

# 建筑工程施工中预应力混凝土 施工技术应用分析

宋文龙

(中资建设(内蒙古)有限公司, 内蒙古 赤峰 024300)

**摘 要** 钢筋混凝土作为现代工程结构的核心承重材料, 其力学性能与耐久性直接决定了建筑结构的安全性与使用寿命。然而, 该材料存在抗拉强度低、易开裂、自重较大等固有缺陷, 需通过材料性能优化与施工工艺创新实现优势互补, 以提升结构整体性能。本文探讨了预应力混凝土施工技术在现代建筑工程中的应用机理、工艺要点及质量控制策略, 以期提升建筑结构耐久性与经济性提供有益参考。

**关键词** 建筑工程; 预应力混凝土; 先张法; 混凝土养护; 后张法

中图分类号: TU757

文献标志码: A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2026.08.017

## 0 引言

预应力混凝土是一种在混凝土构件承受使用荷载之前, 预先施加压应力的先进建筑材料与结构形式。其基本原理是利用高强度钢筋或钢绞线作为预应力筋, 借助特定的机械手段对其进行张拉, 并将其锚固于混凝土构件中, 使混凝土在承受荷载之前就处于受压状态。预压应力能够全部或部分抵消外荷载所产生的拉应力, 从而延缓混凝土裂缝的出现与扩展, 充分发挥高强度混凝土抗压性能以及高强度钢材抗拉性能的优势。预应力混凝土结构与普通钢筋混凝土相比, 具有抗裂性能好、刚度大、耐久性好、截面尺寸小、自重轻、材料节约等显著优点。该技术已经被广泛地应用到大跨度桥梁、工业与民用建筑的屋盖、楼板、吊车梁、轨枕、压力管道、储液罐以及特种结构工程各个领域, 是现代土木工程领域不可缺少的重要技术<sup>[1]</sup>。

## 1 预应力混凝土工程施工难点

### 1.1 材料配制困难

预应力混凝土对原材料性能要求很高。混凝土本身应具有高强度、低收缩、低蠕变、高耐久性。一般设计强度等级不小于 C40, 采用低水胶比, 一般在 0.34~0.40。水泥强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥, 骨料级配良好、质地坚硬, 含泥量严格控制。另外, 需要掺加高效减水剂以保证工作性, 常常掺入优质矿物掺合料(粉煤灰、矿渣粉等)来改善混凝土微观结构, 降低水化热和长期收缩徐变。预应力筋应选用高强度、低松弛的钢绞线、钢丝或者精轧

螺纹钢筋, 其抗拉强度标准值要达到 1 860 兆帕。同时, 对锚具、夹具、连接器等硬度和静载锚固性能、疲劳性能等也有国家标准严格规定。材料配制的难题就是通过准确的配合比设计, 协调高强度、工作性、早强、低收缩之间的矛盾, 保证所有材料性能的匹配和稳定。

### 1.2 底板施工难以达到要求

首先, 预应力混凝土结构, 特别是大跨度、大体积的底板施工时, 质量控制比较困难。底板结构钢筋密集, 预应力波纹管定位安装空间狭小, 极易造成管道位置偏差、堵塞、破损。其次, 大体积混凝土浇筑时水化热造成内部温度急剧上升, 若温控措施不到位, 内外温差过大易产生温度收缩裂缝, 这些裂缝会贯穿预应力管道, 对预应力施加效果和结构耐久性造成严重影响。再者, 底板浇筑面积大, 需要保证混凝土浇筑的连续性、均匀性, 防止产生冷缝。最后, 平整度控制也是一大难点, 过大的表面不平整会影响后续施工以及预应力筋的精准定位。施工中要采取分层分段浇筑、埋设冷却水管、覆盖保温养护等综合措施, 对混凝土入模温度、内部温度进行实时监测, 技术要求高, 管理难度大。

