DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.260445

大跨度管架桥总体设计

周祥树
(江苏省科佳设计集团股份有限公司,江苏 无锡 214002)

摘 要: 受建设场地限制,皮带机跨河桥梁通常优先采用一跨过河的简支结构形式,但简支结构跨度超过130 m较为少见,以某1-176 m下承式钢桁架皮带机管架桥为研究对象,重点阐述其总体布置、结构形式及关键构件等设计要点,结合有限元及规范进行上部主体结构强度、变形及稳定分析。最后针对桥位所处位置优势,简要介绍了架设方案。结果表明,采取合理的结构构造,适当降低恒载重量,桥梁主体结构的强度、刚度及稳定均满足要求。该桥造价经济、受力合理、施工可行,已安全运营超过5年,对类似工程具有一定参考价值。

关键词: 桥梁;管架桥;钢桁架;总体设计;设计要点
中图分类号: U442.5 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2026)11-0171-05

Overall Design of Long-span Pipe Rack Bridge

ZHOU Xiangshu
(Jiangsu Kejia Design Group Co., Ltd., Wuxi 214002, China)

Abstract: Restricted by construction site conditions, the simple-supported structures with a single span across the river are generally preferred for belt conveyor river-crossing bridges. However, the simple-supported structures with a span exceeding 130 m are rarely seen. Taking a 1-176 m through steel truss belt conveyor pipe rack bridge as the research object, the focus is on the elaboration of the key design points including the overall layout, structural type and critical components. Combined with finite element and relevant specifications, the strength, deformation and stability of the upper main structure are analyzed. In view of the geographical advantages of the bridge location, the erection scheme of the bridge is briefly introduced. The results show that with reasonable structural details and proper reduction of dead load, the strength, stiffness and stability of the main bridge structure can fully meet the specification requirements. With reasonable force performance, economical cost and feasible construction, the bridge has been in safe operation for more than five years, which provides a reference for similar engineering projects.

Keywords: bridge; pipe rack bridge; steel truss; overall design; key design points

0 引 言

随着城市建设日益发达,各类管架桥跨度也随之增加,同时随着人们审美观提升,对管架桥外观及造型要求也越来越高;同时受建设场地、投资规模限制,跨河管架桥常常只能采用单孔形式;随着简支结构跨度增加以及设备对桥面横向位移的要求限制,下承式钢桁架成为了主要的结构形式。最初,钢桁架桥大多被用来修建铁路桥梁,这类桥梁自身跨径优势显著,施工效率高,施工期间对现有交通的影响极小,因此近些年逐步拓展应用范围,在更多桥梁建设项目中普及。

从外观来看,钢桁架桥整体结构简约轻巧,造型灵动别致,再搭配色彩美观的防护涂层,能够有效装点城市环境,塑造独特的城市风貌。1907年落成的上海市外白渡桥,作为经典钢桁架建筑,历经岁月仍完好留存,早已成为上海极具代表性的城市名片。

应用实践表明,钢桁架不仅可以很好的满足结构功能要求,而且具有良好的技术经济效益[3],十分契合城市桥梁的建设需求,具备不可替代的独特优势,后续发展潜力巨大。随着设计规范[1,8]的发展,对钢桁架的计算越来越完善。

1 工程概况

1.1 项目简介

本文项目位于江苏沙钢集团厂区内,为厂区烧结机改造配套工程。桥梁跨越现状二干河,二干河为五级航道,通航净空为50 m×5 m,最高通航水位6.27 m,桥梁与航道夹角92.8°。桥位正好位于沙钢集团码头

收稿日期:2026-04-24
作者简介:周祥树(1981—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计与结构分析工作。

处，现状河口宽度160 m，均为通航水域，不能设置构筑物，桥梁平面见图1。

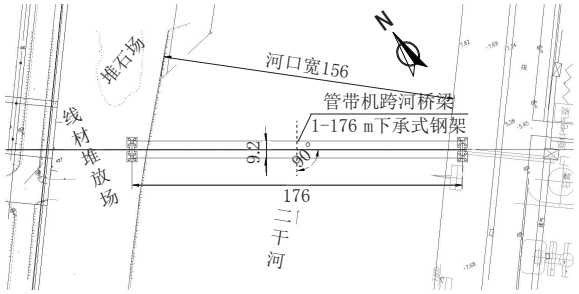


图1　桥位平面图（单位：m）

河岸两侧建筑密集、各种架空管道错综复杂，受现场建设条件和投资限制，桥梁主孔跨径不小于176 m，现场环境要求桥梁不允许设置边孔；设备在使用阶段对桥面横向位移有严格限制（本项目要求管架结构水平位移不大于30 cm）；同时要求管架结构一阶竖向频率应错开设备工作频率不小于20%范围，避免发生共振，本项目设备的工作频率约为2 Hz，管架结构1阶竖向自振频率不应落在1.6~2.4 Hz范围。

