

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.08.014

# 大跨长联 V 形墩连续刚构桥方案构思与总体设计

王 毅

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

**摘要:** 昌南大桥跨越赣江,主桥采用跨径组合(75+165+180+180+165+75)m 的混合梁 V 形墩连续刚构桥,桥长 840 m,双幅桥宽 37.5 m。V 形墩刚构桥因结构轻盈、外形美观、跨越能力较强、刚度较大、行车舒适、便于养护等特点,在城市景观桥梁建设中得以广泛应用,介绍国内主跨跨径及联长最大的混合梁 V 形墩刚构桥的构思、总体方案设计、桥梁结构设计和施工。

**关键词:** 混合梁;V 形墩连续刚构桥;主桥设计;结构计算;施工

中图分类号: U442.5<sup>+</sup>4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)08-0055-05

## 0 引言

随着经济社会的持续发展,人民生活水平的显著提高,大众对桥梁的审美要求也在提高,对桥梁设计提出了更高要求。桥梁设计在满足其基本功能的前提下,需充分结合当地的自然、历史、人文及周边环境等,实现桥梁功能与建筑艺术的完美融合。

V 形墩连续刚构桥作为梁式桥的一种,在满足通航要求的前提下,具有结构轻盈、外形美观、跨越能力较强、刚度较大、行车舒适、便于养护等特点,近年来在城市景观桥梁建设中得以广泛应用<sup>[1]</sup>。

## 1 工程概况

G320 南昌县向塘至新建区西山段公路新建工程起于南昌县向塘镇原 320 国道与星城大道交叉口,途经南昌县县城、小蓝经开区、红谷滩区厚田乡,新建区石埠镇、西山镇,终于西山镇龙桥村,路线全长约 49.1 km<sup>[2]</sup>,如图 1 所示。昌南大桥作为 G320 新建工程的一部分,建成后将向塘国际陆港、小蓝经开区、姚湾综合码头、未来科学城、九望新城等重要板块连为一体,进一步推动港口、产业、城市深度融合,协同发展,带动沿线区域经济发展,为城市“南延”发展战略奠定坚实基础<sup>[3]</sup>。

昌南大桥东起疏港公路,西至厚田乡西罗村,路线全长约 4.3 km,桥长约 3.852 km。



图 1 G320 南昌县向塘至新建区西山段公路新建工程线路图

## 2 主要技术标准

- (1) 公路等级:一级公路兼具城市道路功能。
- (2) 车道数:双向 6 车道。
- (3) 设计速度:60 km/h。
- (4) 桥梁设计基准期:100 a。
- (5) 设计安全等级:一级。
- (7) 设计荷载:公路 I 级;人群及非机动车荷载取值按规范取用。
- (8) 设计洪水频率:300 a。
- (9) 设计水位:常水位 15.50 m,300 a 洪水位 26.05 m。
- (10) 设计基本风速:100 a 24.3 m/s。
- (11) 地震基本烈度 6 度,水平地震动峰值加速度 0.05g。
- (12) 通航标准:4.5 m 深水航道,单孔净宽 75 m,净高 10 m。
- (13) 桥下净空  $\geq 5$  m。

收稿日期: 2023-11-10

作者简介: 王毅(1971—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计和研究工作。

### 3 建设条件

昌南大桥主桥距离上下游规划码头、作业区、锚地等涉航建筑物均较近,通航环境复杂(见图2)。

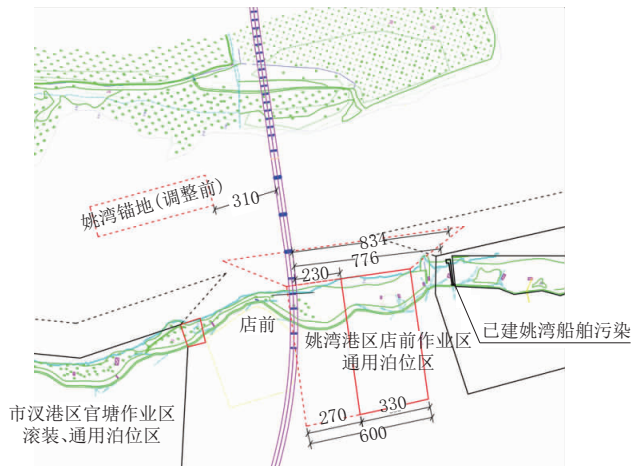


图2 桥位与姚湾港区规划关系(单位:m)

