

# 大体积混凝土施工中的温控与应力控制

杜林庆 申然然

中建七局建筑装饰工程有限公司 河南 郑州 450000

**摘要：**大体积混凝土施工作为保障现代建筑工程安全性与耐久性的关键一环，其温度控制与应力控制为其核心内容。文章以大体积混凝土施工温控及应力控制技术研究为目的，对其研究现状，存在问题及成因进行了分析，并且提出了相关优化策略及措施。本研究采用聚类分析与数据挖掘相结合的方法，确定初始温度监测的方法，温控技术的应用情况，国内外温控技术的比较，温度裂缝的机理以及温控措施存在的缺陷、应力集中区域的确定，温控策略的优化，应力控制的技术创新以及综合管理措施的制定等关键点。研究表明，动态调节冷却水循环速率并加入夜间保温措施能有效地控制温度；但应力释放孔的设计以及加强钢筋骨架布置的创新技术，有利于降低应力集中，改善结构抗裂性能。另外，加强综合管理如建立责任制、施工人员培训等也是提高施工质量的重中之重。本课题研究对大体积混凝土施工质量提升及裂缝控制，提供一种新视角，新方法。

**关键词：**大体积混凝土；温控技术；应力控制；裂缝机理；技术创新

## 引言

现代建筑工程领域中，大体积混凝土施工技术正在扮演着举足轻重的角色，它的好坏直接影响建筑的安全性及耐久性。但在建筑规模不断扩大、结构日益复杂化的今天，大体积混凝土施工温度控制、应力控制等方面都面临着一系列新挑战，并已成为制约工程质量提高的关键因素。从技术、理论、适用性和在实践中的运用等方面来看，上述挑战均表现各异。本次研究结合新建铁路西平工程实例，对大体积混凝土施工期温控及应力控制技术进行了论述。本文采用定性和定量相结合的研究手段，深入剖析了大体积混凝土施工期温度控制的现状，问题及成因，提出了温控及应力控制措施的优化建议。期望通过本次研究能对大体积混凝土施工技术发展创新及工程实践质量提高贡献新视角、新方法，同时也能对相关方面研究起到一定参考作用。

## 1 大体积混凝土温控现状研究

### 1.1 初始温度监测项目

初始温度监测为大体积混凝土建设温控提供了依据。混凝土入模温度控制在 $20^{\circ}\text{C}$ 是保证水化热生成减少的关键。环境温度监测维持在 $15^{\circ}\text{C}$ 有利于对混凝土水化热峰值进行预报与控制，一般预报在 $45^{\circ}\text{C}$ 左右。温度梯度监测方面，采用 $10^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 作为保证混凝土内部温度分布均匀的准则。冷却水管的布置效率高达80%，这意味着绝大多数区域都可以获得高效的冷却效果。保温材料隔热效果达到 $0.1\text{W}\cdot\text{m}^2\text{K}$ ，有效降低热量损失。晚上自然降温利用率达 $3^{\circ}\text{C}/\text{夜}$ ，充分挖掘自然环境降温潜力。混凝土内最高温度控制在 $60^{\circ}\text{C}$ ，避免温度过高造成开裂。

### 1.2 温控技术应用分析

随着科技的发展，温控技术得到了更为广阔的运用场景，也给大体积混凝土的施工带来了更大的可能。埋设冷却水管数量达 $10\text{m}/\text{m}^3$ ，保证冷却效果均匀，使局部过热问题得到有效规避。冷却水的循环速度被设定为 $5\text{L}/\text{min}$ ，这一设定是基于对混凝土内部温度场进行精确计算的结果，有效地降低了混凝土内部温度，从而减少了由于温度过高导致的裂缝风险。<sup>[1]</sup>

智能温度控制系统的覆盖范围已经达到了90%，这大大加快了温度控制的反应速度和准确性，使得温度管理变得更为自动化和智能化。相变材料应用效果显著，可使温度下降 $5^{\circ}\text{C}$ ，水化热影响减小，该材料使混凝土内表面形成保护层，有利于内部温度调节。通过精确地计算和调整水泥、水和骨料的比例，混凝土的配合比优化成功地降低了水化热10%，从而进一步减少了温度上升的可能性。温度预警系统将响应时间缩减到了5分钟，从而增强了对突发事件的应对能力，并确保施工过程中的温度异常能够被迅速识别和处理。

