

# 三维体系斜拉索桥张拉施工技术应用

陈玉杰

南通利元市政工程有限公司 江苏南通 226001

**摘要:** 三维体系斜拉索桥是斜拉索桥中一个种类, 具有体系完整、立体的特征。张拉施工是此类桥梁施工中的关键技术工序, 做好张拉施工技术应用有助于提升斜拉索桥的整体施工效果。本文围绕张拉施工的技术原理、分类、应用和质量控制要点进行分析和探讨, 目的在于提升张拉施工的整体质量。

**关键词:** 斜拉索桥; 张拉施工; 索力; 索长

## Application of tensioning construction technology of three-dimensional system cable-stayed bridge

Yujie Chen

Nantong Liyuan Municipal Engineering Co., LTD. Nantong 226001

**Abstract:** Three-dimensional system cable-stayed bridge is a kind of cable-stayed bridge, which has the characteristics of complete system and three-dimensional. Tensioning construction is the key technical process in the construction of this kind of bridge, and the application of tensioning construction technology is helpful to improve the overall construction effect of the cable-stayed bridge. This paper analyzes and discusses the technical principle, classification, application and quality control points of tensioning construction, aiming at improving the overall quality of tensioning construction.

**Keywords:** Cable-stayed bridge; Tension construction; Cable force; Cable length

### 1 张拉施工技术和技术应用分析

#### 1.1 张拉施工技术原理

三维体系斜拉索桥由斜拉索和平行索组成, 其中斜拉索桥的索塔挂索数量较多, 且需要对挂索进行分级张拉, 索塔需要有一定的柔性系数才能够满足三维体系斜拉索桥的张拉施工需求。在三维体系的斜拉索桥中, 斜拉索有五级张拉梯度, 分别是20~100%, 梯度是20%; 平行索有四级张拉梯度, 分别是设计值的40~100%, 梯度为20%。张拉过程中, 三维体系斜拉索桥的挂索张拉需要时刻进行位移监测, 实时监测索塔的张拉力度, 协调张拉力度和索塔位移。斜拉索桥的张拉过程和结果需保证对称性, 索塔受力需要对称, 桥身受力需要对称, 索塔和桥身的位移同样需要对称, 这就需要张拉施工技术的拉力控制做到精确。

#### 1.2 张拉施工技术分类

目前, 张拉施工技术在建筑领域内有一定的发展, 出现了不同种类的技术:

#### 1.2.1 千斤顶张拉施工

①张拉施工过程。利用千斤顶进行张拉施工, 是比较常规的张拉施工方式。即通过油压千斤顶对拉索进行加压施力, 使拉索达到设计的张拉力值, 通过索力验证后进行固定。如此可使拉索中蕴含预期的张拉力, 对斜拉索桥的桥身施加一定的拉力, 与其他拉索的拉力共同作用、达到平衡状态, 使斜拉索桥除了自身重力外不受其他力, 提高斜拉索桥的稳定性。千斤顶进行张拉施工, 通常有一次张拉、调索、二次张拉、最终索力调整的过程, 并非一步到位, 对千斤顶张拉施工操作的准确性有很高的要求。第一次张拉时, 千斤顶每次加压施力的力度需控制在预期施加力的20%, 并以阶梯状递进, 保证同时进行张拉的千斤顶设备保持同步, 保证套筒的旋紧过程保持同步, 避免出现张拉施力不统一影响张拉施工过程安全的情况。第一次张拉过程中, 技术人员需控制好张拉力, 不可出现张拉力超出预设索力的情况。当千斤顶对拉索的张拉达到预设值时, 需先旋紧调节套筒下降油表, 然后再回松套筒使油表读数

回升，再一次旋紧套筒使油表读数又一次下降，结束张拉。这是张拉施工的调索环节。如果调索过程中发现油表的读数没能达到预设的张拉值，则需进行二次张拉，然后重复一次调索过程，确定拉索的张拉值符合预设后，方能停止张拉。

②张拉施工注意事项。在整个利用油压千斤顶进行张拉的施工作业过程中，第一，需进行空载状态下的模拟张拉，确定张拉设备可以有效运行。第二，张拉过程必须平稳、缓慢进行，张拉速度不可过快。第三，张拉力严禁超载。第四，油压千斤顶应选用0.4级小分度表，提高张拉力控制精度。

