第二章 混凝土超声波无损检测

2.1 超声波混凝土检测方法原理

2.1.1 混凝土中超声波传播的特点

混凝土是由水泥石、砂、碎石或卵石以及充水或空气的孔隙等部分构成的多相凝聚体。这些组成物具有不同的声阻抗，使弹性波在混凝土中传播能量衰减比相同声径的金属材料中的传播能量衰减大得多。这是混凝土中超声波传播的特点之一。其次是弹性波在混凝土中传播的方向性较差。

声能衰减有三个方面的原因：

(1) 散射衰减：由于混凝土的组成物几何尺寸的差异，小至几μm 的未水化水泥颗粒，大到 5~40mm 的粗骨料，存在在组成部分界面上的反射、折射现象，使弹性波发生不规则的散射；另一方面，这些颗粒各具有固有频率。当各种频率成分的弹性波通过混凝土介质时，相应自振频率的各种颗粒便产生共振，形成新的球面波源使超声波的能量不断减弱。散射衰减与散射颗粒的形状、尺寸、数量和性质有关，其过程是很复杂的。通常认为，当颗粒的尺寸远小于波长时，散射衰减系数与频率的四次方成正比；当颗粒的尺寸远与波长相近时，散射衰减系数与频率平方成正比。

（2）扩散衰减：通常的声波辐射器（发射换能器）发出的超声波束都有一定的扩散角。因波束的扩散，声波能量逐渐分散，从而使单位面积的能量随传播距离的增加而减弱。声波的声压和声强均随距声源距离的增加而减弱。在混凝土超声检测中所采用的低频超声波，其扩散角很大。当超声波传播一定距离后，在混凝土中的超声波已近于球面波。远距离声源的球面波的声压与至声源的距离 r 成反比，即 r 越大，声压越小。

（3）吸收衰减：在弹性波传播的过程，由于混凝土质点间产生相对运动、互相摩檫（即粘滞性）和热传导引起的衰减，它由于质点间产生相对运动、互相摩檫，使部分超声波能量转为热能，通过混凝土和钢筋的热传导，热能向周围传播，导致超声波能量的损失。介质的这种衰减称为吸收衰减，以吸收衰减系数来表示。通常认为，吸收衰减系数与超声波频率的一次方，频率的平方成正比。

如果提高超声波在混凝土中传播的距离，除增大发射功率之外，必须采用较低频率的超声波，因为当波长大于混凝土中骨料粒径或孔隙时，它能绕过颗粒或空隙继续前进，减小因散射的能量衰减。

弹性波在混凝土中传播的方向性较差，原因共有下列三点：

(1) 超声波束的扩散角与频率成反比。在混凝土中往往采用较低的频率（40~100kHz）的超声波，因而波束的扩散角增大。