

核子密度湿度仪（Nuclear Surface Density—moisture Gauge）是一种同时检测介质密度和湿度的装置，它利用射线、中子射线和介质相互作用后射线弱化的程度与介质密度及含水量大小相关的特性来进行检测。



图 1 3440 型核子密度湿度仪

1、核子密度仪的工作原理

在测量密度时，核子密度仪内预置射线源，射线源发出的放射线进入被测物体中，如果被测材料的密度较低，穿过它的放射线就多，反映在仪器内，接收器的数值就大；反之，如果材料的密度较高，因为高密质的材料能吸收部分射线起 NT 辐射屏蔽的作用，则反映在接收器的数值就小。微处理器把检测管接收到的数值与存储在仪器内的密度标准计数值相比，得到计数比，然后自动送入密度计算程序，即可得到被测材料的密度。一般核子密度仪中选用的射线源为铯源。材料密度的测量为直接透射式测量，所测量的密度值为插入深度至地表的平均密度值。

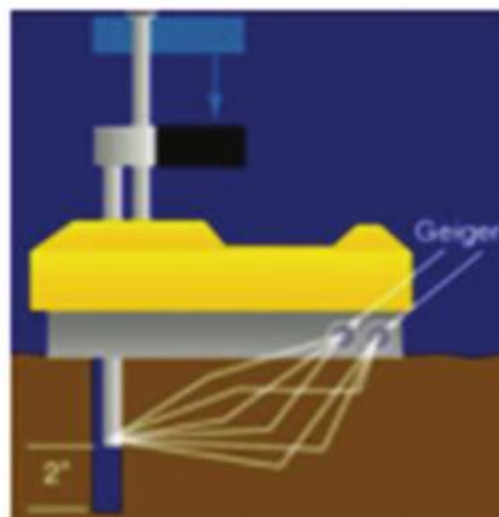


图 2 直接透射式测量密度原理图

2、核子湿度仪的工作原理

核子湿度仪内预置快中子射线源，当快中子射线源释放的快中子和原子碰撞时，会损失一部分能量而被慢化。根据动量守恒原理，相互碰撞的物体质量越相近，能量转移越多。氢原子的质量最小，和中子的质量近似相等，二者发生一次碰撞，几乎损失了中子的全部能量，所以氢原子对快中子的慢化作用远远大于其他元素。水分子中的含氢量较多，因此水对快中子的慢化作用远远大于其他物质。从中子源释放出的快中子照射到物料中，被氢原子慢化，变成慢中子。慢中子穿过物料后被探测器接收。慢中子的产额与物料中水的含量有关。利用检测慢中子计数反映物料含水率的方法，称为中子测水技术，这也是核子湿度仪的一般原理。通常核子湿度仪都选用镅—铍中子源。含水量的测量为反射式测量，测量深度为从地表至地下 15 cm 左右。

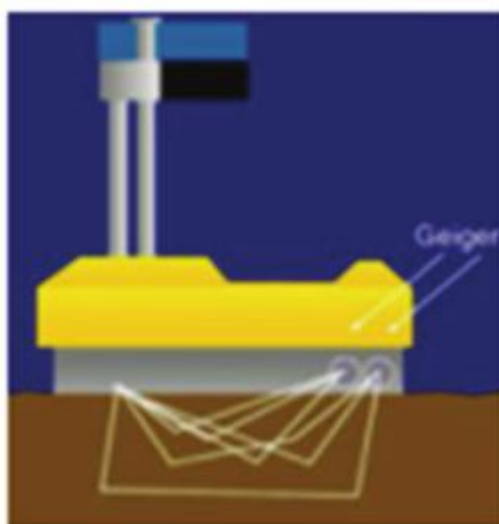


图 3 反射式测量含水量原理图

3、仪器设备的标定

由于核子密度湿度仪中的辐射源随时间缓慢衰变，因此使用前必须用所提供的参考标准块进行标准计数，每做一次标准计数，原来的标准就被新的标准取代，用于仪器的测量计算，用这种方法来补偿辐射源的衰减。一般每 12 个月对核子密度湿度仪标定一次，主要标定过程为将仪器在一系列密度和湿度已知的标准材料块上进行检测，在每个标定块和检测深度上确定标定值、湿度值与射线计数率之

