(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2015 年 2 月 12 日 (12.02.2015)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2015/018116 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 29/04 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2013/083555

(22) 国际申请日: 2013 年 9 月 16 日 (16.09.2013)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201310341928.1 2013 年 8 月 7 日 (07.08.2013) CN

(71) 申请人: **国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA)** [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 **国网河南省电力公司电力科学研究院 (STATE GRID HENAN ELECTRIC POWER CORPORATION ELECTRIC POWER SCIENCE RESEARCH INSTITUTE)** [CN/CN]; 中国河南省郑州市二七区嵩山南路 85 号, Henan 450052 (CN)。

(72) 发明人: **李世涛 (LI, Shitao)**; 中国河南省郑州市二七区嵩山南路 85 号, Henan 450052 (CN)。 **蔡红生 (CAI, Hongsheng)**; 中国河南省郑州市二七区嵩山南路 85 号, Henan 450052 (CN)。 **汪毅 (WANG, Yi)**; 中国河南省郑州市二七区嵩山南路 85 号, Henan 450052 (CN)。

(74) 代理人: **郑州联科专利事务所（普通合伙） (ZHENGZHOU LIANKE PATENT AGENCY(COMMON PARTNERSHIP))**; 中国河南省郑州市金水区红专路 58 号, Henan 450002 (CN)。

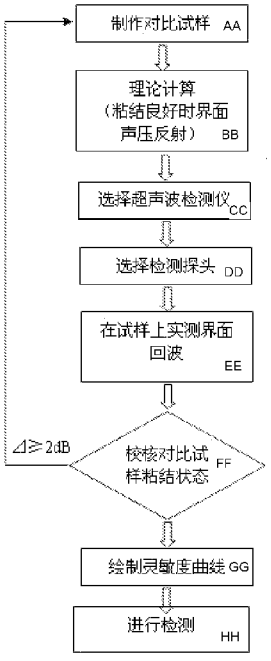
(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH,

[见续页]

(54) **Title**: METHOD FOR ULTRASONIC DETECTION OF BONDING STATE OF STEEL PIPE AND CONCRETE

(54) **发明名称** : 一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法



AA MAKE A COMPARED SAMPLE
BB THEORETICALLY CALCULATE (INTERFACE SOUND PRESSURE REFLECTION WHEN THE BONDING IS GOOD)
CC SELECT AN ULTRASONIC DETECTOR
DD SELECT A DETECTION PROBE
EE MEASURE INTERFACE ECHOES ON A SAMPLE
FF CHECK AND COMPARE THE BONDING STATE OF THE SAMPLE
GG MAKE A SENSITIVITY CURVE
HH CARRY OUT DETECTION

图 1 / FIG. 1

(57) **Abstract**: A method for ultrasonic detection of bonding state of a steel pipe and concrete comprises the following steps: (1) making a compared sample same as the specification of a detected object; (2) detecting whether the compared sample can be used; (3) making a sensitivity curve; (4) carrying out detection: using a debugged digital ultrasonic detector to detect bonding state of a detected steel pipe and concrete, and observing the highest reflection amplitude of multiple times of interface echoes and the envelope diagram form of multiple times of interface echoes of the steel pipe and the concrete; if the highest interface reflection amplitude is higher than the lower line of the sensitivity curve, judging that bonding is bad; if the highest interface reflection amplitude is lower than or equal to the lower line of the sensitivity curve, judging that bonding is good; if the highest interface reflection amplitude is larger than or equal to the upper line of the sensitivity curve, judging that the steel pipe and the concrete are completely debonded. The method can realize fast, complete and reliable non-destructive detection to bonding state of steel pipes and concrete on site, realizes fast and effective evaluation for the bonding state of steel pipes and concrete in the premise that a steel pipe and concrete structure is not destroyed, and reduces manual detection intensity.

