

预应力混凝土结构施工关键技术与质量管控研究

冯瑞 152822198809192418

摘要

预应力混凝土结构通过提前施加预压应力抵消外部荷载产生的拉应力，具备承载力高、变形小、自重轻等技术优势，已经成为大跨度桥梁、高层建筑、大型工业厂房等工程领域的核心结构形式。本文围绕预应力混凝土结构施工过程中的关键技术要点展开分析，从预应力筋制作安装、锚具安装、张拉灌浆到封锚施工梳理核心管控要求，结合当前工程实践中常见的质量问题提出针对性质量管控体系，为提升预应力混凝土结构施工质量提供参考。

关键词：预应力混凝土；施工技术；质量管控；结构工程

一、预应力混凝土结构的技术特点与应用价值

相较于普通钢筋混凝土结构，预应力混凝土结构通过在构件受拉区预先施加人为压应力，能够在构件承受外部荷载产生拉应力时，利用预压应力抵消部分甚至全部拉应力，推迟混凝土裂缝的产生和发展，有效提升构件的抗裂性能和刚度。对于大跨度桥梁、超高层建筑以及大荷载工业厂房而言，预应力技术可以显著降低构件截面尺寸，减少结构自重和材料用量，同时提升结构的抗震性能和耐久性，因此在现代工程建设中得到了极为广泛的应用。

预应力混凝土结构按照施工方式可以分为先张法和后张法两类，其中先张法主要适用于预制构件工厂化生产，通过先张拉预应力筋再浇筑混凝土，待混凝土达到设计强度后放张预应力筋形成预应力；后张法则多用于现场浇筑的大型结构构件，在混凝土浇筑并达到设计强度后穿入预应力筋进行张拉锚固，是大型土木工程中应用更为普遍的形式。不同施工工艺有着不同的技术要点和质量管控重点，需要结合工程实际情况选择合理工艺，并落实全过程质量管控措施。

二、预应力混凝土结构施工关键技术要点

（一）预应力筋制备与安装技术

预应力筋是预应力混凝土结构的核心受力部件，当前工程中常用的预应力筋

为高强度低松弛钢绞线，其制作下料需要严格控制尺寸误差。下料前需要核对钢绞线的强度级别、直径、松弛等级等参数，确保符合设计要求，下料过程中严禁采用电弧切割，避免高温损伤钢绞线力学性能，应当采用砂轮锯进行切割。对于后张法施工，预应力筋的安装分为预埋波纹管成孔和穿束两个环节，波纹管安装需要严格控制坐标位置，每间隔 0.5-1m 设置一道定位钢筋进行固定，避免波纹管在混凝土浇筑过程中发生位移，同时需要做好波纹管接头的密封处理，防止水泥浆渗入管内造成堵塞。穿束可以选择混凝土浇筑前穿束和浇筑后穿束两种方式，浇筑前穿束便于操作，但需要做好预应力筋的防护，浇筑后穿束可以避免预应力筋长期锈蚀，但需要确保孔道通畅。

（二）锚具与夹具安装技术

锚具是保证预应力能够有效传递到混凝土的关键部件，锚具安装前需要检查锚具的型号、尺寸、硬度是否符合设计要求，清理锚具安装面的杂物和浮浆，确保锚具与构件端面垂直紧贴，锚具中心应当与预应力筋的中心线重合，避免出现偏心受力导致预应力损失过大。对于夹片式锚具，安装夹片时应当保证夹片间隙均匀，缝隙偏差不超过 1mm，安装完成后及时检查锚固位置，避免出现错夹、松夹问题。

（三）预应力张拉施工技术

预应力张拉是预应力施工中最核心的工序，张拉作业必须在混凝土强度达到设计要求后方可进行，设计无要求时应当不低于设计混凝土强度等级值的 75%。张拉前需要对张拉设备进行标定，千斤顶和压力表应当配套标定配套使用，标定有效期不超过 6 个月，当张拉设备出现异常或者千斤顶维修后需要重新标定。张拉工艺应当按照设计要求选择张拉顺序，通常遵循对称张拉、分批分级张拉的原则，避免结构产生过大的偏载。张拉过程中采用张拉力控制为主、伸长值校核的双控方法，实际伸长值与理论伸长值的偏差应当控制在±6%以内，超出范围需要停止张拉查找原因，排除问题后方可继续作业。张拉过程中需要做好记录，记录张拉力、伸长值、张拉时间等参数，确保张拉过程可追溯。

