

建筑工程中预应力混凝土技术的应用探索与趋势分析

文 / 解霄鹏 菏泽交通投资发展集团有限公司

摘要：在建筑工程领域，预应力混凝土技术作为一项历史悠久而又充满活力的施工技术，始终扮演着举足轻重的角色。自 20 世纪初预应力混凝土技术被引入以来，它便以其独特的优势——通过预先施加应力提高构件的承载能力、抗裂性能以及整体结构的稳定性和耐久性，赢得了广泛的认可和应用。从桥梁、隧道到高层建筑，预应力混凝土技术已成为现代建筑工程不可或缺的一部分。在此背景下，对预应力混凝土技术的应用进行深入的探索与分析，不仅有助于解决这些实际问题，还能为未来的技术创新和发展提供有力的支持。

关键词：建筑工程；预应力；混凝土技术；趋势

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.07.018

引言

近年来，随着科技的进步和新材料、新工艺的不断涌现，预应力混凝土技术的应用范围日益广泛，其性能也得到了显著的提升。高强度钢材、碳纤维增强塑料等新型预应力筋材的应用，使得结构的强度与韧性得到了前所未有的增强。同时，自密实混凝土、超高性能混凝土等新型混凝土材料的研发，也为预应力混凝土技术带来了新的发展机遇。这些新材料的应用不仅提高了施工效率，还显著改善了结构性能，使得预应力混凝土技术能够更好地适应复杂多变的环境和使用需求。

一、建筑预应力混凝土技术概述

（一）技术概念

预应力混凝土技术，作为现代建筑工程领域的一项重要创新，其核心理念在于通过人为施加预应力，显著提升建筑结构的整体性能。具体而言，施工人员利用预应力张拉手段，对建筑结构进行精确控制，使其进入预应力状态。这一过程中，张拉钢筋成为向主体结构施加预压应力的主要手段，旨在后续外力荷载作用下预应力能够抵消部分拉应力，从而有效弥补结构抗拉强度的不足延缓裂缝的产生，确保结构在长时间内保持稳固状态。预应力混凝土技术的运用不仅提高了建筑结构的承载能力，还显著优化了其耐久性和安全性是现代建筑工程不可或缺的关键技术手段^[1]。

（二）技术种类

在预应力混凝土技术的广阔领域中，先张法与后张法作为两大核心技术手段，各自展现出了独特的优势与适用场景。先张法这一经典的方法其核心在于施工人员需预先在张拉台座上固定并张拉预应力筋，随后进行混凝土的浇筑作业。待混凝土构件的强度达到既定标准后，通过混凝土与预应力筋之间的强大粘结力，有效阻止钢

束的回缩，并将回缩力传递至整个混凝土结构，从而赋予其预压应力。先张法以其工序简洁、锚具可重复使用的特点，在中小跨径受弯构件的制作中占据了一席之地。然而，其局限性在于预应力筋的预加力作用点无法根据荷载弯矩的变化而实时调整。相比之下，后张法则展现出了更为灵活与广泛的应用前景。该方法要求施工人员先支设模板并浇筑混凝土，同时在结构中预留孔道。待混凝土强度超过设计强度的 75% 后，再进行预应力筋的张拉作业，将混凝土构件本身作为支座，张拉至规定控制应力后使用锚具进行锚固，使构件获得预压应力。后张法的优势在于无需专用的张拉台座，且预制构件可在工程现场灵活制作，极大地提高了施工效率与灵活性。因此，后张法更适用于大跨径受弯构件的制作，成为建筑工程中预应力混凝土技术应用最为广泛的方法之一^[2]。

二、建筑工程中预应力混凝土技术的应用要点

（一）模板支设

在建筑工程预应力混凝土技术的实施过程中，模板支设环节无疑是一个至关重要的基础步骤，它直接关系到后续施工的顺利进行与结构质量的可靠性。模板支设始于测量人员依据设计图纸在工程现场进行的精确测量放样，通过标记预应力混凝土构件的具体位置，以及弹放平面控制线与高程控制线，为后续施工提供精准的定位基准。施工人员遵循严格的顺序，在指定位置依次支设底模板与侧模板，利用螺栓等配件将模板板材牢固地固定拼装，确保模板系统的整体稳定性。在模板缝隙的处理上，施工人员采用海绵胶体进行细致封堵，以防止混凝土浇筑时的漏浆现象。同时，模板内部需按规范绑扎钢筋，以形成稳定的钢筋骨架。在模板支设过程中，测量校正工作同样不可或缺，它涉及对模板平整度、顶部标高、垂直度和水平位置的全面检查，以确保模板尺

寸与位置的准确无误。待模板支设完毕后，施工人员还需对模板表面进行彻底的清理，去除附着物与积水，并对模板表面的破损部位进行修补，磨平毛刺，以减少浇筑时对混凝土的阻力与影响。此外，在侧模板的安装过程中，需遵循先安装一侧边模板的原则，并在模板上放出预应力筋曲线大样，依次安装等梁钢筋、波纹管等预埋件，待所有预埋件安装完毕且质量验收合格后，方可进行另一侧边模板的安装，从而确保预应力混凝土构件的精准成型与高质量完成^[3]。

