

伏龙大桥工程设计总结之结构与耐久性

李晓琴

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要: 传递路径简明的结构几何形体有助于提高结构效率,平顺的几何外形可减少形体突变引起的应力集中^[1]。这一条对于钢结构桥梁同样适用,控制应力在理想水平,可减轻桥梁病害。伏龙大桥作为景观桥梁,充分考虑景观的同时,对结构体系和关键构造的设计,也进行了研究分析与优化。通过精细的计算和对比分析,使结构传力路径可靠,受力合理;对局部构造进行详细的优化设计创新。找到使景观与结构受力和谐统一的结构体系及最优的局部构造。总体与局部受力合理是确保正常使用期桥梁耐久性得到保障的第一步。

关键词: 传力路径;结构体系;内倾倒V形斜塔平行索面斜拉桥;塔梁固结;塔梁弯矩;锚固方式;耐久性设计

中图分类号: U448.27

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)05-0084-04

0 引言

随着国民经济的发展,在桥梁工程设计过程中,耐久性设计越来越被重视,国家发布了许多与耐久性设计相关的规范及标准。

在设计院内部,我们立项了耐久性设计科研课题;在设计过程中,也对耐久性设计进行充分考虑。

1 工程概况

临海市伏龙大桥工程全长 1 910 m,主线桥梁全长 1 763.68 m。主桥主跨 156 m,两边跨均为 75 m,主桥共计 306 m,桥宽 43.2 m。所在道路为城市主干路,设计汽车荷载为城—A 级、主桥所跨灵江段为 IV 级航道。

主桥桥型为将横撑与传统飞鸟形塔相结合的内倾倒 V 形塔柱,平行索面斜拉桥。对主桥结构体系的优化是方案实施要解决的首要问题。

2 结构体系与关键构造

伏龙大桥工程主桥塔、梁之间采用塔梁固结^[2],结构体系与塔梁固结示意图 1。

主梁截面采用半封闭双边钢箱,标准段中心线处梁高为 3.8 m,在主墩支点处,局部梁高增加至 5 m。标准断面宽度 43.2 mm。索塔采用飞鸟型索塔,索塔横桥向为“Λ”形,桥塔横向内倾,塔顶横向相

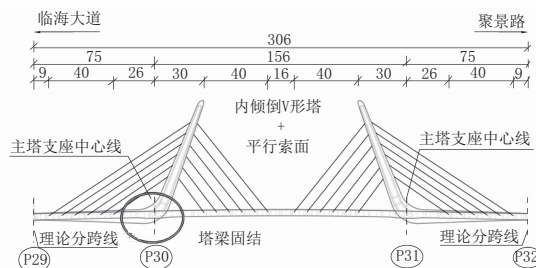


图 1 结构体系与关键构造(单位:m)

连,桥塔内侧钢板与梁外腹板角度一致;桥塔沿纵向往中跨倾斜。塔尖至桥面最高点 67 m。桥塔采用异形截面钢结构。钢结构塔柱由内部八边形厚板受力结构和外包弧形薄板结构两部分组成。主梁标准横断面布置见图 2。

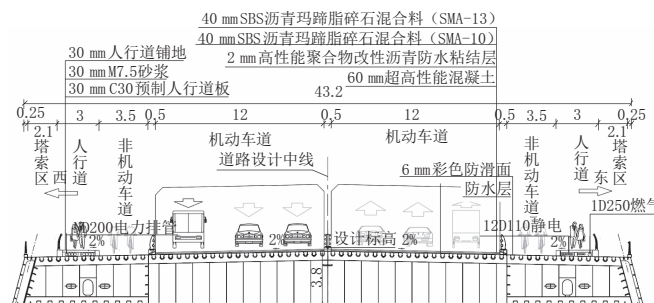


图 2 主桥标准断面(单位:m)

本桥采用钢梁钢塔,材料的优越性使结构的灵动性得到实现。但是经过查找相关文献,就桥梁的结构体系而言,在耐久性设计方面的研究目前是相对较少的。伏龙大桥工程在这一方面做了一些分析研究。

2.1 桥梁结构体系

斜拉桥的墩、梁与塔交与一点时,整个体系传力路径最简明、平顺,结构效率高,减少形体突变引起

收稿日期: 2023-07-18


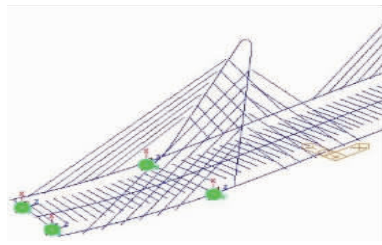
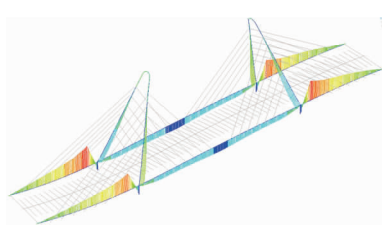

