

声波透射法和钻芯法在基桩检测质量控制关键技术研究

肖文林

深圳市勘察研究院有限公司

摘要：声波透射法和钻芯法是检测桩身完整性最有效和最直接的方法之一。通过对声波透射法中声测管连接装置的改进和运用现代无线通信技术，数据传输方式的研究，提升作业灵活性和数据传输的稳定性。在钻芯法中，研究一种能够实时监测并准确记录钻机进尺数据的系统，实现检测过程的自动化和智能化。对两个方面开展深度研究，解决当前存在的问题，提高检测精度、效率和实时性。

关键词：基桩检测；声波透射法；钻芯法；技术研究；检测精度和实时性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.22.033

引言

声波透射法是基于声测管通畅的情况下才能进行检测，因此对声测管连接方式的研究和改进，确保数据的有效采集至关重要；在操作流程上，解决控制换能器的提升速度和多槽双向深度计数滑轮因生锈、泥沙卡槽滑轮滑不转导致漏采数据的关键技术研究。

基桩钻芯在实施过程中，经常出现钻机操作人员谎报进尺，隐瞒沉渣厚度的情况时有发生，而通过摄像机等方法实时监控，也只能做到监督钻芯过程的真实性，无法做到对现场钻机进尺深度、取样率和现场桩基缺陷进行一个实时判定，关于在钻芯法中得到真实有效的检测数据，避免人员因素的干扰，实现检测过程中的自动化和智能化是我们研究的重要工作。

一、声波透射法装置的关键技术

（一）声波透射法技术

声波透射法是利用声波的透射原理，对声测管之间的混凝土介质状况进行检测，根据声学参数和波形的变化，分析混凝土缺陷的位置、范围和程度，判定混凝土灌注桩桩身完整性的技术。影响声波透射法测试效果的主要因素是现场数据采集技术，主要反应有三个方面，一是因声测管严重倾斜扭曲导致实测声测管间距明显偏离设定值，导致计算声测值不准确；二是测距太长，系统电压有限导致接收不到声波信号或声波信号薄弱；三是测距太短，实测声速值不准确，实践表明，当桩径小于0.6m时，声测管的声耦合会造成较大的测试误差，因此该方法适用于桩径大于0.6m，小于2.5m的基桩完整性检测。

（二）声测管连接技术

在桩基施工过程中，声测管的安装及完好率，关乎着基桩是否能够具备检测条件的关键。常规的声测管连接都是采用液压钳连接，液压钳钳头为圆形或椭圆形，连接过程中需钳压三次，每次钳压完成后需准确旋转60°才能保障连接质量，这对现场作业人员要求较高，且耗时较长。因此，研究一种声测管连接装置。

研究一种新型的声测管连接装置，在A声测管的一

端设置环形连接槽，环形连接槽的内侧和外侧均设置有两面连接螺纹；在B声测管的接头处外侧和环形夹板的内侧均设置有咬合螺纹，用于螺纹连接，咬合螺纹的内侧设置有响应装置，响应装置内侧设置有弹簧，弹簧的外侧设置圆珠，圆珠的里侧设置有挡卡，当声测管进行连接时，为保证可靠连接，需要将圆珠顶到挡卡后，响应装置能发出响声，提醒安装人员安装到位。

通过连接螺纹和咬合螺纹实现双重隔离，避免混凝土浆渗入，还设置有滑动卡环和阻动台，提升声测管接口位置的防扭性能，设置了响应装置，保证连接的可靠。

（三）无线声波透射法装置的研究

目前行业采用的声波透射法检测设备主要由主机、探头（与探头连接的线缠绕于线盘上）、管口滑轮、多槽双向深度计数滑轮（有线/无线）、平面发射探头信号线、三角架等组成。检测时①将多槽双向深度计数滑轮（有线/无线）安装在三角架上；②将探头下放至声测管中，并将与探头连接的线穿过多槽双向深度计数滑轮的线槽；③将平面发射探头信号线与主机连接；④在主机里面设置好参数，通过人力拉穿过多槽双向深度计数滑轮的线槽的线使探头在声测管内纵向移动，同时多槽双向深度计数滑轮将记录的深度通过无线或者有线传递给主机，进行数据采集。