(57) **摘要**:

[见续页]

WO 2015/018116 A1

CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，包括以下步骤：（1）制作与被检对象相同规格的对比试样；（2）检测对比试样是否能用；（3）制作灵敏度曲线；（4）使用上述调试好的数字超声检测仪对被检钢管混凝土进行粘结状态检测，观察二者多次界面回波最高反射幅度及界面多次回波包络图形态，若界面最高反射波幅高于灵敏度曲线下线，则判定为粘结不良；若低于等于灵敏度曲线下线，判定为粘结良好；若大于等于灵敏度曲线上线，判定为完全脱层。该方法可实现钢管与混凝土粘结状态现场快速、全面、可靠的无损检测，在不破坏钢管混凝土结构的前提下实现对二者粘结状态进行快速、有效的评价，降低人工检测强度。

一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法

技术领域

本发明涉及一种电网输电工程中钢管混凝土粘结状态的检测方法，尤其涉及一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的无损检测方法。

背景技术

由于钢管混凝土具有承载力高、塑性和韧性好、造价成本低、施工方便等优点，使其得到广泛的工程应用，如桥梁、高层建筑及住宅等。薄壁离心混凝土钢管塔作为钢管混凝土的一种，在电网输电工程中得到大量应用，尤其是无需拉线，占地面积小，在城市中被广泛地使用。钢管与混凝土一旦剥离，由于钢管混凝土结构损坏或失效导致的工程事故随时都可能发生，直接危害国家财产和人民群众的生命安全。

钢管与混凝土粘结是否良好，直接影响到钢管混凝土结构的抗压强度和压缩变形能力。混凝土钢管塔在制造、运输、安装、使用过程中，均有可能产生钢管与混凝土粘结不良，导致了二者的粘结强度大大下降，从而严重影响钢管与混凝土共同发挥作用，极大降低了混凝土钢管塔的承载力和变形刚度，从而导致倒塔事故发生。

目前，国内外关于钢管混凝土界面抗剪粘结强度的试验方法主要有一种类型：推出试验。推出试验是一种破坏性试验，具体是在所取试样的一端留有一段空钢管，另一端在核心混凝土的顶面上放置一块内径略小于钢管的钢垫板。试验时，试件一端为核心混凝土受压，另一端为钢管受压，这样便将核心混凝土推出钢管，来确定抗剪粘结强度。但是此种方式不能判断钢管混凝土的粘结状态，推出试验需要制备试验样管，进行破坏性试验，耗费大量人力物力财力。因此，针对钢管与混凝土的粘结状态开发一种简易的现场无损

检测技术显得尤为重要。

发明内容

本发明的目的是提供一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，检测速度快、判断准确、成本低廉，可以确定钢管混凝土是否粘结良好。

本发明采用下述技术方案：一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，包括以下步骤：（1）、在数字超声检测仪中制作灵敏度曲线：计算灵敏度曲线：灵敏度曲线上线计算公式为：y= a-20lgx，

式中 y：界面回波声压，dB；a 为基准值，dB；x 为界面反射回波次数；灵敏度曲线下线计算公式为：y= a-20lgx-20xlg|r|，

式中 y：界面回波声压，dB；a 为基准值，dB；x 为界面反射回波次数，r 为钢与混凝土界面声压反射率；

根据上述灵敏度曲线公式在数字超声检测仪中制作 N 次界面回波的灵敏度曲线；

（2）、进行检测判断：使用上述调试好的数字超声检测仪对被检钢管混凝土进行粘结状态检测，将检测探头放置在钢管侧，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现 N 次界面回波，观察被检钢管混凝土的 N 次界面回波形态，若高于灵敏度曲线下线低于灵敏度曲线上线，则判定为粘结不良；若低于等于灵敏度曲线下线，判定为粘结良好；若大于等于灵敏度曲线上线，判定为完全脱层。

所述的步骤（2）中进行检测时将检测探头通过超声耦合剂与钢管表面良好接触，匀速移动探头；探头移动速度不大于 150mm/秒，两次相邻扫查探头重叠区域不小于 10%。

所述的数字超声检测仪为通用的 A 型脉冲反射超声波探伤仪，其工作频率范围为 0.5MHz～10 MHz，仪器至少在荧光屏满刻度的 80%范围内呈线性显示，水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%，探头声束轴线水

平偏离角不应大于2°，主声束垂直方向上不应有明显的双峰。

所述的检测探头为高频单晶纵波直探头，检测探头晶片尺寸为Φ14mm～20mm，频率为2～5MHz，检测探头的远场分辨力不小于30dB。

所述的数字超声检测仪具有波形记录功能；仪器与探头的组合频率与公称频率误差不大于±10%。

本发明还公开了另一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，包括以下步骤：（1）、制作与被检对象相同规格的对比试样：所述的对比试样采用与被检对象相同厚度、材质声学性能相同或相近的钢管，采用与被检对象相同成分的混凝土，采用与被检对象相同工艺使二者粘接在一起，使对比试样具有两种粘接状态的区域：粘接良好的区域与完全脱层的区域；

