

房建工程大体积混凝土裂缝防治施工技术

张云阳

成都建工路桥建设有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：房建工程基础底板、承台等大体积混凝土浇筑量大，水泥水化热集中释放后易产生温度收缩裂缝，影响结构耐久性性能。针对配合比控制不足、浇筑温度偏高、内外温差过大及养护不到位等问题，采用低热化配合比设计、分层连续浇筑、温度动态监测及保温保湿养护技术，并依据监测数据调节降温速率。施工控制后温度梯度趋于平稳，表面裂缝数量减少，混凝土整体性及实体质量得到改善。

【关键词】：房建工程；大体积混凝土；温度裂缝；温控施工；保温养护

DOI:10.12417/2705-0998.26.13.001

引言

房建工程基础底板、筏板、厚承台等构件尺寸持续增大，大体积混凝土一次浇筑方量较高，内部水泥水化热难以及时散出。当核心区域温升较快、表层散热速度偏大时，内外区域产生不均匀变形，温度拉应力超过混凝土同期抗拉强度便可能形成裂缝。施工配合比、入模温度、浇筑层厚、冷却速率及养护条件均会改变温度场发展过程，单纯依靠裂缝出现后的修补难以控制结构质量风险。因此，需要从材料热学性能、浇筑工序、温度监测和养护控制多个环节建立连续技术链条，使裂缝防治由被动处置转入施工过程主动控制。

1 大体积混凝土裂缝形成机理及施工影响因素

1.1 水化热集中释放引发内部温升

大体积混凝土浇筑后，水泥及活性矿物掺合料持续发生水化反应，结构内部短时间形成较高热量积聚。构件截面尺寸较大，核心区产生的热量向外传递距离长，混凝土导热速度又低于水化放热速度，内部温度便持续抬升。胶凝材料总量偏高、水泥水化热较大或入模温度控制不合理时，温升峰值及峰值出现速度进一步增加。此阶段混凝土弹性模量逐步增长，热膨胀变形受到周边区域约束，内部应力同步发展，为后续降温阶段温度裂缝形成积累条件。

1.2 内外温差扩大诱发温度拉应力

混凝土核心区热量释放缓慢，表层直接受到环境温度、模板散热及空气流动影响，降温速度明显快于内部区域，由此形成较大的截面温度梯度。表面混凝土遇冷产生收缩趋势，内部高温混凝土仍处于热膨胀状态，不同区域变形无法自由协调，表层受到内部约束后形成拉应力^[1]。昼夜温差、拆模时间过早、保温层厚度不足或突然降温均可能放大温差效应。当局部拉应力超过同期混凝土抗拉强度时，表面裂纹会沿应力集中区域发展，并可能向构件内部延伸。

1.3 收缩变形受限加剧结构开裂风险

温度下降进入稳定阶段后，大体积混凝土仍存在干燥收

缩、自收缩及温降收缩等变形。基础底板受到地基、垫层、既有结构及钢筋体系约束，自由收缩难以实现，收缩变形转化为约束拉应力。低水胶比混凝土早期自收缩较突出，养护湿度不足又会加快表层失水，使不同深度的收缩速率产生差异。结构长度较大、截面突变或施工分区设置不合理时，应力容易向薄弱部位集中。材料变形性能、结构约束程度及养护环境共同决定裂缝萌生位置、扩展方向和最终宽度。

2 大体积混凝土裂缝施工控制中的主要问题

2.1 配合比热学参数控制精度不足

大体积混凝土配合比设计若仍以强度等级、坍落度等常规指标为主，容易忽略绝热温升、水化热速率、线膨胀系数等热学参数。胶凝材料总量偏高、矿物掺合料比例不合理，会使内部温升峰值提前并扩大。部分施工配合比未根据环境温度、构件厚度及浇筑方量进行热工计算，试配数据同现场材料含水率、骨料温度之间存在偏差，导致理论温控目标难以落实，裂缝风险难以及时识别。

2.2 浇筑温度及分层厚度控制不严

混凝土出机、运输、泵送至入模阶段会持续受到气温、运输距离和设备温升影响，现场若缺少连续测温，实际入模温度容易偏离施工方案要求^[2]。分层厚度控制不稳定时，上下层混凝土散热条件发生改变，内部热量更易集中积聚。浇筑间歇时间过长还可能形成明显温度界面，使新旧层之间变形协调能力下降。布料顺序、振捣时间及泵送节奏缺乏统一控制，也会增加局部温度场不均匀程度。

2.3 保温养护措施缺乏动态调节

保温养护若采用固定覆盖厚度和固定拆除时间，难以适应大体积混凝土内部温度持续变化的实际状态。核心区达到温峰后，表层受夜间降温、风速变化及失水影响，温度下降速度可能突然加快。测温数据未及时反馈至养护环节时，覆盖层增减、洒水频率和拆模时点主要依赖经验判断，容易出现降温过快或保湿不足。养护控制缺少动态修正，会使表里温差、降温速率及表面湿度偏离安全区间。

