

水工建筑物老化病害诊断与加固修复技术研究

袁剑杰

郴州市水电建设公司

DOI:10.12238/hwr.v8i8.5635

[摘要] 水工建筑物作为水利工程的基石,长期受自然环境侵蚀与运行负荷影响,普遍面临老化病害问题,直接威胁工程安全与效益。针对这一现状,开展老化病害的科学诊断与加固修复技术研究显得尤为关键。本文深入研究水工建筑物老化病害的类型、诊断技术及加固修复技术。详细剖析了裂缝、渗漏、混凝土碳化等病害特征,阐述了外观检查、无损检测、钻孔取芯等诊断方法及针对各类病害的具体修复措施,为保障水工建筑物安全稳定运行提供技术支持与理论依据。

[关键词] 水工建筑物; 老化病害; 诊断技术; 加固修复技术

中图分类号: TD229 文献标识码: A

Study on diagnosis and reinforcement of aging disease of hydraulic structure

Jianjie Yuan

Chenzhou hydropower construction company

[Abstract] as the foundation stone of hydraulic engineering engineering, hydraulic structures have been affected by environmental erosion and operating load for a long time, and generally face the problem of aging diseases, which directly threaten the safety and benefit of engineering. In view of this situation, it is very important to carry out scientific diagnosis of aging diseases and research on strengthening and repairing technology. In this paper, the types, diagnosis techniques and reinforcement and repair techniques of aging diseases of hydraulic structures are deeply studied. The features of crack, leakage and concrete carbonation are analyzed in detail, and the diagnostic methods such as appearance inspection, non-destructive testing, core drilling, etc., it provides technical support and theoretical basis for ensuring the safe and stable operation of hydraulic structures.

[Key words] hydraulic structure; aging disease; diagnosis technology; reinforcement and repair technology

水工建筑物在长期服役过程中,受多种因素影响,老化病害问题日益突出。这些病害不仅影响其功能发挥,还对人民生命财产安全构成潜在威胁。因此,深入研究水工建筑物老化病害的诊断与加固修复技术具有重要现实意义。本文旨在系统分析各类病害表现形式、成因、诊断及修复技术,为水工建筑物的维护管理提供全面的技术支撑。

1 水工建筑物老化病害的类型及特征

1.1 裂缝

在水工建筑物中,裂缝产生原因多样。混凝土收缩在硬化过程中因水分散失、体积收缩且受约束易引发裂缝,如薄壁结构易出现表面裂缝,占比30%。温度变化对大体积混凝土影响显著,水泥水化热致内外温差大产生温度应力,超混凝土抗拉强度时形成裂缝,占比25%。基础不均匀沉降使上部结构受拉应力或剪应力产生裂缝,占比20%^[1]。荷载作用包含静荷载与动荷载,静荷载长期作用下混凝土结构可能徐变引发裂缝,动荷

载使水工建筑物承受周期性应力在薄弱部位产生裂缝,占比25%(见表1)。

其表现形式丰富,纵向裂缝沿结构长度方向延伸,如水工隧洞衬砌因围岩压力不均匀分布可致纵向裂缝。横向裂缝垂直于结构长度方向,多见于梁、板受横向荷载或温度应力作用时。斜裂缝呈一定角度倾斜,多由结构受扭矩、剪力等复合应力产生,如水工建筑物墩、柱受水流冲击力和风力作用可能形成。裂缝宽度和深度差异大,轻微者仅表面可见,影响小。严重者可贯穿结构,对结构整体性和安全性构成严重威胁(见图1)。

其危害程度大,破坏水工建筑物整体性,降低结构承载能力,易产生应力集中致局部破坏,还降低抗渗性,引发钢筋锈蚀、混凝土冻融破坏等,加速钢筋锈蚀又加剧裂缝发展,形成恶性循环,缩短水工建筑物使用寿命,在恶劣环境中加速有害物质侵入,严重影响结构耐久性。