1.2　桥型选择

根据桥位条件，适合的桥型主要为两类：柔性吊桥及下承式简支钢桁架。

1.2.1　柔性吊桥方案

柔性吊桥方案较为适合大跨度单孔结构，采用柔性桥面系统，也可大幅降低工程费用，但管带机工作时振动较大，对结构变形要求较高。经过计算，吊桥方案由于采用柔性桥面结构，横向变形难以满足要求，同时主跨位于航道内，难以通过设置横向缆索限制变形，

1.2.2　下承式简支钢桁架方案

简支桁架结构跨度超过150 m较为少见，根据管架桥受力特点，在保证主要构件刚度条件下，应尽量减少次要构件尺寸，以降低结构整体恒载。

经过反复验算对比，综合考虑设计安全、施工可行性以及工程造价，采用176 m下承式简支钢桁架结构是合理可行的。

1.3　结构概况

上部横断面见图2，桥面宽度为7.2 m=0.1 m栏杆+7 m设备安装及检修+0.1 m栏杆。

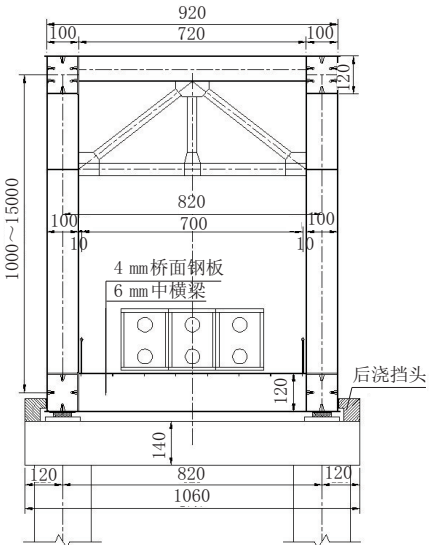


图2　标准横断面（单位：cm）

桥梁立面见图3，主桁为不带竖杆的华伦式三角腹杆体系[15]，节间长度11 m，为增强可观性，同时根据简支桁架受力特点，主桁采用变高度设计，支点高度10 m、跨中15 m，跨中高跨比为1/11.7。两片主桁中心距为8.2 m，桥梁全宽为9.2 m，宽跨比为1/19.1。

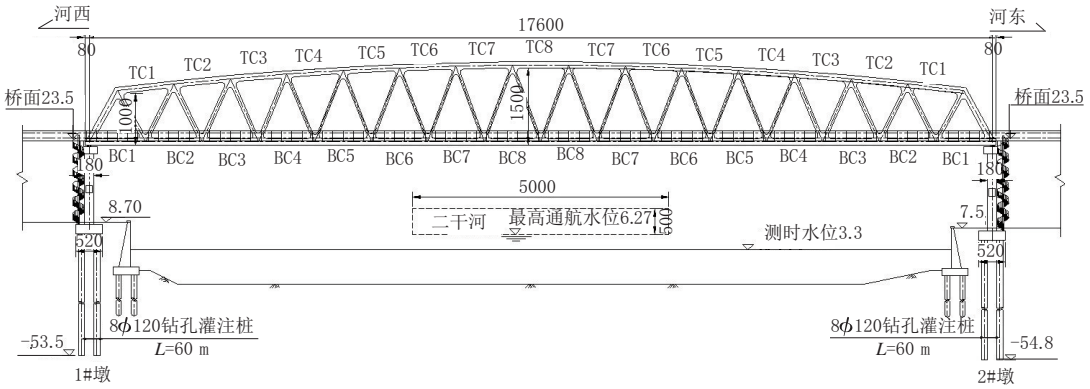


图3　管架桥立面（单位：cm）

考虑桥梁为简支结构，计算跨度达176 m，桥梁设计应尽可能降低自重；上、下主弦杆按压弯构件稳定控制采用最小截面，受力较小的腹杆按满足最小长细比要求控制，桥面系横梁按满足设备自重最小截面控制，桥面钢板满足检修人员行走要求最小厚度即可。

