

# 化工建设土建工程中大面积混凝土裂缝控制技术研究

常云云

宁夏煤业有限责任公司煤制油化工工程建设指挥部 宁夏 银川 750000

**摘要：**化工土建大面积混凝土因体积大、强度高、荷载复杂、环境特殊，裂缝控制至关重要。本文剖析其裂缝成因，包括温度应力、收缩变形及施工与结构设计问题。提出配合比优化、温度控制、施工过程控制、养护与后期防护等核心技术体系，并从原材料管控、施工监测、人员保障等方面制定质量保障措施，为化工土建工程提供技术支持。

**关键词：**化工土建工程；大面积混凝土；裂缝控制技术；配合比优化；温度控制

引言：化工土建工程中，设备基础、储罐底板等关键部位广泛应用大面积混凝土，长期承受设备荷载与化工介质侵蚀，裂缝易引发介质渗漏、结构劣化等风险。当前裂缝控制技术难以充分适配化工场景需求，导致工程后期维修成本高、安全隐患大。本文系统研究化工土建大面积混凝土裂缝控制技术，旨在破解裂缝难题，为化工工程长期稳定运行提供技术支撑。

## 1 化工土建大面积混凝土与裂缝控制适配性认知

### 1.1 化工土建大面积混凝土核心特性解析

化工土建工程中的大面积混凝土广泛应用于设备基础、储罐底板、反应釜基座等关键部位，这类混凝土具备鲜明特性。体积大体现为结构最小断面尺寸通常较大，部分设备基础厚度可达数米，大量水泥水化易导致内部热量积聚，散热困难形成显著温度梯度，对裂缝控制的温度调节能力提出更高要求<sup>[1]</sup>。强度等级高是因需承载重型化工设备自重与运行荷载，部分结构强度等级需达到较高标准，高强度混凝土往往脆性更大，抗拉性能相对较弱，更易因应力集中产生裂缝，要求裂缝控制技术兼顾强度与抗裂性平衡。承受荷载复杂表现为不仅需承担设备静态重量，还需耐受运行中的振动荷载与介质压力，长期动态荷载会使混凝土内部应力持续变化，易诱发细微裂缝并逐步扩展，需裂缝控制技术提升混凝土抗疲劳性能。所处环境特殊体现在多数结构需接触酸碱、有机溶剂等化工介质，且部分区域湿度高、温度波动大，这要求混凝土具备优异抗渗性与抗腐蚀性，若存在裂缝，介质易通过裂缝渗透至内部，加速结构劣化，因此裂缝控制需同步强化混凝土密实度与抗渗能力，适配化工环境的严苛使用条件。

### 1.2 裂缝控制对化工土建工程的意义

裂缝对化工土建结构的危害具有连锁性与持续性。裂缝会直接降低结构抗渗性，化工生产中的液体或气体

介质易通过裂缝渗透，若渗透至设备基础内部，可能腐蚀设备预埋构件，影响设备正常运行，严重时还会引发介质泄漏，造成安全生产隐患。裂缝还会削弱混凝土抗腐蚀性，介质渗透至裂缝内部后，会与混凝土中的水泥水化产物发生化学反应，破坏混凝土微观结构，导致强度下降、结构疏松，形成“裂缝-腐蚀-更严重裂缝”的恶性循环，大幅缩短工程使用寿命。从结构稳定性角度，裂缝会使混凝土承载截面减小，局部应力集中加剧，若裂缝扩展至一定程度，会导致结构承载能力下降，无法满足化工设备运行的荷载要求，可能引发基础沉降、设备偏移等问题，影响化工装置整体运行精度。裂缝控制不仅是保障混凝土结构本身质量的关键，更是维护化工生产安全、提升装置运行稳定性、降低后期维修成本的核心环节，对化工土建工程长期可靠服役具有不可替代的意义。

## 2 化工土建大面积混凝土裂缝成因分析

### 2.1 温度应力引发的裂缝成因

水泥水化过程中会释放大量热量，化工土建大面积混凝土因断面尺寸大、水泥用量多，热量难以快速散发，导致内部温度快速升高，而表面直接与空气接触，散热速度快，形成显著的内外温差。温差会使混凝土内部产生膨胀趋势、表面产生收缩趋势，两种趋势相互作用形成温度应力。当温度应力超过混凝土所处龄期的抗拉强度时，混凝土表面或内部就会出现裂缝。化工土建结构常处于露天或半露天环境，昼夜温差变化会进一步加剧温度应力波动，季节交替时的极端温度（夏季高温暴晒、冬季低温严寒）会使混凝土热胀冷缩幅度增大，叠加结构体积大、散热慢的特点，温度应力持续累积，裂缝产生风险显著高于普通土建工程。

