

# 杭埠河特大桥斜拉索安装的关键技术研究

岳清明

中铁北京工程局集团城市轨道交通工程有限公司 安徽合肥 230000

DOI: 10.12238/ems.v7i4.12613

**[摘要]** 本文聚焦杭埠河特大桥斜拉索安装这一复杂且关键的工程环节,受制于复杂多变的环境、紧张工期与高标准要求等因素干扰,斜拉索安装操作面临诸多不确定性,通过对斜拉索运输及存放模式的设计优化、设备类型挑选与分布精度的精细调整、安装技术流程细节改进以及全程施工监控体系的实际应用等维度展开递进式解析,提炼出技术要点与解决方法,致力于为工程质量给予全方位支撑,并强化桥梁安全性层面的考量基础,由此转化为可供类似桥梁工程采纳的实用性参考方案。

**[关键词]** 杭埠河特大桥;斜拉索安装;关键技术

## 引言:

现代桥梁建设体系里,斜拉桥凭借其跨越能力强和结构美学特征凸显,嵌入成为交通骨架中的重要拼图,而斜拉索扮演着承力核心的角色,安装工艺直接左右桥梁的整体性能及其使用周期。杭埠河特大桥坐落于环巢湖经济圈交通要津处,其斜拉索施工体量巨大且要求严苛,在其中钻探细化关键技术不仅是推动项目顺利开展的基础环节,更助力提升桥梁整体建造标准并稳固长期通行能力。

## 一、杭埠河特大桥斜拉索安装的重要性

杭埠河特大桥的落成会全面改写区域交通格局,缩短经济互动和资源流通的时空距离,若将斜拉索视作桥梁骨架的核心部件,其安装精度对桥体结构安全的重要性显而易见,高精操作既能提升桥梁设计年限内的承重与抗压能力,还能缓解恶劣环境条件带来的冲击,显著降低后期养护成本,确保通行稳定可靠,这一成果不仅仅是为区域经济发展注入新的活力,更从长远角度推动了社会民生的优化,进一步助力区域迈向整体繁荣。

## 二、斜拉索安装的核心技术要点

### (一)斜拉索牵引系统选择

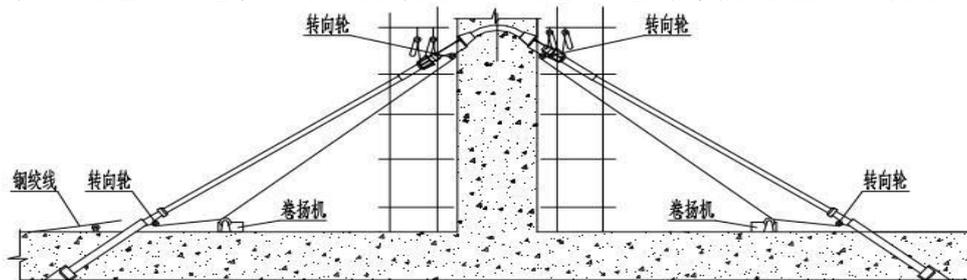
采用多台卷扬机与滑轮组配合搭建牵引系统,卷扬机提

供的拉力较为强劲,妥善布置滑轮组即可实现斜拉索在水平及垂直方向上的牵引作业,杭埠河特大桥施工中选用了JK5B型电控卷扬机,该设备额定拉力达50kN,借助4门滑轮组的搭配模式,能够符合最长斜拉索的牵引要求,这套系统的操作容易上手,成本开支也偏低,但在牵引过程中需要重视卷扬机同步性的调控,否则将造成斜拉索的偏移问题。

### (二)塔端安装工艺

桥塔施工过程中,索鞍的精准安装与斜拉索精度紧密相连。索鞍处每根分丝管角度、标高均不一样,施工中一点小小的偏差将影响全桥的受力以及成桥后的线形;而分丝管为弧形,(非常规形状),重心点很难把握,在索塔上高空吊装定位难度大,精度较难把控;因此,索鞍安装成为重点、难点,在施工中需要采用专门设计的劲性骨架进行索鞍辅助定位。劲性骨架的设计需紧密贴合各索鞍的设计尺寸、净距以及塔柱的截面形状,而且其设计标准需进行严格计算,确保其承重能力。

施工过程中使用高精度全站仪控制索鞍的三维坐标,确保其位置偏差符合设计及规范要求,实现其空间定位。考虑到桥塔混凝土浇筑可能造成索鞍位置发生轻微偏移,在浇筑过程中需进行多次复核测量,尽早发现问题并及时纠偏。



斜拉索牵引系统示意图

斜拉索塔端的索头借助塔吊或者专用吊具提升到索鞍管口,导向组件辅助其精准导入,安装时依靠千斤顶调节细微位置,让索头能准确对接索管内的锚固装置并固定,选用高精度扭矩扳手均匀拧紧锚固螺母,对紧固力进行严格把关,促使工程质量更贴合规范要求。