主桁上、下弦杆均采用箱形截面（焊接成型），截面宽度1 000 mm，高度均为1 200 mm，上弦杆板厚

24~30 mm，下弦杆板厚 24~28 mm，弦杆工厂分节段焊接成型，在工地进行节段拼接。考虑支点附近腹板受力较大，为增加杆件面内、外刚度，支点附近腹杆采用焊接箱形截面，其余腹杆均采用焊接H形截面。

桥面系设置 6 mm 扁豆型花纹钢板，同时在标准节间距 11 m 中间设置一道槽钢横梁，供安装管带机基础用。

上平联：上平纵联采用Z字型不交叉布置，杆件截面除端头为箱形截面，其余均采用“工”字型截面，斜杆件高度为 830 mm，横杆件高度 422 mm。

下平联：下平纵联采用“Z”字型不交叉布置，其中端横梁杆件采用 1 200 mm×700 mm 箱型截面；其余杆件均采用采用“工”字型截面，其中横杆件高度 622 mm，斜杆件高 630 mm。

除桥面花纹钢板采用 Q235B 外，其余结构均采用 Q345C 钢材。每片主桁两端设球型钢支座，全桥共设单向活动支座两个，双向活动支座一个，固定支座一个。

2　结构分析

2.1　技术标准

（1）一期恒载：钢材容重 78.5 kN/m^3；

（2）二期恒载：钢桥面板按 6 mm 厚钢板计算，栏杆取 2 kN/m；

（3）设计荷载：管带机总重按 27 kN/m；

（4）温度荷载：钢桁梁整体升降温按+30 ℃和−20 ℃考虑；

（5）检修荷载[2]：1 kN/m^2；

（6）风荷载[7]：设计基本风速 V_{10}=28.6 m/s[5]；

（7）雪荷载[2]：按 50 年一遇雪压 0.45 kN/m^2[2]；

（8）承载力组合[7]：取最不利组合进行各杆件的强度、稳定验算。

a. 恒载+设计荷载+风力+雪荷载+温度；

b. 恒载+设计荷载+风力+温度+检修荷载。

2.2　计算模型

采用空间有限元程序[9]（MIDAS Civil）建立总体计算模型，主桁、横梁、纵梁、联结系采用梁单元，桥面板不参与总体受力。结构计算模型见图 4。

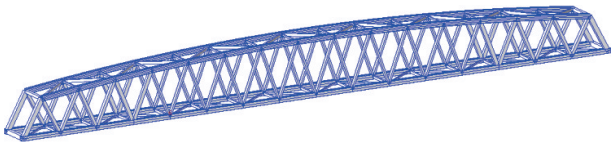


图 4　计算模型图

2.3　主要计算结果

2.3.1　强度、稳定验算

承载能力极限状态组合下，以主桁上弦杆件为例（其余杆件不在赘述），其截面内力设计值见表 1。

表 1　承载力组合上弦杆内力表

杆件类型	编号	内力设计值		
		N_d/kN	M_y/(kN·m)	M_z/(kN·m)
上弦杆	TC1	−5 805.9	159.5	−134.6
	TC2	−10 086.4	598.35	69.94
	TC3	−13 485.9	423.08	−91.14
	TC4	−15 309.3	499.31	110.98
	TC5	−17 922.6	821.06	−148.63
	TC6	−19 267	791.69	165.7
	TC7	−20 122.3	811.91	181.53
	TC8	−20 244.6	816.86	−207.74

实腹式拉弯、压弯构件强度，根据规范[1] 5.4.1 条之规定，主桁上弦杆计算结果见表 2。

表 2　主桁上弦杆强度验算表

杆件类型	编号	NRd/kN	MRd.y/kN	MRd.z/kN	5.4.1 计算结果	是否满足
上弦杆	TC1	31 292	11 970	10 906	0.23	是
	TC2	31 292	11 970	10 906	0.42	是
	TC3	31 292	11 970	10 906	0.52	是
	TC4	39 324	15 052	13 710	0.47	是
	TC5	39 324	15 052	13 710	0.57	是
	TC6	39 324	15 052	13 710	0.60	是
	TC7	39 324	15 052	13 710	0.64	是
	TC8	39 324	15 052	13 710	0.64	是

