

# 特大桥拱肋支架异位拼装施工技术研究

● 孙灵昆



**[摘要]** 随着社会经济的发展,地面道路体系变得错综复杂。为了缓解地面交通的压力,跨越公路、铁路的拱桥得到进一步的发展。拱肋支架异位拼装定位是特大桥施工工程中的重要一环。拱肋支架异位拼装定位困难,需要严格做好支架搭设和拱肋拼装定位技术,使每道工序、每个环节都在控制中。本文结合京广特大桥的工程建设案例,针对拱肋异位拼装的技术特点,对支架搭设、拱肋吊装、拱肋拼装等进行相应的研究,并提出合理的支架搭设和拱肋拼装方案,为类似特大桥施工提供借鉴。

**[关键词]** 特大桥;拱肋支架;异位拼装;施工技术

随着拱桥跨度的不断提高,大跨度拱桥的施工工艺面临着较大的挑战。对于特大拱桥来说,其拱肋支架的拼装定位是施工的重难点。拱肋支架是否能够精准拼装,会决定特大桥的整体质量是否能够到达标准要求。

目前,相关学者对钢拱架的研究有很多,其中李晓玲等阐述了拱桥异位拼装所需的施工时间较少,还能降低施工的风险;王文明从拱肋定位架加工安装等方面阐述了拱肋快速拼装定位的方案;潘念等从异位拼装整体顶推施工方面阐述了拱肋的拼装和整体顶推方案;李恩良从现场拼接段定位测点的选取、拱肋定位测点坐标系等方面推导出拼装的定位坐标计算公式;朱仕耀等采用有限元软件进行模型建立与分析来进行拼装定位;刘钺通过全站仪测量的方式对钢架拱进行测量定位拼装;王振提出拱肋拼装调整定位的粗略对位以及精调;罗克卿提出拱桥支架的搭设和拆除;柯伟鹏等提出钢拱肋支架设计方案;唐剑等提出的拼装支架设计与施工方

案。然而,目前对特大桥拱肋支架异位拼装定位的研究较少。为了确保拱肋支架异位拼装的顺利施工,就必须严格控制支架搭设的强度,以及拱肋的异位拼装定位。

本文以总长为 128m 的京广特大桥为背景,在综合考虑施工工期和施工区域道路安全问题后,对支架搭设、拱肋吊装、拱肋拼装等进行相应的研究,并提出合理的支架搭设和拱肋拼装方案,以此顺利完成拱肋支架的异位拼装。

## Q 项目概况

位于北京丰台区的京广特大桥是 1 跨 128m 简支系杆拱,拱轴线的的设计采用二次抛物线原理。京广特大桥的矢跨比为 1/6,其中跨度为 128m,矢高为 21.333m。在横桥方向设有两道拱肋,拱肋中心点的间距为 12.8m。钢管拱中跨部分共设有 18 对吊杆,每侧各设有 18 根(见图 1)。

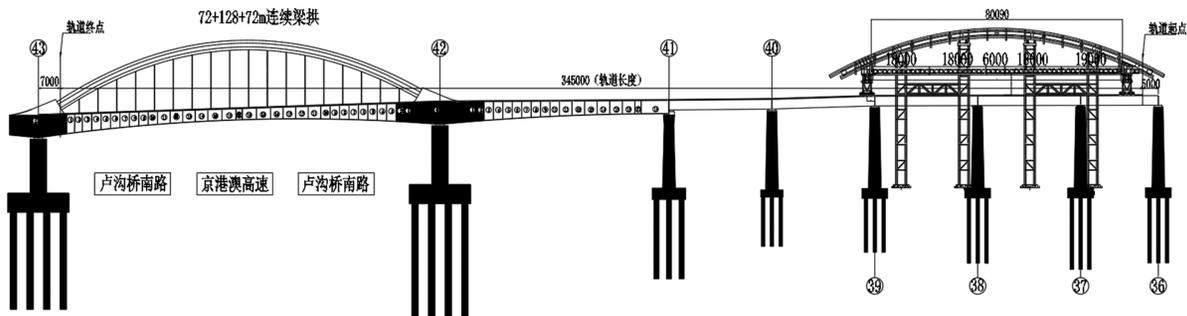


图 1 异桥位拼装施工图

## Q 支架设计

支架在拱肋节段拼装定位时起到支撑作用。为了确保

拱肋异位拼装的顺利施工,就必须严格搭设支架,使支架满足设计规范的要求。

### (一) 支架基础

采用 C30 的混凝土对支架基础进行浇筑，长 400cm 的三角形支架基础，厚 80cm。在浇筑混凝土时，需要预埋用于安装钢管立柱的地脚螺栓。支架基础的设计要满足支架搭设稳定性的要求，从而在拱肋支架拼装时起到支撑的作用。

