

# 探究预应力技术在城市桥梁工程中的实践应用

陈泉伊

中铁十四局集团有限公司市政工程分公司

**摘要:** 在城市桥梁工程中,为了充分发挥预应力技术的优势、提高桥梁质量和稳定性,文章以实际工程案例为研究对象,分析了在城市桥梁施工中预应力技术的实践应用,并针对城市桥梁预应力施工,分析了其中一些需要注意的事项,以便提高城市桥梁预应力施工的整体质量。

**关键词:** 道路桥梁; 预应力施工; 质量控制

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.10.060

## 一、引言

近年来,城市桥梁工程中越来越注重应用预应力施工技术,将其作为一种提高桥梁混凝土质量、防范常见病害的一种手段。在城市桥梁施工实践中,预应力施工技术的应用是否规范,从一定程度上决定了最终的施工效果以及桥梁的稳定性。因此,本文根据实际的工程案例,重点梳理了预应力施工技术的应用流程和质量控制要点,希望能为实际工程施工提供一定的理论参考。

## 二、工程概况

江山路与前湾港路立交桥工程的立交节点属于全苜蓿叶互通立交形式,江山路主线布设为双向六车道,并以高架桥形式上跨前湾港路,主线两侧设置集散车道。前湾港路采用地面道路形式,主线布设双向四车道,两侧各设置集散车道。右转交通均通过定向匝道转换,左转交通均采用环形匝道形式,匝道均布设为单向单车道。其中江山路工程范围南起K3+000,北至K3+980.72,南北全长约980.72m;前湾港路工程范围西起K5+815,东至K6+615,全长800m。该工程设计基准期和设计使用年限均为100年,结构安全等级为一级,江山路主线设计车速为80km/h,集散车道设计车速为40km/h,匝道设计车速为35~40km/h。

## 三、道路桥梁主要材料与力学性能

### (一) 上部结构

桥梁上部结构由预应力混凝土箱梁和普通钢筋混凝土箱梁两个部分组成。预应力混凝土箱梁,采用C50混凝土浇筑,采用Φ15.24低松弛钢绞线,松弛率<2.5%,C50混凝土与钢绞线参数见表1、表2<sup>[1]</sup>。

表1 C50混凝土参数

名称	Fck/Mpa	Fcd/Mpa	Ec/MPa
C50混凝土	32.4	24.4	3.45x10 <sup>4</sup>

表2 Φ15.24钢绞线参数

名称	Ep	f <sub>pk</sub>
Φ15.24钢绞线	1.95x10 <sup>5</sup> Mpa	1860MPa

### (二) 材料要求

道路桥梁预应力施工过程中,在配置混凝土时,要选择优质水泥与级配良好的优质骨料,注意控制混合料中拌和水与骨料的氯离子含量,粗骨料粒径最大不超过25mm。HRB400级钢筋必须符合《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB1499-1998)的规定<sup>[2]</sup>,要安排技术人员检查验收钢筋材料。本工程中对≥25mm的钢筋采用机械连接的方式,钢筋接头的等级为I级。钢板采用Q235B和Q345qD钢板,在焊接钢板时必须满足可焊性要求。预应力钢绞线必须符合《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T5224-2003)的技术标准,后张预应力钢束采用塑料波纹管。

## 四、道路桥梁预应力施工技术应用流程

### (一) 制作预应力筋和波纹管

本工程采用预埋波纹管法设置孔道。施工前要先结合施工图纸制作预应力筋和波纹管,在各类材料进场后要进行严格检查,避免变形、破损的材料进场。本工程的塑料波纹管均为工程预制加工,波纹管尺寸需要结合施工图中各束预应力筋的数量来决定。预应力筋要结合施工图纸的内容,下料组装后直接运输至施工现场,每根预应力筋张拉端预留不低于50cm的张拉长度,避免影响后期下料,下料长度计算公式为:

$$L=L_1+L_2 \quad (1)$$

式(1)中,L为预应力筋下料长度;L<sub>1</sub>为梁内曲线长度;L<sub>2</sub>为张拉端工作长度。

### (二) 设置孔道

在设置孔道时,确定好每束预应力筋的数量,在此基础上确定孔道的尺寸。本工程的纵向与横向预应力筋都采用预埋塑料波纹管的方式成孔,主桥横向张拉端锚

具采用3孔扁形夹片磨具，固定端锚具采用3孔扁形挤压锚具，横向预应力筋采用预埋塑料波纹管成功，波纹管直径为6.0×1.9cm，横向钢束均交错单端张拉。主桥和匝道桥梁横梁预应力筋采用Φ15.2低松弛钢绞线，张拉钢绞线时采用对称张拉的方式，张拉顺序为从中间向两端分批对称张拉。在留置孔道时，每间隔1.5m需要绑扎立筋，设置预应力筋时用胶带密封各个接头，注意规范施工操作，避免在铺设时导致塑料波纹管避让，注意塑料波纹管不能采用气焊。铺设好波纹管后，要采用定位筋和U型定位环进行固定，检查立筋的绑扎是否牢固；曲线段定位筋的间距要控制在1.0m左右，避免在后期穿束、张拉和压浆时导致塑料波纹管跑偏。

