

# 预应力施工技术在道路桥梁施工技术中的应用

褚洪涛 褚亚朋

山东黄河工程集团有限公司

**摘要：**使用预应力施工技术能改善桥梁构件的性能，提升构件的承载力，并改善桥梁结构的综合性能。本文分析了预应力技术的内涵和使用方法，结合道路桥梁工程的施工状况，分析预应力施工技术在桥梁工程施工中的应用方向，以及在不同类型道路桥梁工程施工中的应用方式，最后结合具体的道路桥梁工程，探讨该技术的应用方法，分析施工中的控制事项。帮助工程技术人员有效使用预应力技术开展施工工作，提升道路桥梁施工水平。

**关键词：**道路桥梁；预应力施工；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.10.052

道路桥梁是十分重要的交通基础设施，其质量、耐用性影响着桥梁的安全性和使用寿命，对人们的出行有着极大的影响。在工程施工中，道路桥梁的性能受到很多因素的影响，为了能够有效提升桥梁的结构强度、承载能力、跨越能力，很多桥梁工程中都使用了预应力技术，通过对桥梁的构件施加预应力，能够改善桥梁的构件的性能，提升桥梁结构的抗震性和稳定性。

## 一、预应力技术概述

### （一）预应力技术和预应力构件

预应力技术是一种工程建设中的常用技术，会对构件施加预应力，让构件可以更有效地抵御外部作用，让构件获得更高的稳定性和更长的使用寿命。预应力的的大小会根据工程结构设计、构件所处位置受力状况计算出来，有效利用预应力能够在正常荷载作用下保持内部力的平衡性。使用预应力技术能让工程结构的安全性更强、结构性能明显提升，结构在外部作用下的形变幅度，降低结构的裂缝问题。通过使用该技术，也可以改善构件的疲劳性能，让构件具备更强的抗腐蚀性，极大程度延长构件的寿命。

### （二）预应力原理和使用方法

#### 1. 材料制备

预应力技术主要应用于混凝土构件，能改善构件的力学特性，使其强度和耐久性满足使用要求。一般以钢筋作为对构件施加预应力的主要材料，根据不同构件的需求，可以选择钢丝或者钢束，利用预应力钢筋较强的弹性模量，能够给构件提供较强的预应力。

#### 2. 预应力施加

施加预应力包括预张拉和预应力两种方法。预张会在完成混凝土构件之间就张拉预应力钢筋，之后浇筑混凝土，使混凝土包裹预应力钢筋，并在混凝土成型之后将张拉的钢筋释放，让预应力钢筋对混凝土施加压力。预应力则是在混凝土浇筑后，构件专门预留位置设置预应力套筒，利用锚固装置将钢筋设置在预应力套筒中，通过将预应力钢筋拉紧，让钢筋向构件施加压力。

#### 3. 内部力平衡

施加预应力之后，会导致构件的内部产生压应力，压应力和混凝土抗压强度相互抵消，最终能够使构件可以达到正常使用情况下，预应力和荷载保持平衡。合理的预应力技术可以有效抵御包括构件自重等因素造成的张力，可以提升混凝土构件的应用性，保证混凝土构件的稳定性。

## 二、预应力技术在道路桥梁工程中的应用表现

### （一）加固施工

道路桥梁工程的加固施工是工程建设的重要环节，可以让工程的结构得到进一步强化，提升结构的耐久度，保证工程的施工质量，确保工程投入使用后的安全性。加固施工的过程中，需要施工人员开展对构件、工程结构的优化和强化，达到对结构进行加固的目的。使用预应力技术进行加固施工时，需要首先在构件上施加一定的压力，让构件内部的受压区产生一定的拉应力，能够让构件更有效地抵御外部作用。针对补强层、路面层的施工中，也可以施加外部预应力对结构进行强化。

### （二）梁段预制施工

梁是路桥工程的重要结构，使用预应力技术可以改善梁段的性能，有效提升梁段的质量。对梁段开展预制施工时，对预制构件内部施加一定的初始应力已经成为比较常用的手段。施加预应力时，应充分考虑梁段所具有的几何特征，包括梁段的截面形状、几何尺寸，确定力在梁段构件内部的传导方式，指导后续的预应力计算。一般对预应力大小的计算采用以下公式进行计算：

$$F_p = A_p + f_p$$

其中 $A_p$ 是构件的截面积， $f_p$ 是构件的工作应力。根据需要，计算中也要考虑其他不同方面的参数，分析构件的弹性、进行极限状态的计算，从而确定梁段需要施

加的最合理预应力大小。

### （三）混凝土构件施工

目前桥梁工程中大量使用了混凝土构件，通过使用预应力技术可以优化混凝土构件的性能，让构件在结构中拥有更好的表现。在对混凝土构件使用预应力技术时，应重视对混凝土构件质量的控制，而且要掌握混凝土构件的大小。施加原始应力时，应合理控制应力大小，并在原始压力保持不变之后施加其他操作，从而将混凝土构件中的其他应力抵消，充分发挥预应力技术的作用，提升混凝土构件的弹性和强度，缩小外力作用下混凝土构件的变形程度。