### 1.3 预应力安装质量难以控制

预应力安装是关键工序, 预应力安装质量好坏直接决定预应力建立成功与否, 难点主要体现在以下几个方面: 预应力筋下料长度要精确计算, 要考虑张拉端工作长度、孔道曲线长度、张拉伸长值、锚具尺寸等因素, 下料误差控制严格。波纹管或者预埋管道的安装要保证位置准确、线形圆顺、固定牢固, 浇筑混凝土时不得发生移位、上浮或者压扁。竖向坐标偏差

作者简介: 宋文龙(1977-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑与市政工程。

一般控制在5毫米之内。锚垫板应垂直于预应力筋束,牢固地焊接在钢筋骨架上,保证张拉时受力中心与孔道中心线重合。预应力筋穿束过程复杂,特别是长束、多波曲线束,容易发生绞线、缠绕,摩擦阻力增大。这些都是隐蔽工程,混凝土浇筑完成后发现问题,修复非常困难,甚至会造成构件报废。

#### 1.4 预应力混凝土养护困难

预应力混凝土的养护要求比普通混凝土高,其特殊性在于养护不但影响混凝土强度的发展,而且直接影响收缩徐变性能,收缩徐变是造成预应力长期损失的主要因素。为了加快台座或模板的周转,常要求混凝土早期强度快速增长来达到放张或者张拉的条件,需要采用蒸汽养护或者加入早强剂。但是,若升温、降温速率控制不好,就容易造成混凝土微结构损伤,从而降低后期强度和耐久性。养护要保证足够的时间和湿度,减少塑形收缩和干燥收缩。大型工程或者高空作业时,全覆盖、不间断的湿养护很难实现。对于后张法有粘结预应力,孔道压浆前养护非常重要,混凝土强度未达到设计要求不能张拉,张拉后也应立即压浆封锚,否则预应力筋极易锈蚀。养护的困难是保证质量的同时还要平衡进度、成本、复杂现场条件的关系。

### 2 建筑工程作业中预应力混凝土先张法施工技术应用

#### 2.1 先张法中混凝土的浇筑

混凝土浇筑前必须对预应力筋的张拉力值、位置及固定情况做全面检查,并确认台座、模板、钢筋和预埋件等都符合设计要求。浇筑时应从台座一端开始向另一端顺序进行,不能碰撞预应力筋。振动器使用时不能碰触预应力筋,以防其位置移动或者受到损坏。对于叠层生产的构件,下层构件混凝土强度必须达到设计要求强度后才能浇筑上层混凝土。混凝土的坍落度不能太大,一般控制在80毫米到120毫米之间,以防出现离析和过大收缩。浇筑过程要连续进行,振捣密实,锚固区及钢筋密集处要形成良好的粘结锚固<sup>[2]</sup>。

#### 2.2 混凝土养护

先张法构件一般用蒸汽养护来加快速度增长,提高生产效率。养护制度要科学合理,升温阶段温度升高不能太快,一般不超过每小时20摄氏度,以免造成预应力筋和台座之间温差过大产生附加应力损失。恒温阶段最高温度不能超过60度,否则预应力筋的应力松弛损失就会增大。降温阶段要缓慢进行,防止构件开裂。自然养护时,在混凝土浇筑完成后要及时覆盖保湿,洒水养护时间不得少于14天。养护期间要监测混凝土试块强度,作为放松预应力筋的依据。

#### 2.3 预应力筋放松

放松预应力筋时,混凝土的立方体抗压强度应满足设计要求,当设计无要求时,不得低于设计混凝土强度等级值的80%。放松顺序应符合设计规定,设计未规定时,应分阶段、对称、交错地放松,防止构件在放松过程中产生翘曲或者开裂。常用的放松方法有千斤顶整体放张、砂箱放张、楔块放张和细钢丝用氧乙炔焰切割。放张过程要平稳缓慢,不能对混凝土造成冲击。放张后,应检查构件的起拱度、有无裂缝,按要求切割外露的预应力筋<sup>[3]</sup>。