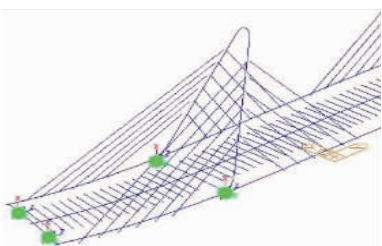
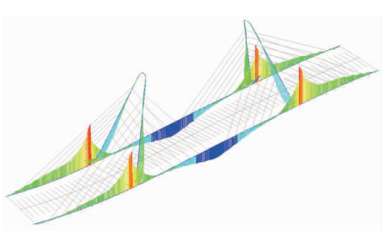
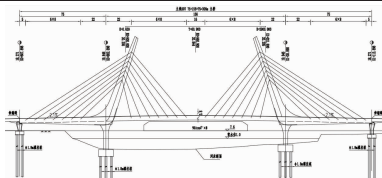
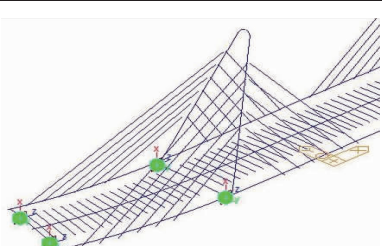
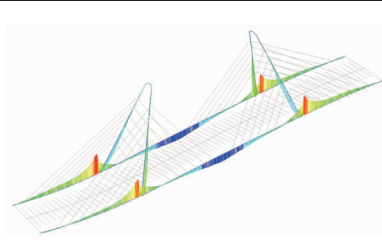
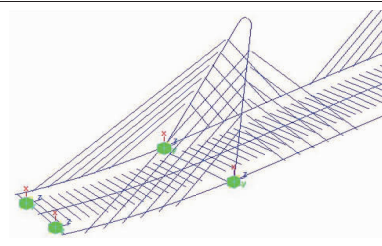
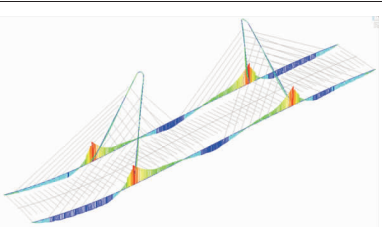
作者简介: 李晓琴(1978—),女,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

的应力集中,将结构的应力水平控制在理想水平,有利于减轻桥梁病害^[1]。伏龙桥作为城市景观桥梁,地标建筑,桥梁方案需要有创新,灵动优美的方案才有竞争力。在大桥型方案确定之后,从技术层面,我们做了立面主塔形态比选优化,进行桥梁结构体系比选,以确定受力与景观最协调的方案。具体设计过程中比选了多种情况,这里选四种设计进行分析比选,见表1。

实施方案选取了方案二,塔梁交点相对墩梁交点往跨中偏1.61 m,桥塔底部微折过渡(约接近于直塔,塔梁交点相对墩梁交点往跨中偏5.2 m效果)。优化后的方案效果图与方案一偏心10 m的方案相比有差异,但是亦得到了业主认可。

方案三和四,鸟腹位置需要凸出一块,桥塔外形才能包住塔梁固结构造,且方案四鸟腹也遮挡不住桥墩墩头,无法做出飞鸟效果,方案二完美解决了这

表1 结构体系比选深化

体系方案	桥型	计算模型(1/2模型)	墩梁弯矩图
方案一	 塔梁交点相对墩梁交点往跨中偏10 m,直塔		
方案二	 塔梁交点相对墩梁交点往跨中偏1.61 m,桥塔底部微折过渡。		
方案三	 塔梁交点相对墩梁交点往跨中偏1.61 m,直塔,不能做出飞鸟效果。		
方案四	塔梁墩交与一点,直塔 立面布置与方案三接近,较方案三更加不能做出飞鸟效果		

一问题。

体系方案确定后,施工图设计过程中,将设计思路一一落实到图纸中。桥塔轴线及外形放样见图3、图4。

2.2 计算关注点分析

本文主要关注点是塔梁交点与墩梁交点之间偏心对内力的影响和塔身是否弯折对内力的影响这两点。方案一至方案四计算结果见图5至图8。

由图5~图8,我们可以看出:(1)塔梁交点与墩梁交点的偏心直接影响塔梁弯矩值,当偏心达到10 m时,塔、梁的最大弯矩是偏心1.61 m时的近2倍(见图5、图6对比);(2)塔身微有弯折和塔身是直塔时,塔梁弯矩接近(见图5、图6对比);(3)塔、梁及墩交与一点时,整个体系受力是最优的(见图8);(4)通过详细的计算分析,找到1.61 m偏心,桥塔微折过渡的方案,使结构受力与景观协调,既能实现灵