考虑到桥位附近在建码头突兀,不宜选用桥面建筑较多的桥型,宜选用简洁、无桥上建筑的桥型,桥型选用梁式桥,使其与周边景观协调统一。方案设计阶段,考虑到赣江上已有斜拉桥、悬索桥、拱桥、预应力混凝土连续梁桥或刚构桥,基于结构受力合理、刚度大、造价低、轻盈美观等优点考量,并结合“一桥一景”的设计理念,综合主桥跨径、城区跨江桥型、相近桥梁间的景观空间分析,主桥选用V形墩连续刚构桥<sup>[2]</sup>。

### 4 总体布置

如图3所示,昌南大桥由江中段主桥及东西引桥、东岸陆上段引桥及西岸陆上段引桥三部分组成。

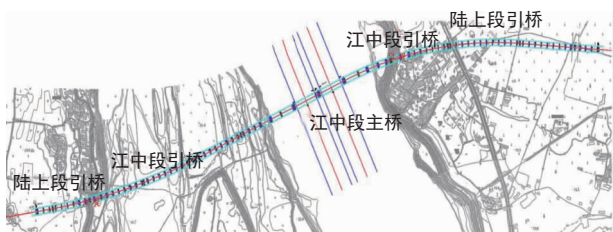


图3 昌南大桥桥梁分段示意图

为确保通航安全,主跨采用 $2 \times 180\text{ m}$ 双孔单向通航布置,次边跨及边跨分别为 $165\text{ m}$ 、 $75\text{ m}$ ,桥梁全长为 $3\ 852\text{ m}$ ,包括江中段主桥及引桥、东岸陆上段引桥及西岸陆上段引桥主桥采用混合梁V形墩连续刚构桥,桥长 $840\text{ m}$ ,跨径组合 $(75+165+180+180+165+75)\text{ m}$ 。

大桥东侧江中段引桥跨赣东大堤,采用跨径组合为 $(55+100+55)\text{ m}$ 的变截面预应力混凝土连续

梁;东岸陆上段引桥跨径组合 $[2 \times 40+(36+60+36)+3 \times 40+3 \times 40+3 \times 40+4 \times 40+4 \times 40+3 \times 40+3 \times 39+3 \times 40]\text{ m}$ ,其中 $(36+60+36)\text{ m}$ 为跨疏港公路预应力混凝土连续梁,其余 $39\text{ m}$ 、 $40\text{ m}$ 跨径引桥均采用先简支后连续预应力混凝土小箱梁。

大桥西侧江中段引桥跨径组合为 $28 \times 40\text{ m}+(45+60+40)\text{ m}$ ,其中 $(45+60+40)\text{ m}$ 为跨西岸江堤的变截面预应力混凝土连续梁,其余跨径 $40\text{ m}$ 引桥均采用先简支后连续预应力混凝土小箱梁;大桥西岸陆上段引桥采用 $7 \times 40\text{ m}$ 先简支后连续预应力混凝土组合箱梁桥。图4所示为昌南大桥实景图效果图。



图4 主桥实景图效果图

### 5 主桥设计

#### 5.1 主桥创意设计

主桥创意设计理念源于“生态城”,主题是“水都鹭舞”,如图5、图6所示。



图5 创意理念“生态城”