（2）、检测对比试样是否能用：使用数字超声检测仪，检测探头放置于粘接良好区域的钢管侧，与钢管保持良好耦合；调节仪器增益旋钮将第一次界面回波声压波幅达基准波高，测量该区域内不同位置界面回波声压值，测试位置不少于 5 点，求其平均值$\Delta_{实}$，$\Delta=\Delta_{实}-\Delta_{理}$；若$\Delta<2$dB，则表示钢管与混凝土粘结良好，可以作为灵敏度对比试块；若$\Delta\geq 2$dB，则返回步骤（1）重新制作对比试样；其中$\Delta_{理}=20\lg r$，r为钢与混凝土界面声压反射率，$r=\frac{P_r}{P_0}=\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}$，其中$Z_1$为钢管中声阻抗，$Z_2$为混凝土中声阻抗，$P_r$是反射声压，$P_0$是入射声压；

（3）、制作灵敏度曲线：用检测探头在对比试样的脱层区域上的钢管侧测界面回波，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现N次界面回波，N≥9，将各次界面回波按照距离波幅曲线制作要求绘制，作为灵敏度曲线上线；然后用检测探头在对比试样的粘接良好区域上的的钢管侧测界面回波，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现 N 次界面回波，将各次界面回波按照距离波幅曲线制作要求绘制，作为灵敏度曲线下线；

（4）、进行检测判断：使用上述调试好的数字超声检测仪对被检钢管混凝土进行粘结状态检测，将检测探头放置在钢管侧，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现 N 次界面回波（N>9），观察被检钢管混凝土的 N 次界面回波形态，若高于灵敏度曲线下线低于灵敏度曲线上线，则判定为粘结不良；若低于等于灵敏度曲线下线，判定为粘结良好；若大于等于灵敏度曲线上线，判定为完全脱层。

所述的步骤（2）中的理论计算及对比试样实测时，按声程 100mm 处相邻两次界面回波为计算对象。

所述的对比试样的管段长度不小于 400mm。

所述的步骤（4）中进行检测时将检测探头通过超声耦合剂与钢管表面良好接触，匀速移动探头；探头移动速度不大于 150mm/秒，两次相邻扫查探头重叠区域不小于 10%。

所述的数字超声检测仪为通用的 A 型脉冲反射超声波探伤仪，具有波形记录功能；其工作频率范围为 0.5MHz～10 MHz，仪器至少在荧光屏满刻度的 80%范围内呈线性显示，水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%，探头声束轴线水平偏离角不应大于 2°，主声束垂直方向上不应有明显的双峰；所述的检测探头为高频单晶纵波直探头，检测探头晶片尺寸为Φ14mm～20mm，频率为 2～5MHz，检测探头的远场分辨力不小于 30dB；仪器与探头的组合频率与公称频率误差不大于±10%。

本发明是一种基于数字超声检测仪对钢管与混凝土粘结状态进行现场快捷、可靠无损检测的一套方法，它解决了原有检测方法的有关制约，通过分析、计算钢与混凝土异质界面超声波反射特性，提出一种基于高频单探头无损检测方法，适用于不同管径、不同厚度的钢与混凝土粘结状态全面检测，尤其适用于电力杆塔、建筑支柱等钢混凝土结构。本发明可实现钢管与混凝土粘结状态现场快速、全面、可靠的无损检测，与现有的推出试验进行比较，

优点如下：

1.现有的推出试验是一种破坏性试验，而本发明是一种无损检测方法，克服传统检测方法需破坏被检对象的缺点，采用无损检测方式在不破坏钢管混凝土结构的前提下实现对二者粘结状态进行快速、有效的评价，降低人工检测强度；

2.现有的推出试验能够测量钢管混凝土界面粘结-滑移全过程，并确定抗剪粘结强度，但是不能判断钢管混凝土的粘结状态，本提案方法可以确定钢管混凝土是否粘结良好。

3.现有的推出试验需要制备试验样管进行破坏性试验，耗费大量人力物力财力，本提案方法检测速度快，判断准确，成本低廉，节省人力和物力；

4.本发明采用一种基于高频单探头超声波检测方法，通过匹配通用数字超声波检测仪，整个检测系统操作简单、方便携带；检测探头采用的频率为 2～5MHz，晶片尺寸为Φ14mm～20mm 纵波直探头；

