

钢拱桥主拱肋安装施工工艺研究

徐琛

上海公路桥梁(集团)有限公司

摘要: 拱桥作为桥梁结构的基本形式之一,尤其是钢拱桥,其优美的造型在现今桥梁建设中越来越广泛。钢拱桥自重较轻,拱肋施工方式多变灵活。但随着桥梁的跨径越来越大,主拱肋安装的高度与难度也越来越高。针对钢箱拱肋安装,常见的施工方法主要有先梁后拱法和先拱后梁法两种。在跨越通航宽度较宽的内河航道,先拱后梁的工艺更为适用,结合不同的施工方法,介绍了钢拱桥主拱肋安装的施工过程,对类似钢箱拱肋安装方式提供一定的参考。

关键词: 缆索吊;整体提升;双浮吊

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2021.13.140

引言

目前在大跨度钢拱桥施工过程中,先拱后梁的施工工艺逐渐成为主流。由于周边环境,运输条件,既有桥梁通航高度与宽度等条件的影响下,选择何种的拱肋安装方式更适合是一个值得研究和探讨的重要问题。根据现有的架设方式大致分为:支架法、悬臂拼装法、转体(平转、竖转)法、缆索吊装法、浮吊吊装法、整体提升施工法。这些施工方法有其各自优缺点。其中支架法适用于先梁后拱的拱桥,悬臂拼装法适用于超大跨度拱桥,转体法适用于山区峡谷中的拱桥。随着技术不断改进及创新并结合经济方面考量,浮吊吊装法、缆索吊装法、整体提升施工法较为适合跨越内河航道的钢箱拱桥主拱肋安装。

一、工程概况

某中承式系杆拱桥跨越上海市园泄泾,主跨220m,两侧边跨55m,拱肋为钢拱肋,截面为六边形箱形结构,拱肋高由6.25m变化到4.25m,拱肋宽度由2.941变化到2.0m,拱轴线为1.95次抛物线,矢高44m,矢跨比为1/5,为提高拱桥的整体稳定性,拱肋平面向内侧侧倾1/8全桥设五道一字型横撑。(由两条倾斜敞开式对称钢箱拱)、桥面“混凝土现浇桥面板+混凝土纵横梁”、倾斜的吊杆和桥面系杆组成一个多元化的空间结构体系。

拱肋分为三角区混凝土边拱肋、拱脚段、主拱肋三个部分。其中边拱肋采用满堂支架法现浇,拱脚段采用定型钢结构临时支撑,陆上吊机安装。主拱肋吊装方案可选择多种工艺形式,本文从缆索吊装、整体提升、浮吊吊装三种工艺形式进行研究。

二、施工工艺

(一) 缆索吊

(1) 整体工艺描述

上下游主拱肋分节段拼装成吊装单元分别进行吊装,即每节上下游双榀钢拱肋先进行匹配预拼,然后双拱肋采用“缆索吊机无支架悬臂安装,拉索体系斜拉扣挂”施工,悬拼的拱肋段通过扣索扣挂于临时索塔上,待拱肋合龙,水平系杆张拉完成后,拆除临时斜拉索。如图1所示。

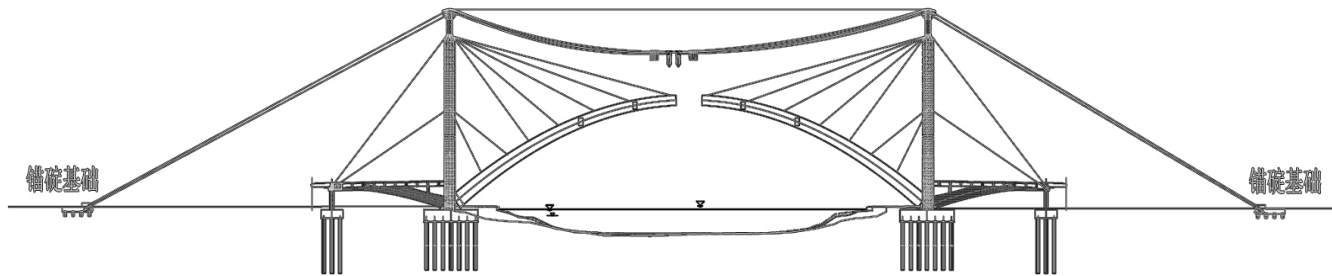


图1 缆索吊装法

(2) 塔架布置

塔架包括主塔、扣塔、主扣塔连接、塔架基础及预埋、塔架稳定系统(包括后缆风索、通缆风索、前缆风索、缆风索通航支架、缆风索基础预埋)。塔架采用门式钢框架结构,塔高73m,两个主墩承台上各设一组,利用塔吊安装,塔身为主塔扣塔合二为一,主塔扣塔间纵桥向设铰。安装过程中为调整塔架偏位且保证整体塔架稳定性,连续设置多道临时缆风索。