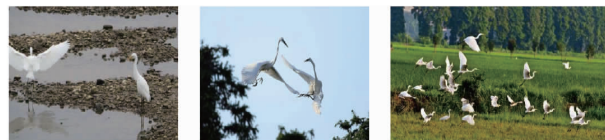


图6 综合环境治理 - 白鹭归来

V形墩造型源于白鹭,形似白鹭展翅腾飞、充满活力,“水都鹭舞”创意点题环保南昌践行“绿水青山就是金山银山”发展理念,彰显“人民城市人民建、人民城市为人民”的主题。V形墩造型祝福“南昌人民对美好生活的向往”愿景的实现。

在满足通航标准的前提下,通过降低梁高及桥面标高,纵坡平缓,缩短两侧引桥长度减小投资规模;降低梁高使桥梁整体产生平直之中见曲柔的造型效果,呈现静中有动的美感,远望具有坦拱的特点。V形墩正立面和横立面与上部箱梁协调融合,增加了从不同角度、不同视距观赏桥梁造型的美观效

果,在一定程度上实现了建造技术与艺术美学的对话<sup>[1]</sup>,如图7、图8所示。

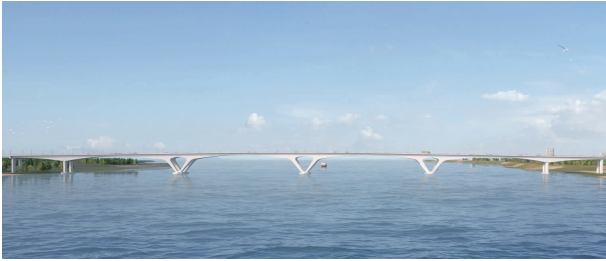


图7 主桥江中立面日景效果图



图8 主桥江中立面夜景效果图

### 5.2 主桥布置

基于II-(3)级航道等级及周边通航条件,主桥采用跨径组合为(75+165+180+180+165+75)m的混合梁V形墩连续刚构桥,主桥长840m,如图9至图11所示。

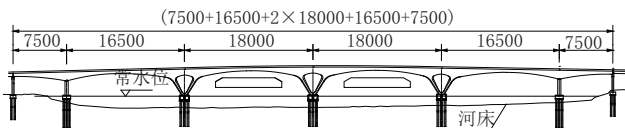


图9 主桥桥型布置图(单位:cm)

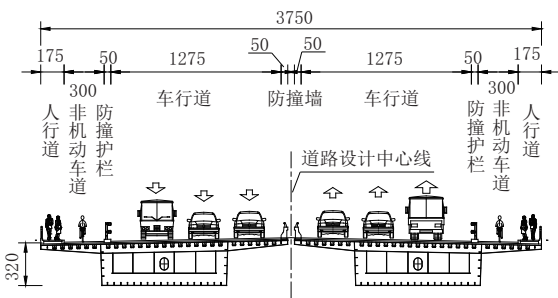


图10 跨中横断面(单位:cm)

主桥主跨跨径180m,次边中跨比为0.92。边跨跨径为75m,次边跨跨径为165m,边跨与次边跨比为0.45。主桥主跨及次边跨跨径较大,180m中跨及165m次边跨跨中均设置钢箱梁,即采用钢-混组合梁以减轻上部结构自重,减小大跨混凝土梁收缩徐变效应。

### 5.3 主梁设计

主梁采用混合梁,在中跨和次边跨分别设置62、52m钢梁以减轻结构自重改善恒载作用下结构受力。V形墩支腿处和跨中处梁高分别为9.5、6.0m,跨中梁高3.2m,梁高采用2次抛物线变化。