## 三、预应力技术在不同类型桥梁施工中的应用方法

### （一）斜拉桥

在斜拉桥中，会使用斜向张拉的预应力钢索稳定桥梁结构，让桥梁的上下部分保持平衡。桥梁的主梁会利用预应力钢索和桥墩、桥塔相连，通过调整预应力钢索的张力，能够让桥梁的主梁获得更高的刚度和承载能力。施工单位应该根据桥梁的结构设计计算张力大小，以及优化钢索的布置方式。通过确保钢索位置和数量的合理，让预应力可以满足载荷需要和结构特点要求，让桥梁可以具备足够的稳定性和平衡性。施工过程中，一般采用锚固装置将预应力钢索和主梁固定到一起，实现对预应力的传递。通过对锚固装置的合理设计，以及严格进行施工过程的控制，能最大限度地发挥钢索的性能，提升钢索的可靠性和安全性，斜拉桥受到外部影响产生变形和振动时，斜拉钢索结构也能保证对桥梁安全性和舒适性的控制。

### （二）悬索桥

悬索桥是一种利用在主塔上悬挂主缆实现桥梁支撑的结构，其中主缆经过了预应力张拉处理，具备更加稳定的张力，主缆的稳定性和刚度较高，从而让悬索桥可以承载更高的荷载，并且能够克服振动变形的影响。预应力钢索和主塔使用锚固装置实现固定连接，达到传递引力的效果，从而保证主缆的稳定性，为了充分发挥钢索的作用，要合理进行锚固装置的设计，以及优化施工控制方式。根据需要可以对预应力进行调整，实现对索面形状的控制，保证桥梁在水平和垂直方向的平衡性，提升索桥的稳定性和舒适性。

### （三）连续梁桥

连续梁桥是一个由多个连续梁构成的桥梁结构，使用预应力技术能够让桥梁的刚度更强，而且可以简化施工过程，提升施工效率，控制桥梁的变形和沉降。通过使用预应力钢筋材料，能够保证桥梁荷载的平衡性，对

连续支座使用预应力技术时，通过对支座施加压应力，能够让支座的刚度和承载力更强。施工时，一般采用分段施工的方法，通过在每个节段都使用预应力技术，实现对每个节段稳定性的控制。

## 四、预应力施工技术在道路桥梁工程施工中的应用方法

### （一）工程概述

某高速公路工程全长17.1km，为双向4车道工程，路基宽度为28m。工程中的桥梁采用T梁进行施工，施工方法为先张法预应力混凝土T梁施工技术。T梁的跨径为30m，高度为2m，预制梁最大吊装重量为中梁757kN，施工材料为C25混凝土。

### （二）系统配置

根据需要必须设置专门的张拉系统，目前主要使用智能张拉系统控制预应力张拉，系统包括控制主机、千斤顶、油泵，整个张拉过程由计算机软件自动完成控制，可以精准实现预应力控制，具备较高施工效率的同时，也能满足对施工质量的要求。借助传感器提供的信息，智能预应力张拉系统可以确定钢绞线的伸长量、张拉设备工作压力等数据，并根据设定好的程序进行数据的综合判断分析，并向泵站发送指令。泵站会在收到指令之后调整变频电机的工作频率，实现对张拉速度的控制。施工人员根据需求可以对智能张拉系统预设主程序，达到同时控制多个智能张拉设备的目的，统一进行多项张拉操作作业，让预应力构件的制作快速完成。

### （三）穿束施工

张拉施工之前，需要施工人员保证T梁的混凝土强度满足设计要求，混凝土的龄期控制在7天以上，并将混凝土内部的杂质去除干净，对锚的垫板位置进行检查，对钢绞线涂抹润滑剂，方便后期进行钢绞线的穿束施工。在穿束施工时，需要将钢绞线穿入波纹管，通过将钢绞线固定在直径小于波纹管内径的钢管上，向孔道内穿入钢绞线，然后从另一头将钢绞线拉出，完成所有穿束操作后，开始进行张拉施工的准备。

### （四）施工准备和张拉控制方法

开展预应力施工之前，施工人员需要了解具体操作流程、操作事项，明确本工程对预应力施工的控制标准，之后根据测试结构对张拉力进行调整，保证预应力被调整到合理的范围。在T梁的生产阶段，就需要进行两孔梁体管道摩擦阻力的测试工作，让技术人员可以了解预应力的损失，更精准地进行预应力的计算和控制。施工人员需要对构件拱度做好标记工作，在完成张拉操作之后再对梁体拱度的测量，将张拉前后的拱度变化

