

汛期高水位下水工混凝土结构裂缝扩展特征及防控技术研究

刘志瑞

河南省水利工程质量检测有限公司 河南 漯河 462000

【摘要】：本文围绕汛期高水位情形下，水工混凝土结构裂缝扩展的特征、防控技术展开相关研究。是要对水工混凝土结构在高水位、强渗流、温度变化、运行荷载共同作用时，裂缝产生、发展、扩展遵循的规律进行剖析，进而提出有针对性的防控技术路径。文章采用文献归纳、机理分析、工程技术研究相结合的方法，从裂缝扩展的影响因素、扩展特征、监测识别、防控措施、运行管理保障等多个方面进行论述。研究发现，汛期高水位会让裂缝尖端应力集中加剧，渗流侵蚀、冻融干湿损伤风险加大，裂缝扩展呈现出隐蔽性、阶段性、多因素耦合的特征。结论显示，应通过优化材料配合比、强化温控防裂、完善排水减压、实施裂缝修补、建立监测预警模式，来提高水工混凝土结构的安全性与耐久性。

【关键词】：汛期高水位；水工混凝土；裂缝扩展；渗流作用；防控技术

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.067

引言

水工混凝土结构长时间处于水压、渗流、温度、湿度、运行荷载共同作用的环境里，其裂缝问题直接关联到工程安全、耐久性。在汛期高水位状况下，水头会增大，渗流会增强，温度变化也比较明显，这既有可能致使已有的裂缝持续扩展，又有可能引发新的结构薄弱部位出现开裂现象。要是裂缝没有及时被识别与控制，就可能导致渗漏、钢筋锈蚀、局部剥蚀、整体稳定性降低等情况发生。所以，对裂缝扩展特征、防控技术展开研究具备重要的工程意义。

1 汛期高水位下水工混凝土结构裂缝问题的基本认识

1.1 汛期高水位对结构受力环境的影响

在汛期，高水位属于水工混凝土结构运行时比较典型且风险较高的一种工况。当库水位、河道水位或者闸前水位逐步升高的时候，结构迎水面承受的静水压力会不断增加，水压力朝着深度方向呈现梯度分布状态，会对坝体、闸墩、挡墙、泄洪建筑物、消力池、地下廊道等部位产生持续作用。高水位同时还会改变结构内部、基础界面的渗流状况，导致裂缝、施工缝、伸缩缝、薄弱界面处的渗透压力变大。而且在汛期降雨比较频繁，外部环境湿度大，水位涨落速度较快，结构有可能会经历快速浸润、排水不畅、局部水压波动等情况。受力环境发生变化会让原本稳定的微裂纹再次活化，从而促使裂缝尖端产生新的拉应力集中。

1.2 水工混凝土裂缝的主要类型与危害

水工混凝土裂缝依据形成原因能够分成温度裂缝、干缩裂缝、沉降裂缝、荷载裂缝、施工缺陷裂缝、耐久性损伤裂缝等类型。从形态方面来看会呈现出表面裂缝、贯穿裂缝、网状裂

缝、水平裂缝、竖向裂缝、斜向裂缝。不一样的裂缝对结构安全产生的影响程度有所差异，表层细微裂缝大概主要对外观、耐久性产生影响，然而贯穿性裂缝、顺着水流方向的裂缝、与受力主拉应力方向相同的裂缝，或许会对防渗性能、承载能力产生影响。在汛期处于高水位的状况下，裂缝所造成的危害会进一步加大。一方面，水体能够顺着裂缝进入到混凝土内部，致使出现渗漏、溶蚀、钢筋锈蚀的情况，另一方面，裂缝内部的水压力有可能促使裂缝持续张开，使得裂缝从局部损伤转变为结构性病害。水工混凝土裂缝的防控应当一同关注结构安全、防渗效果、长期耐久性。

2 汛期高水位下水工混凝土裂缝扩展的主要特征

2.1 裂缝扩展具有水压驱动性

在汛期处于高水位的情况下，水压力是促使水工混凝土裂缝得以扩展的关键要素。针对迎水面已然存在的裂缝而言，当水体进入到裂缝当中时，便会产生裂缝内部的水压力，进而使得裂缝面受到张开的作用力。一旦裂缝尖端的应力强度达到了一定的水准，那么裂缝就有可能朝着内部进行延伸。在深水区域、结构比较薄弱的部位、贯通性缺陷的附近，水压驱动的特性会更加显著。要是裂缝内部存在泥沙、溶蚀通道或者施工冷缝等情况，水压的作用还可能让裂缝的发展路径变得更为复杂。高水位持续的时间越长，裂缝内部水压所发挥的作用就越充分，裂缝扩展的风险也就越高。