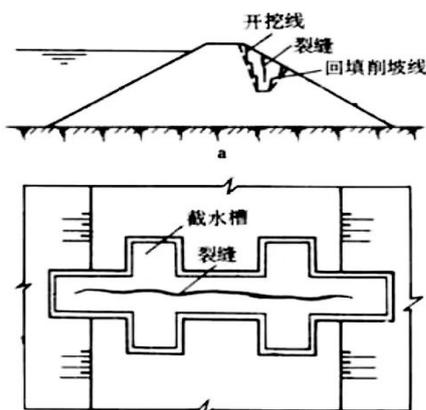


图1 水工建筑典型裂缝示例剖析图

表1 不同原因导致裂缝的占比情况

裂缝产生原因	占比
混凝土收缩	30%
温度变化	25%
基础不均匀沉降	20%
荷载作用	25%

1.2 渗漏

在水工建筑物中, 渗漏产生原因主要有混凝土的孔隙和裂缝、止水材料老化损坏以及施工质量缺陷(见表2)。混凝土浇筑时振捣不密实、配合比不合理等致内部有微小孔隙和裂缝, 成为渗漏途径, 如底板、侧墙施工质量不过关易渗漏, 案例达50例。止水材料如止水带、止水条等受水流冲刷、紫外线照射、温度变化等影响老化失去弹性导致渗漏, 案例有30例。施工质量缺陷如施工缝处理不当、止水带安装不规范及管道和预埋件穿部位密封不好等引发渗漏, 案例有20例。

其表现形式多样, 面渗漏为大面积潮湿或渗水, 常见于大坝坝面、水池池壁等, 多因混凝土抗渗性能不足或防水层失效^[2]。线渗漏沿线路或缝隙出现, 如施工缝、变形缝部位易形成连续渗漏通道。点渗漏在局部位置, 因密封不严或局部混凝土缺陷致水渗出。

其危害极大, 造成水资源浪费增加工程成本, 在缺水地区问题突出, 大量水渗漏无法有效利用。还影响建筑物基础和周围环境, 长期渗漏使基础土体饱和和降低承载能力, 引发沉降、倾斜, 渗漏水中有有害物质污染土壤和水体。长期渗漏可致地基软化、结构失稳, 大渗漏水流会冲刷土体破坏结构致地基承载力下降, 在大坝、水闸等不及时处理可能引发重大安全事故。

表2 不同原因导致渗漏的案例数量分布

渗漏产生原因	案例数量
混凝土的孔隙和裂缝	50例
止水材料的老化损坏	30例
施工质量缺陷	20例

1.3 混凝土碳化

混凝土碳化是由于混凝土中的氢氧化钙与空气中二氧化碳反应生成碳酸钙和水致碱性降低, 其过程受二氧化碳浓度、湿度、温度等因素影响。二氧化碳浓度增加加快碳化反应速度, 大气中二氧化碳浓度一般为0.03%~0.04%, 工业污染严重地区浓度更高。湿度在相对湿度50%~70%时碳化最快, 超出此范围逐渐降低。温度在一定范围内与碳化速度正相关, 超过一定温度后碳化速度下降。

其表现为混凝土表面颜色因碳化物质与未碳化混凝土颜色差异而变浅, 质地因氢氧化钙消耗和胶凝材料结构破坏变疏松, 强度和密实度降低, 力学性能受影响, 抗压、抗拉强度下降, 碳化深度大时可能破坏钢筋表面钝化膜引发锈蚀。

其危害不可忽视, 降低结构承载能力, 影响水工建筑物安全, 缩短使用寿命, 易受冻融循环、化学腐蚀侵蚀加速劣化, 增加维修加固成本, 需采取防护涂料涂刷、表面强化处理等措施。