### 3 建筑工程作业中预应力混凝土后张法施工技术应用

#### 3.1 后张法混凝土施工作业要点

后张法混凝土施工的关键是预留孔道的成型和保护。孔道成型可以采用预埋金属波纹管、塑料波纹管或抽芯管等方法。波纹管安装必须按设计坐标定位,用钢筋支架固定,间距不大于0.8米,曲线段应适当加密。管道连接要严密,防止漏浆。浇筑混凝土时,禁止用振动棒直接敲打波纹管,派专人检查管道位置、完好性,防止移位、破损而堵塞。混凝土要振捣密实,特别是锚垫板周围。构件或者结构浇筑完毕以后要及时清理孔道,为穿束做好准备。穿束可在浇筑前或浇筑后进行,长束穿束需用牵引设备。

#### 3.2 后张法混凝土控制要点

张拉控制是后张法的关键。张拉时混凝土强度应达到设计规定值,一般不低于设计强度等级值的75%。张拉设备要配套校验,张拉力和仪表读数关系曲线要准确。张拉程序应符合设计及规范要求,一般采用 $0 \rightarrow$ 初应力 $\rightarrow 1.05\sigma_{con}$ (持荷2分钟) $\rightarrow \sigma_{con}$ 锚固或 $0 \rightarrow 1.03\sigma_{con}$ 锚固。张拉顺序要遵循对称、均衡的原则,防止结构产生过大的次应力。张拉时应实测预应力筋的伸长值,与理论计算值比较,其偏差应在-60%到60%之间。张拉完毕后应尽快进行孔道灌浆。灌浆材料宜用专用灌浆料或水泥浆,水灰比不宜大于0.45,强度不应低于30兆帕。灌浆要缓慢、均匀、连续进行,排气要通畅,直到出口排出浓浆后封闭。灌浆后应做好锚具的封闭保护,防止锈蚀<sup>[4]</sup>。

### 4 工程作业中预应力技术应用

#### 4.1 在建筑工程加固施工中的应用

既有建筑结构加固改造工程中,由于预应力技术具有主动、高效的特点,所以它是首选的一种加固改造方案。当既有梁、板、框架等构件由于使用功能变更、荷载增加、材料老化或者设计标准提高而出现承载力不足、裂缝过宽或者挠度过大的时候,采用预应力加

固法可以产生立竿见影的效果。其主要原理是利用新增的体外或者体内预应力钢束,给原结构施加一个与外荷载效应相反的力,从而减小原结构关键截面的应力水平,提高其开裂荷载和极限承载力。常见的应用形式有体外预应力加固法、预应力拉杆撑杆加固体系。对于承载力不足的混凝土大梁,在梁底或者梁侧增加高强度钢丝束或者钢丝束组成的体外索,两端锚固在梁端的锚固块或者相邻的可靠构件上。张拉体外索之后,梁体获得了向上的等效荷载,部分抵消了自重和活荷载产生的弯矩。实践数据表明,采用合理的体外预应力加固方案,钢筋混凝土梁的抗弯承载力可以提高 30% 到 60%,同时能够明显减小原有的裂缝宽度和跨中挠度,效果比粘贴钢板或者碳纤维布的方法要好得多。框架结构加固时,也可在柱间增设交叉拉杆或者水平撑杆,采用预应力技术提高结构整体抗侧刚度和抗震性能。此方法的主要优点是施工时基本不中断建筑正常使用,加固效率高,材料利用充分,技术经济性好。

