

建筑工程施工中预应力混凝土施工技术应用研究

秦妙琦

淮阴工学院 江苏 淮安 223001

摘要：本文详细阐述了预应力混凝土施工的关键技术，包括先张法与后张法的施工工艺流程、核心施工技术要点及特殊工况处理。同时，分析了预应力混凝土施工的质量控制与安全管理，提出了质量风险点、质量控制措施及安全风险防控策略。针对技术挑战，本文给出了优化混凝土浇筑与养护工艺、加强张拉过程安全监控等解决方案，为预应力混凝土施工技术的实际应用提供了有益参考。

关键词：混凝土施工；预应力；先张法；后张法

预应力混凝土施工技术作为现代建筑工程中的重要组成部分，因其具有高强度、高耐久性和良好的抗裂性能，被广泛应用于桥梁、高层建筑、大型公共设施等工程中。随着建筑技术的不断进步和工程需求的日益提高，预应力混凝土施工技术的要求也日益严格。但在实际施工过程中，仍存在诸多技术难题和质量风险，如预应力筋的定位与保护、混凝土浇筑与养护的质量控制、张拉过程中的安全与防护等。因此，深入研究预应力混凝土施工技术的应用，对于提高工程质量、保障施工安全具有重要意义。

一、预应力混凝土施工关键技术

（一）施工工艺流程

1. 先张法施工流程

先张法施工是预应力混凝土构件生产的一种基本方法，适用于如预应力混凝土梁、板等构件的制造。其流程包括台座准备、张拉、浇筑和放张等步骤。首先，需准备坚固稳定的台座，其尺寸需根据生产的构件来确定，以确保能够承受预应力筋的张拉力。接着，在台座上安装预应力筋并使用张拉设备进行张拉，严格控制张拉力以达到设计要求；完成张拉后，进行混凝土的浇筑，确保混凝土均匀密实，注意配合比和振捣方式。最后，待混凝土达到设计强度后，进行预应力筋的放张，此过程需逐渐释放张拉力，避免产生过大的冲击力和振动。

2. 后张法施工流程

后张法施工适用于现场浇筑的预应力混凝土结构，如桥梁、高层建筑等。其流程包括管道预埋、混凝土浇筑、张拉和灌浆封锚等步骤^[1]。在浇筑前根据设计要求预埋平整顺直的预应力筋管道。然后，进行混凝土的浇筑，注意振捣位置和力度，避免管道损坏，并严格控制配合比和浇筑速度。待混凝土达到设计强度后，进行预应力筋的张拉，严格控制张拉力、顺序

和速度。最后，进行孔道的灌浆和封锚，采用高强度材料并确保均匀密实，使用专用锚具和封锚材料保证紧密结合。

（二）核心施工技术要点

1. 预应力筋定位与固定技术

预应力筋的定位与固定是预应力混凝土施工中的关键步骤。在定位时，应根据设计要求确定预应力筋的位置和形状；在固定时，应使用专用夹具或支架将预应力筋固定在模板或钢筋骨架上。固定过程中，应确保预应力筋的位置准确、稳定，避免在浇筑混凝土时发生位移或变形。同时，应注意预应力筋的保护层厚度，避免预应力筋直接暴露在混凝土中受到腐蚀和损坏。

2. 拉控制技术

在张拉阶段，应采用应力控制和伸长量双控的方法。其中，应力控制是指通过张拉设备控制预应力筋的张拉力，使其达到设计要求的预应力值。伸长量控制是指通过测量预应力筋的伸长量来校核张拉力是否准确。在张拉过程中，应严格控制张拉力的大小和张拉速度，避免产生过大的应力和变形。同时，应定期检查和标定张拉设备，确保其准确性和可靠性。

3. 灌浆密实度保障措施

为了保障灌浆密实度，应采取以下措施：①应选择合适的灌浆材料和配合比；②在灌浆前应对孔道进行清洗和湿润；③在灌浆过程中应控制灌浆压力和灌浆速度；④在灌浆完成后应进行养护和检查。通过上述措施，可以确保灌浆材料均匀密实充满整个孔道，提高预应力混凝土结构的耐久性和承载能力。

（三）特殊工况处理

1. 大跨度结构施工

大跨度预应力混凝土结构施工难点主要包括以下三个方面：①由于跨度大、自重重，对模板支撑系统

的要求较高;②预应力筋布置复杂、张拉难度大,对张拉设备和张拉工艺的要求较高;③施工周期长、影响因素多,对施工组织和管理的要求较高。为了克服这些难点,应采取有效的施工措施和管理方法,如优化模板支撑系统、改进张拉设备和工艺、加强施工组织和管理等。