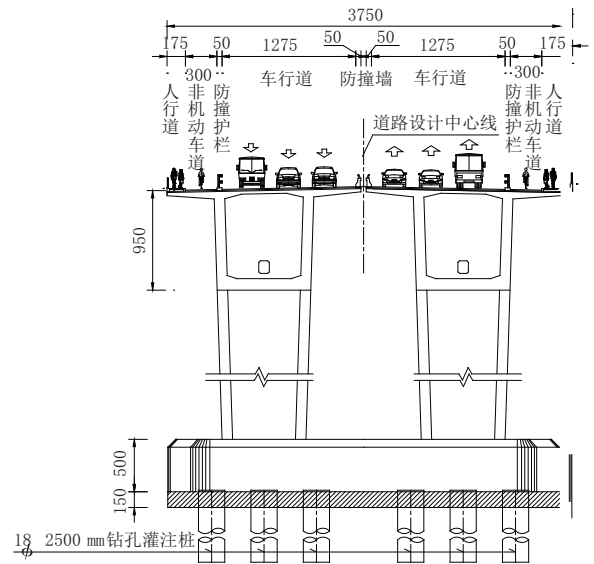


图11 墩顶横断面(单位:cm)

混凝土主梁采用单箱单室斜腹板箱型截面,梁高4.2~9.5m,顶板宽18.5m,板厚0.3m,挑臂长4.5m;底板厚0.45~1.1m,板厚采用2次抛物线变化;腹板厚0.6~1.0m。箱梁顶、底板保持水平,顶板设2%横坡。

钢主梁采用单箱单室斜腹板箱型断面,梁高3.2~4.2m,顶板宽18.5m,挑臂长4.5m,挑臂根部高0.7m。顶板设U肋,底板及腹板均设板肋。箱梁底板保持水平,顶板设2%的横坡。

钢混结合段采用有格室后承压板形式,长11m。格室内设置PBL剪力键及剪力钉,并填充混凝土,通过设置预应力钢束确保钢箱梁与混凝土梁之间的紧密结合共同受力。

主梁采用三向预应力体系,纵向按全预应力构件设计,横向按照部分预应力A类构件设计。

### 5.4 V形墩设计

主墩采用槽型V形墩<sup>[4]</sup>,两斜肢截面均采用钢壳预应力混凝土箱型结构,两斜肢轴线夹角约为80°,斜肢长23.4m,截面高度自墩底4.0m渐变至墩顶5.2m,横桥向截面宽度自墩底7.8m渐变至墩顶8.9m与主梁底等宽,如图12所示。

### 5.5 墩梁连接构造

主梁分幅设置,采用斜腹板单箱单室箱型截面,主墩采用V形墙式墩,箱室底宽与墩顶等宽,主梁与V墩衔接处采用半径为8m圆曲线顺接,视觉效果较好兼顾施工便利。墩梁交汇处设宽4m的中横梁(见图13)。

### 5.6 基础设计

V形墩采用八角形承台,直径2.5m的钻孔灌注

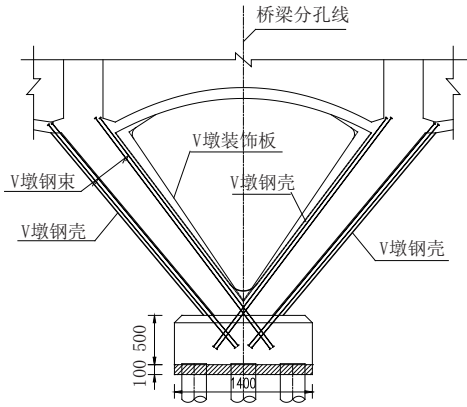


图 12 V墩立面图(单位:cm)

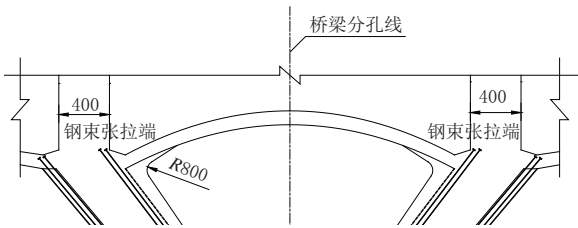


图 13 墩梁连接节点构造(单位:cm)

