

水利水电工程混凝土裂缝成因分析与防治策略

危水长

江西硕越建筑工程有限公司，江西 瑞金 342500

摘要：本文聚焦水利水电工程中混凝土裂缝这一常见且关键问题，深入剖析其成因。从原材料质量、配合比设计、施工工艺、环境因素及结构设计等多维度展开探讨，揭示各因素对混凝土裂缝形成的影响机制。在此基础上，针对性地提出涵盖原材料把控、配合比优化、施工过程管控、环境应对及结构设计改进等方面的防治策略，旨在为有效减少水利水电工程混凝土裂缝的发生、保障工程安全与耐久性提供理论支持与实践指导。通过对各成因的细致分析，揭示了裂缝形成的复杂性和多样性，强调了从源头预防和控制裂缝的重要性。

关键词：水利水电工程；混凝土裂缝；成因分析；防治策略

水利水电工程作为国家基础设施的重要组成部分，对于防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着不可替代的作用。混凝土作为水利水电工程中应用最为广泛的建筑材料，其质量直接关系到工程的整体性能和使用寿命。然而，混凝土裂缝问题一直是水利水电工程中难以避免的难题。裂缝的出现不仅会影响工程的外观质量，更可能导致结构承载能力下降、耐久性降低，甚至引发渗漏、钢筋锈蚀等严重问题，威胁工程的安全运行。因此，深入研究水利水电工程混凝土裂缝的成因，并制定科学有效的防治策略，具有重要的现实意义。

一、水利水电工程混凝土裂缝成因剖析

（一）原材料质量缺陷引发裂缝

原材料是混凝土的基础，其质量优劣直接影响混凝土的各项性能。水泥作为混凝土的主要胶凝材料，若其安定性不良，在水化过程中会产生不均匀的体积变化，从而导致混凝土内部产生应力，最终形成裂缝。骨料是混凝土的骨架，若骨料中含泥量过高，会降低骨料与水泥浆之间的粘结力，削弱混凝土的强度和抗裂性能。此外，骨料的级配不合理，会使混凝土内部孔隙率增大，降低混凝土的密实性，增加

裂缝产生的风险。外加剂的使用不当也会对混凝土性能产生不良影响，如减水剂掺量过多，可能导致混凝土离析、泌水，使混凝土表面出现裂缝^[1]。

（二）配合比设计不合理导致裂缝

混凝土配合比设计是确保混凝土性能的关键环节。水灰比过大是导致混凝土裂缝的常见原因之一。较大的水灰比会使混凝土内部游离水增多，在混凝土硬化过程中，水分蒸发会导致混凝土体积收缩，从而产生裂缝。砂率的选择不当也会影响混凝土的性能^[2]。砂率过小，混凝土的粘聚性和保水性变差，容易出现离析现象；砂率过大，则会增加混凝土的收缩量，提高裂缝产生的概率。同时，若配合比设计中对矿物掺合料的掺量控制不准确，可能会影响混凝土的早期强度发展和后期性能，进而引发裂缝。

（三）施工工艺不当造成裂缝

施工工艺对混凝土质量有着至关重要的影响。混凝土浇筑过程中，若振捣不密实，会使混凝土内部存在孔隙和蜂窝麻面，降低混凝土的强度和抗渗性，在外界因素作用下容易产生裂缝。浇筑速度过快，会使混凝土内部来不及充分排气，形成气泡和空洞，影响混凝土的

均匀性和密实性。混凝土养护是保证混凝土强度增长和减少裂缝的重要措施。若养护不及时,混凝土表面水分蒸发过快,会导致混凝土表面干缩裂缝的产生。养护时间不足,混凝土强度未达到设计要求就承受荷载,也会引发裂缝。此外,模板拆除过早,混凝土强度尚未达到拆模强度,会使混凝土结构受到破坏,产生裂缝。

二、环境因素与结构设计对混凝土裂缝的影响

(一) 环境温度变化诱发裂缝

水利水电工程多处于露天环境,混凝土会受到外界温度变化的影响。在高温季节,混凝土表面水分蒸发快,温度升高,而内部温度升高相对较慢,形成内外温差^[3]。这种温差会使混凝土内部产生温度应力,当温度应力超过混凝土的抗拉强度时,就会产生温度裂缝。在寒冷季节,混凝土会受到冻融循环的作用。反复的冻融会使混凝土内部产生微裂缝,随着冻融次数的增加,微裂缝逐渐扩展、贯通,最终形成宏观裂缝。此外,昼夜温差过大也会使混凝土表面产生反复的收缩和膨胀,导致裂缝的产生。