由于基桩多为大直径灌注桩，超声波检测时探头线多为3-5根，当检测桩数量大，受检桩长，采集数据时穿过多槽双向深度计数滑轮与探头连接的线，因人为收线、放线容易使线交汇打结，从而增加捋线时间；通过人力拉穿过多槽双向深度计数滑轮线槽的线使探头在声测管内纵向移动，进行检测时，因人拉力速度不均匀，容易漏采，数据误差较大。

因此研究一种无线超声波检测设备用线盘及无线超声波仪器设备，利用主机110通过无线传输方式与无线信号控制箱158和无线深度计数发射器155无线通信，通过无线信号控制箱158实时控制驱动电机152运行，实现探头线130的自动收放，实现径向探头120纵向移动。无线深度计数发射器155则可以实时记录检测深度，并通过无线传输发送给主机110。而径向探头120探测的信号则可以通过探头线130、平面发射探头信号传输线140传送到主机110。另外，平面发射探头信号传输线140缠绕在第二转盘157上，可以克服目前的超声波检测设备中信号传输线部分较短（实际使用时不便）的问题。因此，无线超声波检测设备用线盘150的应用，可以将人力拉线改为机械匀速拉线，提高检测数据精度，节约人力成本，提高经济效益；将深度计数发射器采用无线发射（即无线深度计数发射器155），各探头线不再汇集到深度计数滑轮线槽记录移动深度，避免线打结情况发生，提高检测效率。

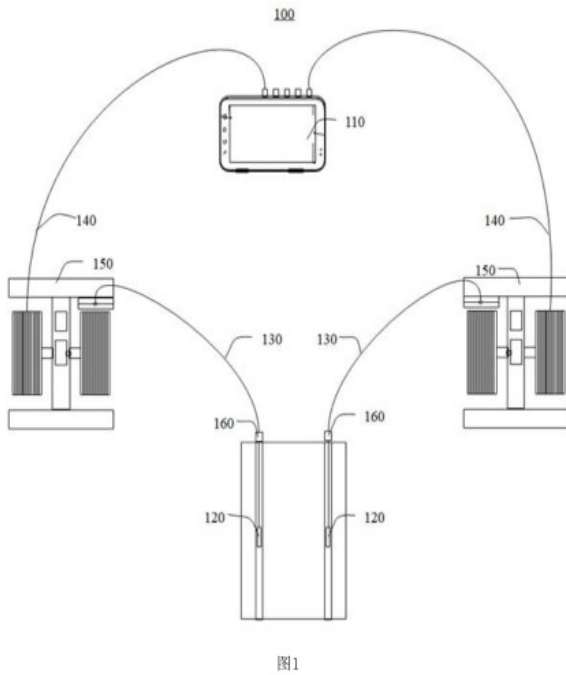


图1 无线超声波检测设备示意图

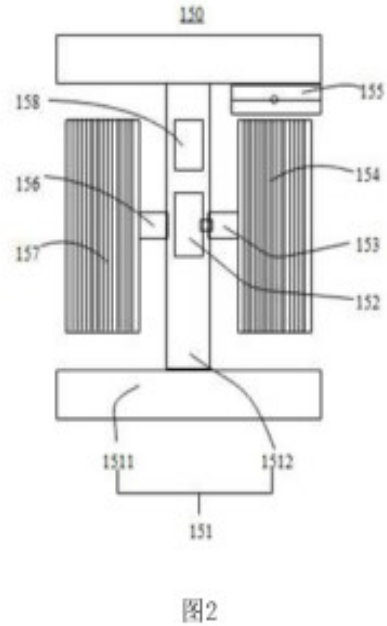


图2

二、钻芯法检测的关键技术

(一) 钻芯法检测技术

钻芯法是利用液压高速钻机在混凝土灌注桩钻取芯样，确定桩长、桩底沉渣厚度，鉴别桩底持力层岩土性状，并通过芯样特征、芯样试件抗压强度判定混凝土灌注桩的施工质量的方法。由于钻芯法对混凝土结构造成局部损伤，因此是一种半破损的现场检测手段，也是对灌注桩完整性检测最直观的检测手段。

(二) 钻芯法进尺实时测量的关键技术

钻芯法实施过程中，是由钻机工人采用机械岩芯钻探的液压钻机，并配有相应的钻塔和牢固的底座进行操纵钻机进行取样，操作过程中按检测规范及检测技术要求选取合适的钻具及钻头。通过对现场芯样检查，经常出现芯样断口接触不吻合，进尺深度存疑、现场进度不明等现象，针对这类情况研究一种钻机同步位移记录器并利用物联网技术钻芯进尺实时上传至检测管理平台的技术。