桩。次边墩墩顶横桥向与梁底等宽为 8.9 m,自墩顶渐变至墩底 8.0 m,呈现上宽下窄的渐变造型,与 V 形墩相呼应,顺桥向宽 4.5 m。辅助墩采用八角形承台,直径 2.0 m 的钻孔灌注桩。

## 6 主桥结构计算

### 6.1 结构体系

采用大型有限元分析软件 MIDAS Civil2021 (v2.1)对主桥建立三维有限元模型,如图 14 所示。

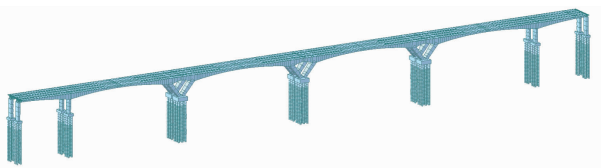


图 14 主桥有限元计算模型

### 6.2 主梁计算结果

#### 6.2.1 主梁强度

主梁弯矩的控制截面为中墩 V 墩顶、V 墩跨中和边墩顶,主梁剪力控制截面为中墩 V 墩顶和边墩顶。各控制截面安全系数均大于 1.5,V 形墩能有效减小主梁计算跨径和截面内力,具体数据见表 1。

#### 6.2.2 主梁应力

钢主梁及预应力混凝土主梁应力计算结果见表 2、表 3。

钢主梁布置于中跨与次边跨跨中,传力路径清晰,受力合理,对减小主梁自重作用明显,各板件安全系数均大于 1.6。

运营阶段主梁正截面抗裂和斜截面抗裂压应力

表 1 预应力混凝土主梁强度计算结果表

控制截面	$\gamma_0 M_d / (kN \cdot m)$	$M_u / (kN \cdot m)$	安全系数	$\gamma_0 V_d / kN$	$V_u / (kN \cdot m)$	安全系数
中墩 - V 墩	-1 467 102	-2 435 517	1.7	56 364	116 392	2.1
中墩 - V 墩跨中	-843 116	-1 455 530	1.7	8 610	74 837	8.7
边墩墩顶	-1 665 248	-2 526 381	1.5	61 456	105 611	1.7
边跨跨中	-166 415	-508 429	3.1	20 580	39 438	1.9

表 2 钢主梁应力计算结果表

验算部位	$\gamma_0 \sigma_s / \gamma_0 \tau / MPa$	$f_d / f_{vd} / MPa$	安全系数
顶板	-140	-275	2.0
底板	170	275	1.6
腹板	89	140	1.6

表 3 预应力混凝土主梁应力计算结果表 单位:MPa

阶段	验算内容	计算应力 /MPa	规范限值 /MPa
运营阶段	正截面抗裂	上缘:-4.1~-0.5	$\leq 0$
		下缘:-6.7~-0.4	$\leq 0$
	斜截面抗裂	1.0	$\leq 1.1$
	正应力	上缘:-18.6~-7.9	$\geq -19.3$
下缘:-14.7~-3.4		$\geq -19.3$	
施工阶段	主压应力	-18.8	$\geq -23.1$
		上缘:-11.2~-4.5	$-19.3 \leq \text{计算应力} \leq 0$
	正应力	下缘:-9.8~-2.2	$-19.3 \leq \text{计算应力} \leq 0$

储备较小,压应力较大,主压应力为非控制性指标。施工阶段主梁正应力富余较大。

#### 6.2.3 主梁刚度

如表 4 所示,主梁挠度最大位置为各跨跨中,主梁活载挠度满足规范要求。

表 4 主梁挠度计算结果表 单位:mm

验算内容	组合与调整系数	中跨跨中	次边跨跨中	边跨跨中
活载挠度	活载频遇组合	-19	-33	-7
	长期增长系数	1.4	1.4	1.4
	刚度修正系数	0.95	0.95	0.95
	活载频遇组合(调整)	-28	-49	-10
荷载频遇组合挠度	规范容许值	300	275	125
	荷载频遇组合	-165	-238	-80
	长期增长系数	1.4	1.4	1.4
	刚度修正系数	0.95	0.95	0.95
荷载频遇组合(调整)	-243	-351	-118	