5.通过理论计算校核对比试样钢管与混凝土粘结状态，以对比试样标定检测灵敏度，灵敏度高；

6.采用界面回波幅度、多次界面回波包络图判定钢管与混凝土粘结状态，结果直观、可靠。

附图说明

图 1 为本发明的方法流程图；

图 2 为本发明的界面回波声压的灵敏度曲线图；

图 3 为本发明的界面回波高度的灵敏度曲线图。

具体实施方式

如图 1 所示，本发明公开了一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，

（1）、制作与被检对象相同规格的对比试样：所述的对比试样采用与被检对象相同厚度、材质声学性能相同或相近的钢管，采用与被检对象相同成分的混凝土，采用与被检对象相同工艺使二者粘接在一起，使对比试样具有两种粘接状态的区域：粘接良好的区域与完全脱层的区域；

（2）、检测对比试样是否能用：使用数字超声检测仪，检测探头放置于粘接良好区域的钢管侧，与钢管保持良好耦合；调节仪器增益旋钮将第一次界面回波声压波幅达基准波高，测量该区域内不同位置界面回波声压值，测试位置不少于 5 点，求其平均值$\Delta_{实}$，$\Delta=\Delta_{实}-\Delta_{理}$；若$\Delta<2dB$，则表示钢管与混凝土粘结良好，可以作为灵敏度对比试块；若$\Delta\geq2dB$，则返回步骤（1）重新制作对比试样；其中$\Delta_{理}=20\lg r$，

r为钢与混凝土界面声压反射率，$r=\frac{P_r}{P_0}=\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}$，其中$Z_1$为钢管中声阻抗，$Z_2$为混凝土中声阻抗，$P_r$是反射声压，$P_0$是入射声压；

此处理论计算及对比试样实测时，按声程 100mm 处相邻两次界面回波为计算对象。

（3）、制作灵敏度曲线：用检测探头在对比试样的脱层区域上的钢管侧测界面回波，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现 N 次界面回波（N≥9），将各次界面回波按照距离波幅曲线制作要求绘制，作为灵敏度曲线上线；然后用检测探头在对比试样的粘接良好区域上的的钢管侧测界面回波，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现 N 次界面回波，将各次界面回波按照距离波幅曲线制作要求绘制，作为灵敏度曲线下线，如图 3 所示的曲线即是绘制出的曲线；

（4）、进行检测：使用上述数字超声检测仪对被检钢管混凝土进行粘结状态检测，将检测探头放置在钢管侧，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现 N 次界面回波，观察被检钢管混凝土的 N 次界面回波形态，若高于灵敏度曲线

下线低于灵敏度曲线上线，则判定为粘结不良；若低于等于灵敏度曲线下线，判定为粘结良好；若大于等于灵敏度曲线上线，判定为完全脱层。

所述的步骤（4）中进行检测时将探头置于被检对象钢管侧表面，检测探头通过超声耦合剂与钢管表面良好接触，匀速移动探头；探头移动速度不大于 150mm/秒，两次相邻扫查探头重叠区域不小于 10%。

本发明还公开了另外一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，具体如下：包括以下步骤：（1）、制作灵敏度曲线：计算灵敏度曲线：

灵敏度曲线上线计算公式为：y= a-20lgx，

式中 y：界面回波声压，dB；a 为基准值，dB；x 为界面反射回波次数；灵敏度曲线下线计算公式为：y= a-20lgx-20xlg|r|，

式中 y：界面回波声压，dB；a 为基准值，dB；x 为界面反射回波次数，r 为钢与混凝土界面声压反射率；

根据上述灵敏度曲线公式在数字超声检测仪中制作 N 次界面回波的灵敏度曲线；

基准值 a 的定义：距离波幅曲线的第一个测绘点作为基准点，其所对应的仪器增益按钮读数称为基准值，单位 dB；

可将探头置于脱层位置处，获得多次钢管壁底面回波，将声程大于等于 3 倍近场区位置处底面回波调节至屏幕的 90%，该回波即为基准点，读取此时仪器增益数值作为基准值。

（2）、进行检测判断：使用上述调试好的数字超声检测仪对被检钢管混凝土进行粘结状态检测，将检测探头放置在钢管侧，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现 N 次界面回波，观察被检钢管混凝土的 N 次界面回波形态，若高于灵敏度曲线下线低于灵敏度曲线上线，则判定为粘结不良；若低于等于灵敏度曲线下线，判定为粘结良好；若大于等于灵敏度曲线上线，判定为完全脱层。