(3) 扣挂系统

塔架搭设完成验收合格后进行扣挂系统施工,扣挂系统包括扣点、扣索、张拉平台、锚索、锚索地锚。吊装单元安装就位后,利用扣索将拱肋单元与扣塔之间实施扣挂,扣索于扣塔端进行张拉,并锚固于已完成的边跨端横梁混凝土结构上。在调整扣索索力时,前后端扣索需要同步调整,保证前后端扣索作用于扣塔的水平力相等,并用全站仪精确观测扣塔顶的位移情况。

(4) 缆索系统

缆索系统包括主索、工作索(牵引索、起重索)、卷扬机、地锚、跑车、索鞍等。结合每套吊装系统设计最大吊重

为200T的情况,确定每吊段拱肋由4组作主承重索主吊系统抬吊,即每组主索道上布置两组主吊系统吊点,组间用钢绳串联,同用一套牵引系统以实现同步运行,分别布置起吊系统以适应拱肋节段的任意倾角。缆索吊机控制系统由自动控制系统和手动控制系统两部分组成,以自动化控制系统为主,当自动化控制系统需维修保养时,可临时手动控制系统操作,保证设备正常运行工作。缆索安装采用细钢丝绳带动粗钢丝绳来回牵引的方法安装缆索。缆索起重机安装完成,在吊装拱肋前进行试吊运行试验(最大节段110%),以检测验证其吊重能力及各种工况下系统的工作状态。

(5) 缆索吊装

拱肋节段采用水运,运输船运构件至安装位置下方,缆索吊机起吊构件安装就位;在安装拱肋时,先将扣索置于已装拱肋顶部,待拱肋就位安装扣索拱肋端;扣锚索张拉应对称进行,确保拱肋对口准确,塔架偏位符合要求。安装完成主跨合拢段,张拉第一批系杆索。安装合拢前,应对合拢段上下口实际尺寸进全天各时段测量,并记录测时温度;选择好温差较小时段的尺寸对合拢段两口进行配切,并安装就位。

(二) 整体提升法

(1) 整体工艺描述

主拱肋采用整体提升施工工艺，在临时码头拼装焊接成型，综合考虑液压提升装置的提升能力，将两道上下游拱肋和5道风撑整体焊接，总重2623t。将中拱肋整体驳运至吊装位，利用提升架整体提升就位合龙。如图2所示。

(2) 提升塔设置

河道中设置2座提升塔架，其中提升塔架设置于主拱肋两端位置，用于提升主拱肋。提升架由上下游的提升塔和塔间大横梁组成，平行于桥墩对称设置，提升塔按3.0m标准节进行工厂加工制作，采用万能杆件搭设扒杆配合逐节安装。出于保护航道的考虑，将提升架设置在航道以外，同时兼顾考虑主拱中段整体的重量控制，每个提升塔顶设置2个提升吊点，每个吊点布置2台600t提升油泵及配套的液压泵站，总提升力为4800t。利用浮吊起吊提升塔架顶部提升装置，形成整体三角形桁架式提升架系统。为提升主拱肋提升塔的纵横向刚度，保证塔架系统整体稳定性，每座提升塔横桥向顶部设置压塔索，纵桥向提升塔顶部设置背索，背索锚固于已完引桥上部结构盖梁处。背索、压塔索材料均采用钢绞线。

(4) 中拱肋运输

主拱肋中段岸上临时码头拼装场地拼装完成，利用临时码头，采用SPMT（模块车）运输至SMB（模块化驳船）上，配备SPMT4组32轴，每组SPMT配备2个PPU，共计128轴，设计车板上放置专用运输托架作为运输承载结构。SMB水上运输使用的浮箱由16个模块组成，为保证运输过程中的拱肋稳定，当拱肋完