3 材料配制及浇筑工序裂缝防治技术

3.1 优化胶凝材料用量降低水化热峰值

胶凝材料体系应依据构件尺寸、设计强度、施工季节及温控指标进行专项配制，避免单纯提高水泥用量获得早期强度。满足强度、耐久性及施工性能要求的前提下，可通过降低单位体积水泥用量、合理提高粉煤灰和矿粉等矿物掺合料比例，减缓早龄期水化反应速率，使热量释放由集中转为相对平缓。配合比试验阶段同步测定绝热温升、抗压强度、抗拉强度及收缩性能，建立胶凝材料用量同温升峰值之间的对应关系，避免只依据坍落度和强度确定施工配合比。水胶比控制还需兼顾泵送性能，配合高效减水剂降低拌合用水量，减少硬化过程中的毛细孔失水收缩。粗骨料级配宜连续稳定，提高骨料体积占比，降低浆体总量及水化热来源。原材料批次变化后及时复核含水率、需水量及外加剂适应性，根据实测结果修正施工配合比，使温控指标真正落实到材料配制环节。

3.2 控制混凝土入模温度减小初始温升

入模温度直接决定大体积混凝土初始温度基准，控制重点应前移至原材料储存、拌制、运输和泵送全过程。高温施工阶段可降低骨料受热程度，对砂石堆场采取遮阳措施，拌合用水保持较低温度，必要时调整生产时段，减少太阳辐射和设备连续运行造成的温升。搅拌站应记录骨料、水泥、拌合水及出机混凝土温度，运输车辆采取保温隔热措施，压缩等待时间和现场停滞时间，防止运输过程中吸热。泵送管线受阳光持续照射后表面温度较高，可采用遮蔽、湿润覆盖等方式降低管壁传热对混凝土温度的影响^[3]。混凝土到场后按车次抽测温度，超出温控范围的拌合物不得直接进入浇筑区域。结合施工气温变化、预计最高温升及构件表面散热条件，动态校核入模温度目标，使初始温度与后续水化热增量之间保留合理空间，降低核心区最高温度及后期降温幅度。

3.3 实施分层连续浇筑稳定温度场分布

大体积混凝土浇筑应依据构件平面尺寸、厚度、泵送能力和初凝时间确定分区、分层及推进方向，使新浇混凝土热量释放保持连续状态。分层厚度不宜仅凭施工经验确定，应结合振捣设备有效作用深度、混凝土流动性能和散热条件进行控制，避免单层过厚造成局部热量集中，也防止层厚过小增加施工界面数量。布料宜按既定方向连续推进，相邻浇筑层之间的时间间隔控制在混凝土初凝允许范围内，使上下层形成稳定结合，减少冷缝及局部约束差异。泵车数量、运输车辆周转和振捣设备配置应根据单位时间浇筑量统筹匹配，出现供料波动时及时调整推进范围，避免局部停歇导致温度场突变。振捣采用分层定点、快插慢拔方式，控制插点间距和持续时间，防止漏振造成孔隙，也避免过振引起浆体集中。浇筑过程中同步记录各区段完成时间和混凝土温度，为后续测温数据判读提供时间基

准，使施工组织直接服务于温度场稳定控制。

4 温度监测及保温养护裂缝控制技术

4.1 布设测温点位掌握内部温度变化

测温系统应结合基础底板、厚承台及墙体转角等部位的截面尺寸、散热边界和约束条件进行布设，使监测数据能够反映核心区、表层及中间区域的真实温度梯度。测温点通常沿厚度方向分层设置，上部点靠近表面保温层下方，中部点布置于构件中心区域，下部点靠近底部约束位置，同一平面还应考虑边缘、转角和大截面集中区域，避免仅依赖单一中心测点判断整体温度状态。传感器埋设前需校核精度和编号，固定位置应避免钢筋直接接触及振捣器高频作用区，导线采取保护措施，防止浇筑过程中移位或损伤。数据采集从混凝土入模后即开始，水化升温阶段适当缩短记录间隔，接近温峰后重点观察升温速率、最高温度、表里温差及环境温度变化，进入降温阶段后继续跟踪降温梯度。监测结果应形成连续温度曲线，并同浇筑时间、气温、覆盖措施及养护操作进行关联分析，使异常升温、局部降温过快和测点差异能够及时识别，为保温厚度调整和拆除时机提供量化依据。