2.2 裂缝扩展具有渗流侵蚀性

当裂缝成为渗流通道后，渗流水会持续侵蚀混凝土内部。汛期高水位会加大水力梯度，致使水流沿着裂缝、孔隙、界面薄弱区流动，将部分细小颗粒与可溶物质带走，造成裂缝壁面粗糙度改变、孔隙连通性增强、局部强度降低。对于有碳化、

冻融或者化学侵蚀损伤的混凝土,渗流侵蚀会进一步减弱其抗裂能力。水流携带泥沙时,还有可能引发冲刷磨损,让裂缝边缘渐渐被剥蚀。渗流侵蚀特性使得裂缝扩展具备隐蔽特征,表面裂缝宽度变化或许不大,然而内部孔隙和微裂纹网络已然发展变化。要是长期对渗流异常不予重视,裂缝可能从局部渗漏演变成集中渗漏,进而影响结构防渗模式。

2.3 裂缝扩展具有温度湿度耦合性

水工混凝土结构的体积相对较大,温度应力对于裂缝的形成、发展而言是比较重要的一个因素。汛期往往伴随着降雨情况、气温出现变化、水位产生波动,在此期间,结构的迎水面和背水面之间、表层与内部之间有可能出现温度梯度、湿度梯度。高水位浸泡会致使混凝土表面的温湿状态发生改变,使得迎水面出现降温或者湿胀的情况,然而内部温度的变化相对来说比较滞后,进而就会产生约束应力。倘若结构原本存在的裂缝处于应力集中的部位,那么温度与湿度发生变化时,就有可能促使裂缝反复开合,从而形成疲劳式扩展。

3 汛期高水位下水工混凝土裂缝扩展的影响因素

3.1 材料性能与施工质量因素

水工混凝土材料的性能是影响裂缝扩展的重要基础所在。水胶比、胶凝材料的用量、骨料级配、外加剂性能、抗拉强度、弹性模量、抗渗等级、抗冻性能等方面,均会对混凝土的抗裂能力产生影响。要是混凝土出现收缩较大的情况,或者早期水化热较高,又或者抗拉强度增长不够充分,那么在温度约束、水压作用之下,结构便更容易出现开裂现象。施工质量同样有着至关重要的作用。振捣不够密实、养护不充足、施工缝处理不妥当、模板发生变形、钢筋保护层存在偏差、预埋件周边出现缺陷等,都会形成裂缝扩展的薄弱通道。

3.2 结构约束与荷载变化因素

水工混凝土结构常常会受到来自基础、相邻结构、钢筋、廊道、孔洞、边界条件等方面的约束。一般来说约束程度越高,那么温度变形、收缩变形就越难以自由地释放出来,进而结构内部也就越容易形成拉应力。在汛期处于高水位的情况下,水压力、扬压力、泥沙压力、浪压力、闸门运行荷载等诸多因素都有可能发生变化,如此便会使得结构的受力状态变得更加复杂。当水位快速上涨或者下降的时候,结构内外的水压响应并不同步,这种情况也有可能造成不利的应力。

3.3 运行管理与环境作用因素

运行管理、外部环境会对裂缝的扩展产生持续的影响。像是水位的调度情况、泄洪的运行状况、闸门的启闭操作、排水系统的状态、日常巡查的频次等方面,均会对结构裂缝的发展

造成影响。要是排水孔出现堵塞、廊道排水不畅通或者减压设施实效,那么结构内部的渗透压力便会升高,随着而来的就是裂缝扩展的风险增加。在汛期时候,暴雨、洪水、漂浮物的冲击、泥沙的磨蚀、水质的侵蚀等这些环境作用,同样有可能对混凝土表层、裂缝周边区域产生削弱作用。

4 汛期高水位下水工混凝土裂缝防控技术路径

4.1 加强材料优化与温控防裂技术

材料优化乃是裂缝防控的一项基础举措。水工混凝土需要依据结构部位、环境条件、抗裂要求,合理把控水胶比,优化骨料级配,挑选适宜的矿物掺合料与外加剂这般来提高其密实性、抗渗性、抗裂性。对于大体积水工混凝土而言,要着重控制水化热,借助低热水泥、粉煤灰或者矿渣掺合料、分层分块浇筑、冷却水管、表面保温保湿、延长养护等一系列措施去降低温度应力。

4.2 完善排水减压与防渗控制技术

在汛期处于高水位的情况下,设法降低裂缝内的水压力、结构内部的渗透压力,这是控制裂缝扩展非常关键的举措。水工建筑物务必要保证排水孔、排水廊道、反滤层、减压设施处于畅通状态,要及时地清理其中出现的淤堵情况、析出物,以此确保渗流水能够依照有序的方式排出。对于那些渗漏风险相对较高的部位,可以借助帷幕灌浆、接触灌浆、裂缝灌浆、表面防渗涂层、止水系统修复等多种方式来强化防渗能力。进行防渗控制时应当依据裂缝的性质来挑选技术路线,若是细微的表面裂缝,那么可采用封闭保护的方式,而对于贯穿或者渗水裂缝,则需要进行灌浆处理并且协同做好排水工作。

