

水工混凝土裂缝检测技术浅析

陈勇 庄志凯

中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

摘要：水工混凝土裂缝是水工结构中的普遍问题之一，裂缝的出现对水库大坝整体造成很大影响，同时对混凝土的耐久性、大坝的安全构成威胁。水工混凝土由于体积大，施工控制难度大、施工过程中的水化热、塑性收缩和塑性坍塌、原材料质量、混凝土搅拌和温度控制、后期使用过程中的昼夜温差以及季节性温差等因素都是产生裂缝的原因之一。为保证水工结构的可靠运行，通过对裂缝的检测方法和技术要点进行研究，保证检测结果的可靠性和提高检测结果的可比性，对裂缝的危害进行综合分析评估，为后续修复加固提供依据。

关键词：水工混凝土；裂缝；检测方法；裂缝性质
【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.20.051

引言

混凝土工程结构中产生裂缝的情况较为常见，造成裂缝的原因也较多。正常情况下较为轻微的裂缝并不会对普通建筑物造成影响，无须对其过多关注^[1]。在设计规范中对各类混凝土结构的裂缝都是允许存在裂缝的，只要裂缝宽度和深度在规范限值以内都不影响结构的正常使用。但是对水工混凝土来说，要求就要严格很多，对施工质量的控制要求非常严格。由于水工混凝土的体积一般都比较大，浇筑的混凝土在凝结时会产生大量的水化热，施工控制难度大。

为了在施工阶段控制裂缝的产生，在不影响混凝土强度及耐久性的前提下，需采取措施减少混凝土水化热温升，如需对混凝土的掺合料的掺量控制合理、使用发热量较低的水泥、使用高效减水剂等。但在后续的使用过程中也难免出现裂缝，为保证水工结构的安全性和稳定性，我们应对水工混凝土的裂缝性质及病害程度进行有效检测及评估。

一、检测方法和原理

(一) 超声波（平测法）

(1) 将发、收换能器平置于裂缝附近有代表性的、质量均匀的混凝土表面上，两换能器内边缘相距为 d' 。在不同的 d 值（如 50mm、100mm、150mm、200mm、250mm、300mm 等，必要时再适当增加）的情况下，分别测读出相应的传播时间 t_0 。

(2) 以距离 d' 为纵坐标，时间 t_0 为横坐标，将数据点绘在坐标纸上。若被测处的混凝土质量均匀、无缺陷，则各点应大致在一条不通过原点的直线上。

(3) 根据图形计算出这直线的斜率（用直线回归计算法），即为超声波在该处混凝土中的传播速度 V 。按 $d=t_0 \cdot V$ ，计算出发、收换能器在不同 t_0 值下相应的超声波传播距离 d （ d 略大于 d' ）。

(4) 垂直裂缝测试，将发、收换能器平置于混凝土表面上裂缝的各一侧，并以裂缝为轴相对称，两换能器中心的连线应垂直于裂缝的走向。沿着同一直

线，改变换能器边缘距离 d 。在不同的 d 值（如 50mm、100mm、150mm、200mm、250mm、300mm 等），分别读出相应的绕裂缝传播时间 t_1 。

裂缝深度按下式计算：

$$h = \frac{d \sqrt{(t_1/t_0)^2 - 1}}{2} \quad (1-1)$$

式中， h —为裂缝深度，mm； t_1 —绕缝的传播时间， μs ； t_0 —相应的无缝平测传播时间， μs ； d —相应的换能器之间的传播距离，mm。

(二) 面波法

面波法是利用瑞利波（面波的一种）的衰减特性来测试混凝土构造物中的裂缝深度。该方法特点是测试范围大，受充填物、钢筋、水分的影响小，特别适合测试较深的裂缝。

瑞利波在传播过程中所发生的几何衰减和材料衰减，可以通过系统修正，而保持其振幅不变。但是，瑞利波在遇到裂缝时，其传播在某种程度上被遮断，在通过裂缝以后波的能量和振幅会减少。因此，根据裂缝前后的波的振幅的变化（振幅比），便可以推算其深度。根据试验资料和理论分析结果，计算公式如下：