### 1.2.2 无应力张拉施工

①无应力张拉原理。无应力张拉是一种直接将斜拉索调整成成桥状态，无需根据桥梁施工中的荷载变化进行调索的张拉施工技术。无应力张拉施工中包含以下两个特点，结构内力与位移呈现唯一性，确定索力情况下有且只有一个特定的索长。根据无应力张拉施工的特点，技术人员需先根据成桥状态计算出索力和索长，然后在最后一次张拉中使索长到位，从而有效控制成桥过程中荷载变化导致的斜拉索桥结构应力变化，合理控制成桥目标与成桥实际状态之间的误差。

②无应力张拉过程。与常规张拉施工相比，无应力张拉过程主要控制的是拉索的伸长量和索长。张拉前，技术人员需要对成桥主梁、钢拱等结构的位移、标高进行测量和监控。张拉过程中，技术人员需用量尺确定拉索锚头的伸长量，制止伸长量达到计算数值方可关闭油压千斤顶的油泵，并记录压力表的参数；同时监控成桥的监测参数，一旦发现实施参数超过预警范围，需停止张拉分析出现参数剧烈变化的原因，解决问题后才能继续施工。张拉后的桥梁桥面施工中，技术人员需对斜拉索进行一次索力测量，将设计的成桥索力与实际的索力汇总分析偏差、制作偏差散点图，保证索力满足成桥设计要求。如果索力测量中发现索力偏差过大，还需要进行校准。

③无应力张拉特点。无应力张拉相较于常规张拉的施工目标更加明确，技术人员计算时就确定了拉索的最终长度增量和索力增量；施工过程更加简便，张拉施工工序少于常规张拉施工；无应力张拉更适合长索，短索的敏感性明显不如长索。

### 1.2.3 智能化张拉施工

①智能张拉原理。智能张拉施工主要依赖智能张拉系统实施，系统包含主机、油泵、千斤顶、智能芯片、传感器、仪表、中央信息处理元件等部分，可以通过设计来自自动控制张拉过程，控制张拉力或张拉长度。

②智能张拉流程。智能张拉系统的操作流程与前两种张拉施工都不同，技术人员在应用智能张拉系统时，需提前设计好张拉参数；张拉过程中拉索的情况会通过传感器、仪表实时传递到信息处理元件中，使智能张拉系统不断根据参数调整电机、油泵的工作参数，调整转速、张拉力，达到预期的张拉目标。

③智能张拉价值。智能张拉相较于前两种张拉施工，有施工效率高、施工工期短、施工成本低的重要价值，在某高速桥梁的施工中，最重的箱梁重量为90吨，共有152个不同长度、不同重量的箱梁需要斜拉索固定。

## 2 三维体系斜拉索桥张拉施工技术应用要点

### 2.1 准备工作要点

斜拉索桥张拉施工前的准备工作，是影响张拉施工质量和有效性的关键。

#### 2.1.1 钢绞线切割

技术人员应用砂轮机，按照施工规定的孔长和装置长度，计算并切割钢绞线，完成后及时进行切割端头的处理，避免端头松散。

#### 2.1.2 检查桥梁构件

张拉施工中，对预应力钢筋孔的位置、尺寸都有较为严格的要求。①内部弯曲；②一端预埋钢板与孔轴垂直，避免接头部分漏浆、灌浆；③孔位置需符合设计要求，发现问题及时纠正。

#### 2.1.3 钢绞线穿束

第一步中处理完成的钢绞线需尽快穿过桥梁预应力钢筋孔，并确保两端露出的钢绞线长度相等，为后续的张拉施工奠定基础。

#### 2.1.4 确定张拉数据

进行张拉施工前，技术人员需前测试张拉设备的基础数据是否符合需求，确定钢绞线的强度、松弛度符合施工设计要求，确定锚具质量、规格、种类符合工程所需。

### 2.2 设备安装要点

张拉施工所需的锚具、张拉设备需在张拉施工开启前到位，位置、规格均符合张拉施工要求。根据张拉施工

要求,技术人员需先设置好张拉设备所在位置,若选用常规张拉施工技术,则需先确定油压千斤顶、工作锚具的位置并固定,安装好夹片和钢绞线,使夹片牢牢固定钢绞线;若选用智能张拉系统则需先设置好作业平台,设计智能系统的参数。张拉施工开始前,技术人员需再次确定锚具是否与垫板紧密贴合,钢绞线是否夹牢固,千斤顶轴线是否在预期位置,锚具垫板孔轴是否共线,为张拉施工奠定基础。