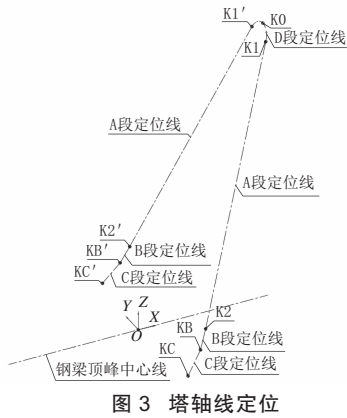


图3 塔轴线定位



图4 桥塔三维外形图

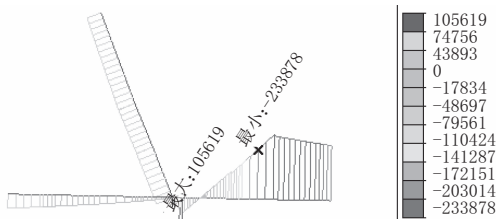


图5 方案一 塔梁固结点成桥弯矩图(单位:kN·m)

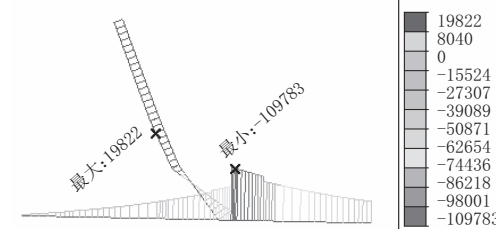


图6 方案二 塔梁固结点成桥弯矩图(单位:kN·m)

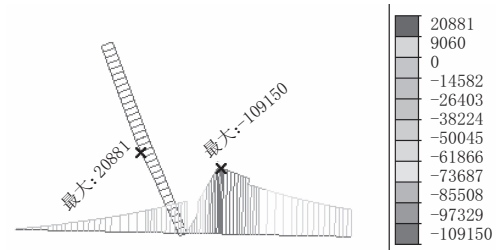


图7 方案三 塔梁固结点成桥弯矩图(单位:kN·m)

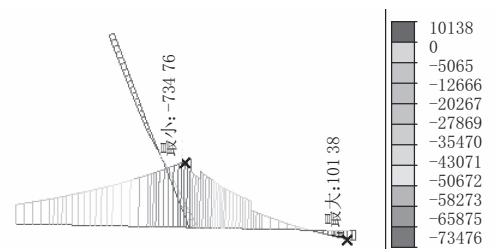


图8 方案四 塔梁固结点成桥弯矩图(单位:kN·m)

动的桥梁景观,又将塔梁内力控制在合理的范围,控制结构应力,使结构耐久性得到充分保证。

2.3 塔梁固结

塔梁固结节点的设计也是本桥的技术创新点^[2]。

四处塔梁相接节点各不相同,道路平曲线、竖曲线和超高均不一样,这使得设计须对四个塔脚分别进行三维放样设计。三维放样见图9。

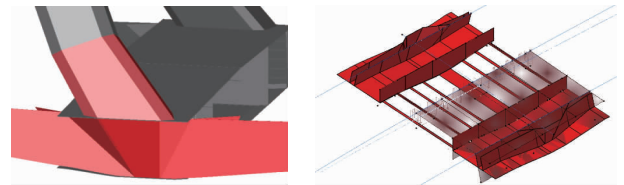


图9 塔梁固结三维图

按“塔梁共用壁板、塔根分格引流、梁侧边箱过渡”的思路设计塔梁固结节点,构造细节已经在《临海市伏龙大桥工程设计总结之景观与创新》一文中阐述^[2]。

可靠的塔梁固结节点设计,使得塔与梁之间的传力更平顺和高效,避免应力集中,确保结构正常使用阶段的耐久性。

2.4 锚固方式

斜拉索是斜拉桥的生命通道^[3],斜拉索的锚固在结构设计中也是关注点之一,好的结构构造设计是结构耐久性的保证^[4-6]。

2.4.1 梁上锚固

本桥主梁有两种锚箱形式,主跨采用单侧焊接式锚箱锚固,锚箱安装在主梁内侧外腹板外侧,并与其焊成一体,见图10。边跨采用双侧焊接式锚箱锚固,锚箱安装在主梁两道外腹板中间,并与其焊成一体,见图11。

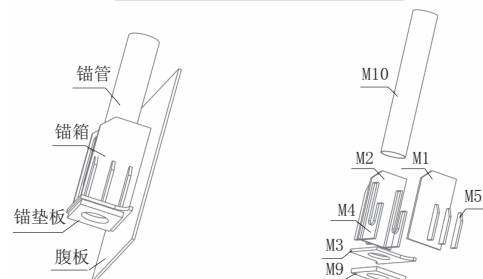
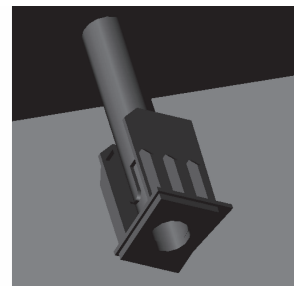