弯矩作用在两个主平面内压弯构件稳定[1,11-13]，根据规范[1] 5.4.2 条之规定，主桁上弦杆计算结果见表 3。

2.3.2　刚度

桥梁主要承受管带机活载，在管带机荷载作用下，钢桁梁主桁跨中竖向挠度（见图 5），f=0.059 m<176/500=0.352 m，主桁竖向刚度满足规范[1] 4.2.3 条要求。

钢桁架在恒载及活载标准组合下跨中挠度值为 27.3 cm，根据桥梁跨度，桁架跨中设置 80 cm 向上预拱度，后期整体视觉呈现上拱效果，外观效果良好。

表 3　主桁上弦杆稳定验算表

杆件类型	编号	$N_{cr,y}$/kN	$N_{cr,z}$/kN	χ_y	χ_z	5.4.2-3 计算结果	5.4.2-4 计算结果	是否满足
上弦杆	TC1	523 644	400 657	0.95	0.93	0.24	0.25	是
	TC2	523 644	400 657	0.95	0.93	0.43	0.44	是
	TC3	523 644	400 657	0.95	0.93	0.54	0.56	是
	TC4	664 834	509 437	0.95	0.93	0.49	0.50	是
	TC5	664 834	509 437	0.95	0.93	0.60	0.61	是
	TC6	664 834	509 437	0.95	0.93	0.62	0.63	是
	TC7	66 4834	509 437	0.95	0.93	0.66	0.68	是
	TC8	664 834	509 437	0.95	0.93	0.67	0.68	是

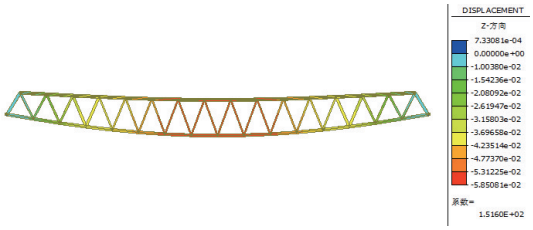


图 5　活荷载挠度图（单位：m）

桥梁在风荷载作用下，钢桁梁主桁跨中横向位移（见图 6）w=0.094 m<0.3 m，主桁侧向刚度满足管带机设备运营要求。



图 6　风荷载水平位移图（单位：m）

2.3.3　自振频率

对桥梁进行模态分析，结构一阶竖向频率（见图 7）为 1.21 Hz，本项目设备工作频率约 2 Hz，结构一阶竖向自振频率未落在设备工作频率 20% 范围（1.6~2.4 Hz）；可以有效的避免设备与桥梁发生共振。

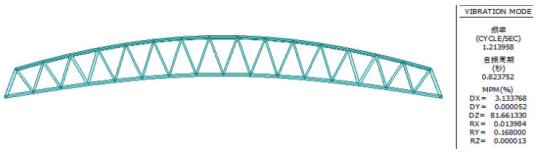


图 7　1 阶竖向频率（单位：Hz）

2.3.4　整体稳定

对桥梁进行整体弹性稳定分析，其一阶失稳模态为横向面外失稳（见图 8），整体稳定系数 28.9>4，结构整体稳定性满足要求。

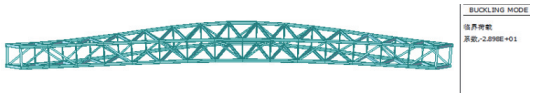


图 8　1 阶失稳模态

3　施工方案

为了确保二干河的通航，廊桥仅在两侧岸边有基础墩，河中无任何墩桩，这给架设施工带来了极大的挑战。考虑到上游桥梁的净空高度和航道深度，大型浮吊船难以驶入桥位，最终决定将整个廊桥从节点部位划分为 7 大段，在一条长 100 m，宽 21 m 的驳船上先安装 17.5 m 高的胎架 4 对，使用 800 t 履带吊逐个吊装至驳船胎架上进行组装，安装过程（见图 9）。