间的对应关系。标定工作一般由仪器生产厂家或独立的、有资质的服务机构实施。对于经过维修的仪器，可能影响测量结果的，必须重新进行标定后才能使用。

4、仪器设备的修正

由于不同地点的周边环境、筑路材料的不同，它的放射性射线底数及氢原子的含量都有所不同，因此对于不同材料需要进行对比修正。修正包括两部分：水分密度修正和湿密度修正。JTGF80 / 1-2017 JTG F80/1-2017 JTG F80/1-2017《公路工程质量检验评定标准》规定，采用核子密度仪检测沥青混凝土面层压实度时，必须钻芯取样进行对比修正。检测路基压实度时，必须与灌砂法实测密度进行对比修正。

具体修正步骤如下：

- 1) 选择测试位置，使用钻机钻孔法或挖坑灌砂法进行取样，按照相关规范测定材料的密度和含水率。
- 2) 在距离钻机孔或灌砂孔周边位置约 20 cm 处使用导板和钻杆进行垂直打孔，打孔深度约 20 cm，打孔完毕后将探测杆放入测试孔内，同一钻机孔或灌砂孔附近测试点不少于 5 个，取其平均值作为试验结果。测试沥青混合料压实度密度，不需另打孔，可直接测试。
- 3) 打开仪器，测试员退至距离仪器 2 m 以外，按照规定时间等待测试后，读取显示数值。
- 4) 根据实测数据进行统计分析，求取核子密度仪和钻芯（或灌砂法）两种不同测试方法之间密度的相关关系。如果相关系数小于 0.9，应根据说明书对仪器进行相应的补偿，直到相关系数符合规定要求为止。

5、核子密度湿度仪的试验步骤

- 1) 接通电源，按照规定时间预热测试仪。
- 2) 记录标准计数的数值。

3) 在进行压实度测试前, 按照规定方法对不同材料进行水分密度修正和湿密度修正。

4) 打开仪器, 测试员退至距离仪器 2 m 以外, 按照规定时间等待测试后, 读取显示数值。

5) 测试完毕后, 关闭仪器并放入专用的仪器箱内保存。

6、安全防护建议

1) 屏蔽。在测量中, 金属杆对孔不要过长伸出, 操作者在仪器上方恰好窥视到杆端即可。因为源位于杆端 5 cm 处, 没有直接辐射。仪器计数完毕应及时将手柄提到 SAFE 标记处, 以使金属杆回到光闸室内, 充分发挥仪器自身屏蔽作用。

测量时, 工作人员必须佩戴铅衣、帽、靴、手套和眼镜 5 种防护用品。

2) 增距。不要过分贴近仪器, 更不能用手指触摸仪器底部中心区和源金属杆顶端。因为辐射强度与距离的平方成反比, 每增加一倍的距离, 强度相应降低 4 倍以上。按键后, 工作人员应退到 2 m 以外, 其余人员应退到 8 m 以外。

3) 缩时。要熟练运用程序, 操作迅速。计数时间一般在 15~60 s 内选择。反射式测量可选择时间长一些, 直接透射式测量时间要短, 但均不宜超过 60 s。每个测点测量次数最好不要超过 4 次。每次测定须有两人以上轮换操作。

4) 其他。除操作必须外, 严禁长时间地贴近核子仪。仪器不工作时, 必须锁住放射源, 把仪器装入有放射源标志的专用箱内, 并存放在专用库房中, 严禁存放在办公室或宿舍内, 做到核子仪和人一定要分居。为了证实仪器放射源的密封是完好无损的, 每隔 6~12 个月要进行一次泄漏试验。