### (三)梁端安装工艺

主梁节段浇筑过程中将梁端索导管嵌入主梁混凝土内部。梁端索导管每根安装的角度、标高均不一样,施工中一点小小的偏差将影响全桥的受力以及成桥后的线形,因此,索导管安装需采用高精度全站仪进行精准定位,钢筋安装及混凝土浇筑过程中也需要对其进行多次校核,避免索导管位置出现偏差。

斜拉索牵引系统升至梁端索导管位置之后,通常会靠手拉葫芦进行微调,让索头精准插入梁端索导管,安装梁端锚固装置。为了增强斜拉索系统的耐久稳固性能,在索导管内添置了橡胶密封圈,阻挡外部雨水杂物侵入,防止索导管

内部出现腐蚀磨损等烦琐问题。

### (四)索力调整与控制

采用频率法测量斜拉索索力时,需在斜拉索上安置加速度传感器以获取振动数据,随后通过频谱分析软件提取自振频率数据,并依靠索力与自振频率间的关系公式算出索力,这种方法不仅精度可靠且操作简便,使应用过程更为高效精准。杭埠河特大桥的索力检测正是其大展身手的地方,该技术被广泛采纳且得到高度认可,尤其是在衡量测量准确度和便捷性方面表现突出,简化了索力测量环节的同时,也为结构安全监测夯实了信任度基底,逐步演变成行业中颇具代表性的一种选择。

根据索力测量结果,借助千斤顶对斜拉索索力予以调节。过程中需严格按照设计要求的步骤与调整量执行操作,先针对索力偏差较大的斜拉索进行初步校正,使其接近目标值,随后推进精细化调节环节,多次循环测量和修正过程,从而将各斜拉索索力误差收敛到允许范围内。

索力调整过程中要采取技术手段全程关注桥塔变形监测和主梁应力监测状况,充分结合数据解读能力,捕捉结构安全的关键指标信息,在动态调节中确保桥梁整体风险受控并始终处于最优工作状态,强化安全基准。

### 三、杭埠河特大桥斜拉索安装面临的技术难题

#### (一) 复杂环境干扰

杭埠河水流湍急,最大流速可达2m/s,且每逢汛期季节性洪水频发,给桥塔和斜拉索施工构成显著威胁,防护需要的人力与材料持续增加,施工复杂性以及安全风险也被推高,稍有疏忽便可能导致严重的后果。同时,由于气候变化多端,周围风力呈现强烈的不稳定性,夏季短时强风可能使风速陡增至10m/s,这直接干扰了斜拉索安装的精密度控制;而在恶劣天气方面,常见的暴雨、雷电、高温以及冬季低温天气平均每年造成至少30~50天的工作中断,也成为不可忽视的因素之一。

#### (二) 超高施工精度要求

斜拉索在桥塔和主梁上的安装精度要求极为苛刻,毫米级偏差都可能引发索力失衡,进而破坏桥梁结构内部的力学分配,最终形成影响整体稳定性和耐久性的隐患。在实际操作环境中,桥塔与主梁往往会因自体形变、温度波动及外加荷载如交通流动或风压变动等因素呈现出持续微调的状态,烈日高温下可能出现材料热胀导致轻微位移而强风则易造成不规则侧向摆动的情况,上述实时变动的现象明显增加了对斜拉索精准参数把控的难度,施工团队必须全面考虑多重变量的影响范围,并严格调节关键指标以确保桥梁设计的安全性能与质量标准。

#### (三) 安装设备与工艺难题

15.2 钢绞线即便以单根穿索形式安装,其重量仍在塔吊承重范围之内,但因其超长与极重特性仍显得格外突出,传统安装工具在运输和提升阶段遭遇阻碍,普通起重设备面对此类修长又沉重的索体显得捉襟见肘,吊运平稳性难以确保,精确对位更充满不确定因素,高功率、高灵敏度装备的研发因此愈加迫切,现有的工艺途径在现实环境中步入瓶颈,在强风、急流以及狭小操作空间等复杂条件下,精度要求被提到更高层面,旧有工序灵活性欠缺的问题逐渐显露头角,效率与精准度双双受限,此刻如何突破多样化场景中的这些制约成为急需探寻的重点课题,这也是一个必须正视的核心议题。

### 四、杭埠河特大桥斜拉索安装关键技术的优化策略研究

#### (一) 斜拉索运输与存放优化

斜拉索运输时采用专门设计的托架,根据其结构和尺寸将索体分段稳固支撑固定,借助精确计算与模拟分析让弯曲程度符合设计要求,避免内部钢丝因颠簸震动出现弯折或磨损,在源头保障机械性能无虞。运抵施工现场后快速搭建专用存索平台,选址充分考量地形、施工便利性以及周边环境等因素,平台上设置了牢固防雨棚,以防雨水直接侵蚀索体,加设防晒遮阳网抑制紫外线促使保护层老化,四周安装依据风向和风力合理规划的风力围挡,缓冲强风给索体带来的冲击。必须建立缜密的定期巡检养护体系,交由专业技术团队逐一排查索体防护状况,刮擦痕迹或破损隐患均需列入检查列表,缺陷暴露当即着手修缮,减轻环境侵袭引发的腐蚀损害,为斜拉索安装工作铺平前置道路,检查工具和方法也得适配实际状态。