### 2.2 收缩变形引发的裂缝成因

混凝土收缩变形包含多种类型，干燥收缩是混凝土

硬化过程中表面水分蒸发过快,内部水分无法及时补充,导致表层体积收缩而内部体积相对稳定,收缩不均产生拉应力引发裂缝,化工土建工程中部分结构需露天施工,风吹、日晒会加速表面水分蒸发,加剧干燥收缩裂缝。塑性收缩发生在混凝土初凝前,此时混凝土尚未形成强度,若表面失水速度超过内部水分迁移速度,表层会因收缩产生裂缝,化工土建施工中若遇高温、大风天气,塑性收缩裂缝风险会大幅增加<sup>[2]</sup>。徐变收缩是混凝土在长期荷载作用下的缓慢变形,化工设备基础需长期承受设备自重与振动荷载,徐变收缩会使结构内部应力重新分布,当局部应力超过抗拉强度时,易诱发细微裂缝并逐步扩展。

### 2.3 施工与结构设计关联的裂缝成因

施工环节对裂缝影响显著,浇筑顺序不当会导致混凝土接槎处结合不紧密,形成冷缝;振捣不密实会使混凝土内部存在孔隙,降低整体抗拉强度,在应力作用下孔隙易发展为裂缝;养护不及时或养护措施不到位,会加速混凝土水分流失,加剧收缩变形与温度应力,诱发裂缝。结构设计层面,配筋率不足会导致混凝土无法有效抵抗拉应力,裂缝易在应力集中部位产生;后浇带设置不合理会使混凝土早期收缩应力无法释放,整体结构易出现贯通裂缝;约束条件过强(如基础与地基连接过刚、周边结构限制变形)会限制混凝土自由变形,变形产生的应力易在约束界面引发裂缝。化工土建结构常包含多设备预埋构件与异形截面,设计时若未充分考虑预埋件对混凝土变形的影响、异形截面的应力分布特点,施工中难以精准控制浇筑与振捣质量,设计与施工的适配性问题会进一步增加裂缝产生概率。

## 3 化工土建大体积混凝土裂缝控制核心技术体系

### 3.1 配合比优化控制技术

针对化工土建需求的混凝土配合比设计需优先选用低热水泥,这类水泥水化热释放速率慢、总量低,可从源头减少温度应力产生。掺加粉煤灰、矿粉等矿物掺合料能替代部分水泥,不仅降低水泥用量减少水化热,还能优化混凝土内部结构,提升密实度与抗裂性,掺合料需根据化工环境腐蚀程度选择适配类型,确保混凝土后期抗腐性能<sup>[3]</sup>。合理调整骨料级配需选用连续级配的碎石与中砂,提升骨料堆积密度,减少空隙率以降低水泥用量,同时增强混凝土整体匀质性,减少因骨料分布不均引发的局部应力集中。添加抗裂外加剂中,膨胀剂可使混凝土产生适度体积膨胀,抵消部分收缩变形;减水剂能降低水胶比,改善混凝土工作性的同时提升强度与抗渗性,配合比参数需通过试验验证,确保各组分协同作用,提

升混凝土抗裂性能以适配化工土建长期服役需求。

### 3.2 温度控制技术

预埋冷却水管需在混凝土浇筑前按设计间距布置,浇筑过程中同步通入循环水,通过水流带走内部热量,控制内部最高温度,水管材质需选用耐腐蚀类型,适配化工环境。分层分块浇筑需根据结构尺寸确定分层厚度与分块大小,减小单次浇筑体积,使水化热分散释放,便于热量快速散发,浇筑间隔需控制在混凝土初凝前,避免形成冷缝。表面保温养护需在混凝土浇筑完成后及时覆盖保温材料,如阻燃保温板、棉被等,减缓表面散热速度,缩小内外温差,保温材料厚度需根据环境温度调整,确保温差稳定在合理范围。实时温度监测需在混凝土内部、表面预埋温度传感器,定期采集数据,掌握温度变化趋势,当温差接近限值或内部温度过高时,及时调整冷却水量或保温措施,适配化工土建结构尺寸大、散热慢的特点,精准控制温度应力。

### 3.3 施工过程控制技术

浇筑工艺需采用连续推移式浇筑,避免中途停顿导致接槎处结合不紧密,形成冷缝,浇筑速度需与振捣速度匹配,确保混凝土均匀覆盖。振捣控制需选用适配结构尺寸的振捣设备,振捣时遵循“快插慢拔”原则,确保混凝土密实,表面泛浆无气泡即可,避免过振导致骨料离析,降低局部抗裂性。后浇带与施工缝处理需合理设置位置,避开应力集中区域,施工缝处需清理浮浆、凿毛处理,浇筑前铺设同配合比砂浆,确保接缝结合紧密;后浇带需在混凝土收缩稳定后浇筑,浇筑前清理内部杂物,采用补偿收缩混凝土,释放早期收缩应力。预埋构件安装需精准定位,与混凝土浇筑同步协调,避免构件偏移导致局部混凝土厚度不均,产生应力集中,安装完成后需固定牢固,防止浇筑过程中移位,适配化工土建多预埋、高精度要求,减少施工偏差引发的裂缝风险。