全装载上浮箱后，调整好压舱水位，使用钢链将SPMT和桥梁固定在浮箱上，车辆与桥梁绑扎，桥梁与浮箱绑扎，使其连成一个成体，运输至桥位处并精确定位。

(5) 主拱肋安装

主拱肋采用已完的提升塔架进行整体提升作业，当主拱肋船运就位后，提升钢丝绳固定于主拱肋吊耳上，启动同步提升系统，同步控制提升塔顶穿心千斤顶油缸，缓慢提升主拱肋，减少SPMT压舱水量，实现拱肋与船体分离。过程中，以千斤顶拉力为主，以钢绞线位移为辅，直至提升至合龙位置，利用马板临时固定主拱肋对口，待环向焊缝完成50%，解除提升钢绞线，继续完成剩余环向焊缝的焊接作业，实现体系转换。

(三) 浮吊吊装法

(1) 整体工艺描述

主拱肋采用双浮吊抬吊施工工艺，单边主拱肋采用陆上预拼焊接，双浮吊统一指挥，4点起吊，配合抬吊至河道中临时支墩，准确对口定位焊接。如图3所示。

(2) 临时支墩

为了不影响航道的正常通航，临时支墩的设立避开主航道，采用钢管格构柱组成，边拱肋6根钢管格构柱，中拱肋采用9根钢管格构柱，利用浮吊配以打桩锤实施。格构柱搭设完成后必修进行横向联结固定，以保证整体临时主墩稳定，并设置缆风绳进行纵向固定。