(二) 湿度变化引发干缩裂缝

湿度变化是导致混凝土干缩裂缝的重要原因。当环境湿度降低时,混凝土内部的水分会向外界蒸发,使混凝土体积收缩。由于混凝土表面水分蒸发速度快,内部水分蒸发速度慢,导致混凝土表面收缩大于内部收缩,从而在混凝土表面产生拉应力。当拉应力超过混凝土的抗拉强度时,就会产生干缩裂缝。在水利水电工程中,如水库大坝、水闸等工程,长期处于干湿交替的环境中,混凝土干缩裂缝的发生概率更高。

(三) 地基不均匀沉降导致结构裂缝

水利水电工程的地基条件复杂多样,若地基处理不当,可能会出现不均匀沉降。当地基发生不均匀沉降时,混凝土结构会受到附加应

力的作用。当附加应力超过混凝土的承载能力时,就会在混凝土结构中产生裂缝。例如,在软土地基上修建水利工程,若未对软土地基进行有效的处理,在工程运行过程中,软土地基会发生较大的沉降变形,导致上部混凝土结构出现裂缝。此外,不同部位的地基承载能力不同,也会使混凝土结构产生不均匀沉降,进而引发裂缝^[4]。

(四) 结构设计不合理产生应力集中裂缝

结构设计不合理是导致混凝土裂缝的内因。在结构设计中,若对结构的受力情况分析不准确,可能会使结构某些部位出现应力集中现象。例如,在结构的转角处、孔洞周围等部位,由于几何形状的突变,应力分布不均匀,容易产生应力集中。当应力集中部位的应力超过混凝土的抗拉强度时,就会在这些部位产生裂缝。此外,结构的配筋设计不合理,如钢筋直径过小、间距过大、锚固长度不足等,也会降低结构的抗裂性能,增加裂缝产生的风险^[5]。

三、水利水电工程混凝土裂缝防治策略

(一) 严格把控原材料质量

为有效防治混凝土裂缝,必须从源头抓起,严格把控原材料质量。水泥作为混凝土的核心胶凝材料,其质量优劣直接关乎混凝土的整体性能。在选择水泥时,应优先选用质量稳定、安定性良好的产品。要详细审查水泥生产厂家的资质与信誉,查看其过往产品的质量检测报告。对进场的水泥,要严格按照相关规范对其各项性能指标进行严格检测,包括强度、凝结时间、安定性等关键指标。强度不达标的水泥会使混凝土硬化后强度不足,难以承受设计荷载,进而引发裂缝;安定性不良的水泥在水化过程中会产生不均匀的体积变化,导致混凝土内部产生应力集中,最终形成裂缝。对于骨料,要严格控制其含泥量和级配。骨料中的泥分不

仅会降低骨料与水泥浆之间的粘结力，削弱混凝土的强度和抗裂性能，还会影响混凝土的和易性。在骨料进场前，应进行严格的抽样检测，根据工程所在地的地质条件和设计要求，确定合理的含泥量限值，确保含泥量符合规范要求。同时，要优化骨料级配，通过科学合理的级配设计，使骨料能够紧密堆积，减少混凝土内部的孔隙率。良好的骨料级配能够提高混凝土的密实性，降低混凝土的收缩变形，从而有效减少裂缝的产生。在使用外加剂时，要根据混凝土的性能要求和施工条件，合理选择外加剂的种类和掺量。不同的外加剂具有不同的功能，如减水剂可提高混凝土的流动性，引气剂可改善混凝土的抗冻性等。但外加剂的使用并非越多越好，掺量不当可能会对混凝土性能产生不利影响。

（二）优化混凝土配合比设计

合理的混凝土配合比是保证混凝土性能、减少裂缝产生的关键。在配合比设计过程中，要根据工程的具体要求和原材料的性能，精准确定合适的水灰比。水灰比是影响混凝土强度和耐久性的重要因素，较大的水灰比会使混凝土内部游离水增多。在混凝土硬化过程中，水分蒸发会导致混凝土体积收缩，从而产生裂缝。因此，要通过大量的试验来确定最佳水灰比，在满足混凝土工作性能的前提下，尽量降低水灰比。在试验过程中，要充分考虑原材料的波动情况，对不同批次的水泥、骨料等进行适配试验，确保确定的水灰比在实际施工中具有稳定性和可靠性。同时，要合理选择砂率。砂率的大小会影响混凝土的粘聚性、保水性和工作性能。砂率过小，混凝土的粘聚性和保水性变差，容易出现离析现象，导致混凝土内部骨料分布不均匀，进而产生裂缝；砂率过大，则会增加混凝土的收缩量，提高裂缝产生的概率。要通过试验确定不同砂率下混凝土的各项性能指标，如坍落度、扩展度、抗压强度等，选择能够使混凝土具有良好粘聚性、保水性和工

