混凝土框架结构裂缝成因与控制措施研究

苏式清

广东桦建道建筑设计有限公司 广东 广州 524000

【摘　要】：混凝土框架结构裂缝常出现在楼板、梁端、梁柱节点和墙柱交界位置，裂缝形态受材料收缩、构造约束、施工扰动和温湿度变化共同影响。本文分析早龄期收缩、节点配筋、泵送浇筑、养护制度和温差约束对裂缝开展的作用，梳理材料配合比、构造限裂、施工过程控制和既有裂缝处置方法。裂缝控制应把水化热、收缩变形、钢筋约束、浇筑间歇和养护保湿放在同一工程链条内处理，先降低裂缝形成条件，再按宽度、深度、稳定性和渗水状态选择封闭、灌浆或结构补强。

【关键词】：混凝土框架结构；裂缝成因；收缩变形；构造控制；裂缝修补

DOI:10.12417/2811-0528.26.21.059

引言

现浇混凝土框架结构由梁、柱、板和节点区共同传递荷载及温度变形，构件厚度、配筋密度、施工顺序和环境暴露差异较大。裂缝一旦穿过保护层或沿节点核心区延伸，钢筋锈蚀、渗漏和刚度退化会提前触发，表面修补难以恢复受力路径。裂缝成因判断不能只看宽窄，还要回到拌合物性能、模板约束、振捣密实度、早期湿度和构造细节的连续关系。裂缝控制应把材料源头、设计构造、施工工序和后期修补连成可执行技术链，使裂缝形成前被削弱，形成后被分类处置。

1 混凝土框架结构裂缝的主要成因分析

（1）早龄期框架混凝土材料收缩成因因素：框架梁板多采用泵送混凝土，拌合物应满足运输距离、泵管阻力和钢筋间隙的通过要求，胶凝材料用量、细骨料级配和外加剂适应性直接改变早龄期体积稳定性[1]。用水量偏大或砂率偏高时，硬化前泌水通道和硬化后毛细孔同步增多，表层失水快于内部水化，楼板上表面容易产生无规则龟裂。水泥品种、矿物掺合料反应速率和骨料含泥量还会改变水化放热及界面过渡区黏结，梁端、板角等约束明显部位先积累拉应变。材料因素并非单独造成裂缝，它通常与支座约束、截面厚度和养护时机叠加，使原本可释放的收缩变形转化为可见裂缝。

（2）框架梁柱节点构造设计成因因素：框架梁柱节点区钢筋交汇密集，纵筋锚固、箍筋加密、梁端负弯矩筋和板筋在同一区域形成空间遮挡，混凝土下料和振捣的有效空间被压缩[2]。构造设计若只满足承载验算而忽略钢筋净距、节点核心区箍筋闭合方式和施工可达性，局部混凝土容易出现蜂窝、夹渣或保护层厚度波动，微缺陷沿受拉区扩展后转化为斜裂缝或竖向裂缝。梁板跨度、墙柱连接刚度和洞口削弱也会改变约束边界，温度收缩和荷载效应在刚度突变处集中。节点构造因素的本质是变形协调不足，截面受力、钢筋布置和浇筑空间没有在同一细部内平衡。

（3）泵送框架混凝土浇筑养护施工因素：泵送施工把拌合物连续送入模板，现场坍落度损失、等待时间、二次加水和分层厚度都会影响硬化后的均匀性。梁柱节点、梁板交接和板面大面积区域若振捣点间距过大，粗骨料不能充分沉实，砂浆富集层和离析区会成为裂缝起裂面。浇筑间歇超过混凝土初凝窗口时，新旧混凝土界面黏结下降，施工缝附近在后续收缩和荷载作用下更容易开裂。养护开始过晚或覆盖不连续时，表面蒸发速率高于内部补水能力，楼板和梁侧模板拆除后的温湿度梯度迅速放大。施工因素的风险在于时间窗口短，错过振捣、抹压和保湿节点后，后续修补只能处理裂缝表象。

（4）昼夜温差约束裂缝环境成因因素：框架结构在施工期暴露于日照、风速、昼夜温差和室内外湿差变化中，梁板表层与内部、南北立面与阴影区域之间会形成不同的温度应变。混凝土弹性模量随龄期增长而上升，早期抗拉强度增长滞后于收缩和降温产生的拉应力，板角、外墙边梁和柱侧竖向区域容易先出现裂缝。模板保温突然撤除、冬期升温过快或夏季暴晒后急剧降温，都会让温度梯度集中到截面边缘。环境因素还会放大材料和施工缺陷，原本细小的塑性裂纹在干湿循环中继续张开，裂缝边缘粉化、渗水和钢筋锈蚀风险随之上升。

2 混凝土框架结构裂缝的综合控制措施

2.1 框架混凝土材料与配合比调控措施

材料控制应从低收缩和稳定泵送两条线同时展开[3]。水泥、矿物掺合料、粗细骨料和外加剂进场后，先核对强度等级、细度、含泥量、颗粒级配和外加剂相容性，再用试拌结果校正用水量和胶凝材料组合。框架梁板不宜单纯追求高流动性，坍落度保持能力应服务钢筋密集区顺利浇筑，而不能靠现场加水换取短时可泵性。配合比调整时重点压缩水胶比波动、控制砂率和粉体总量，并把收缩敏感部位的养护要求提前写入施工交底。材料调控的判断标准不是拌合物看起来顺滑，而是泵送结束后仍能保持均匀、密实和可持续保湿。