2. 曲线预应力筋布置技术

曲线预应力筋可以适应复杂的结构形状和受力状态,提高结构的承载能力和抗裂性能。在曲线预应力筋布置过程中,应注意以下四点:①根据设计要求确定曲线预应力筋的形状和位置;②使用专用支架或撑筋对曲线预应力筋进行定位和固定;③在浇筑混凝土时,应注意振捣器的位置和振捣力度,避免触及曲线预应力筋造成损坏;④在张拉过程中,应严格控制张拉力的大小和张拉速度,避免产生过大的应力和变形。

二、预应力混凝土施工质量控制与安全管理

(一) 质量风险点分析

1. 预应力钢筋锈蚀、断裂

预应力筋在施工阶段发生锈蚀,会减小预应力筋截面积,导致预应力效果达不到设计要求,且易产生断丝或预应力筋整根断裂。当锈蚀严重影响握裹力时,会降低结构的安全性。此外,张拉后未及时压浆也会引起锈蚀。

2. 预应力施工机具使用不规范

如张拉机具随意摆放、保养不到位或不及时,导致设备损坏且不能及时维修;张拉机具未按规定要求标定,张拉用油泵压力表指示不准,不能保证张拉力是否达到设计要求;张拉油顶与油表不配套;压浆用压力表损坏,无法控制压力;压浆管爆裂致使无法正常压浆等。

3. 预应力钢筋安装不规范

如先张法板梁钢绞线定位不准,实际预应力位置与设计不符;先张法板梁失效管端头未密封或发生破损,无法实现预应力失效功能,会导致预应力筋滑丝、断丝,梁体张拉后预拱度不符合要求以及出现后张法预应力管道堵管等问题^[2]。

4. 灌浆不饱满、封锚不密实

灌浆是对预应力筋的永久性保护措施,要求孔道内水泥浆饱满、密实。封锚也应密实,以防止预应力筋及锚具受腐蚀。如果灌浆不饱满或封锚不密实,将严重影响预应力混凝土结构的耐久性。

(二) 质量控制措施

1. 施工过程监测

①应力监测。在预应力筋张拉过程中,应严格控

制张拉力和张拉时间,并用应力测定仪器直接测定张拉锚固后预应力筋的应力值。对于后张法施工,可用见证张拉代替预应力值测定。见证张拉系指监理工程师或建设单位代表现场见证下的张拉。预应力筋张拉锚固后实际建立的预应力值与工程设计规定检验值的相对允许偏差应符合规范要求。

②灌浆质量检测。灌浆质量的检验应着重于现场观察检查,必要时也可凿孔或采用无损检测。灌浆应饱满密实,无气泡和空隙。封锚也应密实,防止水分和空气进入孔道内腐蚀预应力筋。

2. 验收标准与规范要求

预应力混凝土施工应严格遵循国家相关标准和规范要求,如《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224)、《预应力筋用锚具、夹具和连接器》(GB/T 14370)、《混凝土结构施工质量验收规范》(GB 50204)等。这些标准和规范对预应力筋的品种、级别、规格、数量、安装位置、张拉顺序、张拉力、灌浆材料、封锚质量等方面都有详细的规定^[3]。在施工过程中,应严格按照这些标准和规范进行操作和验收,确保预应力混凝土结构的质量和安全性。

具体来说,验收时应检查五个方面:①预应力筋的品种、级别、规格、数量是否符合设计要求;②预应力筋的安装位置是否准确,是否满足设计要求;③张拉顺序、张拉力是否符合设计及施工方案的要求;④灌浆材料是否满足强度和流动性的要求,灌浆是否饱满密实;⑤封锚是否密实,无裂缝和渗水现象。

(三) 安全风险防控

1. 张拉作业安全规范

为确保施工安全,在每次张拉作业之前,必须对张拉设备进行彻底检查,确保设备性能良好,无故障隐患。在作业过程中,操作人员必须严格遵守操作规程,严禁任何违章行为。张拉作业应配备稳固的操作平台,通常由两人协同作业,一人负责操作千斤顶,另一人则负责操作油泵并记录相关数据。尤为重要的是,严禁任何人站在千斤顶的轴线方向上,以防止预应力筋断裂或滑脱时发生意外伤害。对于先张法预应力构件,一旦发现预应力筋在浇筑混凝土前断裂或滑脱,必须立即更换,以保障构件的整体性能和安全性。

2. 锚具失效预防措施

为预防锚具失效,首先需根据设计要求及预应力筋的类型和使用条件,精心选择合适的锚固件。在张拉作业开始前,应对锚具进行全面细致的检查,在张拉过程中,严格控制张拉力和张拉时间,避免锚具因受力过大而失效。