$$H = -0.7429 \lambda \ln(x) \quad (1-2)$$

式中， H 、 λ 和 x 分别为裂缝深度、表面波波长和裂缝后/前的振幅比（需经几何衰减修正）。

二、裂缝评价标准

根据相关的技术标准，按裂缝缝宽和缝深分类见表 1，按裂缝所处部位的工作或环境条件分为以下三类：一类：室内或露天环境；二类：迎水面、水位变动区或有侵蚀地下水环境；三类：过水面、海水或盐雾作用区。

三、工程实例

某水库工程位于贵州省境内，水工挡水建筑物为混凝土面板堆石坝，面板钢筋混凝土防渗面板由顶至底厚 0.30~0.55m，采用 C25 钢筋砼，砼抗渗等级为 W8，抗冻等级为 F50。面板混凝土采用滑模浇筑，面板内不设永久水平缝，为了适应坝体变形，对面板采取分垂直缝处理，垂直缝底部在距周边缝法线方向 0.6m 范围布置成与周边缝垂直的型式。大坝面板在施工期间出现不同程度的裂缝。为保证水库的正常蓄水，本次对裂缝的性质及病害进行综合检测及评估。

(1) 采用现场测量和超声波对大坝面板裂缝的长度、裂缝的宽度、裂缝深度以及裂缝所在高程进行检测，并对裂缝的性质进行综合分析；

(2) 为后续设计处理提供依据。

(一) 现场检测

根据现场面板的实际情况，每块面板自上而下对每条裂缝的长度、宽度、深度以及裂缝的位置进行检测及素描。测线布置如图 1。

表1 裂缝分类表

混凝土	项目	裂缝类型	特性	分类标准	
				缝宽	缝深
水工大体积混凝土	A类裂缝	龟裂或细微裂缝	$\delta < 0.2\text{mm}$	$h \leq 300\text{mm}$	
	B类裂缝	表面或浅层裂缝	$0.2\text{mm} \leq \delta < 0.3\text{mm}$	$300\text{mm} \leq h \leq 1000\text{mm}$	
	C类裂缝	深层裂缝	$0.3\text{mm} \leq \delta < 0.5\text{mm}$	$1000\text{mm} \leq h \leq 5000\text{mm}$	
	D类裂缝	贯穿性裂缝	$\delta \geq 0.5\text{mm}$	$h > 5000\text{mm}$	
水工钢筋混凝土	A类裂缝	龟裂或细微裂缝	$\delta < 0.2\text{mm}$	$h \leq 300\text{mm}$	
	B类裂缝	表面或浅层裂缝	$0.2\text{mm} \leq \delta < 0.3\text{mm}$	$300\text{mm} \leq h \leq 1000\text{mm}$ 且不超过结构宽度的1/4	
	C类裂缝	深层裂缝	$0.3\text{mm} \leq \delta < 0.4\text{mm}$	$100\text{cm} \leq h \leq 200\text{cm}$ ，或大于结构厚度的1/4	
	D类裂缝	贯穿性裂缝	$\delta \geq 0.4\text{mm}$	$h > 200\text{cm}$ 或大于2/3结构厚度	