以下对本发明的检测原理进行详细的说明：本发明所使用的数字超声检测仪为通用的 A 型脉冲反射超声波探伤仪，其工作频率范围为 0.5MHz～10 MHz，仪器至少在荧光屏满刻度的 80%范围内呈线性显示，水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%，探头声束轴线水平偏离角不应大于 2°，主声束垂直方向上不应有明显的双峰；数字超声检测仪具有波形记录功能；仪器与探头的组合频率与公称频率误差不大于±10%；所述的探头为高频单晶纵波直探头，探头晶片尺寸为Φ14mm～20mm，频率为 2～5MHz，探头的远场分辨力不小于 30dB。所述的对比试样的管段长度不小于 400mm。

混凝土钢管塔外壁钢材一般为Q235 结构用钢， Q235 钢具有各向同性，声速约为 5900m/s,密度为 7800kg/m^3；普通混凝土为水泥与沙石的混合物，表观密度为 1950～2500kg/m^3，是土木工程中最常用的混凝土品种，声速约为 4120m/s。根据公式Z=ρc（ρ为密度，c为声速）可知钢管与混凝土具有完全不同的声阻抗Z(表征介质声学特性的重要物理量)。

超声波从一种介质传播到另一种介质时，在两种介质的分界面上，一部分能量反射回原介质内，称反射波；另一部分能量透过界面在另一种介质内传播，称透射波。根据超声波在异质界面产生反射、透射的特性，因此采用超声波检测方法来评价钢管与混凝土界面的粘结状态。

若二者粘结状态良好，即超声波垂直入射到钢管与混凝土粘结界面时，钢中声阻抗Z_1=4.50×10^6g/cm^2·s ，混凝土中声阻抗Z_2=1.07×10^6g/cm^2·s ，则超声波在钢/混凝土界面的声压反射率r、透射率t为：

$$r=\frac{P_r}{P_0}=\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}=\frac{1.07-4.5}{1.07+4.5}=-0.616 \qquad \text{（公式 1.1）}$$

$$t=\frac{P_t}{P_0}=\frac{2Z_2}{Z_2+Z_1}=\frac{2\times1.07}{4.5+1.07}=0.384 \qquad \text{（公式 1.2）}$$

若钢管与混凝土产生脱层，二者中间会有空气进入，当采用超声波从外

部垂直入射时，这时的界面变为钢/空气界面。钢中声阻抗$Z_1=4.50\times10^6 g/cm^2\cdot s$，空气的声阻抗$Z_2=4\times10^{-5} g/cm^2\cdot s$，则超声波在钢/空气界面的声压反射率r、透射率t：

$$r=\frac{P_r}{P_0}=\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}=\frac{0.00004-0.45}{0.00004+0.45}\approx-1 \qquad \text{（公式 1.3）}$$

$$t=\frac{P_t}{P_0}=\frac{2Z_2}{Z_2+Z_1}=\frac{2\times0.00004}{4.5+0.00004}\approx0 \qquad \text{（公式 1.4）}$$

根据上述计算结果可以看出，钢管与混凝土结合状态良好时，界面的声压反射率为 61%；当发生脱层时，声压反射率为 100%。当粘结状态改变时，界面对超声波的声压反射率也随之变化，因此采用专用的超声波检测仪器，通过测定声压反射率的变换判断钢管与混凝土粘结状态。

当检测声程大于等于三倍近场区时，超声波在与波束轴线垂直、表面光洁的大平底面上的反射就是球面波在平面上的反射，其回波声压P_B为：

$$P_B=\frac{P_0F_S}{2\lambda x}$$ （P_0：入射声压，F_s：声源面积，λ：波长，x：检测声程）（公式 1.5）

不同结合状态时第 N 次界面回波分贝差（N 次回波）：

$$\Delta_{12}=20n\lg\frac{r_1}{r_2}$$ （n=1、2、3、4……）（公式 1.6）

根据公式 1.1-1.3 可知脱层状态时界面声压反射率$r_1=-1$，结合良好状态时界面声压反射率$r_2=-0.616$，代入公式 1.6 计算出二者分贝差（表 1）：

表 1　脱层区域与结合良好区域第 N 次界面回波分贝差 (dB)