进行对比分析。张拉之前，还要对锚板的情况进行检查，清理锚板上的杂物，检查锚板是否和孔道垂直、油管接头是否拧紧等等，以及控制千斤顶周倩和锚板孔道轴线的一致性。

结合国家规定，要保证张拉从左施工严格遵守规范和顺序，常规操作流程为标记伸长值、测试和校核伸长值、回油自锁锚固，并进行总回缩量的测量。张拉操作中，施工人员应根据规范要求完成对锚具的安装施工，安装夹片并将钢绞线从中心穿出，之后才能开始张拉操作。要确保钢绞线的应力值满足有关标准要求，因此在夹片安装之后，必须进行安装质量的检测，以及标记安装的位置。张拉过程中，施工人员要使用两侧同步对称的分级张拉法，加应对应力值的控制，根据需要应保持荷载2min，最后进行张拉操作。在张拉操作结束后，需要钢绞线伸长量进行测量校核，检查实际伸长水平和理论是否一致。

**(五) 施工工艺控制**

施工时首先要进行设备安装和控制台设置，要确保智能压浆台车和压浆预应力管道的距离在5-50m标准范围，完成对管路的连接，保证循环模式设置（如图1为单孔外循环模式），T梁预制场使用的施工长度需要在30m以上。该工程预应力灌浆的水胶比为0.26-0.28，初始流动比为17s。制作浆液时，使用高速制浆设备，要将制浆设备的转速控制在1400r/min。技术人员还要开展必要的调试工作，包括调试软件参数、完成各种设备的连接，之后使用施工界面开展操作。压浆施工时，施工人员要对压浆梁号、管道的连接情况展开检查，启动梁孔挤水按钮和电磁阀，并在压浆的过程中进行流量和压力值的实时控制，压浆结束之后，施工人员要进行返浆管和进浆管的连接，以及进行清洗，直到清水流出。

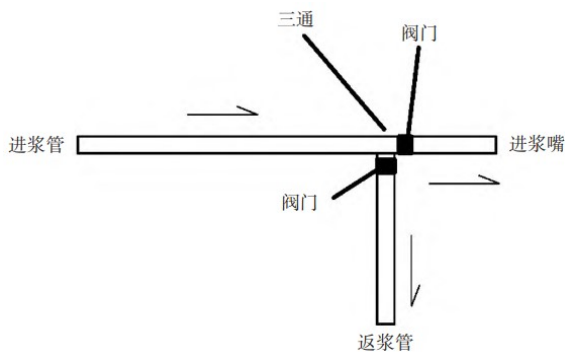


图1 单孔孔外循环模式

**(六) 施工注意事项**

1. 保证波纹管 and 预应力钢筋安装质量  
 波纹管 and 预应力钢筋的安装质量直接决定了预应力

的施加效果，为了充分发挥预应力技术的作用，需要施工人员严格根据有关要求开展施工作业，根据设计规范进行预应力筋的安装施工。安装之前，应检查预应力筋和波纹管的质量，处理其存在的卷边、折角、毛刺，对于性能不满足要求的预应力钢筋和波纹管不能应用在工程当中。安装波纹管时，应保证波纹管的精准定位，不能出现波纹管上浮、下沉，完成灌浆施工工作之后，要检查波纹管的状况，应避免波纹管变形、渗漏、堵塞等情况出现。

2. 确定钢绞线的数量和位置

钢绞线的数量和位置需要结合预应力施加的需求、预应力结构的设计确定，以及根据公路桥梁工程现场实际情况进行钢绞线的布置。施工中需要避免钢绞线出现相互缠绕的情况，要保证钢绞线保持平直状态；对于预应力张拉端的布置，应严格控制锚板和钢绞线的垂直关系。为了确保结构整体可靠性和稳定性，必须对承压板进行有效固定。

3. 控制张拉时间

预应力施工中，通过合理控制预应力张拉时间，可以充分发挥施工技术的作用，提升预应力的施加效果。根据需要可以在混凝土中加入早强剂，在张拉的过程中有效利用混凝土的早期强度，提升结构的稳定性。施工人员需要对混凝土的状况进行观察，在混凝土满足早期强度要求之后才能施加预应力筋。

结论：通过使用预应力技术开展道路桥梁施工，能够提升桥梁结构、构件的性能，道路桥梁更有效地承受重力和荷载，提升桥梁的稳定性和使用寿命。施工过程中，需要合理使用施工材料、合理使用张拉技术，强化对施工过程的控制，保证道路桥梁的质量控制效果。

**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] 吕倩. 预应力技术在道路桥梁施工中的有效应用分析[J]. 运输经理世界, 2023, (26): 86-88.  
 [3] 常生武. 预应力施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 四川建材, 2023, 49(09): 109-110+113.  
 [4] 李思杨. 预应力施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2023, (15): 70-72.  
 [5] 王义. 预应力施工技术在公路桥梁施工中的应用[J]. 交通世界, 2023, (08): 162-164.

作者简介：褚洪涛，男，1984年7月，汉，本科，工程师，研究方向：交通工程施工。