

浅论超声检测系统的大距离穿透能力

混凝土超声检测系统的声穿透能力的大小是指超声系统发射的声波在经过较大的声程后能够被接收换能器接收到并能正确识别判读其声参量（如声时、波幅等）的条件下所允许的最大测试距离。

超声系统用于大体积混凝土时，声穿透能力越大，表示可测试混凝土的尺度越大。同时，提高了超声系统的穿透能力，也就是提高了对微弱信号的拾取与识别能力，有助于提高对混凝土内部缺陷的检测能力。

有些测试人员认为穿透能力单纯是由仪器性能决定的，这种认识不够全面，能够穿透多大尺度的混凝土，除了仪器性能以外，还与换能器性能、测试条件以及被测混凝土密实情况等因素有关：

1、与超声仪的接收灵敏度有关

超声仪的接收灵敏度是指接收波首波波幅达到一定的可量测数值所需要的最小接收值，也就是仪器可以接收并识别判读的接收信号的最小值，接收灵敏度决定于一定信噪比（例如 3：1）条件下的放大能力。NM 系列超声仪的最大增益为 78 dB，同时可以保证在最大增益条件下其本机噪声在 $30\mu\text{V}$ 以下，也就是保证了一定信噪比条件下的放大能力

2、与发射信号的产生方式有关

电火花激振源：单次激励，频率较低，能量较大可控，激励一致性好，传播距离大
锤击激振源：单次激励，频率更低，能量大可控，激励一致性略差，传播距离大
换能器激振源：周期性激励，频率较高，能量小，传播距离小

3、与换能器的性能有关

换能器频率：指换能器发射脉冲信号的主频，超声信号在混凝土中传播，其信号的衰减与信号频率有关。例如 50kHz 的高频超声信号的衰减比 20kHz 超声信号的衰减要大，因此，低频超声波的穿透能力要比高频超声波穿透距离大

指向性：换能器的指向性越强，信号能量越集中，穿透能力越强。换能器的指向性与换能器的辐射面的线度和信号波长之比有关，当辐射面线度大于波长时，换能器开始有指向性，一般常用的平面测试换能器无指向性，而孔中测试圆管型换能器，辐射面线度在 20cm 时，已有一定指向性

4、与换能器的耦合状况有关

换能器发出的超声波要进入被测体，必须保证换能器和被测体之间良好的声耦合，用耦合剂排除二者之间的空气夹层。混凝土表面粗糙不平或不良耦合会明显减弱进入被测体的信号能量，从而影响传播距离。在孔中用水做耦合剂时，水中的悬浮物（如泥浆、砂等）或悬浮液对超声波有较强的散射衰减，影响传播距离

5、与被测结构的密实程度有关

被测混凝土质量低，密实性差，强度低，或者早龄期，在穿过程中信号的损耗大，使穿透距离降低

6、与被测混凝土的横截面尺寸有关

被测混凝土的横截面尺寸越大，信号扩散衰减越大，传播距离越小。但是横截面尺寸减小到一定程度时会影响超声波传播的边界条件，使表观声速降低，因此在测试小截面尺寸的结构时应用较高频率

NM 系列超声仪通过不断的改进和优化，仪器的灵敏度达到 $30\mu V$ ，高于现行规范 $50\mu V$ 的要求，并在大体积混凝土检测的应用中取得成功：

长江三峡溢流坝坝体检测中，在相距 6.1 米的声测孔中用扇面对测布置测点（见图 1），收测线倾斜 58 度，换能器间距 10.06 米，声时 2094.8 微秒，接收信号首波清晰如图 2