4.3 实施裂缝修补与结构加固技术

对于那些已经出现且存在扩展风险的裂缝而言,要依据裂缝的宽度、深度、走向、渗水状况、受力影响等来挑选修补加固技术。要是裂缝属于表层非结构性裂缝,那么能够采用表面封闭、涂层防护、柔性密封材料处理的方式,以此来阻止水分、有害介质进入其中。要是遇到渗水裂缝或者贯穿裂缝,可采用水泥基灌浆、化学灌浆或者复合灌浆材料予以充填,从而提高其抗渗性、整体性。而对于那些影响结构承载或者稳定的裂缝,则需结合粘钢、碳纤维加固、增设锚固、局部补强或者结构卸荷等措施来处理。

5 汛期高水位下裂缝防控的监测管理保障机制

5.1 构建裂缝监测与风险预警体系

裂缝防控要依赖监测数据给予支持。水工混凝土结构需依据重要程度、风险部位来布设裂缝计、渗压计、温度计、位移计、渗流量监测设施还有视频巡检设备,进而持续把握裂缝宽

度、开合变化、渗流状况、温度变化、结构变形。在汛期高水位的时候,要加大巡查频率,着重记录裂缝端部延伸、渗水颜色改变、渗流量突然增加、局部剥蚀等现象。风险预警模式要对水位、降雨、渗流、裂缝和位移数据展开综合分析,设定分级预警阈值。

5.2 完善汛期巡查与应急处置机制

汛期对于水工混凝土结构裂缝风险管理而言是至关重要的阶段。管理单位需要建立起汛前检查、汛中巡查、汛后复查的相关机制。在汛前的时候,要对裂缝、伸缩缝、施工缝、止水设施、排水系统、监测设备的状态展开全面的检查,将隐患预先处理好,汛中阶段,要依据水位变化、降雨情况进行重点巡查,并及时把渗漏、裂缝变化、结构异常的情况记录下来,汛后则要针对结构受损的状况进行复核评估,进而形成维修计划。应急处置机制应当明确在不同风险等级之下的处理措施,像是临时封堵、导排减压、限制运行、降低水位、加密监测、组织专家进行研判等。应急材料、设备、人员都应当提前做好准备,防止风险发生之后处置出现迟缓的情况。对巡查和应急机制加以完善,能够把裂缝风险控制在可管理的范围之内。

5.3 健全全过程质量管理与技术档案机制

水工混凝土裂缝防控属于一项贯穿始终的工作,要建立起完备的质量管理、技术档案。在建设阶段,需记录材料配合比、浇筑时的温度、养护方式、施工缝处理办法、质量检测情况、

初始裂缝状况,运行阶段,则持续记录水位变化情况、裂缝监测数据、渗流观测结果、维修加固措施、异常处置资料。技术档案可为裂缝扩展分析提供历史方面的依据,有助于判断裂缝变化是否与水位、温度、施工缺陷或者运行工况存在关联。质量管理也要明确设计、施工、监理、运行、维护各方的责任,保证裂缝防控措施落实到具体的人、具体的环节。对于已经修补的裂缝,要建立跟踪档案,定期对修补效果进行评价。全过程管理能够防止资料出现断裂、经验流失,提高水工混凝土结构长期安全管理的水平。

6 结论

在汛期处于高水位的情况下,水工混凝土结构出现裂缝扩展的现象,这是水压、渗流、温度湿度、材料性能、结构约束、运行管理等诸多因素共同发挥作用而导致的结果。相关研究显示,高水位会让裂缝内部的水压力、渗流侵蚀作用得到增强,进而使得裂缝扩展展现出水压驱动性、渗流侵蚀性、温度湿度耦合性等特点。对裂缝扩展产生影响的主要因素有材料性能与施工质量方面、结构约束与荷载变化方面、运行管理与环境作用方面。要想防控裂缝风险,那么就要从源头开始加强材料优化、温控防裂技术,在运行过程中完善排水减压、防渗控制技术,针对已有的裂缝进行科学的修补、结构加固。还应当建立裂缝监测与风险预警模式,完善汛期巡查、应急处置机制,健全全过程质量管理、技术档案机制。

参考文献:

- [1] 水利部.水工混凝土结构设计规范:SL 191—2008[S].北京:中国水利水电出版社,2008.
- [2] 水利部.水工混凝土施工规范:SL 677—2014[S].北京:中国水利水电出版社,2014.
- [3] 朱伯芳.大体积混凝土温度应力与温度控制[M].北京:中国电力出版社,2012.
- [4] 田育功,周宜红.水工混凝土裂缝成因及防治措施研究[J].水利水电技术,2019,50(08):112-118.
- [5] 张社荣,李守义.水工混凝土结构耐久性损伤与防护技术研究[J].水利学报,2020,51(06):721-730.