界面回波 n / 分贝差	5	6	7	8	9	10
Δ_{12}	21	25.2	29.4	33.6	37.8	42

设定界面回波声压（dB）为 y，界面回波次数为 x，拟合上述数据及公式可以得到界面回波分贝值与界面回波次数的关系曲线图和函数关系式：y=f（x）。

拟合曲线图见图 2，函数关系式如下：

灵敏度曲线上线计算公式为：y= a-20lgx

式中 y：界面回波声压，dB；a 为基准值，dB；x 为界面反射回波次数；

灵敏度曲线下线计算公式为：y= a-20lgx-20xlg|r|

式中 y：界面回波声压，dB；a 为基准值，dB；x 为界面反射回波次数，r 为钢与混凝土界面声压反射率。

依据该函数关系式可以对钢管与混凝土的粘结状态（良好、不良、脱层）进行快速简易的测量。通过波幅高度与分贝值成正比可以得到图 3 界面超声回波包络图面板曲线。图 3 中的灵敏度上线：lgH=a-20lgx 下线：lgH= a-20lgx-20xlg|r|。

依据上述数据可以快速在仪器上绘制界面回波包络图，根据实际检测中界面回波所处位置，可以迅速判断钢与混凝土粘结状态是否良好。

权 利 要 求 书

1. 一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，其特征在于：包括以下步骤：（1）、在数字超声检测仪中制作灵敏度曲线：计算灵敏度曲线：

灵敏度曲线上线计算公式为：y= a-20lgx，

式中 y：界面回波声压，dB；a 为基准值，dB；x 为界面反射回波次数；灵敏度曲线下线计算公式为：y= a-20lgx-20xlg|r|，

式中 y：界面回波声压，dB；a 为基准值，dB；x 为界面反射回波次数，r 为钢与混凝土界面声压反射率；

根据上述灵敏度曲线公式在数字超声检测仪中制作 N 次界面回波的灵敏度曲线；

（2）、进行检测判断：使用上述调试好的数字超声检测仪对被检钢管混凝土进行粘结状态检测，将检测探头放置在钢管侧，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现 N 次界面回波，观察被检钢管混凝土的 N 次界面回波形态，若高于灵敏度曲线下线低于灵敏度曲线上线，则判定为粘结不良；若低于等于灵敏度曲线下线，判定为粘结良好；若大于等于灵敏度曲线上线，判定为完全脱层。

2. 根据权利要求 1 所述的钢管混凝土粘结状态超声波检测方法，其特征在于：所述的步骤（2）中进行检测时将检测探头通过超声耦合剂与钢管表面良好接触，匀速移动探头；探头移动速度不大于 150mm/秒，两次相邻扫查探头重叠区域不小于 10%。

3. 根据权利要求 1 所述的钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，其特征在于：所述的数字超声检测仪为通用的 A 型脉冲反射超声波探伤仪，其工作频率范围为 0.5MHz～10 MHz，仪器至少在荧光屏满刻度的 80%范围内呈线性显示，水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%，探头声束轴线水平偏离角不应大于 2°，主声束垂直方向上不应有明显的双峰。

4. 根据权利要求 1 所述的钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，其特

征在于：所述的检测探头为高频单晶纵波直探头，检测探头晶片尺寸为Φ14mm～20mm，频率为2～5MHz，检测探头的远场分辨力不小于30dB。

5. 根据权利要求1所述的钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，其特征在于：所述的数字超声检测仪具有波形记录功能；仪器与探头的组合频率与公称频率误差不大于±10%。

6. 一种钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，其特征在于：包括以下步骤：（1）、制作与被检对象相同规格的对比试样：所述的对比试样采用与被检对象相同厚度、材质声学性能相同或相近的钢管，采用与被检对象相同成分的混凝土，采用与被检对象相同工艺使二者粘接在一起，使对比试样具有两种粘接状态的区域：粘接良好的区域与完全脱层的区域；

（2）、检测对比试样是否能用：使用数字超声检测仪，检测探头放置于粘接良好区域的钢管侧，与钢管保持良好耦合；调节仪器增益旋钮将第一次界面回波声压波幅达基准波高，测量该区域内不同位置界面回波声压值，测试位置不少于5点，求其平均值$\Delta_{实}$，$\Delta=\Delta_{实}-\Delta_{理}$；若$\Delta<2dB$，则表示钢管与混凝土粘结良好，可以作为灵敏度对比试块；若$\Delta\geqslant 2dB$，则返回步骤（1）重新制作对比试样；其中$\Delta_{理}=20\lg r$，r为钢与混凝土界面声压反射率，$r=\frac{P_r}{P_0}=\frac{Z_2-Z_1}{Z_2+Z_1}$，其中$Z_1$为钢管中声阻抗，$Z_2$为混凝土中声阻抗，$P_r$是反射声压，$P_0$是入射声压；