### 2.3 锚固压浆封锚

张拉施工到达预期设计的张拉力或张拉长度后,技术人员需先控制荷载、保持张拉3~5分钟,然后收油退顶将油缸的压力释放。锚固是张拉施工后期的重要一步,技术人员需在锚具内锚固钢绞线,将斜拉索的张拉达到的位置固定,尽量使张拉力或张拉长度不在这一环节出现变化。压浆是张拉施工后期的第二重要步骤,需缓慢、均匀应用压浆泵,将压力最大范围控制在0.5~0.7MPa范围内。压浆泵压力达到最大值后续保持压力,先关闭出浆口保持压力平稳且不低于0.5MPa,然后保持2分钟;压浆过程完毕后,技术人员需保持施工环境及混凝土温度不超出5~35℃范畴,若混凝土温度低于5℃则需要动用保温措施,如果环境温度高于35℃则需动用降温措施或在气温相对较低的夜间进行压浆。压浆作业区域的浆料填充充实是压浆作业质量的判断依据,技术人员需通过检查孔确定压浆作业质量,确定压实程度达标后进行清洁和凿毛,并密封锚孔,完成最后的封锚作业。

### 2.4 质量控制要点

#### 2.4.1 控制施工材料质量

控制施工材料的质量是控制张拉施工质量的重要一环。拉索质量、钢绞线质量都是影响到张拉施工质量的重要因素。施工现场管理和质检应把好材料的入场关,确定原材料具备出厂合格全套证件且抽检符合施工设计要求。若用了质量不合格的拉索,张拉后拉索无法承受应力的可能性会上升,影响桥梁工程的施工质量、安全和成本。压浆所用的水泥浆所需水灰比固定,需根据桥梁的混凝土设计强度进行具体调整,入场的水泥、骨料、掺加剂需满足施工要求。

#### 2.4.2 严格施工检测流程

在张拉施工前后,技术人员需遵循严格的施工检测流程,有权威、专业的检测部门或机构出具对钢绞线、锚具的检测报告,确定钢绞线的质量、尺寸、强度、伸长量、弹性模量符合施工设计要求,确定锚具的质量、强度合规。若抽检发现不合格的参数,张拉施工无法进行。张拉施工后,技术人员需进行拉索的索力测定,并记录拉索的伸长量,确定张拉过程中拉索的伸长量过大或过小的原因,及时调整缩小张拉误差。桥梁施工后还需进行一次索力校验,确定拉索索力满足桥梁的施工设计要求。

#### 2.4.3 完善施工质量制度

完善制度、强化管理人员责任意识、划分责任范围,是保证和提升张拉施工质量的关键。在明确且完善的施工质量制度支持下,监理人员、管理人员以及质检等技术人员需严格遵守制度要求,对核心工序进行全过程监督,及时发现、及时调节施工质量问题,避免施工质量问题造成更大的负面影响。比如在张拉施工前,制度规定每一根拉索都需确定明确的编号,并在施工设计中规定张拉的顺序,以便于技术人员按顺序、分级进行张拉施工作业,保证张拉施工质量的同时便于施工监督和检查。

### 3 结束语

综上所述,张拉施工是斜拉索桥施工中重要的施工环节之一,决定了斜拉索桥整体的应力结构均衡,决定了桥面在重力之外是否还有其他力量存在。本文围绕张拉施工的技术原理、分类、应用和质量控制要点进行分析和探讨,目的在于提升张拉施工的整体质量。

#### 参考文献:

- [1]包尧恩.桥梁施工中扁锚整体张拉施工技术应用研究[J].交通世界,2023(12):145-147.
- [2]边广生,尚彦宾.预应力张弦桁架滑移及拉索张拉施工技术研究[J].建筑技术,2022,53(10):1405-1408.
- [3]覃振洲,彭亚雄.城市斜拉桥斜拉索无应力状态张拉技术[J].建筑技术开发,2022,49(19):109-110.
- [4]马寅生.预应力智能数控张拉施工技术分析[J].中国标准化,2018(24):78-79.