（二）孔道预留

钢管抽芯法作为一种经典且有效的孔道预留手段，其操作过程需精细且严谨。施工人员需预先在模板的孔道位置精确埋设钢管，这一步骤要求钢管表面的清洁度极高，必须彻底清除灰尘、污渍及残留锈迹，以确保孔道的顺畅与混凝土的浇筑质量。钢管的固定则依赖于钢筋井字架，通过合理的布局与紧固，将钢管长度控制在1.5米以内，相邻井字架的间距亦需严格控制在1米以内，以保证孔道的直线度与稳定性。在混凝土临近终凝的关键时刻，施工人员需缓慢转动并拔出钢管，此过程中需严格控制转管与拔管的时机与节奏，前后次转管间隔时间建议为15分钟，且应遵循从上至下的顺序逐一抽除钢管，以形成光滑、连续的直线孔道。而胶管抽芯法在模板孔道位置预留的是外层包裹帆布夹层的橡胶管，同样使用钢筋井字架进行稳固固定。在混凝土浇筑前，施工人员需向管内充水加压，以适度扩大管径，为混凝土的顺利浇筑提供便利。待混凝土初凝后，防水降压使橡胶管恢复至原始管径，此时即可轻松从混凝土构件中抽出橡胶管，完成孔道的预留。孔道预留完毕后施工人员需重点核查孔道的直径、位置以及与构件边缘的净距离是否满足设计要求，通常要求孔道直径略大于预应力筋直径，且孔道与构件边缘的净距离不得低于25毫米。此外，为增强孔道的稳定性与耐久性，还需在垂直孔道中心线部位设置预埋钢板，以确保预应力混凝土构件的整体质量与长期稳定性^[4]。

（三）预应力筋制作

在预应力筋制作环节，施工质量控制的首要任务是全面细致地开展预检工作。工作人员需要严格核实预应力筋的编号信息，仔细检验其规格尺寸是否符合设计要求，深入评估材质性能指标与外观品质是否达到相关标准。施工团队应当采用专业清洁工具和方法，彻底清除

预应力筋表面的灰尘、油污等杂质，重点处理表面的锈蚀现象。若发现存在机械损伤或电接头等局部缺陷，必须立即实施修补处理，确保预应力筋的整体性能不受影响。在下料加工环节，需要根据具体的施工工艺要求和选用的锚具类型，科学计算并精确确定预应力钢筋的下料长度，选择合适的砂轮切割设备进行精准加工。随后的预应力筋编束过程中，应当使用规格为20号的优质铁丝进行绑扎，严格保证两端钢筋的排序一致性。在具体操作中，首先需要分别对内圈和外圈的预应力钢筋进行铁丝绑扎固定，继而将内圈钢筋穿入外圈并进行牢固绑扎，最后借助圆盘疏丝板对预应力筋进行整理排序，确保其排列整齐有序^[5]。

（四）混凝土浇筑

在混凝土浇筑施工阶段，施工团队需要开展全面的预检工作，重点检查预应力孔道的预留情况是否符合设计要求，仔细评估模板结构的整体稳固性，并核实锚具的种类和编号信息是否准确无误。只有在确认各项检查指标均符合要求后，方可开展混凝土浇筑作业。浇筑过程应当采用由一端向另一端延伸推进的施工方式，确保浇筑的连续性和均匀性。针对几何尺寸较大的混凝土构件，应当科学制定分层浇筑方案，合理控制每层浇筑厚度。在振捣过程中，操作人员需要严格把控振捣器的插入深度和倾斜角度，确保与模板、预应力锚具等预埋件之间保持安全的间隔距离，避免发生碰撞损坏。当混凝土即将进入初凝状态时，及时开展二次振捣和抹压作业，这一工序对于改善混凝土的内部结构、消除表面裂缝具有重要意义。在后续的养护阶段，应当严格执行保湿保温养护制度，密切监控混凝土的养护时间，待试块强度达到设计强度的75%以上时，方可进入下一道施工工序^[6]。

（五）预应力筋定位穿束

在预应力混凝土施工中，预应力筋的定位与穿束是两个至关重要的环节，它们直接关系到结构的预应力效果和整体性能。在预应力筋定位阶段，施工人员需依据设计图纸，在垫层上精确弹出结构边线与钢筋位置，随后按照既定的重叠顺序，将纵横钢筋与封闭箍筋精确放置到位。在此基础上，预应力筋被小心放置，并使用支架件或U形卡等专用工具进行稳固固定，以确保其位置准确无误。此时，施工人员还需细致检查预应力筋的位置精度、曲线形态以及反弯点的最低与最高位置，确保所有参数均满足设计要求。面对预留洞口等特殊部位，