### (二) 支架搭设

拱肋的异位拼装与原位拼装不同。拱肋的异位拼装过程中，需要在拱肋异位拼装区域将拱肋拼装完成以后再整体转移到需要施工的地段。因此，根据拱轴线的二次抛物线原理，在异位拼装区域采用虚拟设计方法，设计出支架搭设和拱肋拼装的二次抛物线，将拱肋各节段上的点与二次抛物线上的点进行对应，精准地控制拱肋节段的拼装和支架的搭设。支架的拼装定位严格，准确定位每个支架在空间中的拼装位置，使得每个支架在空间中能够完成精准的拼装定位。在整个支架的上方要确定出拱肋拼装的空间位置，以便完成后续拱肋节段在支架上的拼装定位。

在 36#墩~39#墩范围处设置钢管拱拼装所用到的支架，在桥面的两侧对称设有 4 组支架。钢管位置搭设前应

精确定位，严格控制钢管柱垂直度，保证其正确性。在引桥的 5 孔简支梁区域，进行支架的搭设，起支撑作用的临时支架采用 8 组  $\Phi 630 \times 10\text{mm}$  的钢管桩(见图 2)，支架的基础部分采用混凝土扩大基础(见图 3)，采用桁架式连接系的方式对 6 根钢管桩进行连接，能提高支架的整体稳定性。由于支架结构偏高，高度达到 50m，为了保证支架的整体稳定性，还需在立柱之间额外设置 1 道横梁。桥面位置邻近桥梁翼缘板位置的两根钢管采用 20 槽钢和桥面预埋钢筋进行连接，增加稳定性。对支架自重、拱肋重量以及作用在结构上的风荷载进行设计计算，荷载组合采用最不利组合进行计算，结果显示支架的刚度和稳定性均满足设计规范的要求。

支架搭设采用人工配合吊车进行，单个钢管柱分 2 段吊装，每段吊装前先采用 80t 吊车将三根钢管用槽钢连成一体，然后用 350t 吊车进行吊装。在搭设时，要求支架的垂直度  $\leq H/500$ ，且不能超过 5cm。在充分考虑支架自身的压缩及基础的沉降后，需要在拱肋安装之前和拱肋安装之后各进行一次测量。