2 水工建筑物老化病害的诊断技术

2.1 外观检查

外观检查作为基本诊断方法之一, 主要依靠肉眼观察与简单工具测量, 对水工建筑物表面的裂缝、渗漏、变形等病害进行初步判断和评估^[3]。检查需全面细致涵盖顶部、侧面、底部、连接处等部位, 肉眼可发现裂缝位置、宽度、长度, 渗漏部位及形式, 变形程度等特征, 还能借助钢尺、裂缝宽度检测仪、水准仪等工具测量病害尺寸和变形量。实际工程中, 如对大坝外观检查时, 检查人员沿坝顶、坝坡、坝脚巡查, 观测坝体表面裂缝、渗漏点、隆起或凹陷等, 并使用相应工具测量。

其优点在于方法简单直观, 无需复杂设备技术, 能快速发现明显病害, 为后续诊断提供初步依据, 且可在水工建筑物正常运行时进行, 不干扰工程。缺点是仅能发现表面病害, 对内部裂缝、钢筋锈蚀等无法直接观测, 需借助其他检测方法, 且准确性受检查人员经验和主观判断影响大, 不同人员对同一病害判断结果可能不同。在某水闸病害诊断中, 外观检查发现了闸墩表面裂缝和闸门止水处渗漏, 为后续详细检测分析提供线索, 但未能察觉内部微小裂缝和钢筋早期锈蚀, 凸显其局限性。

2.2 无损检测技术

超声检测法利用超声波在混凝土中的传播特性检测内部缺陷和裂缝深度, 检测精度高且操作相对简便, 仅需在混凝土表面布置超声换能器, 但对检测人员技术水平要求高。如对某水工建筑物检测时, 根据波速计算公式, (其中 v 为波速, L 为传播距离, t 为传播时间), 可推断该区域混凝土内部存在缺陷或裂缝。假设正常区域波速为 v_0 , 传播距离为 L , 传播时间为 t_0 , 而在异常区域传播时间达到了 t , 由此可初步判断该区域可能存在裂缝或疏松等问题。例如, 在某大型水坝的检测中, 采用超声检测法成功发现了坝体内部的一些隐藏裂缝, 为后续的修复工作提供了准确的位置信息和裂缝深度数据。

雷达检测法通过发射高频电磁波并接收反射信号探测混凝土内部结构和缺陷, 可快速、大面积检测, 然而对于含水量较高

的混凝土,检测效果受电磁波传播干扰影响。如在某地下水工隧道检测时,依据部分区域反射信号异常强烈,经实地勘察证实存在因施工质量问题导致的混凝土不密实区域,如空洞或裂缝。

红外热成像法根据物体表面温度分布判断内部缺陷和病害,适用于检测混凝土渗漏、空鼓等,当内部有此类问题时表面温度分布改变,但对温度变化较小的病害检测精度低。例如对某水工建筑物屋顶检测时,发现部分区域温度明显高于其他区域,经进一步检查确定是防水层破损致使雨水渗入并积聚引起温度差异。

2.3 钻孔取芯检测

在水工建筑物的关键部位钻孔取芯,通过对芯样的物理力学性能测试和分析,了解混凝土的强度、密实度、碳化深度等参数^[4]。钻孔取芯检测是一种直接、可靠的检测方法,但会对建筑物造成一定的损伤。例如,通过对芯样进行抗压强度测试,假设某芯样直径为,高度为,在压力试验机上以一定的加载速率进行加载,当压力达到50KN时芯样发生破坏,根据抗压强度计算公式(其中为抗压强度,为破坏荷载,为芯样截面积),可计算出该芯样的抗压强度。同时,通过对芯样的微观结构分析,可以了解混凝土的碳化深度和内部孔隙结构等信息。

3 水工建筑物老化病害的加固修复技术

3.1 裂缝修补技术

对于宽度较小的裂缝,可以采用表面封闭材料,如聚合物水泥防水涂料、环氧树脂胶泥等,对裂缝进行封闭处理,防止水分和有害物质的侵入。

对于宽度较大的裂缝,可以采用压力灌浆的方法,将灌浆材料注入裂缝内部。常用的灌浆材料有水泥浆、环氧树脂浆、聚氨酯浆等。选择灌浆材料时需要根据裂缝的具体情况和工程要求进行综合考虑,例如对于需要较高强度和耐久性的裂缝,可以选择环氧树脂浆。对于一些对环保要求较高的工程,可以选择聚氨酯浆。

