

# 特大桥梁钢管拱安装施工工艺研究

陆日升

(广西交科工程建设有限公司, 广西 南宁 530000)

**摘要** 现代社会发展速度加快,特大桥梁建设数量逐步增多,对满足人们交通出行以及社会发展产生重要作用。特大桥梁钢管拱适应性非常强,可满足多种条件下的使用需求,在铁路、公路等工程项目施工中广泛使用。但是在该结构施工的过程中,钢管拱安装存在较高的风险,管控的要点比较多,施工难度比较大。本文以洪水河特大桥作为案例进行分析,掌握钢管拱安装施工工艺,提高施工作业效果,以期为保证桥梁工程的正常运行提供借鉴。

**关键词** 特大桥梁; 钢管拱; 安装技术

中图分类号: U445

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)09-0040-03

钢管拱结构作为特大桥梁的重要组成部分,钢管拱结构安装施工技术具有极高的专业性。钢管拱的安装涉及大型吊装设备的运用、拱肋横梁等构件的精确安装以及施工过程中的稳定性控制等关键技术问题。因此,本文对特大桥梁钢管拱安装施工技术进行深入研究,旨在为提升桥梁工程的整体质量、为今后的桥梁建设提供宝贵的施工经验。

## 1 工程概况

红水河特大桥位于来宾市兴宾区良江镇塘权村西侧大黄牛滩附近,总长 514 m,主桥长 356 m。主桥采用中承式钢管混凝土拱桥,主跨 356 m(计算跨径 340 m),主拱采用钢管混凝土桁架结构,桥面主梁采用格构式钢-混凝土组合梁。该桥梁项目经过现场勘察地质条件较为特殊,为非常典型的溶蚀平原地貌。

## 2 施工方案设计

### 2.1 缆索系统设计

本项目设计缆索系统时,中跨尺寸设定为 545 m,迁江岸边跨为 229.5 m,良塘岸边跨为 234.2 m。它家结构选用主扣合一形式,底部采取固结方式连接,形成整体稳定结构。缆索吊装系统设计中选用两组索道,吊重达 160 t,使用两组主索抬升的方式完成作业。

### 2.2 塔架设计

塔架设计中采用钢管桁架的结构形式,使用 Q345B 钢材生产制作,顶宽 46.4 m,纵宽 4 m。塔架设计时根据规定模数展开,如纵向 4 m、横向 4.9 m 模数设计,使其结构达到标准化设计的效果。立柱使用钢管制作,直径 610 mm,腹杆采用直径 114~245 mm 钢管制作,并且采用法兰连接组合成为整体,各节点部位连接达到整

体性标准。分析现场地形地貌以及结构受力特点,本项目选用主扣合一的设计方式,承载力达到技术标准<sup>[1]</sup>。

### 2.3 地锚设计

地锚设计极为重要,现场采用重力式地锚结构形式,塔架前部安装缆风绳,与拱座临近设计,与地锚稳定连接。

## 3 特大桥梁钢管拱安装施工工艺

### 3.1 缆索吊装系统安装

#### 3.1.1 地锚施工

(1) 现场设置临时截水与排水设施,并落实现场清理处理,防止杂物堵塞通道导致排水效果不合格;

(2) 选用合适防护性设施,基坑支护作业效果符合设计标准,稳定性达到技术标准;(3) 针对现场施工情况复核检测承载力、结构尺寸,将表面杂质清除干净,设置垫层结构作为保护系统;(4) 执行设计方案布置钢筋,提高结构承载力水平。

#### 3.1.2 塔架安装

(1) 在塔架基础安装过程中,底部埋设预埋件,长度设计为 4 m,使其定位精度合格,达到稳定、牢固的标准且底部设置 2 层钢筋网。基础采用混凝土浇筑施工方式,及时振捣处理,提高结构密实度以及稳定性;

(2) 岸边两侧设置塔吊基础,稳固性符合标准,组织专人安装与拆除;(3) 塔架施工中选用组装、分装方式,联合人工开展现场作业,尽可能减少高空作业量。

#### 3.1.3 索道安装

索道安装时先试用直径 18 mm 的钢丝绳作为先导索,通过塔吊牵引到顶部,绕过索道的滑轮直接下到岸边<sup>[2]</sup>。

### 3.1.4 承载索垂度调整

良塘岸缆索与地锚安装卷扬机，使用直径 22 m 钢丝绳穿越滑轮作为提升装置，与卷扬机稳定连接，提高承载索的运行效果。开启卷扬机正常运动，缓慢收紧缆索，提高缆索结构的承载力以及运行稳定性，并且和地锚梁稳定连接。缆索安装结束后进行缆索吊试吊，检测吊装能力，经过技术人员复核检测再投入使用。