4.2 依据温差数据调整保温覆盖厚度

保温覆盖不宜按固定层数持续至养护结束，而应根据核心温度、表面温度及外界气温变化进行动态调节。混凝土完成收面后及时覆盖塑料薄膜、保温毡或其他低导热材料，先减少表面水分散失，再利用保温层降低热量向环境快速传递。监测发现表层降温速度明显快于核心区域时，应增加覆盖厚度或加强边缘、转角等散热较快部位的局部保温，避免温差继续扩大；核心温度开始稳定下降后，可依据实测曲线逐层减薄保温材料，使表面温度同步缓慢下降^[4]。昼夜气温波动较大时，覆盖调整还需结合天气变化和结构散热惯性，防止白天保温过强造成表层温度偏高，夜间突然揭除又形成快速冷却。塑料薄膜应保持连续密闭，搭接位置压实，保温层受潮后及时处理，避免导热性能发生较大变化。边缘区域受空气流动影响较强，可适当延长覆盖范围和保温时间。每次调整后继续比较表里温差及降温速率，形成“监测—调整—复核”的闭环控制，使保温措施由经验型操作转向基于实时数据的精细化施工管理。

4.3 控制降温速率抑制后期收缩开裂

混凝土越过温度峰值后进入持续降温阶段，内部热收缩逐步增强，此时结构弹性模量和抗拉约束同步提高，若温度下降过快，温降变形无法充分释放，容易形成贯穿性拉应力。降温控制应结合测温曲线分阶段实施，温峰初降期维持较完整的保温体系，使核心区热量缓慢向外传递；中后期根据表面温度和环境温度差值逐步减少覆盖层，严禁一次性拆除全部保温材料。拆模时机也应纳入降温管理，侧模具有一定保温能力，过早拆除会改变构件边界散热条件，使局部降温速度突然增大。

养护期间持续保持混凝土表面湿润,降低干燥收缩同温降收缩叠加产生的拉应力,保湿措施不得因核心温度下降而提前终止。较厚构件还应关注不同深度的降温同步性,避免中心区域仍处于高温状态时表层已经接近环境温度。测温频率可随降温趋稳逐步降低,但仍需保留连续记录,直至核心温度、表面温度和环境温度差值进入稳定区间,再分区、分层撤除保温材料,使温度收缩过程保持缓慢可控。

5 裂缝防治施工技术实施效果评价

5.1 温度峰值及内外温差得到有效控制

材料热学参数优化、入模温度控制及连续浇筑措施实施后,混凝土内部水化放热过程趋于平缓,核心区温度上升速率得到抑制,温峰出现时间更加稳定。连续监测数据显示,表层温度能够随内部温度变化保持相对协调,截面温度梯度减小,局部骤升骤降现象明显减少。保温层依据测温数据动态调整后,表面散热速度得到控制,核心区至表层的热量传递更均匀,昼夜环境温度变化对构件表面的扰动幅度降低,温度应力集中程度随之减弱。

5.2 表面裂缝数量及裂缝宽度明显降低

施工完成后的外观检查重点覆盖构件表面、边缘、转角、后浇带邻近区域及截面变化部位,对裂缝长度、宽度、走向和分布密度进行连续记录^[5]。采用低水化热配合比、温控浇筑和

保温保湿养护后,早期塑性收缩裂缝及温度收缩裂缝数量均得到压减,裂缝发展由集中连片转为零星分散。局部微细裂纹未出现持续扩展,宽度变化保持稳定,未形成明显贯通路径。裂缝台账同温度监测曲线对应分析后,可进一步判断异常部位与施工时段之间的关系,提高裂缝防治效果评价的可追溯性。

5.3 结构整体性及实体质量保持稳定

裂缝控制效果还需结合实体检测结果判断结构质量状态。混凝土强度检测、外观质量检查及缺陷复核结果能够反映材料配制、浇筑密实度和养护过程的综合执行水平。分层连续施工减少了冷缝及薄弱界面,振捣质量稳定后,构件内部密实性保持均匀,蜂窝、孔洞及夹层发生概率降低。温度应力受到约束后,结构关键部位未出现明显贯穿裂缝,承载路径保持连续。结合数字化测温记录、质量验收数据和裂缝巡检信息形成全过程质量档案,可实现施工参数、监测结果及实体状态之间的对应验证。

6 结语

房建工程大体积混凝土裂缝控制需要贯穿材料配制、浇筑施工、温度监测及保温养护全过程。合理降低水化热峰值,控制入模温度和分层浇筑质量,根据监测结果动态调整保温措施及降温速率,可减弱温度应力和收缩变形,降低裂缝发生概率,保证混凝土结构整体性、耐久性及实体施工质量。

参考文献:

- [1] 周魁.房建工程施工中大体积混凝土裂缝成因及控制技术[J].中国水泥,2025,(1):100-102.
- [2] 王超.房建工程大体积混凝土施工裂缝控制技术研究[J].工程技术研究,2025,10(22):53-55.
- [3] 崔博.房建工程大体积混凝土浇筑施工裂缝控制技术研究[J].工程机械与维修,2025,(7):122-124.
- [4] 陈艾虎.房建工程施工中大体积混凝土裂缝成因及控制技术研究[J/OL].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025,(9):041-044[2026-09-02].
- [5] 潘洪磊.房建工程施工中大体积混凝土裂缝成因及控制技术研究[J/OL].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025,(7):108-111[2026-09-02].