图10 主梁主跨锚箱

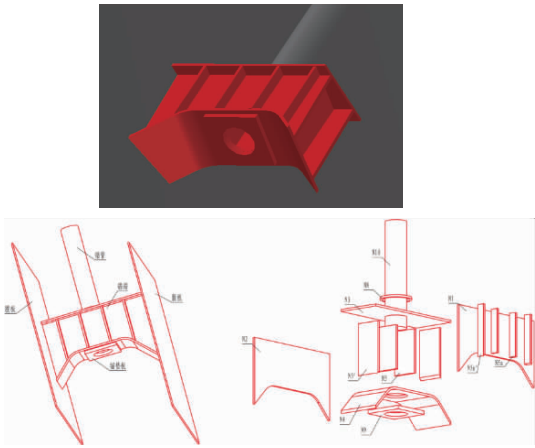


图 11 主梁边跨锚箱

两种锚箱都是通过锚箱两个锚固板将斜拉索拉力传递给主梁腹板,同时主梁腹板内侧和承压板内侧设置补强板,合理地将锚固处的应力分散到主梁上。

通过锚固节点设计,很好的保证了锚垫板 → 承压板 → 锚箱支承板 → 主梁边腹板 → 钢箱主梁的传力顺畅^[7-11]。

2.4.2 塔上锚固

塔柱锚固区对应位置布置 24 根锚梁构造,以锚固 24 对斜拉索。锚梁的两端焊接在塔壁上,两侧的主腹板与两侧拉索所在平面平行;下翼缘板水平布置,与锚固点间竖向距离为 1.2 m。塔内纵向加劲在锚梁处调整,就近与锚梁腹板对齐,见图 12。这个构造有利于索力传递到桥塔。

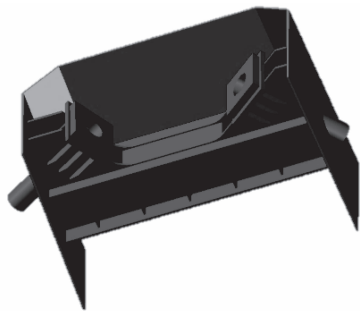


图 12 塔上锚固

3 结 论

(1)优越的材料性能,先进的计算分析水平,使得外形灵动的桥梁得以实施;景观效果与结构受力应协调,受力合理的体系才是美的。

(2)可靠的体系是耐久性设计的第一步。对钢结构桥梁而言,传递路径简明的结构几何形体有助于提高结构效率,平顺的几何外形可减少形体突变引起的应力集中,控制结构应力在理想水平,可减轻桥梁病害。

(3)适宜的局部构造设计,有助于确保内力传递,局部受力和总体受力同样重要。

参考文献:

[1] JTG/T 3310—2019,公路工程混凝土结构耐久性设计规范[S].

[2] 戴善伟,李晓琴,刘婧姝.临海市伏龙大桥工程设计总结之景观与创新[J].城市道桥与防洪,2022(6):76-78.

[3] 毛月,魏亚辉,韩锐.斜拉桥拉索外观病害检测识别及养护技术应用研究[J].桥隧工程,2020(9):31-37.

[4] 谢尉鸿,高宗余.一种新型斜拉桥主梁耐久性设计[J].世界桥梁,2005(2):25-27.

[5] 郑清刚,张强,王东晖,等.港珠澳大桥九洲航道桥设计[J].桥梁建设,2021(4):103-110.

[6] 郭彬立,丁啸宇,韩学敏.苏拉马都跨海大桥耐久性设计[J].公路,2011(1):67-74.

[7] 包立新,卫星,李俊,等.钢箱梁斜拉桥索梁锚固区的抗疲劳性能试验研究[J].工程力学,2007(8):24-31.

[8] 王鑫,王维伟,周生建,等.斜拉桥锚固结构细部分析与优化[J].市政技术,2021(9):72-77.

[9] 支燕武.一种新型斜拉桥索-塔锚固结构的设计研究[J].铁道工程学报,2018(10):49-52.

[10] 么超逸,蒲黔辉,施洲,等.大跨度铁路钢箱梁斜拉桥索梁锚固结构疲劳性能试验研究[J].铁道学报,2015(8):72-79.

[11] 蒲黔辉,么超逸,施洲,等.新型铁路钢箱梁斜拉桥索梁锚固结构传力机理及应力分析[J].中国铁道科学,2015,36(5):12-18.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com