### 3.1.5 斜拉扣挂体系施工

斜拉扣挂体系设计时，主要是由扣索、扣塔、拱肋扣点、扣索转向索鞍、锚固张拉端等结构部分组成。本项目施工中选用的扣索强度达到 1 860 MPa，使用直径 15.2 mm 高强度低松弛钢绞线制作，两侧设置扁担梁，端部设置扣点结构达到稳定张拉要求。

## 3.2 钢管拱肋吊装

本桥梁项目中钢拱肋采用分段设置的方式，包含 16 个节段，整个桥梁总计 32 个节段，逐一检测完成运输作业现场安装。拱顶位置拼接之后，采用合拢方式连接组合成为整体。现场钢管拱肋吊装阶段采用对称施工方式，上下也需对称设置。每次施工结束后将永久、临时支撑拆除，使得结构稳定性达到技术标准<sup>[3]</sup>。

### 3.2.1 吊装程序

本桥钢管拱肋吊装程序如图 1 所示。

### 3.2.2 钢结构成品运输

拱肋采用分节生产方式，由专业厂家预制加工。经过检测合格后使用平板车运输到作业现场，再利用吊装设备安装到规定部位。

### 3.2.3 拱肋吊装

1. 索鞍横移安装拱肋节段时，根据工艺方案要求两组索鞍组合成为一组结构部件，在拱肋与横撑结构部分安装施工中，要检测确定中心线、桥梁中心、拱

肋中心，各部位尺寸要达到技术标准。横移阶段要严格检测安装尺寸，中心保持重合状态，起吊后及时进行调整处理，保证各部位安装精度符合标准<sup>[4]</sup>。

2. 拱肋制作结束后由厂家运输到作业现场，通过平板车、吊车完成运输与安装作业。该阶段需做好防护处理，各部位要达到完整、精确的要求，保证安装就位的精度满足技术要求。

3. 起吊就位。拱肋起吊的过程中要对位置进行调整，纵向调整安装位置，运输到规定地点开始安装作业。与此同时，吊装阶段要重视接头位置的就位调整，对拱肋前后高差、标高进行检测，校准接头位置，和螺栓孔的对准精度符合要求。上述各项参数检测阶段需控制精度，符合要求再进行法兰螺栓安装与连接。

4. 扣索安装及调整拱肋扣挂方式。现场安装施工使用平面斜挂的方式，需保证挂钢绞线和拱肋轴线处于基本平行状态，夹角设计为 3° 以内，扣挂钢绞线与桥梁轴线之间的夹角在 5° 以内。吊装拱肋作业开始前完成扣索下料工作，固定段制作锚固装置，使得拱肋扣索制作成为整体结构。单束扣索安装时，利用塔吊完成牵引操作，使其达到扣索鞍的周边区域，利用手拉葫芦牵引连接。拱肋安装作业结束后，使用工作索连接固定，使得扣点位置达到精准要求。同时，现场预留扁担梁的位置，使得扣索安装效果达到要求<sup>[5]</sup>。

5. 现场安装施工选用卷扬机作为主要牵引设备，地锚穿越扁担梁提高连接的稳定性，并逐步完成牵引张拉作业。吊装点位控制时，要逐根完成张拉设置，使得扣索钢绞线张拉到规定部位。张拉时要选用合理作业方式，每次增加 2 t 张力，使其达到平衡性的标准。安装拱肋阶段除了要保证精度合格后，还需在侧面设置缆风绳，提高拱肋结构稳定性。分节段安装

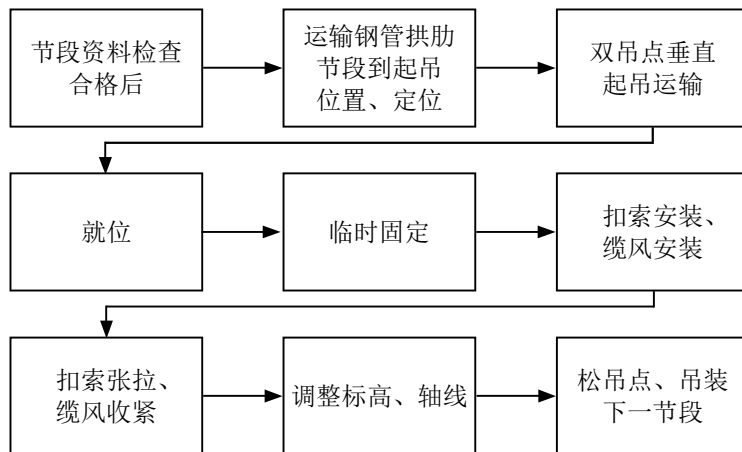


图 1 钢管拱肋吊装程图

时检测控制极为重要,精度合格后及时开展合拢施工。

6. 横撑安装时每个拱肋节段位置精度要合格,对应横撑安装位置检测,前后采用二吊点方式抬升到规定部位。根据安装要求使用工作索配合方向调整,与焊接完成的短接头连接成为整体。

