

大体积混凝土结构施工中温度裂缝控制与现场养护技术研究

张钟敏

湖州市港航工程建设有限公司 浙江 湖州 313000

【摘要】：大体积混凝土结构在施工过程中，因温度变化引发的温度裂缝问题严重影响结构的耐久性与安全性。针对这一问题，文章深入探讨了温度裂缝的形成机制，并提出了有效的温控措施。通过优化混凝土配比，合理安排施工顺序，以及采用科学的养护方法，可以有效减少温度裂缝的发生。现场养护技术的创新应用也在降低裂缝产生率方面发挥了重要作用。研究表明，结合温控与养护措施的综合应用，是解决温度裂缝问题的关键。

【关键词】：大体积混凝土；温度裂缝；温控措施；现场养护；施工技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.074

引言

大体积混凝土结构的施工面临着温度裂缝的挑战，这不仅影响结构的安全性和耐久性，还可能导致施工质量问题。温度裂缝主要由混凝土浇筑过程中产生的温度差异引起，这种温差会导致混凝土在硬化过程中发生不均匀的收缩。控制这一温差，减少裂缝的产生，是当前混凝土施工中的一个难题。随着现代建筑对大体积混凝土应用的需求不断增加，如何在保证结构安全的同时有效控制温度裂缝，成为了施工技术中亟待解决的重要问题。温控和养护技术的创新对于应对这一挑战具有重要意义。

1 温度裂缝形成的主要原因

1.1 混凝土温度差异的产生机制

混凝土浇筑过程中，由于混凝土内外部的热量传递速度不同，导致混凝土结构中产生温度差异。这种温差通常表现为混凝土内部的温度高于表面温度，尤其是在大体积混凝土中更为显著。大体积混凝土浇筑后，由于水泥水化反应释放出大量的水化热，使得混凝土内部温度迅速升高，而混凝土的外表面温度较低，因为表面容易与空气进行热交换。水化热的积聚与温度差异的存在，促使混凝土内部的膨胀和表面收缩产生相互作用，从而形成温度裂缝。随着混凝土的逐步冷却，内外部的温差持续存在，若这种温差超过混凝土的抗裂能力，就会引发裂缝的发生。这一过程中，混凝土的质量、配比以及施工时的环境条件都会对温差的大小和裂缝的产生产生重要影响。

为了减少温度差异带来的裂缝，施工中需要控制水化热的释放速度。这通常可以优化混凝土配合比、选择适当的水泥类型和添加剂、调整水泥的水化过程等手段来实现。合理的施工方法也有助于缓解温度差异的影响。通过分段浇筑或采用预冷的混凝土材料来降低浇筑初期的温度，从而减少温度差异的产生。控制施工环境的温度和湿度，尤其是在高温季节施工时，对于温度差异的控制至关重要。

1.2 混凝土硬化过程中的热量变化

混凝土在硬化过程中发生的水化反应是其内部温度变化

的根本原因。水泥与水反应释放的水化热直接影响混凝土的温度变化，还会改变混凝土内部的体积变化特性。水化反应的初期阶段，水泥的水化速率较高，释放的热量较多，因此温度迅速上升^[1]。这一过程的持续时间取决于水泥的类型、配比及混凝土的凝结时间等因素。在硬化过程中，水化反应逐渐减缓，热量释放的速度也开始下降，导致混凝土温度的逐渐稳定。即便如此，硬化过程中产生的温度仍然可能对混凝土的结构产生影响，尤其是在大体积混凝土中，内部热量积聚效应尤为突出。

硬化过程中的热量积聚还会带来内部应力，进而引发混凝土的裂缝。温度差异导致混凝土内外部的膨胀程度不同，内部膨胀较大，而外部因与环境接触而温度下降收缩，这种内外不均匀的膨胀和收缩作用力共同作用，容易使混凝土发生裂缝。为了缓解这一问题，常用的措施是设置合理的混凝土施工温度曲线和采取适当的冷却措施来调控水化热的释放。通过分阶段调整混凝土的浇筑时间，控制水化热的积聚速度，可以有效减缓裂缝的发生。科学的养护措施也能帮助调节混凝土硬化过程中温度的变化，减少由热量变化带来的影响。

1.3 温度裂缝的影响因素

温度裂缝的形成不仅仅与混凝土的温度差异有关，还受到多种外部和内部因素的共同影响。环境温度和湿度变化是影响温度裂缝的重要因素。在高温天气条件下，混凝土表面的水分容易蒸发，导致表面温度过快下降，与内部热量的积聚形成较大的温差。这种温差会引发混凝土的收缩，应力集中在表面，最终导致裂缝的产生。施工过程中若没有采取适当的温控措施，容易使得水泥的水化反应速度过快，增加水化热的释放，进一步加剧裂缝的风险。