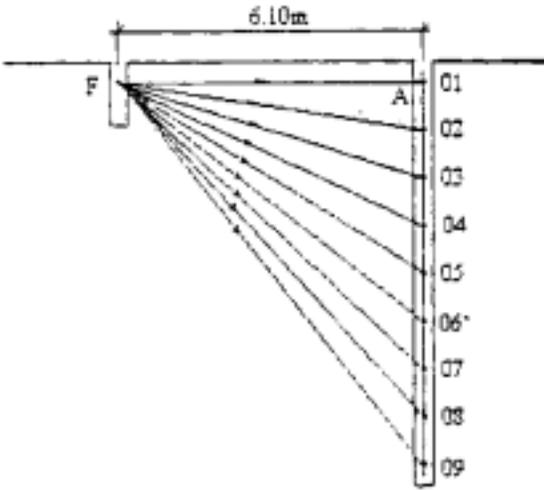


图 1 扇面对测测点布置示意

表 1 图 1 各测点距离、声时、波幅及声速计算值

测点序号	A 孔测点 高程 (m)	测线与水平方 向的夹角 (°)	测试距离 (m)	声时 (μs)	波幅 (dB)	声速 (m/s)
001	-0.4	0	6.1	1306.0	73.7	4670
002	-1.4	10.3	6.18	1291.6	80.3	4784
003	-2.4	20.2	6.42	1336.4	78.6	4804
004	-3.4	29.1	6.80	1406.8	71.4	4833
005	-4.4	36.9	7.29	1502.8	70.9	4851
006	-5.4	43.7	7.89	1624.4	68.6	4857
007	-6.4	49.4	8.56	1758.8	66.8	4867
008	-7.4	54.4	9.28	1925.2	61.4	4820
009	-8.4	58.5	10.06	2094.8	59.9	4802

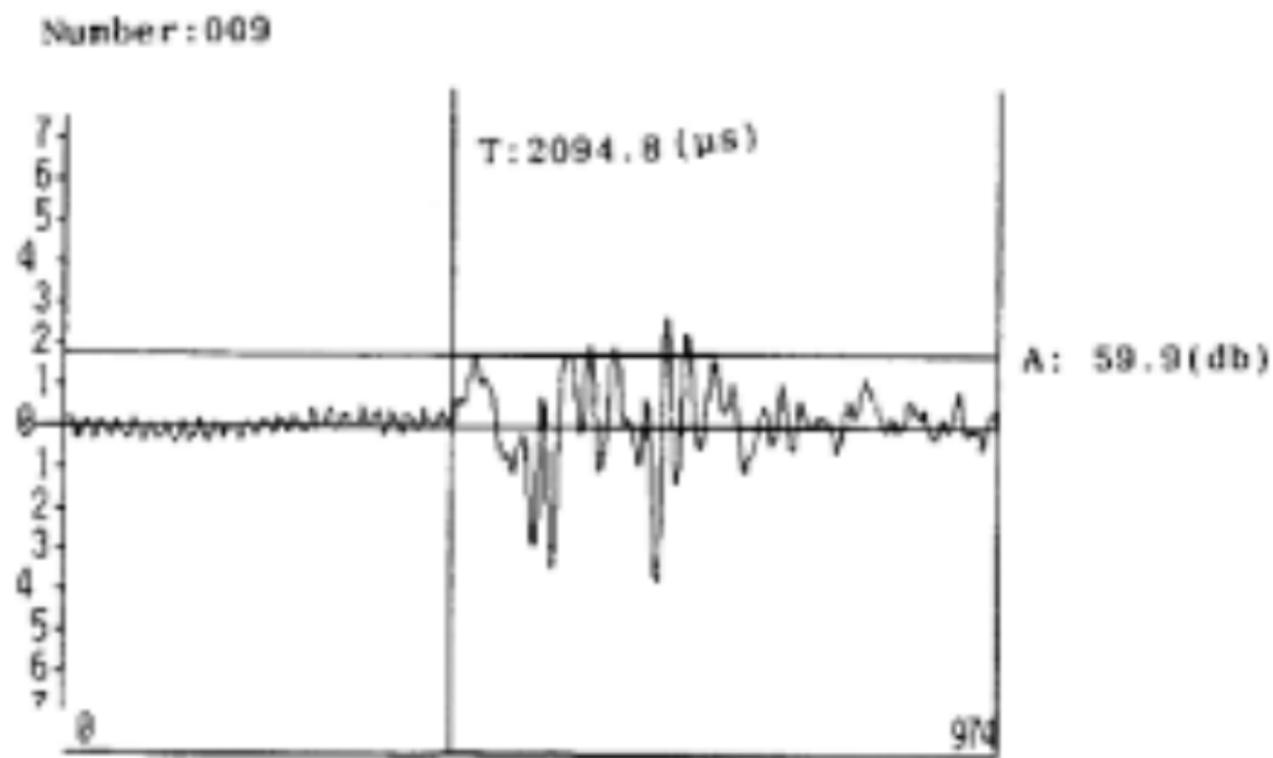


图 2 09 测线接收波形：倾斜 58.5 度，换能器间距 10.06 米

(濮存亭)