研究一种同步位移记录器，包括一个磁吸装置36，弹簧伸缩杆（33、34），通讯模块和GPS定位系统（32），固定磁吸装置（36）。磁吸装置36固定在钻机主轴上，准备开始作业前将弹簧伸缩杆（33、34）压缩至绷紧状态，准备完成后按下位移记录装置，开始读取当前时间及弹簧位移实时传输到检测管理平台，实现检测过程的自动化和智能化。

(三) 钻芯法沉渣处理技术

钻芯法对沉渣厚度的判定通常是钻机工人根据钻具下沉速度和转速快慢来判断是否有沉渣，厚度则是可以根据孔内摄像法确认沉渣厚度，当沉渣厚度超过设计及规范要求，我们应对桩底沉渣进行处理。

沉渣处理步骤如下：压力清水冲洗清底（双孔洗

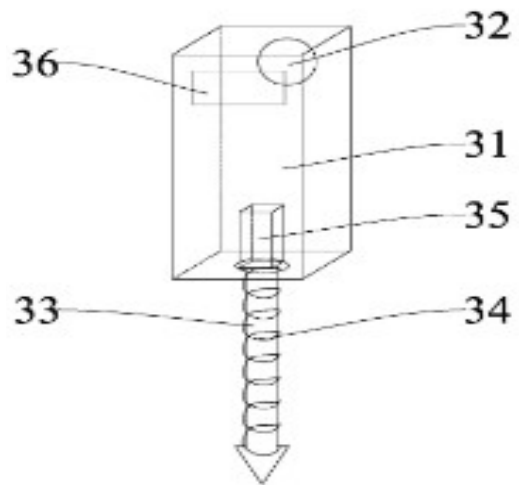


图2 同步位移记录器示意图

孔) → 密封抽芯孔 → 压水试验 → 水泥浆液配制 → 压力注浆补浆 → 放置钢筋。

压力清水冲洗清渣：利用2-3个钻芯孔分别下入 $\phi 50$ 钻杆至孔底持力层，操作高压注浆设备用低档至快档自管内泵入清水，将孔内沉积的岩屑、残渣、泥质浑浊水等从管外壁、相邻有沉渣钻孔、桩壁间隙排出，直至双孔口返水由浑浊色逐渐呈清澈后拔出钻杆，即可进行注浆钢管及封闭孔口的程序。

密封钻芯孔：封闭孔口封闭板的采用 $\phi 200\text{mm}$ 、厚10mm的圆形钢板制作，并在相应部位加工2个圆孔，分别将注浆管和排气管穿过，在封闭板与“两管”接缝处满焊，焊缝高度控制在 $\geq 10\text{mm}$ 为宜，且必须保证焊接牢固。封闭钢板与桩顶砣之间设置圆环胶垫以密闭孔口。