作性能的砂率。此外，要科学确定矿物掺合料的掺量。矿物掺合料如粉煤灰、矿渣粉等，具有火山灰效应、微集料效应和形态效应，能够改善混凝土的微观结构，提高混凝土的抗裂性能。但矿物掺合料的掺量并非越高越好，过高的掺量可能会影响混凝土的早期强度发展。

（三）规范施工工艺流程

施工工艺的规范与否直接影响混凝土的质量和裂缝的产生。在混凝土浇筑过程中，要确保振捣密实。振捣是混凝土施工中至关重要的环节，它能够排除混凝土内部的气泡，使混凝土均匀密实。采用合适的振捣设备和振捣方法是关键，不同的工程部位和混凝土类型可能需要不同类型的振捣设备，如插入式振捣器、平板振捣器等。要根据实际情况选择合适的设备，并严格按照操作规程进行操作。控制好振捣时间和振捣间距也十分重要，振捣时间过短，混凝土内部的气泡无法充分排出，会导致混凝土密实性不足；振捣时间过长，则可能使混凝土产生离析现象，同样影响混凝土质量。振捣间距过大，会出现振捣盲区，使部分混凝土未得到充分振捣；振捣间距过小，则会造成振捣过度。因此，要通过现场试验和经验总结，确定合理的振捣时间和振捣间距，使混凝土内部的气泡充分排出，提高混凝土的密实性。合理控制浇筑速度也不容忽视，浇筑速度过快会导致混凝土内部排气不畅，形成气泡和空洞，影响混凝土的均匀性和密实性。在浇筑过程中，要根据混凝土的供应能力、振捣设备的性能以及工程部位的尺寸等因素，合理安排浇筑顺序和速度，确保混凝土能够均匀、连续地浇筑。加强混凝土养护工作是保证混凝土强度增长和减少裂缝的重要措施。要制定科学合理的养护方案，在混凝土浇筑完成后，及时进行覆盖保湿养护。可采用塑料薄膜、草帘等材料对混凝土表面进行覆盖，保持混凝土表面湿润，防止水分过快蒸发。根据不同的环境条件和混凝土强度发展情况，确定合适的养护时间。在高

温、干燥、大风等恶劣环境下，要适当延长养护时间，确保混凝土强度达到设计要求后再承受荷载。

（四）积极应对环境因素影响

针对环境因素对混凝土裂缝的影响，应采取积极有效的应对措施。在高温季节施工时，环境温度高会使混凝土原材料温度升高，进而导致混凝土浇筑时的入模温度过高。较高的入模温度会使混凝土内部温度升高，在硬化过程中，由于内外温差过大，会产生温度应力，当温度应力超过混凝土的抗拉强度时，就会产生温度裂缝。因此，可采取遮阳、洒水降温等措施，降低混凝土原材料的温度。在原材料堆放场地设置遮阳棚，避免阳光直射；对骨料进行洒水降温，降低骨料的温度。同时，在混凝土内部埋设冷却水管，通过循环水冷却，降低混凝土内部的温度。冷却水管应合理布置，确保能够有效地带走混凝土内部的热量，减小内外温差。在寒冷季节施工时，要做好混凝土的保温工作。低温会使混凝土的水化反应速度减慢，强度增长缓慢，甚至可能导致混凝土受冻。受

冻后的混凝土内部会产生微裂缝，随着冻融次数的增加，微裂缝逐渐扩展、贯通，最终形成宏观裂缝。可采用覆盖保温材料、设置暖棚等措施，防止混凝土受冻。在混凝土表面覆盖保温被、草帘等材料，减少热量散失；在施工现场设置暖棚，提高施工环境的温度，为混凝土的水化反应创造适宜的条件。

结束语

水利水电工程混凝土裂缝问题是一个复杂且多因素交织的问题，其成因涉及原材料、配合比、施工工艺、环境因素和结构设计等多个方面。通过对这些成因的深入分析，并采取针对性的防治策略，如严格把控原材料质量、优化配合比设计、规范施工工艺流程、积极应对环境因素影响以及改进结构设计方案等，能够有效减少混凝土裂缝的产生，提高水利水电工程的质量和耐久性。在未来的水利水电工程建设中，应不断加强对混凝土裂缝防治技术的研究和应用，为保障工程的安全运行和长期效益提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 宋丽萍. 水利水电工程大体积混凝土裂缝成因与控制对策研究[J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50(07): 8-11.
- [2] 姜峰. 大体积水利水电工程混凝土裂缝原因探析[J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(02): 83-86.
- [3] 汪伟. 水利工程中大体积混凝土裂缝成因及控制[J]. 低碳世界, 2020, 10(05): 48+50.
- [4] 魏长明. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用研究[J]. 黑龙江水利科技. 2019, (11): 173-175.
- [5] 曾小荣. 水利工程施工中混凝土裂缝的成因分析与防控策略研究[J]. 中文科技期刊数据库(引文版) 工程技术, 2024(3): 92-95