

# 主桥钢管拱与格子梁安装技术研究

曹龙泉

广州机施建设集团有限公司

**摘要:** 本文主要研究双栈桥支架法加跨墩龙门吊的主桥钢管拱与格子梁安装技术。由于主桥钢管拱与格子梁结构较为复杂, 安装技术操作中的难点较多, 为此将采用案例分析的方法, 以沙江西路延伸段市政工程为例, 通过分析案例工程的钢管拱与格子梁安装技术要点, 并围绕各项技术环节中存在的重难点, 采取针对性的措施。通过一系列措施, 安全顺利地完成了安装技术落实。该双栈桥主桥钢管拱与格子梁安装所涉及的相关安装技术也为后续类似工程项目提供了借鉴和参考。

**关键词:** 双栈桥; 主桥钢管拱; 格子梁安装

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.22.051

## 引言

双栈桥支架法是施工主桥钢管拱与格子梁桥结构的重要组成部分。其配套施工技术应用效果, 直接关系到主桥钢结构的落成质量。目前来看, 运用吊装安装技术, 能够高效、高质量地实现钢管拱与格子梁的安装施工, 因此, 考虑采用此项施工技术进行主桥结构建设。但现阶段, 大多关于桥梁施工技术的研究均集中在整体结构的施工技术方案上, 对如图1所示, 采用双栈桥+支架+跨墩龙门吊专项施工技术的探讨较少, 因此, 本文对双栈桥支架法加跨墩龙门吊的主桥钢管拱与格子梁安装技术进行了探讨, 并针对安装技术中存在的难点, 提出了相应的技术措施, 希望能够为双栈桥支架法加龙门吊的工程施工提供参考。

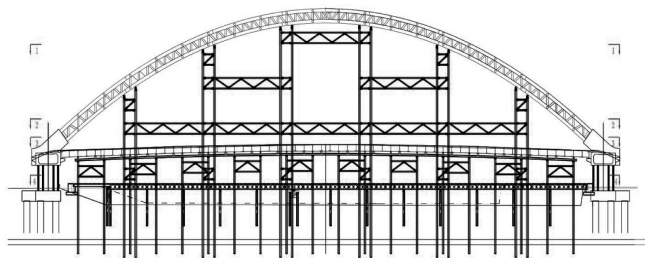


图1 栈桥支架立面图

## 一、案例工程概况

沙江西路延伸段市政工程在桩号K0+680~K1+100, 设计了一座主桥为下承式钢管混凝土刚架系杆拱桥跨河特大桥, 主桥跨径182m, 计算跨径172m, 矢跨比1/5。主桥结构包含钢管拱、格子梁, 主要采用吊装安装的方式, 进行钢管拱、格子梁的施工。该工程上的道路路面为改性沥青砼路面, 全长1482.674m, 红线宽70m, 设计速度为50km/h。

在案例工程的施工过程中, 主要存在以下几项难点:

第一, 在安装施工中, 主桥钢管拱与格子梁体积较大, 同时结构也相对复杂, 所以, 考虑将其进行分段预制, 然后现场拼装后, 将其吊装到相应的位置。但事实上, 拼装完成后的结构重量较大, 需要承重能力较强的吊装设施, 来满足施工要求。一旦出现吊装设施的承重能力不足, 则很容易影响施工质量和安全。第二, 案例工程中钢管拱的拱肋结构体积较大, 因此, 吊装时采用分段吊装, 然后予以拼装, 但钢管拱的结构较为复杂, 难以找准拼装操作顺序, 容易影响施工技术操作效果。第三, 钢管拱肋拼装完成后, 其他部分承重结构尚未完工, 此时, 拱肋的承重负担较大, 容易出现变形。而对于合拢段的拱肋来说, 安装时则可能会受应力作用, 导致其的支座出现位移, 形成形变, 影响工程落成效果。第四, 拱肋加工过程中, 杆件的焊接收缩、温度变形等因素, 会导致拱肋结构尺寸出现误差, 影响安装施工精度。第五, 格子梁由主横梁、次横梁、主纵梁、次纵梁组成, 包含11个吊装节段, 安装程序复杂, 容易出现吊装顺序不合理的情况, 影响施工效率和效果。

## 二、主桥钢管拱安装技术

双栈桥支架法龙门吊机吊装方案, 主要施工顺序为先吊装梁后安装拱。主桥钢结构全部采用工厂制造, 通过公路运输到工地预拼场内, 利用80t龙门吊机进行现场预拼组装成设计节段, 经检查合格后龙门吊机起吊运输走行到落在支架上, 利用龙门吊、手拉葫芦和千斤顶装置调整标高、线型到设计位置。该方案完全可以做到不改变原设计加载程序, 其方案总图如图1所示。