(3) 浮吊吊装

单边拱肋分段预制运至岸上拼装场地，吊装前，为保证浮吊吃水深度，先进行岸边河道清淤。中拱肋由中间3段拱肋在

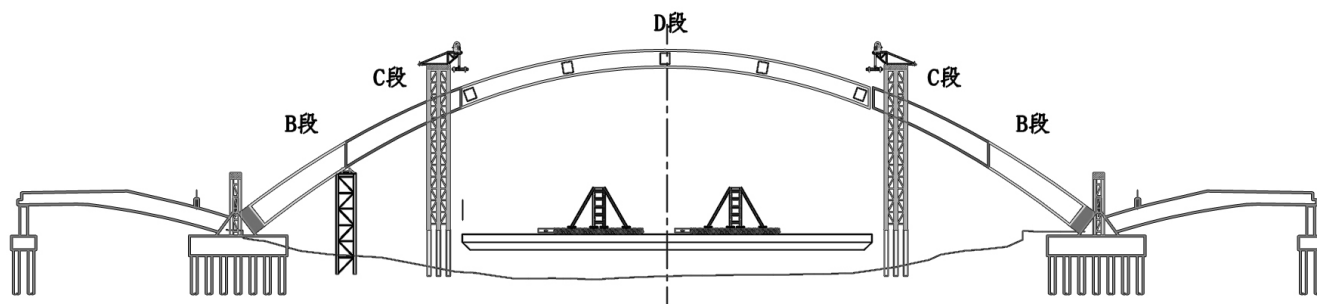


图2 整体提升法

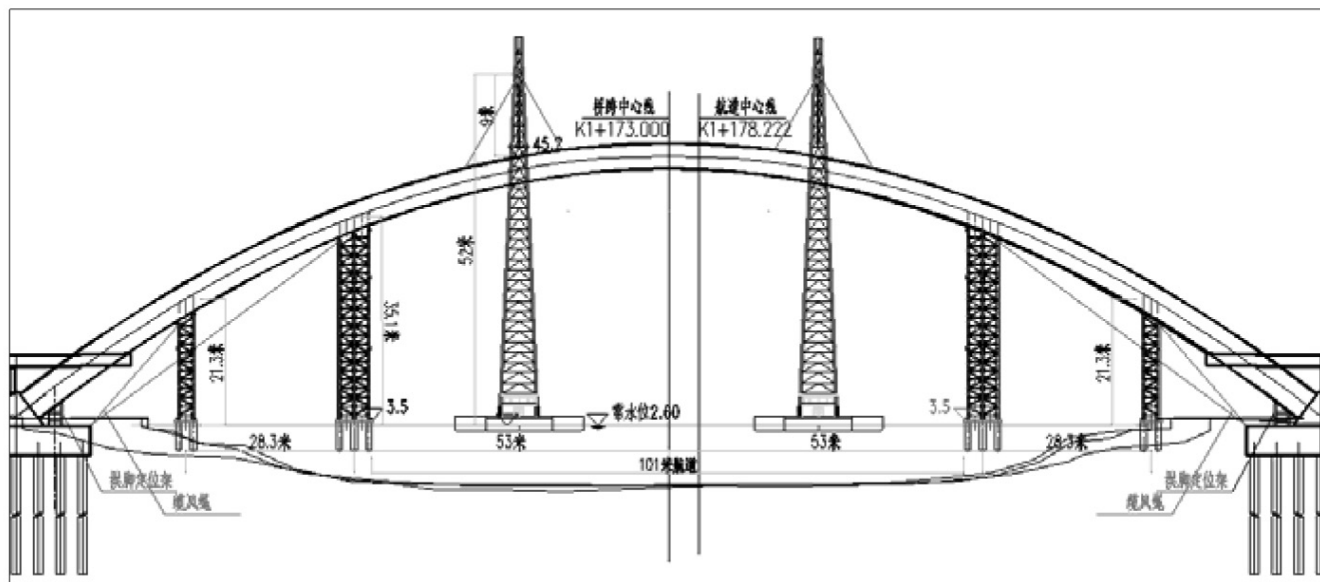


图3 浮吊吊装法

岸上拼装胎架上组焊成拱肋吊装中段，总重1000t，采用双浮吊配合同时起吊，统一指挥，利用浮吊抛锚点控制浮吊位移，同时配以缆风绳牵拉，以便调整主拱肋位置，精准定位对口完成合龙焊接。

三、结束语

(1) 缆索吊装法无须大型浮吊，河道中无须设置临时支架，对通航影响少；但拱肋拼接节段较多，对口焊接质量难以保证，对拱肋线性控制要求高，施工周期较长。

(2) 整体提升施工法能有效减少吊装风险，中拱肋结合风撑一次整体提升到位，保证了拱肋线性控制；但所需配套的机械设备及临时结构较多，施工费用也相对较高。

(3) 浮吊吊装法起吊钢拱肋，高空作业频次少，施工成本和施工难度相对较低；但对通航影响较大，既有桥梁通航高度与

(上接第119页)

径不大于4.0cm。混凝土初凝时间不早于5h，如果必要可外加剂，以延长初凝时间。导管距离桩底的30~50cm在混凝土中的埋置不少于1m，最大不应超过6m，拔导过程不宜过猛。

(3) 防止导管或底口进水，加强隔水设施。导管在灌注混凝土前应进行必要的水密承压实验和接头抗拉实验，严格检查接头是否严密，焊缝是否破裂。应计算好首批混凝土的用量，既满足足够的埋深又要充满导管，以保证混凝土施工连续。

(4) 防止坍孔。在施工中应有专人负责观察施工水位，观察护筒四周是否渗水，在水中钻孔桩施工中，因河流汛期，注意测量河流水位，如发现水位差降低，应及时采取措施，保证孔内水头高度，要注意不要让孔口震动过大并尽量减轻孔附近重量。

(5) 超灌与接桩。为保证桩顶质量，在设计桩顶标高上应超灌0.5~1m以待接桩或承台施工前凿除。接桩时，将多余部分混凝土凿除后用清水冲洗干净，然后方可接桩或承台施

(上接第120页)

工。后，方可进行后续的预应力张拉以及锚固处理。不管选择何种工程施工技术方法，在实际施工当中必须要对每一项工程施工技术细节问题进行有效控制，以此来保证所生产的预制梁结构，可以达到公路桥梁工程的整体建设施工要求和标准。

(三) 加强预制梁工程施工质量管理

首先，在公路桥梁预制梁工程施工过程中，相关管理人员必须要进一步加强工程施工的组织管理工作，在针对预制梁进行生产和制作工作当中，需要安排专业水平相对较高的工作人员，对各项工程施工内容进行全面监督和管理，同时需要尽可能避免出现一些违规现象；其次，针对可操控的各项施工进行科学化处置，在整个工程项目建设施工当中，相关施工技术管理工作人员，需要进一步增强自身的专业工作能力，将施工技术管理工作优势充分发挥出来，有效保证各项工程施工的顺利进行，提高预制梁工程施工质量。最后，要进一步提高工程施工的管控工作力度，结合预制梁生产工作特性，对审查机制展开全面优化和管理，同时还需要对更多细节问题入手，对预制梁工程施工展开全面监督，以此在最大限度上保证预制梁工程项目建设施工效率以及整体施工效果^[4]。