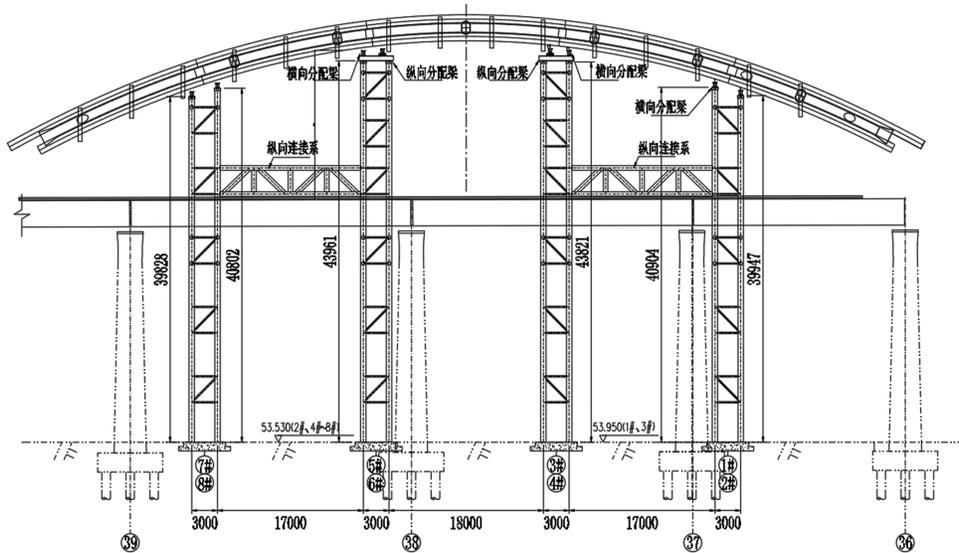


图 2 支架设计纵断面图

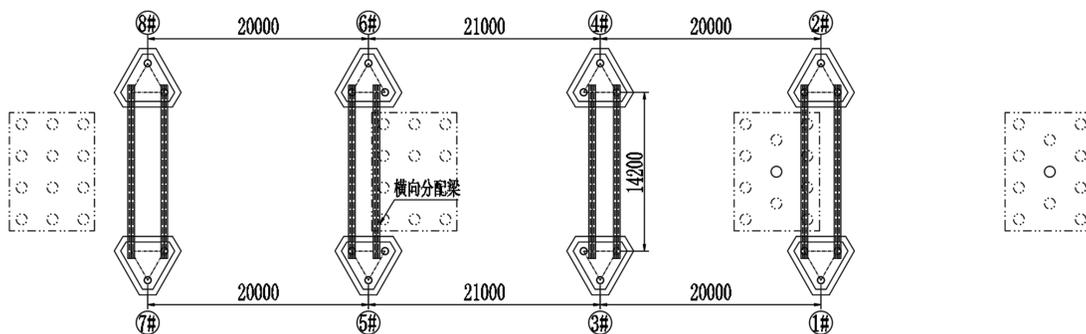


图 3 支架平面设计图

## 拱肋拼装

在支架搭设完成以后，需要将拱肋节段吊装到预定位置，固定在支架上，并充分考虑拱肋节段的重量，选择合适的吊装设备和定位设备。在拼装定位完成以后及时地在拱肋上安装横撑，形成稳定结构。

### (一) 拱肋定位

根据钢管拱拼装总体布置图，在拼装区域虚拟设计出拱肋的二次抛物线，通过计算得出在 36#墩~39#墩处的钢管拱中线和每个拱肋拼装就位后的三维坐标。采用两台徕卡全站仪 TS06、TZ10 对拱肋拼装定位的拱轴线和高程进行测量控制，精确测量拱轴线的三维坐标，为了提高全站仪对拱肋拼装定位的测量精度，定位测量时要避开气温过高的时间段，避免因气温过高而导致钢管拱的长度发生变化，影响测量的精度。

在拱肋吊装之前，需要测量每个钢管拱节段上游和下游的管口，找出实际钢管拱节段的中心线，并在测量定位点处设置反射贴片。在拱肋吊装之前，还需要确定每个拱肋的腰线，计算出拱肋的安装角度，以及拱肋定位点的三维坐标。

在将拱肋吊起后，通过全站仪对拱肋测量定位点完成测量，确保将拱肋吊装在准确的位置上，使拱肋上设置的定位点与虚拟设计时二次抛物线上的点位重合，并参考整个支架上方确定的拱肋拼装位置进行拱肋定位。现场技术人员通过全站仪控制和测量拱节段的轴线、高程及垂直度，检验拱肋节段的拼装是否符合要求。在定位测量过程中，将定位

误差数据进行分析整理，并及时地做出调整。若检测后发现误差超出规定的范围，通过 2 台 100t 的千斤顶进行微调。

### (二) 选择吊装设备

由于现场采用大节段吊装，拱肋制造长度不满足公路运输需求，故进场 2 段拱肋地面拼装成 1 个大吊装段，现场二次拼装采用 130t 汽车吊配合进行施工。拱肋现场二次拼装完成后，整个钢管拱共有 5 个大拱肋节段。在支架完成搭设并检验合格以后，采用 1 台 350t 吊车对 5 个大拱肋节段进行吊装。

### (三) 拱肋的拼装

(1) 吊耳加工：对吊耳和吊耳位置进行专项设计。吊耳采用厂焊，随杆件出场，注意吊耳板与拱肋采用熔透焊缝。

(2) 钢丝绳验算：吊具上端选用  $\Phi 60\text{mm}$  钢丝绳，其最小破断力为 1450kN，双股组成，卡环选用 20t 以上。

(3) 拱肋吊装：根据预定的吊装顺序，从两端依次按序号对称的拼装拱肋节段(见图 4)。按照吊装工作布置图，每一个拱肋节段的吊装，吊车都要移动到规定的地点上。在所有准备工作完毕后，进行吊装作业。将钢管拱吊装到适当位置以后，根据拱肋的定位确定钢管拱的拼装位置，对拱肋上的测量定位点的三维坐标进行复测，经检测无误后，将钢管拱落到支架上。

(4) 横撑安装：为了提高拱肋的整体稳定性，根据设计的要求，需要在两个拱肋之间设置 3 个“一”字横撑和 4 个“K”字横撑。横撑采用 80t 汽车吊机上桥进行吊装，根据拱肋的吊装进度匹配安装横撑，尽快形成稳定结构。