### (一) 龙门吊机设置

在钢管拱安装过程中, 对于第一项难点, 应围绕工程所在地的条件, 以及工程本身的结构特征, 充分考虑拱肋的运输路线、安装位置, 进行吊装用设备的选用, 以及设计、拼装、拆除, 以确保吊装作业的顺利完成<sup>[1]</sup>。在此过程中, 考虑到龙门吊吊装施工较为方便、快捷, 且安全性较高, 因此, 考虑使用龙门吊进行钢管拱的拼装和安装。根据现场实际情况, 以及工程的结构, 考虑按照先梁后拱的顺序进行, 先将构件进行工厂预制, 然后运输到场, 再进行场内拼装, 最后用龙门吊进行吊装。在龙门吊设置上, 首先, 需要设置双栈桥, 并构建“钢管桩+贝雷梁+桥面板”的桥体结构。在此过程中, 需同步进行钢管基础包括格子梁支架和钢管拱格构支架的设置, 再进行2HN450型钢纵横梁、

贝雷梁主梁的施工, 然后通过梁上铺设桥面板, 完成桥面系构建, 其中格子梁支架采用单个临时墩采用单根 $\phi 529 \times 10$ 钢管柱形式, 同吊杆等间距布置, 即纵向间距为8.55m, 横向按对称顺桥向中心线布置2根, 间距17.2m, 另外由于主墩附近格子梁加宽到40.8m, 需在两端头纵向各布置两根钢管柱, 同标准管柱横向间距9.05m。柱顶分配梁按纵向布置2HN450型钢, 分配梁同桩帽采用焊接加固兼做纵向联结系用, 柱顶下约1.5m设置一道横向联结系, 纵向联结系每隔1个墩设置一道, 联结系均为桁架形式, 采用 $\phi 325 (\phi 273) \times 5$ 钢管。钢管拱格构支架的布置在拱肋正下方, 需避开吊杆位置, 不能影响吊杆安装。根据拱肋安装节段共设 $6 \times 2$ 个支架, 为增加支架整体稳定性, 支架间纵横向均设置桁架横撑作为联结系, 横撑间距约10m一道, 采用 $\phi 325 \times 5$ 和 $\phi 273 \times 6$ 钢管, 支架立柱采用 $\phi 600 \times 8$ 钢管桩, 每个支架布置4根, 纵横向平面布置尺寸为 $4\text{m} \times 3.8\text{m}$ 。之后, 布设好栏杆、照明等附属结构, 完成双栈桥构建。此后, 需对所有龙门吊部件进行全面检查, 确保完好无损, 并准备好所需的工具和设备, 规划好拼装场地, 保证地面平整、无障碍物, 再根据设计图纸, 明确各部件的位置和连接方式。其次, 按照设计图纸, 先将主梁和支腿进行组装, 确保组装精度和稳定性, 并待组装完成后, 进行必要的调整和紧固, 确保结构稳定。尤其要注意做好安装起升机构、运行机构等关

键部件, 并严格按照安装顺序和精度要求, 进行相应的安装, 保证龙门吊结构的稳定性。最后, 完成拼装和系统安装后, 需要对龙门吊机进行全面的调试和测试, 并进行起升机构的起升速度、稳定性测试, 以及运行机构的运行速度、制动性能测试等测试, 确认龙门吊机的各项性能指标符合设计要求后, 即可进行吊装。在具体的吊装操作中, 需先控制吊机将拼装好的单片拱肋起吊运输到位, 然后通过调整千斤顶、手拉葫芦等装置, 调整单片拱肋的标高、线型到设计位置, 再完成吊装。在上述过程中, 单片的拱肋一共7段, 最大重量大约71t, 而上述龙门吊结构, 净跨44m、侧向宽度30m、吊装高度56m, 可以达到80t的吊装重量, 能够满足拱肋吊装需求。