施工人员需展现出高度的专业性与灵活性。在离洞口边缘约 3 厘米处, 预应力筋需进行特殊穿束布置, 必要时还需适当调整普通钢筋的位置, 以避免预应力筋与非预应力筋之间发生不必要的碰撞, 从而确保预应力筋的顺畅布置与结构的整体稳定性。进入预应力筋穿束环节, 施工人员需根据所采用的预应力混凝土技术种类, 合理确定预应力筋的穿束顺序与时间。无论是选择在钢筋骨架内预先穿入预应力筋, 还是从两端逐节套入螺旋管进行连接, 抑或是在混凝土浇筑完毕后使用通孔器等专用装置进行穿束, 均需严格控制单次穿入数量, 并根据预应力筋的种类(如钢绞线、钢丝束等)采取合适的穿束方式。在穿束过程中, 还需使用卷扬机等辅助设备, 并在预应力筋束前端设置牵引头, 以确保穿束作业的高效与安全。穿束完毕后, 施工人员需再次对预应力筋的位置与状态进行全面检查, 确保所有参数均满足设计要求, 为后续的张拉作业奠定坚实基础。

(六) 孔道灌浆

在孔道灌浆这一关键环节, 确保水泥浆的性能与预留孔道的状态均达标至关重要。施工人员需对水泥浆的稠度、流动性、泌水性及干缩性进行全面检测, 必要时可科学掺入适量铝粉作为外加剂, 旨在进一步优化灌浆效果, 提升结构强度与耐久性。当预应力筋张拉锚固工作圆满完成后, 施工人员需及时清理孔道内部垃圾与杂物, 确保孔道处于湿润状态, 为后续的灌浆作业奠定良好基础。灌浆时, 需遵循从下到上的顺序, 对于直线孔道, 以一端作为灌浆起始点; 对于曲线孔道, 则以其最低点作为灌浆起始点。灌浆过程需一次性连续进行, 直至两端均持续冒出浓度达标的水泥浆液, 随后封闭排气孔, 并在间隔一段时间后封闭灌浆孔, 标志着灌浆作业的圆满完成。

三、建筑工程中预应力混凝土技术的应用趋势

预应力混凝土技术自其在 20 世纪初被引入建筑结构工程以来, 便以其独特的优势在行业中占据了举足轻重的地位。该技术通过预先施加应力的方式, 有效提升了构件的承载能力和抗裂性能, 为建筑物的整体稳定性和耐久性提供了坚实保障。随着科技的飞速进步与新材料、新工艺的不断涌现, 预应力混凝土技术的应用正展现出前所未有的新趋势。

在材料创新方面, 高强度钢材与特种混凝土的研发为预应力技术带来了前所未有的革新机遇。高强钢筋与

碳纤维增强塑料等新型预应力筋材的应用, 显著提升了结构的强度与韧性, 而自密实混凝土、超高性能混凝土等新型混凝土材料则进一步改善了施工效率与结构性能。这些新型材料的应用, 不仅大幅减轻了结构自重, 还显著增强了结构抵抗环境侵蚀的能力, 从而有效延长了建筑物的使用寿命。

在智能化建造方面, 预应力混凝土技术同样迎来了新的发展机遇。传感器技术与自动化设备的应用, 使得预应力张拉过程更加精确可控。在线监测系统的引入, 能够实时追踪混凝土内部的应力变化, 确保预应力值被准确无误地施加到构件上。同时, 基于建筑信息模型平台的数据管理, 实现了从设计、施工到维护全生命周期的信息共享与服务支持, 为预应力混凝土技术的智能化应用提供了有力支撑。

结语

综上所述, 预应力混凝土技术在建筑工程中的应用探索与趋势分析, 是一项具有深远意义的研究工作。它不仅关系到当前建筑工程的质量与安全, 更关乎未来建筑行业的可持续发展。随着科技的进步和新材料、新工艺的不断涌现, 预应力混凝土技术必将迎来更加广阔的发展前景。在不久的将来, 预应力混凝土技术将在建筑工程领域发挥更加重要的作用, 为人类社会的繁荣与进步做出更大的贡献。

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] 樊红锁. 预应力混凝土实心方桩在建筑工程中的应用[J]. 四川水泥, 2023, (04): 171-173.
- [4] 李进. 桥梁工程中预应力混凝土结构施工技术应用分析[J]. 四川水泥, 2023, (04): 224-226.
- [5] 罗森林, 陈先军, 魏世辉. 预应力高强混凝土静压管桩在建筑工程中应用分析[J]. 九江学院学报(自然科学版), 2022, 37(04): 27-30.
- [6] 傅旭. 建筑工程项目预应力混凝土技术的应用探析[J]. 中国设备工程, 2021, (22): 222-223.

作者简介: 解霄鹏(1991年10月19日), 男, 汉族, 天津人, 大学本科, 从事建筑施工及监理工程。