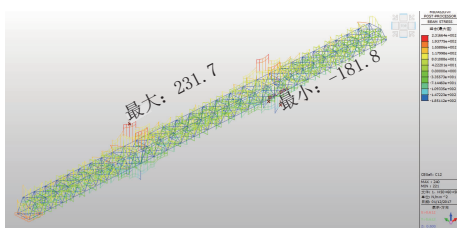


图 5 第一联钢桁架应力图(单位:MPa)

5.3.2 变形验算

第一联最大位移发生在边跨跨中位置,位移为 88.6 mm,如图 6 所示,低于竖向挠度限值 $50\,000/500=100(\text{mm})$,满足规范要求。

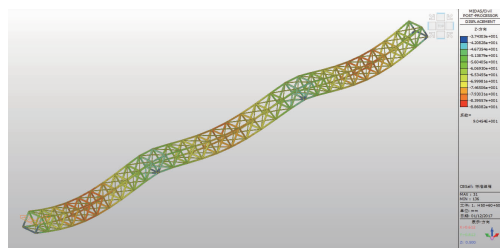


图 6 第一联钢桁架竖向挠度图(单位:mm)

5.3.3 主桁架杆件验算

5.3.3.1 主桁架杆件长细比验算

选取不同型号杆件中长度最大的杆件验算主桁架杆件长细比,均满足规范要求,见表1。

5.3.3.2 主桁架杆件强度验算

选取受力最不利的杆件在承载能力极限状态下验算其轴应力、弯曲应力、剪应力、轴力与弯矩的组合应力,均满足规范要求,见表 2、表 3。

5.3.3.3 主桁架杆件稳定验算

在轴力和弯矩组合作用下, 受力最不利的杆件满足稳定要求, 拉杆不检算稳定, 见表 4。

表 1 长细比验算

杆件编号	杆件规格 /mm	长度 /mm	长细比 λ_y	长细比 λ_z	长细比允许值	是否满足要求
上弦杆 X1	HW 300×300×10/15	6 000	46.0	80.1	100	满足
下弦杆 X2	HW 300×300×10/15	6 000	46.0	80.1	100	满足
腹杆 F1、F1'	HW 300×300×25/30	5 481	40.4	73.2	100	满足
腹杆 F2、F2'	HW 300×300×10/15	5 481	33.6	73.1	100	满足

表 2 主桁架杆件最大受力统计情况

序号	位置	杆件型号	轴向应力 /kN	剪力 -y /kN	剪力 -z /kN	扭矩 /(kN·m)	弯矩 -y /(kN·m)	弯矩 -z /(kN·m)
7	上弦杆	HW 300×300×10/15	2 210.83	3	-4.59	-0.01	-23.13	14.02

表 3 主桁架杆件强度检算

序号	位置	杆件型号	轴力 /kN			轴力 + 双向弯矩 /kN			面内抗剪强度 /kN			面外抗剪强度 /kN		
			σ	$[\sigma]$	判断	σ	$[\sigma]$	判断	τ	$[\tau]$	判断	τ	$[\tau]$	判断
7	上弦杆	HW 300×300×10/15	202	270	满足	255	270	满足	0	155	满足	-2	155	满足

表 4 主桁架杆件整体稳定检算

序号	位置	杆件型号	轴力 /kN			主力(轴力 + 双向弯矩)/kN					
						面内总体稳定			面外总体稳定		
			σ	$[\sigma]$	判断	σ	限值	判断	σ	限值	判断
4	下弦杆	HW 300 × 300 × 10/15	-225.3	270.0	满足	-0.4	1.0	满足	-0.7	1.0	满足
7	上弦杆	HW 300 × 300 × 10/15	拉杆不检算								

6 结 语

芜湖某工厂综合管廊跨越小江连续桁架桥通过精心设计、施工,目前已建成并投入使用。通过对该桥的设计进行分析,得出如下结论:

(1)连续桁架桥在综合管廊通过大型河流时具有显著的适用性和经济性,适宜推广使用。

(2)连续桁架梁相较传统简支桁架梁布置形式新颖、受力合理,通过现代分析计算手段,可实现最优化设计。

(3)在水平力较大的情况下(该桥为管道温差),采用多支座固定可以合理分配水平力,对本身超静定的杆系结构影响不大。

参考文献:

- [1] 孙超, 吕秀平. 管廊式管架设计心得及对其受力的分析和探讨[J]. 山西建筑, 2012, 38(25): 58-59.
- [2] JTG D60—2015, 公路桥涵设计通用规范[S].
- [3] 李富文, 伏魁先, 刘学信. 钢桥[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1990: 123.
- [4] JTG D64—2015, 公路钢结构桥梁设计规范[S].