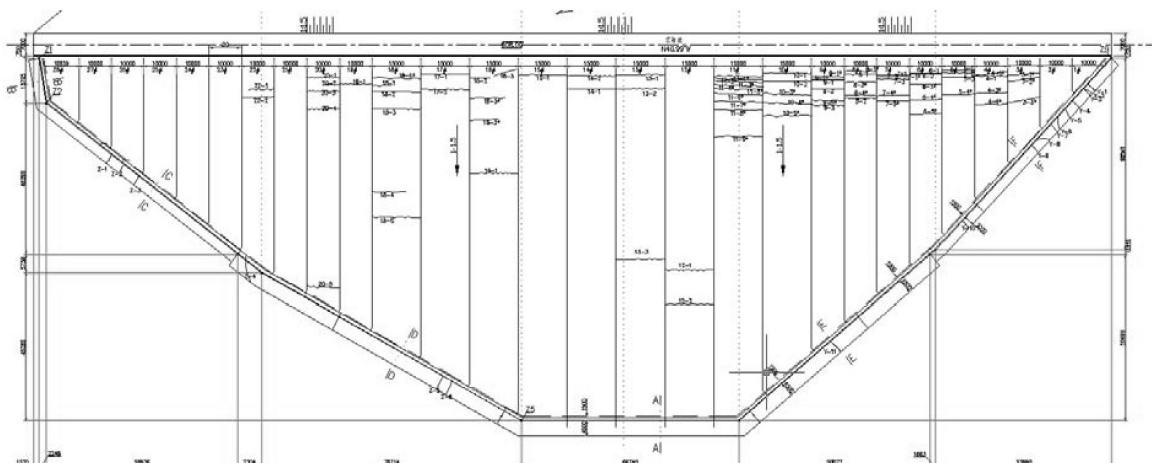


图1 检测测线布置图

表3-2 面板混凝土裂缝检测成果表

面板编号	裂缝编号	检测位置标高 (m)	裂缝尺寸			裂缝类型
			长度 (m)	宽度 (mm)	深度 (mm)	
3#	3-1	501.3	3.5	1.24	85	D类裂缝
3#	3-3	502.6	2.3	0.98	118	D类裂缝
5#	5-1	502.0	4.0	0.85	228	D类裂缝
5#	5-4	501.1	2.5	1.63	141	D类裂缝
7#	7-1	501.9	2.2	1.25	252	D类裂缝
7#	7-4	501.8	1.8	0.98	178	D类裂缝
9#	9-1	501.6	3.0	0.56	268	D类裂缝
9#	9-3	501.3	2.6	1.45	120	D类裂缝
10#	10-1	500.7	2.2	0.72	39	D类裂缝
11#	11-1	501.7	15.0	1.04	113	D类裂缝
13#	13-2	501.8	10.0	0.37	191	C类裂缝
15#	15-1	498.5	10.0	0.30	113	C类裂缝
18#	18-2	499.4	4.8	0.24	129	B类裂缝
19#	19-1	498.1	10.0	0.54	276	D类裂缝
20#	20-2	494.5	10.0	0.24	198	B类裂缝
22#	22-2	477.1	12.5	0.72	141	D类裂缝

(二) 检测结果

本次检测2块趾板和28块面板共131条裂缝，其中，A类裂缝40条，B类裂缝35条，C类裂缝18条，D类裂缝38条。现将典型的裂缝汇总见表2。

四、结果判定

依据《水工混凝土建筑物缺陷检测和评估技术规范》(DL/T 5251)的技术要求，本次检测的131条裂缝，其中，A类裂缝40条，B类裂缝35条，C类裂缝18条，D类裂缝38条。后续使用中需对B类、C类、D类裂缝进行处理。

五、结语

水工混凝土的裂缝成因大多数是在施工过程中产生，后续使用过程中由于受温度、应力应变同样会产生裂缝。其裂缝的出现会导致混凝土结构的强度、安全性和耐久性显著降低。需对裂缝的性质及病害进行有效的检测，及时了解裂缝的发育趋势，为水工建筑物的除险加固提供依据，保证工程的稳定及安全运行。

参考文献

[1]王瑞瑶.水工混凝土裂缝的成因及防治对策[J],建筑节能,2020(09):0080:02.

作者简介:陈勇(1983-),男,汉族,贵州普安人,高级工程师,本科,主要从事水利水电、市政桥梁、道路、隧道质量、房屋建筑等方面的检测工作以及建筑工程质量司法鉴定工作。