7. 拱肋轴线、标高的调节。(1) 拱肋轴线、标高作为核心技术参数,需落实检验检测工作,每个环节都需要检测合格后再继续开展安装作业。吊装时测量人员要随时关注安装效果,通过扣挂系统调整拱肋轴线,使其符合设计方案的要求;(2) 扣索调整的目的是确保各部位符合设计标准,第一段吊装环节,收紧扣索,根据施工要求张拉扣索结构,该阶段要监控拱肋标高以及索力,使其符合技术要求,各项参数达到精度要求;(3) 第二段吊装作业开展前,要结合设计作用力确定该部件的预抬力。预抬力的计算尤为关键,利用函数进行计算,确定标高参数,进而使得张拉力符合设计标准要求;(4) 第二节段扣索完成现场张拉施工之后,检测第一节标高、轴线参数,使其偏差达到技术标准,根据工艺方案放松、张拉扣索结构,进而使得第一节吊装与安装精度合格;(5) 扣索收紧、张拉施工中,测量人员要根据工艺方案检测各项参数,对整个流程随时监控,使其达到设计标准,各部位吊装符合精度要求。

8. 拱圈合拢施工作为核心工序,需在计划施工前10天进行监控,形成完善的温度记录,并根据要求调整施工方案。拱肋合拢环节需确保环境温度达到 $25^{\circ}\text{C}$ 左右,上下偏差 $2^{\circ}\text{C}$ 以内。根据安装工艺方案要求,按照如下步骤开展施工作业:(1) 根据设计要求制作合拢板,尺寸精度达到技术标准,并进行焊接连接固定;(2) 使用缆索进行连接固定,使其平面位置精度合格,两侧岸边拱肋的标高符合要求;(3) 执行设计标准展开合拢施工,温度适宜,焊接强度合格,没有任何焊接缺陷;(4) 测量合拢扣部位的尺寸,并按照要求进行下料施工,使得合拢口焊接强度合格;(5) 合拢施工全部完成后,进行整个桥梁的拱肋焊接连接,并检查安装与焊接效果。拱肋焊接作业结束后,松开全部扣索,封闭拱脚,浇筑混凝土结构形成整体。

### 3.3 桥面系格构梁安装

#### 3.3.1 桥面系格构梁安装工艺

(1) 格子梁按设计标准分节生产,通过缆索完成吊装作业,再进行焊接连接;(2) 现场安装施工采取对称施工方式,采用两组索道分开、横移的方式将其

移动到塔顶安装位置;(3) 根据格子梁设计方案要求焊接吊具,使用4个吊点完成吊装与移动,采取两岸交叉施工的方式。

#### 3.3.2 拱肋变形的观测和横梁高程的调整

(1) 安装横梁施工中,拱肋部位因为受到较大荷载而产生高程参数的改变。基于此,为使现场安装效果符合设计要求,要根据加载程序完成作业,并且在每一跨横梁安装时检测拱肋变形状态,掌握各截面安装的具体情况。对于异常现象需及时采取合理控制措施,调整施工方案再开展后续施工;(2) 每跨横梁安装时,最后几根横梁极易影响拱肋高程精度,需准确掌握横梁高程,符合设计标准再安装作业。因此,每一跨横梁安装施工结束后,要统一对各结构部件进行检测,复测各项数据,如果高程偏差超出设计标准,需及时进行调整处理。

#### 3.3.3 塔架拆除

拆除塔架使用塔吊辅助完成,2台塔吊同时施工作业,由25t汽车吊完成分解、装车。按照塔吊的吊装能力、作业范围等方面分解成为多个不同的块,使用塔吊运输到地面,再使用车辆运输到规定地点。

## 4 结束语

在桥梁工程项目建设施工过程中,尤其是特大桥梁,钢管拱作为核心部件对于整个桥梁施工效果有直接影响。相关人员需针对钢管拱施工要求明确工艺方案,合理划分节段,提高加工精度水平,保证现场安装施工作业顺利完成。此外,钢拱架安装施工前要进行拱座预埋以及固定精度检测,提高钢拱架的安装施工效果,使得吊装、精调、焊接等定位符合设计标准,满足桥梁工程运行需求。

## 参考文献:

- [1] 魏华.沙尾左江大桥钢管拱肋安装关键技术[J].公路,2023,68(08):195-200.
- [2] 郑建安,程耀飞.大型钢管拱桥主拱拱肋弦管预埋段安装定位施工工法[J].西部交通科技,2022(08):141-143.
- [3] 莫玉麟.梁拱组合体系桥钢管拱肋安装及线型控制技术[J].黑龙江交通科技,2022,45(05):121-123.
- [4] 汤宇,田仲初,刘云龙,等.峡谷汇风区铁路钢管拱桥拱肋安装方案比选[J].工程建设,2022,54(03):66-72.
- [5] 刘学.钢管拱拱脚预埋件精确定位施工技术[J].中国高科技,2020(04):58-59.