图 9　桥梁架设过程

通过对近几年潮汐的情况进行调察，桥梁架设时期，桥位处二干河入江口，早晨 5：00 至 9：00 期间，水位落差可达 1.5 m。

廊桥在驳船上组装完成后，再使用 4 台卷扬机和拖轮将廊桥整体移位至桥墩处，利用潮水将廊桥顶升就位，与此同时驳船加水压仓配合退潮，最终使廊桥和驳船分离脱开。

通过精密计算，利用水位特点进行桥梁架设，是该桥建设中的又一难点和亮点，在全国范围内也是少见的，架设完成的照片见图 10。



图 10　桥梁架设就位

4　结　语

随着航道通航条件要求越来越高，通航水域桥梁多数要求一跨过河，管架桥由于其使用荷载小、荷

载形式固定等特点，钢桁架可以充分发挥跨度的优势，施工简单方便，有着广阔的应用前景[4,10]。

本管架桥结构简洁、造型优美、造价经济、受力合理，建设和施工的难度都不大。目前桥梁已建成运营近超过5年，使用状况良好。

参考文献：

[1] JTG D64—2015 公路钢结构桥梁设计规范 [S].

[2] GB 50019—2012 建筑结构荷载规范 [S].

[3] 崔佳，熊刚．钢结构基本原理[M]．北京：中国建筑工业出版社，2019.

[4] 吴冲．现代钢桥[M]．北京：人民交通出版社，2006.

[5] JTG/T 3360-01—2018 公路桥梁抗风设计规范 [S].

[6] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范 [S].

[7] JTG/T 3360-01—2018 公路桥梁抗风设计规范 [S].

[8] TB 100091—2017 铁路桥梁钢结构设计规范 [S].

[9] 葛俊颖．桥梁工程软件 midas Civil 使用指南[M]．北京：人民交通出版社，2013.

[10] 汤秋华．大跨度变高度连续钢桁架桥设计[J]．城市道桥与防洪，2020(8)：94-97.

[11] 乔雷涛．高速铁路正交异性板钢桁梁整体计算模式及方法研究[J]．铁道标准设计，2020，64(5)：83-88.

[12] 尹一平．大跨度三主桁高速铁路桥梁静力特性分析[D]．武汉：华中科技大学，2004.

[13] 周朋，张哲，黄才良，等．空腹桁架拱钢桥的稳定性分析[J]．武汉理工大学学报，2010，32(15)：44-46.

[14] 大连工学院工程力学系钢桥设计组．全焊空腹桁架钢桥[M]．北京：人民交通出版社，1982.

[15] 小西一郎．钢桥(第六分册)[M]．北京：人民交通出版杜，1981.

(上接第 119 页)

望[J]．现代商贸工业，2018(11)：119-120.

[7] 苏川翔，李国辉．高速公路交通电气化建设的实践策略阐述[J]．工业经济论坛，2018(5)：34-42.

[8] 张震．正能量带下的零污染电车与零污染电气化公路：中国，CN201810274537.5[P].2019-10-11.

[9] 任万睿．关于高速公路电气化建设的探讨[J]．山东工业技术，2016(20)：109-110.

[10] 左伟平，刘海中．B型喇叭立交环形匝道线形安全性设计探讨[J]．城市道桥与防洪，2012(9)：21-23；41.

[11] 陈铖，曾孟文．基于公路勘察设计理念下的山区公路选线设计[J]．交通世界，2018(24)：72-73.

[12] 张俊峰，何政伟，汪宙峰，等．基于 ArcEngine 开发天山公路选线决策支持系统[J]．公路，2007(4)：23-27.

[13] 黄成彬，周子伟，徐焱，等．不同模式重卡运输系统成本分析与关键因素敏感性研究[J]．交通运输工程与信息学报，2025(2)：97-109.

[14] 李红标，郑泽东，李永东．货运交通电气化技术的电气化公路方案与氢能方案对比研究[J]．控制与信息技术，2024(1)：40-45.

[15] 冯启飞，霍崇亚，邱勇，等．面向电气化公路的重卡模型研究[J]．重型汽车，2023(1)：6-8.

[16] 付志坚，王磊明，刘继永，等．“双碳”背景下电气化公路运输系统绿色低碳效益探析[J]．交通节能与环保，2024(4)：1-5；17.