(四) 混凝土施工技术管理

在正式开始混凝土工程施工之前，相关工程施工单位必须要充分做好各层环节的准备工作的，比如施工单位需要增派专业的工作人员，对工程施工原材料的质量材料规格、质量证明文件等进行全面的质量检查，同时需要对各层环节的仪器设备工作情况有效调整，以此可以保证施工设备可以正常工作运行。同时人还需要针对混凝土施工技术进行合理选择，有效

宽度对大型浮吊的选型限制较高，双浮吊抬吊配合度要求较高。

(4) 本文未对支架法、悬臂拼装法、转体(平转、竖转)法、开展施工工艺研究，建议后续开展相应论述，并结合此次缆索吊、整体提升、浮吊吊装研究开展总体研究。

参考文献

[1] 修莉. 南沙凤凰三桥主桥钢箱拱肋架设方案比选[J]. 世界桥梁, 2017, 45(04).
[2] 刘龙飞. 大跨钢箱拱桥拱肋整体提升施工控制研究[D]. 广西: 广西大学, 2019.
[3] 刘宇峰, 马利刚. 利用主墩的高塔架大跨度缆索吊施工技术[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2019, 15(12).
[4] 高波, 钟跃. 高铁140m系杆拱桥先拱后梁法施工关键技术[J]. 中国铁路, 2020,(06).

四、结束语

在桥梁桩基施工时，会因为施工的工艺比较复杂，外界的因素，导致在施工的过程中会遇到很多的困难。因为桥梁桩基所起到的作用十分重要，施工人员必须严格按照相关规定进行施工，及时解决施工时出现的问题，以此加强桥梁桩基的稳定性和承载力度。

参考文献

[1] 郑冠男. 浅析桥梁桩基施工常见问题及应对措施[J]. 江西建材, 2018(07): 84+86.
[2] 刘红成. 桥梁桩基施工中的常见问题及处理对策[J]. 四川水泥, 2018(01): 270.
[3] 刘振. 公路桥梁桩基施工中常见技术问题[J]. 城市建设理论(电子版), 2017(31): 51.
[4] 张庆慧. 桥梁桩基施工中的常见问题及处理措施分析[J]. 山西建筑, 2017, 43(31): 160-161.

保证上述工程施工完成之后，方可进行后续的工程施工，有效防止出现混凝土二次浇筑施工问题，保证混凝土浇筑施工质量和稳定性。在针对各种混凝土原材料的选择工作过程中，需要在保证混凝土施工质量的基础之上，最大限度上控制混凝土材料的施工成本，实现工程建设施工单位的更高经济效益和社会效益。

四、结语

综上所述，在工作桥梁工程项目建设施工过程中，必须要针对预制梁施工进行全面管理，针对预制梁工程施工内容进行有效控制，最大限度上提高公路桥梁工程项目建设施工效率和安全性。由于桥梁工程项目建设施工过程中，预制梁施工是其中非常重要的施工内容，同时该项施工经常会受到外部环境各方面因素的干扰，要求相关管理人员必须要充分发挥出自身的工作职能，全面提高公路桥梁预制梁工程项目建设施工质量和稳定性，实现工程建设施工单位的更高经济效益和社会效益。

参考文献

[1] 毛云峰, 王义成, 白祖应, 杨思总. 预制梁的制作要点及其在桥梁工程中的施工应用[J]. 科技创新与应用, 2019(32): 178-179.
[2] 范长明. 论市政道路桥梁工程的施工管理及施工控制措施[J]. 低碳世界, 2019, 9(01): 195-196.
[3] 周博. 公路桥梁工程预制梁施工管理的探讨与实践[J]. 科技创新导报, 2018, 15(31): 29-30.
[4] 李平. 公路桥梁工程预制梁施工管理探讨与实践[J]. 工程建设与设计, 2018(19): 283-284+287.