2.2 框架梁柱节点构造裂缝全过程控制方法

构造控制应在设计交底、钢筋翻样和现场绑扎三个环节连续完成[4]。梁柱节点、板边支座和洞口转角处应先复核钢筋净距、锚固长度、保护层垫块和箍筋加密范围，避免密筋区成为混凝土无法进入的封闭空间。对长向楼板、外墙边梁和刚度突变部位，构造钢筋、分布筋和抗裂钢筋网应与施工缝位置共同考虑，使收缩变形具有可控释放路径。模板和支撑体系也属于构造控制的一部分，支撑刚度不足会让早龄期构件过早承受附加变形，拆模顺序不当会改变梁板受力。全过程控制要把图纸细部转化为可检查的现场节点，而不是停留在配筋数量本身。

2.3 泵送混凝土浇筑养护管控

浇筑管控首先要保持供应节奏与工作面容量匹配，泵车停等和作业面拥堵都会拉长间歇。梁柱节点宜采用分层下料和插入式振捣，振捣棒进入密筋区后应避免碰撞钢筋和模板，板面则通过二次抹压封闭泌水后留下的毛细通道。施工缝留设在受力较小且便于凿毛清理的位置，新旧混凝土结合面在继续浇筑前保持洁净、湿润和无松散浆皮。养护管控应从终凝前后衔接，覆盖、洒水、保湿膜或养护剂按气温和风速选择，拆模后仍应维持湿润环境。下料、振捣、抹压、保湿和拆模连在同一班组记录中，裂缝控制才不会断在工序交接点。裂缝成因与控制点的对应关系见图 1。

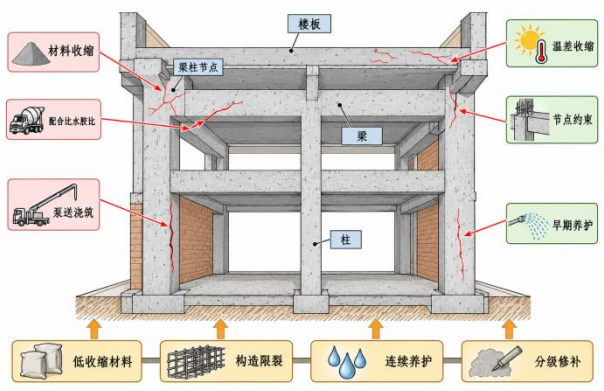


图 1 混凝土框架结构裂缝成因与控制点示意

图 1 中，梁、柱、楼板和梁柱节点共同构成框架受力单元，红色裂缝线分别落在板面、梁端和柱侧位置，左、右两侧原因标签指向裂缝集中区，底部低收缩材料、构造限裂、连续养护和分级修补四个控制点对应材料、构造、施工和处置环节，说明浇筑养护管控必须同前后工序连续配合。

2.4 昼夜温差约束裂缝分级修补处置方法

既有裂缝处置应先判断裂缝是否稳定、是否贯通、是否渗水以及是否处在主要受力区。表层干缩裂缝宽度较小且无渗水时，可采用清理、封闭和表面防护，重点阻断水分和二氧化碳进入保护层；梁端斜裂缝、柱边竖向裂缝或持续扩展裂缝则应结合荷载状态、钢筋锈蚀和构件变形进行结构复核。渗水裂缝可按通道深度选用压力灌浆、柔性止水或局部剔凿修补，修补材料的弹性模量、收缩率和粘结性能要与原混凝土匹配。分级处置不能把所有裂缝都归为表面缺陷，温差约束造成的重复开合裂缝还要同步处理保温、排水和伸缩约束条件。

3 结语

混凝土框架结构裂缝由材料收缩、节点构造、泵送施工和温差约束共同诱发，任何单点治理都难以覆盖梁板、梁柱节点和墙柱交界处的变形差异。材料阶段控制收缩源和泵送稳定性，构造阶段让钢筋布置、保护层和节点浇筑空间具备可施工性，施工阶段守住浇筑、振捣、养护和拆模时间窗口。既有裂缝处置则按稳定性、贯通性、渗水状态和受力位置分级，表面封闭、压力灌浆和结构补强各自对应不同损伤程度。裂缝控制落到工程质量中，依赖源头减缩、节点限裂、过程保湿和修补后环境约束处理的连续执行。

参考文献：

[1] 钟文超.工民建混凝土框架结构施工裂缝成因及防控措施[J].大众标准化,2025,(16):16-18.

[2] 张磊.钢筋混凝土框架结构裂缝成因及结构安全性评估分析[J].安徽建筑,2026,33(6):168-169.

[3] 耿福宝,陈伟,耿硕.混凝土框架结构梁裂缝成因及治理技术应用[J].价值工程,2026,45(17):26-28.

[4] 杨日校.钢筋混凝土框架结构工业厂房外墙温度裂缝成因及控制[J].中国建筑装饰装修,2025,(23):160-162.