三、预应力混凝土施工技术的挑战与解决方案

(一) 技术挑战

1. 预应力筋的精准定位与保护

在实际施工中, 由于施工现场环境的复杂性、施工人员的操作水平差异以及施工设备的精度限制, 预应力筋的定位往往难以达到理想状态。此外, 预应力筋在浇筑混凝土过程中容易受到损伤, 如被振捣器触碰、被混凝土挤压等, 从而影响其预应力效果和结构安全性。

2. 混凝土浇筑与养护的质量控制

由于混凝土材料的质量差异、浇筑过程中的温度控制不当、振捣不均匀以及养护条件不足等问题, 往往会导致混凝土出现裂缝、强度不足等质量问题。这些问题不仅会影响预应力混凝土结构的整体性能, 还会增加后期维修和加固的成本。

3. 张拉过程中的安全与防护

在张拉过程中, 由于预应力筋的张力较大, 如果操作不当或设备故障, 很容易引发安全事故。此外, 张拉过程中还需要对预应力筋进行精确的控制和监测, 以确保其达到设计要求的预应力值。但在实际施工中, 往往存在施工人员的安全意识不足、设备维护不当以及监测手段有限等问题, 增加了张拉过程中的安全风险。

(二) 解决方案

1. 采用先进的定位技术与保护措施

针对预应力筋的精准定位与保护问题, 可利用 BIM 技术和三维激光扫描技术等先进手段, 对预应力筋进行精确的定位和测量, 最大限度地减少人为误差, 从而确保预应力筋的位置完全符合设计要求, 保证工程质量^[4]。此外, 在预应力筋的安装过程中, 还需要采取一系列保护措施。例如, 使用波纹管、塑料套管等将预应力筋与混凝土隔离, 防止其在浇筑过程中受到损伤。同时, 在浇筑混凝土时, 施工人员应严格控制振捣器的位置和振捣力度, 避免触碰预应力筋, 确保其完好无损。

2. 优化混凝土浇筑与养护工艺

根据具体工程要求和材料性能, 科学合理地确定混凝土的配合比, 是确保混凝土具备足够强度和耐久性的关键。在此过程中, 必须严格把控原材料的质量关卡, 杜绝任何不合格材料的使用, 从源头上保障混凝土的质量。在浇筑过程中, 应密切关注浇筑温度和养护温度, 利用冷却水管、遮阳棚等手段有效调节温度,

防止混凝土因温差过大而产生裂缝。同时, 选用合适的振捣设备和工艺, 严格控制振捣时间和力度, 促使混凝土振捣均匀、密实, 避免出现振捣过度或不足的质量问题。在养护阶段, 应定期浇水保湿, 监测并调整养护条件, 确保混凝土在适宜的湿度和温度环境中充分硬化, 达到设计要求的养护效果。

3. 加强张拉过程中的安全监控与管理

针对张拉过程中的安全与防护问题, 应加强安全培训, 提升施工人员的安全意识和操作技能, 使他们熟练掌握张拉设备的正确使用方法及安全注意事项, 不断强化施工人员的安全知识, 使他们在面对复杂多变的张拉作业时, 能够从容应对, 有效减少操作失误。在张拉作业区域, 应设置醒目的安全警示标志和防护栏, 严格限制非作业人员进入。

此外, 张拉设备的安全性能必须符合相关标准, 定期进行维护和保养, 以防止设备故障引发安全事故。在张拉过程中, 还需实时监测预应力筋的张力、位移等关键参数, 使张拉作业符合设计要求。同时, 加强对张拉设备运行状态和作业环境的监控, 及时发现并处理潜在的安全隐患, 为张拉作业提供全方位的安全保障。制定详细的应急预案, 确保在安全事故发生时能够迅速响应, 有效控制事态发展, 减少损失。

四、结语

未来, 预应力混凝土施工技术将继续朝着更高效、更智能、更环保的方向发展。随着新材料、新工艺的不断涌现, 预应力混凝土的性能将得到进一步提升, 施工效率也将大幅提高。同时, 随着信息化技术的广泛应用, 预应力混凝土施工过程的监测与管理将更加精准、高效。此外, 针对当前存在的技术挑战, 如预应力筋的精准定位与保护、张拉过程的安全监控等, 未来还需加强技术研发和创新, 推动预应力混凝土施工技术不断迈向新的高度。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 王敏. 房屋建筑工程预应力混凝土施工关键技术研究[J]. 新疆有色金属, 2022, 45(4): 87-88.
- [3] 卞爱红. 预应力混凝土技术优势及其在工业与民用建筑施工中的应用[J]. 建筑技术开发, 2021, 48(20): 67-68.
- [4] 谢天喜. 后张预应力混凝土技术在房屋建筑施工中的应用[J]. 住宅产业, 2021,(6): 42-44.