### （三）穿束和张拉

本工程采用智能张拉控制技术，利用计算机控制完成钢绞线的张拉施工，首先运用先进的存储器对现场的数据实时存储，并利用通讯接口将数据传入信息管理系统，做到实时显示张拉数据、张拉力曲线及伸长量曲线，同时进行保存记录。

施工中设定张拉目标值，系统将自动控制张拉力值达到目标值进入持荷计时阶段，自动补压控制张拉力保持在目标值上下1%范围内，持荷完成后系统自动记录实际张拉力和油缸伸长值，千斤顶操作工人测量工具夹片外露量并记录，随后以此顺序进入张拉二阶段、三阶段，锚固结束后系统自动控制千斤顶回顶，卸除工具锚及千斤顶，准备进行下一组钢束张拉。

其次在设置张拉设备时，要尽量使张拉力作用线与孔道中心线末端切线重合，做好钢绞线穿束时的预应力张拉值的计算：

$$\Delta L = F_p \cdot L / A_p \cdot E_s \quad (2)$$

(2)中， $\Delta L$ 表示预应力筋实际伸长值； $F_p$ 表示预应力筋平均张拉力； $A_p$ 表示预应力筋截面积； $L$ 表示预应力筋长度； $E_s$ 表示预应力筋弹性模量。

本工程利用智能张拉系统可使千斤顶张拉完成后缓慢卸压，从而保证钢绞线的张拉力从工具锚更稳定的过渡到工作锚具上，尤其在卸压过程中通过缓释泄压技术避免了对工作夹片的冲击，防止出现滑束。

### （四）压浆

压浆前要先控制好混凝土浆液的配合比，保证浆液的质量。本工程配置混凝土浆液时选择的水泥，均为强度等级 $\geq 42.5$ 级的普通硅酸盐水泥，水泥质量都符合

《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175)的规定。粉煤灰、磨细矿粉等掺和料的选择，都必须符合《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041-2000)的规定。粗细骨料必须保持洁净、质地坚硬、粒径形状良好、级配合格。本工程选择的粗集料堆积密度不低于 $1450\text{kg}/\text{m}^3$ ，空隙率小于43%；粗细骨料要根据连续密实级配要求，确定粗细骨料的组成比例，细集料均为级配良好的中粗河沙<sup>[3]</sup>。本工程使用的外加剂都需要提前与所选水泥进行适量适应性检验和化学成本检验，通过不同减水剂产量和混凝土减水率曲线，确定好混合料的砂胶比、水胶比，确保混凝土浆液的力学性能符合相关要求。要根据混凝土配合比进行28d抗压强度试验，在不影响混凝土密实度的条件下适当减少水泥用量，在混凝土浆液达到要求后才能开始压浆。本工程的预应力混凝土孔道压浆材料均为C50水泥浆液，水灰比要控制在0.4以内，压浆时要检查绑扎钢筋和垫块的铁丝伸入保护层。本工程为提高预应力筋的耐久性，采用全长连续密封的高密度塑料波纹管作为孔道管，并采用真空压浆工艺辅助压浆施工，压浆要保证浆液密实度，水泥浆液强度不低于50MPa。在钢绞线张拉后，要及时切除多余的钢绞线，使用水泥浆液封锚，设置好密封罩，开始连接真空泵、压浆泵等设置，检查连接的牢固性。压浆前，要先将锚垫板清理干净，检查锚垫板的密封性，使用密封圈将锚垫板和密封罩的安装孔对齐，使用螺栓拧紧。在确定好水泥浆液的配合比和压浆参数后，要及时做抽真空试验，检查水泥浆封锚头和密封罩的密封性，控制好真空度。在压浆时施工人员要启动真空泵，排出导管内部的空气，观察压力表上的读数，在读数达到设计要求后关闭真空泵1min，如发现压力下降至一定标准说明孔道满足施工要求，反之则需要重新对孔道的密封性进行检查，在压浆前还要进行抽真空试验。

压浆时，施工人员要搅拌水泥浆液，在水泥浆液各项性能达到施工要求后及时启动压浆泵，在维持真空泵真空度的条件下利用压浆泵将浆液打出，在储浆桶和浆液浓度一致后关闭压浆泵，将其与孔道连接，并将两个压浆管的阀门打开。在压浆的时候，施工人员要密切观察出浆的情况，确保压浆的充盈度<sup>[4]</sup>。完成压浆后，施工人员要做好压浆管等设施的清洗，及时将压浆管回压。