#### 4.2 在受弯构件中的应用

在新建建筑工程中,预应力技术在受弯构件中应用最广、最成熟,主要应用在楼盖体系上。传统的钢筋混凝土楼板和次梁在跨度增大时,为了满足变形和裂缝控制的要求,截面高度必须大幅度增加,从而造成结构自重增大并影响建筑净高。预应力技术的引入完全改变了这种状况。通过张拉楼板或者梁中的预应力筋,在承受使用荷载之前就预先承受压应力,可以完全或者大部分抵消荷载产生的拉应力,从而采用预应力技术来实现更小的构件截面高度和更大的跨高比。预应力混凝土平板结构的跨高比可以达到 40 ~ 45,普通混凝土平板只有 30 ~ 35。在公共建筑和工业厂房中广泛使用的预应力混凝土双 T 板、空心板,其标准跨度可达 12 米至 24 米或更大。预应力叠合板结合了预制和现浇的优点,预制底板在工厂张拉成型,现场安装后浇筑叠合层,共同受力,施工速度快、整体性好。从数据中可以看出,在正常使用极限状态下,预应力受弯构件的裂缝宽度一般可以控制在 0.1 毫米以内,远小于普通钢筋混凝土构件的限值,大大提高了构件的耐久性和使用性能。另外,预应力反拱效应可以计算出抵消部分长期荷载所引起的挠度,保证楼盖平整。采用抛物线型或者折线形布筋方式,预应力筋的矢高被充分利用,用最少的材料实现了弯矩图的最优平衡,达到了材料用量和结构性能的最佳组合。

#### 4.3 在混凝土框架中的应用

预应力混凝土框架结构适合用作大柱网公共建筑、工业厂房和仓储设施。它把预应力技术应用到框架主梁,有时也用到框架柱,从而创造出开阔无阻的灵活

空间。预应力混凝土框架中的关键构件为预应力框架梁,截面形式多为矩形、T 形、工字形等,跨度一般设计在 15 米到 30 米之间,甚至更大。预应力筋在框架梁中按弯矩包络图布置,一般为连续的多波曲线束。通长预应力筋从梁的一端张拉,穿过中间支座,锚固在另一端,在梁的全长范围内建立起有效的预压应力。可以同时平衡跨中正弯矩区、支座负弯矩区两处内力。张拉时预应力产生的等效荷载为向上力,直接抵消了恒载的一部分,使施工阶段及施工初期梁的挠度大大减小。经过计算分析和工程实践证明,预应力框架梁的截面高度比同等跨度的普通钢筋混凝土框架梁少 20% 至 30%,混凝土用量减少 15% 至 25%,钢材总用量也更经济。预应力混凝土框架节点的设计和施工为技术核心。节点区钢筋密集,预应力筋孔道、锚具、普通受力钢筋、箍筋的空间交错关系要妥善处理,保证节点核心区的抗剪强度和整体性。一般需要进行详细的节点三维放样,采用扁形锚具或者扩大节点区尺寸等方法。后张有粘结预应力技术在框架中应用较多,因为其具有较好的结构延性及恢复性能。预应力混凝土框架结构实现了大跨度和较好的经济指标的平衡,其良好的抗裂性、刚度也给建筑提供了长期使用性能,是解决现代建筑大空间需求的重要技术体系<sup>[5]</sup>。

## 5 结束语

预应力混凝土施工技术是现代建筑工程领域的重要技术,具有独特的优势,应用范围广,对提高工程质量、增强结构的安全性、耐久性起到了重要的作用。尽管在材料配制、底板施工、预应力安装、混凝土养护等各方面存在很多困难,但是通过科学合理的施工工艺和严格的质量控制措施,这些难点都可以被克服。从先张法、后张法到建筑工程加固、受弯构件、混凝土框架中广泛应用,预应力技术不断推动着建筑工程技术的发展。随着材料科学与施工技术的发展,预应力混凝土施工技术将会在更多的领域体现其应用价值,为建设更安全、经济、耐久的建筑工程提供技术支撑。

## 参考文献:

- [1] 迟名臣. 建筑工程施工中预应力混凝土施工技术的应用研究[J]. 住宅与房地产, 2024(09):179-181.
- [2] 李娟. 建筑工程施工中预应力混凝土施工技术应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(02):129-131.
- [3] 吴升宇. 建筑工程施工中预应力混凝土施工技术应用[J]. 佛山陶瓷, 2022, 32(08):138-140.
- [4] 陶小寺. 建筑工程施工中预应力混凝土施工技术应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2021(32):91.
- [5] 孙永佳. 建筑工程结构施工中预应力混凝土技术的应用与思考[J]. 信息化建设, 2021(08):155.