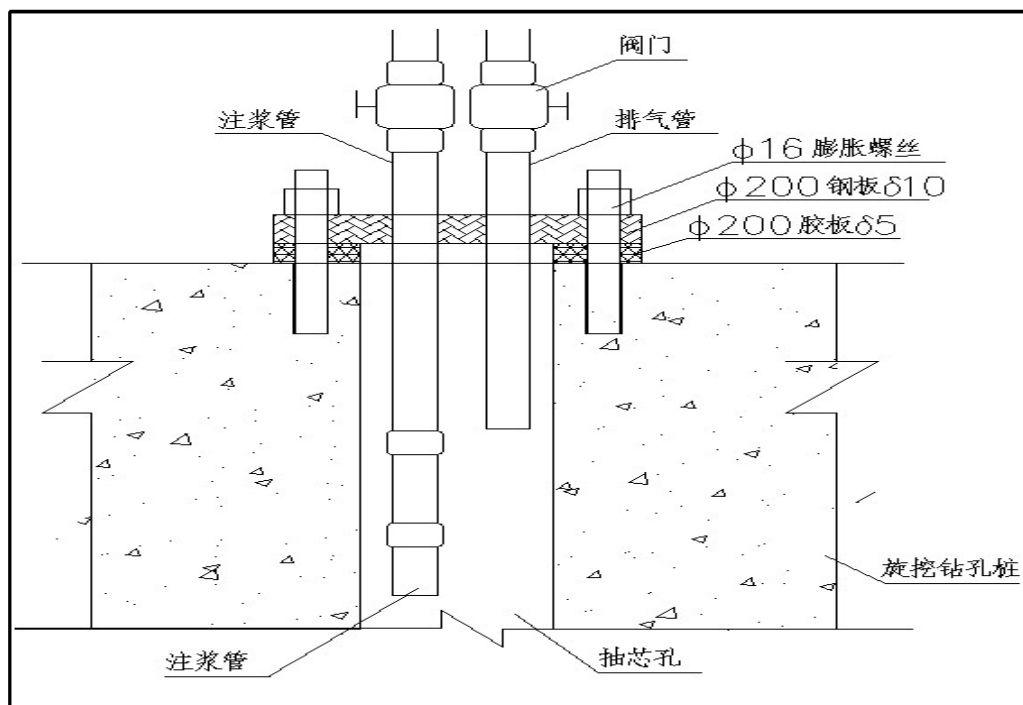


图3 封口剖面图

注浆管总长度至孔底后提高200mm。排气管长度一般控制在0.5m为宜。加固板与桩顶砧面连接螺丝采用φ16长100mm的膨胀螺栓固定并压紧，以保证在注浆过程中加固液不外渗。在封闭板外缘侧加工3个圆孔，便于φ16膨胀螺栓固定在桩顶砧面上。如图3所示。

压水试验：往其中一个孔中先泵入清水，孔口密封加压，观察另外1个或2个注浆孔内相互间是否贯通。如另1孔或2孔出现不同程度的返水、孔口冒泡现象，则表明桩内有贯通情况。如无上述情况出现，则逐渐加大压力至2~3 MPa，使其在实施高压注入加固液前2孔或3孔间尽量达到相互串通目的。

水泥浆液的配置：水泥浆液采用高强度的普通硅酸盐水泥配制纯水泥浆。水灰比取1：1，最终加浓至0.5~0.6：1。适量掺加3%UEA膨胀剂及水玻璃。加固液的拌制根据注浆孔的需要量进行，要求搅拌均匀，随搅随用，搅拌用水不得使用污水，浆液要过筛，严防杂物混入加固液内。

压力注浆及补浆：采用一次性灌注和复注相结合的工艺进行注浆，首次注浆一次性注满，注浆压力保持在2.5~3MPa左右，并维持5~10min，注满后5~10min再进行复注，以提高浆液稠度，保证注浆的效果。在浆液初凝之前再进行复注，随后打开出气管阀门和封闭的孔口壁。这时候如孔口壁处突然冒出大量水泥浆，与注入的配制水泥浆基本一致，补注水泥浆即可停止，同时边注边拔注浆管。

复检：注浆完成后10d后可进行钻芯验证孔底，看桩底是否连接完好，并对留置的试块进行试压检验；也可利用利用钻芯孔进行超声波检测，检测桩身完整性。

三、结论

通过声波透射法装置的关键技术研究，解决了在声波透射检测过程中的数据错综复杂带来的不方便、人工收发换能器影响数据精确性和声测管安装接头不紧密导致的声测管堵塞、弯曲等问题。采用蓝牙技术，实现主机、换能器、线盘之间的无线连接，减少传输线缆的使用和携带，增加设备的灵活性和便携性使其能够适应更复杂的现场条件。使用电动机驱动线盘收发换能器，代替传统的人力拉线方式，提高安装的效率和精度，电动机的控制系统可以实现控制速度和力度的调节，确保声测管的平稳安装和减少安装过程中的人为误差。采用一种六边形液压钳头进行声测管连接，相较传统椭圆形钳连接提升了效率，提高了连接效率，增加了连接的稳定性。

钻芯法进尺实时测量的关键技术研究，解决了钻芯检测中数据无法实时传输的问题，利用物联网技术，通过同步位移技术设备，将检测数据上传检测管理平台，实现了数据的实时上传和实时监测，避免人为操作和记录过程中可能引入的误差和造假，确保数据的真实性，对问题桩进行高压复合注浆补强处理，从而达到使用条件，为施工过程中出现缺失造成桩身质量问题提供了解决方法，也节约补桩的成本及时间。

参考文献

[1] 胡圣军. 压力灌浆提高大直径钻孔灌注桩承载力的应用[J]. 建材技术与应用. 2008, (9).

作者简介：肖文林（1986.10），性别：男，民族：汉，籍贯：福建省邵武市，职务：检测部长/职称：工程师，学历：本科，单位：深圳市勘察研究院有限公司，研究方向：岩土工程。