#### 6.2.4 主墩水平力控制

V 形墩水平抗推刚度大,下部结构承受较大的水平力,表 5 为各类作用在 V 形墩墩底产生的弯矩和剪力。

表 5 V 型墩底剪力与弯矩结果表

控制截面	作用	顺桥向 $M_d / (kN \cdot m)$	顺桥向 $V_d / kN$
V 墩墩底	收缩和徐变	86 957	6 528
	预应力	-536	-159
	恒载	-124 120	-3 631
	人群和汽车荷载	-81 567 ~ 81 567	-5 012 ~ 5 012
	温度作用	-276 417 ~ 276 417	-20 831 ~ 20 831

由上表可知收缩徐变、恒载、人群和汽车荷载以及温度作用在 V 形墩墩底产生较大水平力。主梁合龙之前在合龙口施加顶推力可抵消收缩徐变、预应力及其他恒载对下部结构产生的水平力。另外,合理的主梁及 V 墩尺寸选择和桩基布置也有助于优化下部结构水平力。

6.2.5 主墩计算结果

运营阶段及施工阶段 V 形墩强度计均能满足规范要求,见表 6。

表 6 V 型墩强度计算结果表

阶段	控制截面	工况	$\gamma_0 N_d / kN$	$N_u / kN$	安全系数	$\gamma_0 N_d e / kN$	$M_u / (kN \cdot m)$	安全系数
运营阶段	墩顶	$M_{max}, N_{min}$	112 444	579 741	5.2	479 997	2 474 773	5.2
		$M_{max}, N_{max}$	154 048	741 967	4.8	584 590	2 815 650	4.8
	墩底	$M_{max}, N_{min}$	135 770	150 296	1.1	632 743	700 443	1.1
		$M_{max}, N_{max}$	177 373	241 915	1.4	712 372	971 590	1.4
施工阶段	墩顶	$M_{max}$	270 046	808 094	3.0	978 374	2 927 722	3.0
	墩底	$M_{max}$	286 168	700 945	2.4	688 282	1 685 889	2.4

7 结 语

昌南大桥主桥为国内主跨跨径及联长最大的混合梁 V 形墩连续刚构桥,结构轻盈、美观通透、刚度较大、行车舒适<sup>[5]</sup>,造型与周边环境高度契合,将桥梁结构与美学艺术充分融合,建成后将成为南昌的新地标。

昌南大桥主桥为国内跨径最大、联长最长的混合梁 V 形墩连续刚构桥,主桥上下部固结,桥梁结构受力对温度及混凝土收缩徐变等较敏感。综合桥址处的地质条件、墩身高度、通航条件及景观需求等,通过参数化分析对桥梁设计方案进行优化。主桥的方案构思及设计成果可为类似工程提供参考。

参考文献:

[1] 李晓克,刘世明. V 型墩连续刚构桥[M].北京:中国水利水电出版社,2014.  
 [2] 南昌市公路勘察设计院,上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.G320 南昌县向塘至新建区西山段公路新建工程两阶段初步设计[Z].南昌,上海:南昌市公路勘察设计院,上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2023.  
 [3] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.昌南大桥交通详细规划暨桥型方案[Z].上海:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2023.  
 [4] 王毅,吕鹏飞,黄逸群,等.桥(V 型墩刚构桥):中国,CN2023 3 0695376.9[P].2024.03.26.  
 [5] 万鹏,马磊.宁波南翔大桥 V 型墩刚构总体设计[J].上海公路,2017 (3):37-39.

《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](mailto:cdq@smedi.com)