施工时首先在裂缝表面设置灌浆嘴,然后通过压力设备将灌浆材料注入裂缝内部。在施工过程中需要控制好灌浆压力和灌浆速度,确保灌浆材料能够充分填充裂缝,提高结构的整体性和抗渗性。以某水闸的裂缝处理为例,根据裂缝的类型和严重程度,分别采用了表面封闭法和压力灌浆法进行处理。对于宽度较小的裂缝,采用表面封闭材料进行封闭。

3.2 渗漏治理技术

在水工建筑物渗漏治理中,表面防渗处理是在其表面涂刷防渗材料如防水涂料、防水卷材以形成防渗层阻止水分渗漏,防水涂料适用于形状复杂部位,防水卷材适用于大面积防渗,施工时要确保基层平整干净,涂刷或铺设材料均匀密实,注意搭接

部位处理以防防渗效果连续。内部灌浆堵漏针对渗漏严重部位,将具有快速凝固、粘结强度高特点的堵漏材料如水泥-水玻璃双液浆、聚氨酯灌浆材料等注入渗漏通道堵塞渗漏点,施工需依渗漏部位情况选择合适灌浆孔位置和灌浆压力,如某大坝通过在渗漏部位周围布置灌浆孔并注入水泥-水玻璃双液浆成功堵塞渗漏点减少渗漏量。增设止水设施是在伸缩缝、施工缝等部位设置止水带、止水条等,其具有良好弹性和密封性可防水分渗漏,安装时要确保位置准确、固定牢固以防施工中位移或损坏,如某大坝在坝体上游一面铺设防渗土工膜,对渗漏部位灌浆并改造完善排水系统以有效减少渗漏量。

3.3 混凝土碳化修复技术

表面涂刷防护涂料方面,选用硅烷浸渍剂、聚合物水泥防水涂料等具有抗碳化性能的防护涂料,这些涂料能阻止二氧化碳侵入以延缓碳化速度,选择时需考虑与混凝土的黏结性能及耐候性等。施工时要清洁处理混凝土表面以确保涂料良好附着,且可通过定期检测涂刷后的混凝土碳化深度,并与未涂刷的对比来评估抗碳化效果^[5]。

混凝土表面强化处理采用机械打磨、喷砂等去除碳化层后涂刷混凝土增强剂,以此提高混凝土强度与抗碳化性能。

4 结论

水工建筑物老化病害的诊断与加固修复工作复杂且关键。通过对各类诊断技术和加固修复技术的研究与应用,可有效提高水工建筑物的安全性和耐久性。实际工程中,应根据具体情况选择合适的诊断方法和修复技术,结合先进监测手段与数据分析,实现精准评估和有效修复。同时,加强日常维护管理,定期检测,及时处理病害,延长水工建筑物使用寿命。

【参考文献】

- [1]韩仲凯,宋家新,崔魁,等.东引汶灌区渠系建筑物病害老化分析及策略研究[J].灌溉排水学报,2023,42(S1):145-148.
- [2]李珍,冯菁,韩炜,等.水工建筑物混凝土新型防护材料研究与应用[J].长江科学院院报,2021,38(10):140-147.
- [3]宋亚涛,张永辉,丁清杰.水工建筑物过流面耐老化抗冲击涂层材料的实验与研究[J].河南水利与南水北调,2021,50(08):29-31.
- [4]陶佳亮.水工建筑物工程老化程度评价指标[J].黑龙江水利科技,2014,42(06):20-22.
- [5]刘华鑫.水工建筑物的老化问题[J].河南水利与南水北调,2012,(14):151-152.

作者简介:

袁剑杰(1995--),男,汉族,湖南桂阳人,本科,建筑中级,从事水利领域。