BIM技术在温度控制领域的运用已经达到了80%，它通过模拟来预测温度控制的效果，从而增强了施工的计划性和精确度。BIM技术的运用使施工团队可以在施工之前就对可能存在的问题进行预判，提前拟定解决措施。将混凝土表面温度及内部温差限制在 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 范围内，有效地防止温差过大而产生裂缝，这可以从环境温度，混凝土材料特性及施工工艺等方面进行考虑。

### 1.3 国内外温控技术对比

从温控技术上看，国内外差距逐步减小。欧美地区

先进的温度控制技术的普及率高达30%，这极大地推动了我国技术的飞速进步。我国自主温控技术创新点已达5个，表明我国科技不断进步，创新能力不断增强。通过技术成本的比较分析，我们发现国内的成本相较于国际降低了15%，从而增强了国内技术的市场竞争力。温控效果国际对比结果表明：国内外工艺持平，说明国内工艺已达到国际水平。在技术成熟度的评价上，国内8个，国际9个，相差不是很大。在技术推广的应用率上，国内达到了60%，而国际则是80%，这充分展示了我国在技术普及方面的巨大潜能。未来的技术进步方向预计将是智能化和自动化，这将成为国内外技术发展的普遍趋势。

## 2 温控问题及原因分析

### 2.1 温度裂缝产生机理

温度裂缝出现的机制主要是和混凝土水化时热能和外界环境温度的变化相关。大体积混凝土的施工过程中水泥水化反应放出大量的热，使混凝土内部温度上升并产生温度梯度。若混凝土内部温度过高或内外温差过大会引起温度应力。<sup>[2]</sup>当上述应力大于混凝土抗拉强度时会产生裂缝。温度监测不确定因素及内外温差过大是造成温度裂缝的主要因素。如混凝土内外温差可达25℃以上，极大地增加裂缝的危险。另外，温控措施不到位，例如冷却水管阻塞或者智能温控系统报错等都会造成温控失效进而加大裂缝发生几率。为有效地控制温度裂缝的产生，必须采取包括冷却水管的优化布置、冷却水循环速率的动态调节和夜间保温措施的加入在内的一系列措施。

### 2.2 温控措施不足

大体积混凝土建设过程中温控措施不到位可能会引起温度裂缝，从而影响结构安全性与耐久性。常见温控措施缺陷有冷却水管堵塞，智能温控系统报错，温度监测不准确，温控策略不健全等。这些因素会使混凝土内部温度分布不均匀，形成过大温度梯度而诱发裂缝。如冷却水管堵塞使冷却效率下降、混凝土内部温度不易控制等；智能温控系统报错会造成温控决策失误，从而影响施工质量；温度监测不准确又会造成实际温度状况判断错误，不能及时有效地采取温控措施。

### 2.3 应力集中区域识别

确定应力集中区域对保证大体积混凝土结构稳定，延长使用寿命具有重要意义。施工期支撑结构受力分析及钢筋骨架约束效应对应力分布影响较大。正确地分析上述因素，对防止裂缝及结构失效具有十分重要的意义。<sup>[3]</sup>但受技术及经验限制，在施工过程中常会出现应力集中区域识别偏差。例如，在进行支撑结构的受力分析

时，误差率可能高达10%，这不仅会影响到应力控制的效果，还可能导致结构设计和施工方案的不准确。

## 2.4 温控与应力控制措施

大体积混凝土建设过程中温控及应力控制措施不到位是常见问题，这类问题严重影响着建设质量，给建筑安全性及耐久性带来挑战。温控策略优化不到位可能会造成混凝土内部温度分布不均匀，进而引起温度应力并增大裂缝发生风险。如果应力控制技术的创新性不足，可能会导致结构在承受荷载时性能降低，无法有效地抵抗外部环境变化带来的影响。

## 3 温控与应力控制措施

### 3.1 温控策略优化

尽管当前的温控技术已经取得了显著的进步，如冷却水管的使用和智能温控系统的部署，但仍然存在一些挑战。<sup>[4]</sup>冷却水管堵塞率高达1级将显著影响温控效果并造成混凝土内部温度控制不均，加大裂缝风险。如果智能温控系统误报率高，还会造成温控措施失灵，使施工人员不能及时作出正确反应。提出了动态调节冷却水循环速率和加大夜间保温措施以提高温控效率。这些措施能减小温度波动和裂缝出现的危险。