### 3.4 养护与后期防护技术

混凝土养护需兼顾保湿与保温,保湿养护可覆盖土工布、塑料膜,定期浇水保持湿润,延长养护周期,减缓水分蒸发,减少干燥收缩;保温养护需与温度控制衔接,维持表面温度稳定,避免温度骤变引发裂缝。化工土建后期防护需在混凝土强度达标后涂刷防腐涂层,如环氧树脂涂层,形成隔离屏障,增强抗渗抗腐能力,阻止化工介质渗透。裂缝修补需定期检查混凝土表面,发现微裂缝及时处理,可采用压力注浆方式注入环氧树脂浆液,封闭裂缝;对宽度较大的裂缝,需凿槽嵌补防腐密封材料,防止裂缝扩展与介质侵蚀,养护与防护协同作用,提升混凝土耐久性,保障化工土建结构长期稳定。

#### 4 化工土建大体积混凝土裂缝控制质量保障措施

##### 4.1 原材料质量管控

原材料质量需符合化工土建抗裂与抗腐双重要求。水泥需明确强度等级与水化热指标，选用低热水泥时需检测7天、28天水化热释放量，确保热量释放平缓；骨料需控制级配连续性与杂质含量，碎石需筛选无风化、无软弱颗粒的品类，中砂需检测含泥量与石粉含量，避免杂质影响混凝土密实度与抗裂性；掺合料需验证活性指数与抗腐性能，粉煤灰需选用Ⅰ级或Ⅱ级品，矿粉需检测比表面积与流动度比，适配化工腐蚀环境；外加剂需确保性能稳定，膨胀剂需检测限制膨胀率，减水剂需验证减水率与坍落度保留值，避免因外加剂失效引发工作性下降或抗裂能力不足<sup>[4]</sup>。原材料进场需按批次抽样检验，不合格材料严禁入场；存储时需分类堆放，水泥与掺合料需防潮存储，避免受潮结块，骨料需分级堆放防止混料，从源头保障混凝土基础质量。

##### 4.2 施工过程质量监测

施工监测需覆盖混凝土关键性能与状态。温度监测需在内部、表面及环境布置监测点，内部监测点需深入结构核心区域，表面监测点需均匀分布于结构表面，环境监测需记录气温、风速等参数，定期采集数据绘制温度变化曲线，当内外温差或降温速率接近限值时，及时调整保温或冷却措施。坍落度监测需在混凝土浇筑前按批次检测，确保工作性符合浇筑要求，若坍落度损失过快需分析原因，必要时调整外加剂掺量，避免因工作性差导致振捣不密实。裂缝监测需在混凝土浇筑完成后定期开展，早期采用裂缝观测仪检查表面微裂缝，后期结合目视检查与超声波检测，记录裂缝位置、宽度与长度，监测数据需及时整理分析，形成反馈报告指导后续施工调整，确保裂缝风险可控。

##### 4.3 技术人员与施工团队保障

技术人员需具备专业能力与化工场景适配认知，需掌握大体积混凝土抗裂技术原理，熟悉化工土建结构特点（如多预埋、抗腐要求），能结合工程实际优化技术方案。施工人员需经过专项培训，培训内容涵盖浇筑顺序、振捣操作规范、养护流程等，考核合格后方可上岗，确保浇筑时按“连续推移”原则作业，振捣时遵循“快插慢拔”标准，养护时严格执行保温保湿要求。跨专业协作需建立常态化沟通机制，混凝土技术人员需与化工工艺人员定期对接，明确设备预埋位置、尺寸及荷载要求，在配合比设计与施工工艺中充分考虑预埋构件对混凝土变形的影响，避免因专业衔接不当导致局部应力集中，通过人员能力提升与专业协同，保障裂缝控制技术落地执行，提升化工土建大体积混凝土施工质量。

##### 结束语

化工建设土建工程中大体积混凝土裂缝控制需兼顾技术适配性与行业特殊性，从成因剖析到技术体系构建，再到质量保障，形成完整解决方案。本文提出的配合比优化、温度控制等技术，可有效降低裂缝风险，适配化工环境需求。未来需结合技术革新持续优化方案，宁夏煤业有限公司等企业可依托研究成果提升工程质量，推动化工土建领域大体积混凝土裂缝控制技术向更高效、更精准方向发展。

##### 参考文献

- [1]王栋庆.化工建设土建工程中混凝土裂缝控制技术[J].石油工程建设,2024,46(5):120-122.
- [2]司俊清.化工建设土建工程中混凝土裂缝控制技术[J].石化技术,2025,32(4):399-400.
- [3]李瑞.土建施工中混凝土现浇板裂缝的预防与控制研究[J].建筑安全,2023,38(1):11-13.
- [4]段雪东.土建工程中混凝土裂缝的防治技术研究[J].建材发展导向,2023,21(23):61-64.