（四）孔道灌浆与封锚技术

预应力张拉完成后应当及时进行孔道灌浆，目的是保护预应力筋不受锈蚀，同时让预应力筋与混凝土形成整体受力，提升结构的耐久性和承载力。灌浆应当采用标号不低于 42.5 级的普通硅酸盐水泥配置水泥浆，水灰比控制在 0.4-0.45

之间，可掺入适量的减水剂和膨胀剂提升水泥浆的流动性和密实性。灌浆过程应当从孔道的最低点注入，最高点排气，确保灌浆饱满，灌浆压力控制在 0.5-0.7MPa 之间，待排气孔流出均匀浓浆后封闭排气孔，保持压力 1-2 分钟后封闭灌浆孔。

三、预应力混凝土结构施工常见质量问题与管控措施

（一）常见质量问题分析

当前预应力混凝土施工中常见的质量问题主要包括以下几类：第一，预应力损失过大，主要原因包括锚具松动、孔道摩擦阻力过大、预应力筋松弛超标、张拉控制不规范等，会导致结构实际预应力低于设计值，降低结构抗裂性能和承载力；第二，孔道灌浆不饱满，主要原因包括灌浆压力不足、水泥浆流动性差、排气不畅等，会导致预应力筋暴露锈蚀，大幅降低结构耐久性；第三，预应力筋张拉断丝滑丝，主要原因包括预应力筋本身质量不合格、张拉工艺不当、锚具夹片不合格等，严重时会影响结构安全；第四，波纹管破损漏浆，主要原因包括波纹管安装固定不到位、混凝土浇筑过程中被振捣棒破坏、接头密封不好等，会导致水泥浆进入孔道堵塞预应力筋，造成穿束和张拉困难。

（二）全过程质量管控体系构建

针对预应力混凝土施工的质量管控，需要构建从原材料进场到竣工验收的全过程管控体系。首先，原材料进场管控，预应力筋、锚具、波纹管、水泥等原材料进场时必须检查质量证明文件，按照规范要求抽样检验，合格后方可用于工程，严禁使用不合格原材料。其次，施工前技术管控，施工前需要编制专项施工方案，对施工人员进行技术交底，明确施工工艺和质量要求，张拉作业人员应当经过专业培训合格后方可上岗。第三，施工过程管控，严格落实工序验收制度，上一道工序验收合格后方可进入下一道工序，重点管控预应力筋坐标定位、波纹管密封、张拉强度、张拉双控、灌浆饱满度等关键环节，做好施工记录和质量检测记录。第四，完工后检测验收，施工完成后对预应力施工质量进行检测，可采用超声波、雷达等无损检测方法检测孔道灌浆密实度，对不合格部位及时进行处理，确保整体质量符合设计要求。

四、结语

预应力混凝土结构作为现代土木工程中重要的结构形式，其施工质量直接关系到整个工程的结构安全和使用寿命，施工单位必须充分认识预应力施工的特殊

性，严格把控各个环节的技术要点，落实全过程质量管控措施，从原材料进场、工序施工到竣工验收都执行严格的质量标准，才能有效保障预应力混凝土结构的施工质量，充分发挥预应力技术的技术优势，为工程建设质量提供保障。

参考文献

- [1] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 中国建筑工业出版社, 2006.
- [2] 林同骅. 预应力混凝土理论与设计[M]. 同济大学出版社, 2013.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 混凝土结构工程施工质量验收规范 GB 50204-2015[S]. 中国建筑工业出版社, 2015.
- [4] 李晨光. 预应力混凝土结构施工技术与质量控制[J]. 建筑技术, 2018, 49(06): 592-596.