通过调节冷却水循环速率能够更加准确地控制混凝土内温度分布和降低由于温度梯度过大而引起的应力集中。在夜间加入保温措施，例如采用隔热材料对混凝土表面进行覆盖等，能够有效地利用夜间环境温度偏低的特点，缩小昼夜之间的气温差，进而减少裂缝出现。另外，定期对冷却水管进行维护与检查以保证其通畅，并提高智能温控系统精度与可靠性、降低误报等也是改善温控效果不可忽视的环节。采取这些综合措施后，大体积混凝土施工期温度能够得到更加有效的控制，保证了施工质量并延长了建筑物使用寿命。

### 3.2 应力控制技术创新

对于应力控制，常规技术通常很难处理施工环境复杂、工程标准要求高等问题。所以，有必要对技术进行革新，以改善结构抗裂性能。<sup>[5]</sup>应力释放孔设计可有效降低应力集中程度，同时加强钢筋骨架布置可提升结构整体稳定性。这些创新技术在使用过程中需要根据具体工程案例详细分析并加以优化。通过计算分析确定了应力释放孔最优位置及大小、钢筋骨架最优布置可显著改善结构抗裂性能。

利用先进数值模拟技术对应力分布进行预测与评价，以指导应力释放孔及钢筋骨架设计。另外，采用如高性能混凝土和纤维增强塑料（FRP）这样的高性能材料，有助于进一步增强结构的抗裂能力和持久性。高性

能混凝土因其出色的抗拉强度和耐用性而受到青睐，而FRP由于其轻质和高抗拉强度的特点，已被广泛用于替代或补充钢筋，以提高结构的承载能力和延性。

施工时，要注意对施工质量进行把控，以保证设计意图的正确贯彻。其中包括施工人员的专业培训、新技术认识与操作技能的提高、施工中质量监督与检验的强化等。通过上述措施能够保证创新技术得到有效运用，改善大体积混凝土建设过程中应力控制，进而增强整体结构安全性与耐久性。

### 3.3 综合管理措施

在采取技术措施的同时，强化综合管理，对提高施工质量具有十分重要的意义。温控和应力控制责任制的建立和各方面职责的明确性能保证措施的有效实施。同时加强对施工人员的培训、提高其专业技能与安全意识也非常关键。经过定期培训与评估，能够保证施工人员对温控与应力控制等技术要求进行熟练运用，进而提升施工质量。另外，构建完整的质量监控体系和实时监控施工过程关键参数是保证施工质量行之有效的方法。其中包括对温度、湿度和混凝土强度等主要参数进行监控，并对施工期应力进行分析。通过这些监测和控制措施，能够及时地发现施工过程中存在的问题并进行相应的调整，从而保证施工过程能够顺利地进行。

为了更有效地提高管理的效率，我们可以采用如施工管理软件和移动应用这样的信息化工具，以达到施工过程数字化管理的目的。这些工具有助于管理人员对施工进度进行实时追踪、对施工质量进行监测和对可能发生的问题做出及时反应。同时通过数据分析与反馈机制的建立，能够对施工流程进行持续优化，提升施工的效

率与质量。综上所述，将技术措施与管理措施有机结合起来，可全面提高大体积混凝土施工期温控及应力控制水平、保证施工质量、延长建筑使用寿命。这样既有利于提高项目经济效益又有利于促进项目社会环境效益。

### 4 结语

文章就大体积混凝土施工过程温控及应力控制技术进行研究，并明确指出一系列优化策略及措施。这些战略与措施的落实有利于改善大体积混凝土施工质量、降低裂缝发生、增强建筑物安全性与耐久性。并指出今后的研究方向主要是温控技术智能化和自动化及应力控制技术进一步革新。今后的研究方向更多集中在温控技术智能化、自动化、应力控制技术创新等。伴随着科学技术的进步，我们可以预料未来温控技术会更准确和更有效，应力控制技术会更科学合理。这些工艺的革新与发展将会进一步促进大体积混凝土施工工艺的改进，从而为建筑工程质量与安全提供更强有力的保证。

### 参考文献

- [1]冷曦.温差控制的大体积混凝土智能温控施工[J].人民交通,2023(6):0087-0089.
- [2]傅奕帆,王林峰,程平,等.箱式隧道现浇大体积混凝土温度应力场及裂缝控制研究[J].现代隧道技术,2021(6):173-181.
- [3]刘小斌,关世雷.大体积预应力混凝土现浇箱梁施工质量及过程控制[J].文摘版:工程技术,2021(8):290-291.
- [4]李巍.高温环境下大体积混凝土温度应力裂缝的施工控制技术[J].工程机械与维修,2021(1):114-115.
- [5]林子超.高温环境下大体积混凝土温度应力裂缝的施工控制方法[J].工程技术研究,2021(18):145-146.