### (二) 第一段钢管拱肋安装

为了有效处理第二项难点, 采取了咨询专家、查阅文献、运用以往经验等方式, 大致设计了一套拱肋安装方法, 即第一段钢管拱肋安装后, 再进行中间段的钢管拱肋安装, 以保证钢管拱肋安装的有序、顺利推进。而对于细节的安装方法, 采用了BIM模型演示法, 并运用BIM软件, 对初步设计好的方案进行模拟演示, 借此及时发现不足, 再加以改进, 最终形成了一套具体的安装方案。在该方案中, 进行第一段钢管拱肋安装时, 需要采用对称吊装的方法, 先用上述搭设好的吊机装置, 将边段钢管拱肋提升到拱位, 然后用定位销进行安装定位, 再设置扣锁和缆风绳<sup>[2]</sup>。之后, 调整边段的垂直度, 确认垂直度达到要求后, 才能系上扣锁, 然后收紧, 由此让上端抬高10~15cm, 再将两侧缆风绳收紧, 让拱肋水平居中, 此时, 即可拆除主吊钩, 完成第一段的钢管拱肋安装。待一边的拱肋按照上述方法安装完毕后, 再进行另外一边拱肋的安装, 由此即可有序、高效地完成第一段钢管拱的安装<sup>[3]</sup>。但在此过程中, 需要注意, 做好钢管拱支架的安装, 以更好地支持钢管结构, 提高钢管结构的稳定性。在钢管拱支架的设置上, 需将支架设置在拱肋正下方, 且要避开吊杆位置, 以免影响吊杆安装, 同时为了让支架整体稳定性更高, 还要在支架间纵横向设置桁架横撑作为联结系。

### (三) 中间段钢管拱肋安装

待第一段钢管拱的安装施工完成后, 即可进行中间段钢管拱肋的安装。在此过程中, 应当用缆索吊机将拱肋安装到位, 然后使用2台跑车上的起重索, 对拱肋的倾角进行调整, 确认达到设计位置后, 同时缓慢地松上述2台跑车上的起重索, 再借助已经完成拼接完成的拱肋端头的内导管导向, 将中间段拱肋进行初步定位, 然后即可在中间段拱肋上安装缆风绳以及挂锁, 再借助挂锁和缆风绳, 进行中间段拱肋的水平定位<sup>[4]</sup>。之后, 收紧扣锁, 调整拱肋的垂直位置, 确认其达到设计要求后, 即可上紧法兰螺栓进行定位安装, 再缓慢松起重

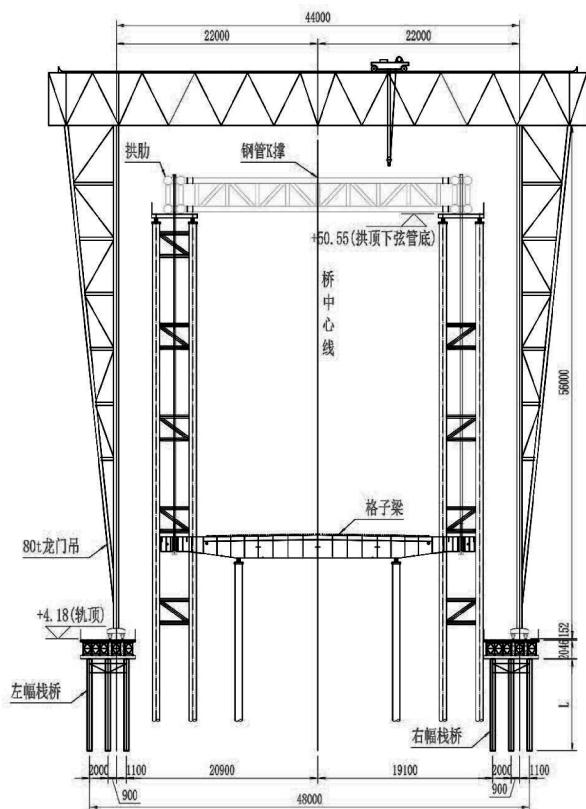


图2 龙门吊布置图

索,完成安装。此后,即可反复循环上述程序直至完成所有中间段钢拱的安装。在中间段的钢管拱吊装中,需要注意,应特别注意避免钢管拱与其他物体的碰撞和损伤,并在吊装前应对周围环境进行清理和整理,排除可能的障碍物,同时也要严格控制吊具和钢管拱的运动轨迹,避免发生碰撞事故。在此过程中,还要注意,考虑到吊装作业受天气条件影响较大,因此,应提前关注天气情况,并选择在风力较小、气温适宜、无雨雪等恶劣天气条件下进行吊装作业,并在吊装前,应密切关注天气预报,合理安排作业时间,确保吊装过程的安全和顺利进行。此外,为确保吊装过程的安全可控,应提前制定详细的应急措施和预案,且预案应包括可能出现的各种突发情况及其应对措施,如设备故障、人员伤亡、恶劣天气等<sup>[5]</sup>。