#### (二) 安装设备精准选型与布置

杭埠河特大桥的斜拉索因长度差异和自重负荷较大,加之施工环境复杂多样,最终确定使用大功率卷扬机配合定制滑轮组完成牵引工作。在设备选定之前,依照斜拉索的实际参数对牵引力需求及提升速率等关键指标进行了精细测算,确保器械性能与项目所需严丝合缝。桥塔与主梁上的装备排布需体现科学依据,必要时可利用行业相关有限元分析软件,

模拟不同装配位置可能引发的整体变化特征,结合多轮数模拟仿真结果反复权衡优化布置方法,力求将桥梁本身的负面影响降至最低,并让施工进度尽可能贴合结构的安全性与稳定性要求。

#### (三) 安装工艺精细化执行

塔端安装阶段,施工团队务必使用高精度全站仪为索鞍进行高精度定位,全站仪结合三维坐标实时监测系统后可即时跟踪索鞍安装期间的空间位移状态,缩减其位置偏差,斜拉索穿设的条件得以完善。到了斜拉索安装流程,专用的导向装置发挥着主导作用,先利用导向装置引导索头与索鞍内部的分丝管入口对齐,再使用千斤顶微调索头的具体位置,实现毫米级精确度,确保斜拉索和分丝管准确对接并顺利穿过。

梁端安装工艺相当精细,主梁节段在浇筑过程中,需预先将索导管精准的嵌入主梁各节段混凝土内部,等到节段浇筑完成后,斜拉索索头位置的调整便依赖手拉葫芦、千斤顶等这类简单装备来实现,逐渐校准索头的方向与角度,使其和预先埋设的索导管顺利对接,两者的精准衔接达成后即可进行锚固,随后斜拉索就在梁端获得了一个稳固的支撑点。

#### (四) 全过程监测与控制施工环节

构建一套覆盖施工全过程的精细化监测管理体系,把高精度传感器精准布置在斜拉索要点、桥塔及主梁各节段关联部位,这些传感装置可实时捕捉斜拉索索力的细微变化、桥塔和主梁形变的精密数据,还会对环境温湿度与风速等外部要素进行不间断追踪采集,各类采集到的信息经由稳定高效的传输通道汇聚至专业分析平台,利用平台处理所有动态参数,将整个流程的动态纳入掌控范围。一旦某些关键的监控数值超越了预先设定的界限或者允许的误差范围,警报指令会立即被触发并生成,作业团队在接收到这些警报提示后,迅速地做出调整技术细节或者改进操作手法等反应措施,例如对张拉工序进行重新布置、适当地调整设备控制参数等,从而保障整个施工过程的顺利进行,保障最终工程质量。

### 五、结论

本文针对杭埠河特大桥斜拉索安装工程的特点及难点进行了分析,其成果为同类施工项目提供了可行的技术参照,其他桥梁在面对相似情境时能够以该研究为蓝本,在局部调整后形成适应性方案,并有效降低施工风险、提升效率和质量水平。智能化与高效化技术在桥梁建造领域的重要性持续上升,例如借助智能传感器与自动化设备可对斜拉索安装进行实时监测与精确调整,以此保证精度和施工安全程度,研发新型材料的斜拉索也能优化结构设计——实现减重和简易安装同时兼具更强的耐久性能;进一步地数字化手段如建模仿真技术可对施工全过程做出虚拟推演分析潜在隐患并对关键环节加以改良升级施工计划。这些途径都将作为桥梁技术创新的重要动力源流,从而推进工程模式迈向高质量发展阶段,且不断推动整体工艺完善升级。

#### [参考文献]

- [1] 贺燕平, 彭川疆, 程蔚菘. 大跨度斜拉桥拉索安装工艺[J]. 四川水力发电, 2024, 43 (05): 76-79.
- [2] 陈云锋, 李亮亮, 刘延钊, 等. 金沙江特大桥斜拉索安装核心技术探究[J]. 建筑机械, 2024, (09): 50-54.
- [3] 曹志伟. 矮塔斜拉桥斜拉索安装施工关键技术[J]. 建筑机械化, 2024, 45 (04): 48-51.
- [4] 田鹏. 多跨矮塔混凝土斜拉桥斜拉索安装工艺分析[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46 (05): 100-103.
- [5] 刘芳. 桥梁工程斜拉索施工技术要点分析[J]. 四川建材, 2023, 49 (04): 196-198.
- [6] 谢日红. 平塘特大桥主塔斜拉索安装技术探讨[J]. 科学技术创新, 2023, (07): 188-191.