### （五）割束和封锚

完成张拉后24小时,通过观察确认无滑丝断丝等情况,方能割束。本工程在割束时采用砂轮机设备,要求施工人员严格控制好割束的力度和长度,避免在割束的时候导致预应力筋被破坏。割束时,施工人员要按照设计要求控制好预留的预应力筋长度,对高强度的预应力筋,要保证其至少有3.5cm的预留长度。

在封锚前,要先对锚具进行检查、冲洗,将锚具和周边的凿毛清除,并结合施工图纸设置钢筋,随后浇筑封锚的混凝土。为保证道路桥梁结构的耐久性,可以在前期张拉预应力筋时,在张拉锚具部位做好封锚操作。封锚前要将混凝土结合面上的凿毛清除,对锚具还要做好防水工作,结合设计要求设置封端的钢筋网,在锚垫板上合理设置螺孔,使用特定的螺栓进行连接,将其与封端的钢筋绑扎连接,并开始安装模板,正式浇筑与梁体标号相同的混凝土浆液。

### 五、预应力智能张拉施工的注意事项及特点

#### (一) 控制好三个张拉阶段

道路桥梁预应力施工过程中,要根据设计文件、施工与验收规范进行施工。在预应力施工过程中,一阶段利用 $15\% \sigma_{con}$ 应力为使钢绞线从松弛状态达到受力状态,消除伸长值测量误差,并使同束各根钢绞线受力趋于一致,二阶段控制升压速度做到平稳升压,在张拉力接近 $30\% \sigma_{con}$ 时要减缓升压速度,直到到达 $30\% \sigma_{con}$ ,持荷,同时记录油缸伸长值,三阶段控制油泵继续张拉,并平衡同一束预应力钢绞线两端张拉力值及油缸伸长值,在张拉力接近 $103\% \sigma_{con}$ 时自动减缓升压速度,精确控制,直达到 $103\% \sigma_{con}$ 时静停持荷(5min),进行自动补压,控制张拉力保持在 $1\%$ 上下范围内。

#### (二) 把控精准数据保障机具和施工质量

在道路桥梁预应力智能张拉施工中,“人、机、料、法、环”是需要重点把控的内容。智能张拉系统与传统张拉系统对比,具有及时测量,自动校准的同步控制等优势,在加载速度与持荷时间方面,预应力智能张拉能够做到按照预设的时间持荷,避免了传统的人为干扰所导致的偏差,同时通过缓慢卸载避免冲击所造成的夹片损坏,减少了回缩量,张拉过程规范,预应力损失相对减少,从而大大避免了因操作不当导致材料浪费和机械损坏。另一方面通过智能系统的控制,也使得操作人员远离非安全生产区域,保障了现场安全生产和人身

健康,真正做到了提升道路桥梁预应力施工质量和安全的作用。

#### (三) 便于自检和监管工作

通过预应力智能张拉系统的应用,在施工中做到了数据的自动保存记录,能够在数据上真实的再现整个张拉施工过程,便于质量监控和管理,通过质量追溯,提高管理水平、质量水平,实现质量监控,道路桥梁预应力施工过程中,要做好自我检查和自我监管工作,从内部控制角度出发严格把控道路桥梁预应力施工的质量。

#### 结束语

综上所述,在城市桥梁施工过程中,预应力智能张拉施工技术占据着重要地位,它能消除部分传统预应力施工可能给道路桥梁带来的不良影响,提高道路桥梁在使用时的安全性。预应力智能张拉施工技术的应用,需要从事前、事中和事后各个环节进行控制,严格按照设计文件和施工图纸的要求,有序做好各项准备工作,并按照相关规范进行规范性施工,避免施工顺序混乱或者施工细节把控不当影响最终的施工效果。本文认为预应力智能张拉施工过程中,要控制好各道工序,重点控制张拉工艺、现场施工数据等性能参数,只有这样才能提高道路桥梁预应力施工的质量。

#### 参考文献

- [1]张继.预应力施工技术在道路桥梁施工技术中的实践研究[J].建材发展导向,2023,21(20):108-110.
  - [2]袁海龙.预应力施工技术在道路桥梁工程中的应用[J].运输经理世界,2021,(36):137-139.
  - [3]廖泽虎.预应力施工技术在道路桥梁施工中的应用[J].智能城市,2021,7(08):161-162.
  - [4]王先峰,魏香丽.预应力施工技术在道路桥梁施工技术中的应用研究[J].中华建设,2021,(02):144-145.
  - [5]米生波.预应力施工技术在道路桥梁施工技术中的应用研究[J].运输经理世界,2020,(17):70-71.
  - [6]楼湘平.预应力施工技术在道路桥梁施工技术中的应用[J].黑龙江交通科技,2020,43(09):167-168.
- 作者简介:陈泉伊,毕业学校:佳木斯大学,专业:土木工程,职称:工程师,现任职务:项目计划部长,研究方向:工程技术管理。