#### (四) K形风撑与合拢段拱肋的安装

为了解决第三项难点,可以考虑在每段拱肋拼装完成后,马上进行相应位置的K形风撑结构拼装,让拱肋的受力可以顺利传导给风撑,减少拱肋的承重负担,从而改善变形的问题,提高工程的落成效果。在风撑的安装中,需要使用2组主索,以及4个跑协调作业进行K形风撑的安装。在此过程中,首先,将风撑用缆索吊机提升到设计位置,然后缓慢放松起重索,让风撑的下弦钢管落到支撑托盘上,再用内导管对风撑进行初步的定位。其次,调整起重跑车,借助内导管让风撑的上弦钢管达到指定位置,并用楔形调距钢板、法兰进行风撑的临时定位,然后用调距钢板调整主拱肋的中距。最后,调整好位置后,即可对环形接头进行焊接,然后对短管上下槽口予以塞焊处理,再焰切法兰、托盘,将接头焊缝打磨光滑,包焊包板,完成风撑的安装,以提高拱肋的稳定性。针对合拢段拱肋的安装问题,则可以考虑将合拢时的温度控制在 $15\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,然后在该温度下,对合拢段长度进行实地测量,再基于此,适当调整原合拢段长度,由此即可让拱肋在0应力的情况下合拢,避免支座横向、纵向位移,深入优化施工效果。此后,还要待合拢完毕后,在接头处设置滑动内导管,再在管外接头上焊接法兰、安装螺栓,然后予以焊接固定,实现成拱,最后,进行法兰焰切、包焊瓦片、补焊缺漏腹管等操作,完成此项施工环节。

#### (五) 安装精度控制

为了避免加工因素引发的安装精度问题,应重点关注钢管拱的加工环节,通过提高其的加工制造几何精度、拼装尺寸精度,以及焊接质量,来减少其的尺寸误差对安装施工精度的影响,从而有效处理第四项难点问题。为此,应采用场内制作的方式,进行钢管拱的加工,确保加工流程和操作的规范性,而且要做好加工过程中的公差控制、焊接控制、预拼装控制。其中,在公差控制上,应当明确各项工序的交验公差,并在单位工

序完成后,组织工厂、施工、设计三方,围绕交验公差,结合当前条件,共同设计公差控制的方案和方法,由此更好地管理钢管拱的外型尺寸精度。在焊接可控制上,根据拱肋的结构特点,焊接方法主要以手工电弧焊为主,所以,可确立一个专门的焊接小组,提前明确严格的工艺要求,并在焊接完毕后,进行探伤检查,且要对所有焊缝应当均进行超声波检测,并抽取占总量不小于5%的焊缝进行X射线检验,确认无问题后,才能准许应用。

#### 三、格子梁吊装技术

在本工程中,格子梁是由2道主纵梁、3道次纵梁,以及主横梁、端横梁共计22根组成,同时每对主横梁之间均由两道次横梁。其中,横梁和纵梁均为“工”字型截面,上设8m厚的钢板。

为了解决第五项难点,可以根据上述格子梁结构尺寸、特征,结合现场的实际情况,进行吊装顺序的设计,并运用BIM等软件工具,对吊装顺序方案进行模拟分析,借此对吊装方案中的不足之处加以优化和完善。待确认吊装方案后,就可以先做好格子梁支架和钢管拱支架的设置,以有效支持主桥钢结构结构。在格子梁支架设置上,需要采用单根 $\phi 529\times 10$ 钢管柱作为支架的单个临时墩,同吊杆等间距布置,并采用桁架形式进行支架的联结,以保证格子梁结构的稳定性。安装格子梁,然后对称张拉杆系,再灌注8根弦管砼,并对系杆进行同步对称张拉。

#### 结语

通过上述针对性的安装技术措施,可以有效解决主桥钢管拱与格子梁安装中存在的难点,促进工程的按时完工。在此过程中,主桥钢管拱安装从2019年4月1日开工,待2019年7月31日按时交工,格子梁则从2018年9月26日开工,待2019年1月10日按时交工,两项施工均按时完工,由此可见,上述各项针对性的难点技术措施有效。

#### 参考文献

- [1] 赵剑发. 准朔铁路黄河特大桥主桥钢管拱架设方案比选[J]. 桥梁建设, 2015, 45(01): 108-113.
  - [2] 赵国宏. 桥梁水中墩施工技术的预制方法分析[J]. 山西建筑, 2014, 40(14): 227-228.
  - [3] 马木欣. 宁芜线青弋江特大铁路桥施工技术研究[J]. 交通科技, 2014, (02): 51-53.
  - [4] 李有业, 任国臣. 单洞双线高速铁路隧道Ⅲ级围岩仰拱快速施工技术[J]. 隧道建设, 2013, 33(07): 586-590.
  - [5] 农代培, 季跃华, 徐炳法. 安庆长江铁路大桥总体施工方案[J]. 桥梁建设, 2013, 43(03): 24-30.
- 作者简介: 曹龙泉(1977年6月), 男, 汉族, 陕西咸阳人, 高级工程师, 本科, 主要从事施工项目管理