混凝土的配比和施工方法也是影响温度裂缝的重要因素。在混凝土的配比中，水泥的种类、用量、添加剂的使用等都会影响水化热的产生，进而影响温度的变化。低热水泥的使用可以有效减缓水化热的释放，减少温度差异的发生，从而降低裂缝的风险。而在施工过程中，浇筑的速度、浇筑的顺序及混凝土的养护方法等也会直接影响裂缝的形成。浇筑过快会导致混

混凝土的外部温度急剧下降，内部却仍保持高温，这种快速的温差变化很容易导致裂缝的出现。合理的施工安排和技术控制可以有效避免温度裂缝的发生，确保混凝土结构的安全和稳定。

2 温控措施的应用与优化

2.1 配比优化对温控的影响

混凝土的配比对温度控制起着至关重要的作用。通过优化配比，可以有效调节水化热的释放，从而降低因温度差异引起的裂缝风险。选择适合的水泥品种是温控优化的关键。高热水泥在硬化初期释放的水化热较大，因此在大体积混凝土的施工中，使用低热水泥或者低热水泥与其他矿物掺合料的组合，能够减少水化热的过度释放，从而减小内部温差。水灰比对水化热的释放也有显著影响。较低的水灰比会使混凝土在水化过程中更容易产生高温，而过高的水灰比则会增加水分挥发，从而影响温度变化的稳定性。合理调整水灰比，保持在适宜范围内，有助于优化混凝土的热性能，确保硬化过程中的温控效果。

掺入矿物掺合料也是控制温度裂缝的重要手段。使用粉煤灰、硅灰等矿物掺合料能够降低水化反应的速率，从而减少水化热的释放，进而控制温差的形成。这些掺合料的使用可以有效减缓温度升高的速度，还能提高混凝土的抗裂性能。适当的外加剂，如缓凝剂、减水剂等，可以调节混凝土的凝结时间和流动性，进一步优化其温控性能。综合利用这些配比优化手段，不仅可以在施工过程中有效降低温度差异，还能提高混凝土的整体质量和抗裂能力。正确的配比设计是温控技术中的核心因素之一，对大体积混凝土的施工效果有着深远的影响。

2.2 施工顺序与施工方法的温控作用

施工顺序的合理安排在温控中起到至关重要的作用。对于大体积混凝土的浇筑，分段浇筑是一个常见且有效的控制方法。通过分段浇筑，可以有效避免一次性浇筑过程中产生的巨大温差，使混凝土在硬化初期的温度逐渐变化，避免因温差过大引发裂缝^[2]。在大体积混凝土施工时，混凝土的浇筑过程通常由多个阶段构成，分阶段浇筑有助于控制每一阶段的温度变化。施工人员可根据混凝土的凝结与水化过程，合理安排每一层的浇筑时间，确保每一阶段的温度在控制范围内，最大限度减少温度应力的形成。这种方法能够缓解由于温差过大引发的裂缝风险，确保混凝土结构的整体稳定性。

在施工方法上，采用温控措施也是避免裂缝的重要手段。为了减少水泥的水化热积聚，施工时可使用低温混凝土或预冷混凝土等方法进行温控。预冷混凝土在浇筑前将混凝土降温，能够有效减缓水化热的释放，从而减少混凝土内部温度的急剧上升。这种方法在高温季节施工时尤为重要，它能够显著降低高温环境下混凝土表面与内部的温差。浇筑过程中应避免在高温环境下进行快速浇筑，因为快速浇筑不仅会增加水泥的水化热，还会加剧温差不均的情况，最终导致温度裂缝的形成。合

理调整施工方法与顺序，采取温控技术，能够确保混凝土在浇筑过程中保持温度的平衡，减少温度裂缝的发生，保障结构质量。

2.3 温控技术的创新与应用

温控技术的不断创新为大体积混凝土施工提供了新的解决方案。在传统的温控技术中，常用的手段包括冷却管、水冷却和保温覆盖等方法，旨在通过外部手段调节混凝土的温度。随着技术的发展，现代温控技术逐步向智能化、自动化方向发展。采用温度监测与智能调控系统，能够实时监测混凝土的内部温度，并根据温度变化自动调整外部冷却或保温措施。这种智能温控系统能够更加精确地控制水化热的释放，避免人为操作中的误差，确保温控效果的稳定性。智能温控系统不仅提高了温度控制的效率，还能够根据具体施工环境的变化，灵活调整温控策略。

近年来一些新型材料的应用也为温控技术的发展提供了新的思路。采用温控混凝土材料，这些材料具有良好的热传导性能和较低的热膨胀系数，能够有效降低混凝土水化热释放速度，从而控制混凝土内部的温差。采用高性能隔热材料和智能保温技术，可以在施工后期继续对混凝土进行温度调节，防止因温度过低而产生的负面影响。这些创新技术的应用，不仅提高了大体积混凝土施工中的温控效果，还进一步提高了结构的耐久性和抗裂性能。随着温控技术的不断发展，未来大体积混凝土施工的温控效果将更加精准、智能，能够为建筑结构提供更加稳固的保障。