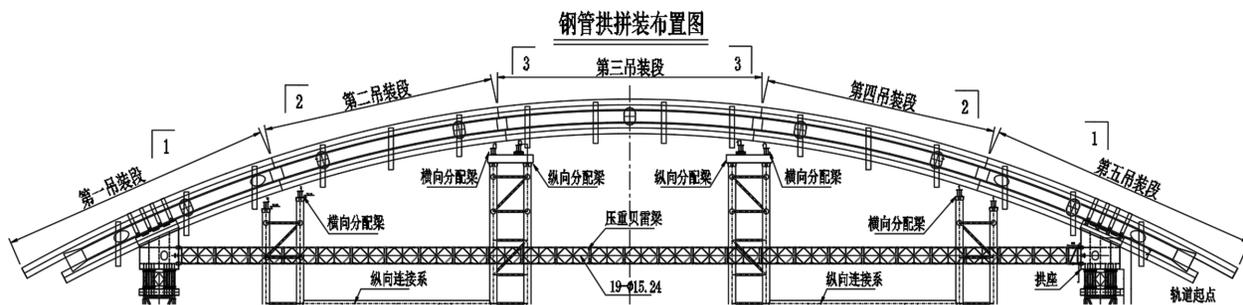


图 4 钢管拱拼装布置图

### (四) 拱肋焊接

当钢管拱落到支架上后，施工人员在支架顶焊接作业平台上进行焊接施工。先采用临时焊接的施工方法，将拱肋节段与加劲板焊接。选用的加劲板尺寸为  $300 \times 120 \times 16\text{mm}$ ，采用双面满焊的施工方法，在拱肋的上、下弦管接头各焊有 8 块加劲板。采用手工  $\text{CO}_2$  气体保护焊，对拱肋实施永久性焊接。在焊接完成后，对焊缝进行检验，对于不符合要求的焊缝必须刨开再次焊接，重新焊接后再次检

验，直至焊接的焊缝符合要求为止。

## 结束语

综上所述，在京广特大桥拱肋异位拼装施工过程中，为了保证钢管拱顺利完成拼装，笔者对支架搭设、拱肋吊装、拱肋拼装等进行相应的研究，并得到以下结论：(1) 针对京广特大桥的拱肋异位拼装施工，根据拱轴线的的设计采用二次抛物线原理。在异位拼装区域采用虚拟设计，设计出支架

搭设和拱肋拼装的二次抛物线，确保拱肋的精准拼装，以及后续拖拉定位施工；(2)针对异位拼装施工中的支架搭设，精准控制支架的拼装定位。根据支架上方的空间位置确定出拱肋的拼装空间位置，便于拱肋的拼装定位；(3)针对异位拼装施工中的拱肋吊装和拱肋拼装，全程采用全站仪对拱肋拼装点位的三维坐标进行监控测量，确保拱肋支架异位拼装精度符合规范要求。

#### 参考文献

- [1]李晓玲,唐剑,卢冠楠.钢管拱安装施工方案比选[J].公路,2019,64(10):110-116.
- [2]王文明.简支拱拱肋快速精确定位施工技术研究[J].山西建筑,2017,43(07):161-162.
- [3]潘念,李承君.连续梁钢管拱异位拼装整体顶推分析与施工[J].铁道建筑,2011(05):25-27.

[4]李恩良.客运专线大跨度提篮拱桥拱肋定位坐标计算方法[J].铁道标准设计,2012(01):47-50.

[5]朱仕耀,颜全胜,贾布裕,等.非对称外倾式钢拱桥原位拼装施工定位技术[J].铁道科学与工程学报,2017,14(11):2384-2389.

[6]刘铖.钢管混凝土拱桥支架法拱肋拼装技术[J].科技信息,2010(07):687-689.

[7]王振.提篮式钢管拱桥单榀吊装空间定位技术[J].科技视界,2015(09):90-91.

[8]罗克卿.拱桥支架拼装与拆卸技术[J].公路,2004(07):31-34.

[9]柯伟鹏,王博.90m+200m+90m连续刚构钢管拱桥施工关键技术研究[J].城市道桥与防洪,2021(09):129-133,146,18.

#### 作者简介:

孙灵昆(1984—),男,汉族,山东菏泽人,本科,工程师,中铁十四局集团第二工程有限公司,研究方向:桥梁施工。