3 现场养护技术对裂缝控制的作用

3.1 养护方法的选择与实施

在大体积混凝土施工中，养护方法的选择直接影响混凝土的强度发展和耐久性。不同的养护方法适应于不同的环境和施工要求。湿养护方法在大多数情况下被广泛使用，这种方法通过保持混凝土表面的湿润，确保水分的充足供应，从而促进水泥的水化反应。湿养护可以通过喷雾、浸泡、铺设湿麻袋或使用专用养护膜等方式实施。在高温季节，及时采用湿养护可以显著减少混凝土表面的温差，避免裂缝的产生。在寒冷季节，则需采取保温养护方法，通过覆盖保温材料或使用电加热设备来维持混凝土内部的温度，防止过早冻结或水泥水化反应受到抑制。

随着现代施工技术的发展，化学养护剂的应用逐渐得到重视。这些养护剂可以在混凝土表面形成一层保护膜，减少水分蒸发并提高表面硬度。使用养护剂能节省人工和水源，还能在极端天气下有效控制混凝土表面的温度波动，减少因缺水和温差变化引发的裂缝。随着科学养护技术的不断推进，养护时间的精确控制也变得更加重要。在确保水化反应充分的前提下，合理缩短或延长养护时间有助于提升混凝土的综合性能，从而

提高整体结构的耐久性和抗裂能力。

3.2 环境条件对养护效果的影响

环境条件对混凝土养护效果有着不可忽视的影响,尤其是在温度和湿度的变化对混凝土的养护过程产生显著影响。在高温天气下,混凝土表面水分的蒸发速度加快,如果不及时补充水分,将导致表面干裂或水化不完全,严重影响混凝土的强度和耐久性^[3-5]。在高温环境下,除了采用湿养护,还需要采取适当的遮阳措施,防止太阳辐射过度影响混凝土表面。合理设置养护间隔时间,避免在高温下过快进行后续施工,也是确保混凝土质量的关键。

在寒冷天气条件下,温度过低可能导致混凝土内部冻结,从而影响水泥的水化反应。为了应对寒冷气候,施工中常采用保温养护方法,通过使用加热设备、覆盖保温材料或使用早强水泥等措施,确保混凝土能够在适宜的温度下水化反应。温度变化过快也会加剧混凝土内部的温差,应避免快速降温。湿度也是影响养护效果的一个重要因素,低湿环境下混凝土容易失水,导致强度发展不充分,因此应确保养护期间适当的湿度条件。综合来说,合理考虑环境条件变化,采取灵活的养护方法,是确保混凝土质量和性能的关键。

3.3 养护技术的改进与现场管理措施

随着科技的发展,养护技术不断得到创新,许多新型养护方法和设备的出现,使得养护工作更加高效且精准。现代施工中广泛应用了智能温湿度监控系统,实时监测混凝土养护过程

中的温湿度变化,自动调节养护环境,确保混凝土处于最佳水化条件。这种智能化管理方法能够大大减少人工干预,提高养护的精准度,并有效避免因人为疏忽导致的温控失败,保障混凝土的最终性能。传感器技术的应用也让混凝土的湿度和温度分布更加均匀,从而有效减少裂缝的产生。

现场管理措施的改进对于养护工作的顺利实施也起着至关重要的作用。有效的管理体系能够确保养护工作按时、按需开展。明确养护人员的职责,合理安排养护时段和频次,以确保混凝土能够在水化过程中获得足够的养护。管理人员还需要根据不同施工阶段的需要,调整养护方案。在混凝土刚浇筑时需要增加养护频次,确保水分不流失,而在强度逐渐提高后则可以适当减少养护强度。施工现场应保证充足的水源和养护设备,以满足养护过程中的实际需求。对养护技术的改进和现场管理措施的优化,可以显著提升混凝土的质量和稳定性,减少裂缝产生,确保大体积混凝土施工的成功。

4 结语

本文分析大体积混凝土施工中温度裂缝的成因及其控制技术,提出了通过优化配比、合理安排施工顺序和采用有效的温控技术来减少裂缝的产生。养护方法的科学选择与实施、环境条件的监控以及养护技术的创新,都在确保混凝土质量和减少温度裂缝方面发挥了重要作用。通过综合应用这些技术手段,能够有效提高混凝土结构的耐久性与安全性,保障工程施工的顺利进行。

参考文献:

- [1] 管仕辄,李仕林,刘锋,等.基础大体积混凝土夏季施工裂缝控制措施[J].科技与创新,2025,(22):36-39.
- [2] 孙正义,蔡松梅.大体积混凝土浇筑过程中的温度裂缝控制技术[J].中国房地产业,2025,(33):218-221.
- [3] 苏发扬.大体积混凝土温度裂缝控制探究[J].房地产世界,2025,(20):161-163.
- [4] 朱荣.大体积坝体混凝土抗裂施工工艺优化研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(30):211-213+174.
- [5] 席辉,任慧朝,庞旭升,等.大体积混凝土收缩开裂成因分析与影响因素研究[J].甘肃科技,2025,41(08):31-38.