（3）、制作灵敏度曲线：用检测探头在对比试样的脱层区域上的钢管侧测界面回波，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现N次界面回波，N≥9，将各次界面回波按照距离波幅曲线制作要求绘制，作为灵敏度曲线上线；然后用检测探头在对比试样的粘接良好区域上的的钢管侧测界面回波，调节仪器使数字超声检测仪屏幕内出现N次界面回波，将各次界面回波按照距离波幅曲线制作要求绘制，作为灵敏度曲线下线；

（4）、进行检测判断：使用上述调试好的数字超声检测仪对被检钢管混凝土进行粘结状态检测，将检测探头放置在钢管侧，调节仪器使数字超声检测仪屏幕

内出现 N 次界面回波（N>9），观察被检钢管混凝土的 N 次界面回波形态，若高于灵敏度曲线下线低于灵敏度曲线上线，则判定为粘结不良；若低于等于灵敏度曲线下线，判定为粘结良好；若大于等于灵敏度曲线上线，判定为完全脱层。

7. 根据权利要求 6 所述的钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，其特征在于：所述的步骤（2）中的理论计算及对比试样实测时，按声程 100mm 处相邻两次界面回波为计算对象。

8. 根据权利要求 6 所述的钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，其特征在于：所述的对比试样的管段长度不小于 400mm。

9. 根据权利要求 6 所述的钢管混凝土粘结状态超声波检测方法，其特征在于：所述的步骤（4）中进行检测时将检测探头通过超声耦合剂与钢管表面良好接触，匀速移动探头；探头移动速度不大于 150mm/秒，两次相邻扫查探头重叠区域不小于 10%。

10. 根据权利要求 6 所述的钢管混凝土粘结状态超声波检测的方法，其特征在于：所述的数字超声检测仪为通用的 A 型脉冲反射超声波探伤仪，具有波形记录功能；其工作频率范围为 0.5MHz～10 MHz，仪器至少在荧光屏满刻度的 80%范围内呈线性显示，水平线性误差不大于 1%，垂直线性误差不大于 5%，探头声束轴线水平偏离角不应大于 2°，主声束垂直方向上不应有明显的双峰；所述的检测探头为高频单晶纵波直探头，检测探头晶片尺寸为Φ14mm～20mm，频率为 2～5MHz，检测探头的远场分辨力不小于 30dB；仪器与探头的组合频率与公称频率误差不大于±10%。

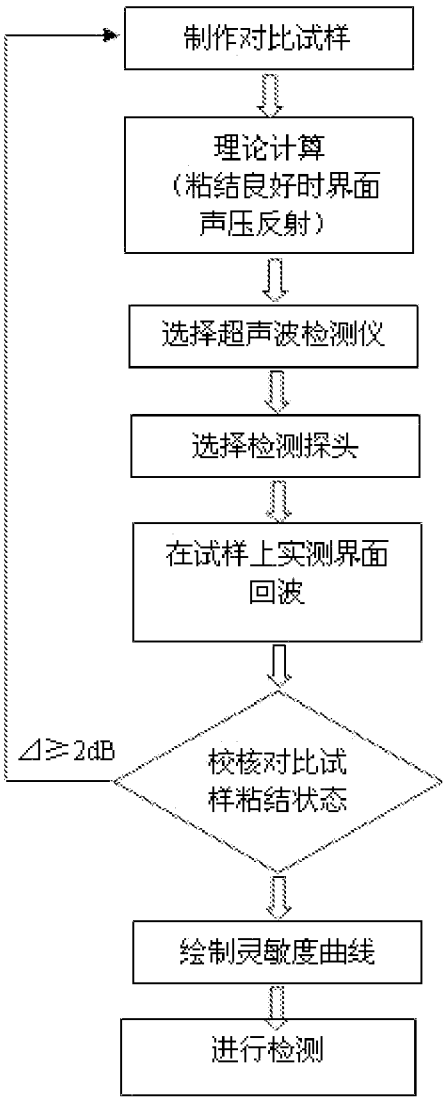

制作对比试样
理论计算
（粘结良好时界面
声压反射）
选择超声波检测仪
选择检测探头
在试样上实测界面
回波
校核对比试
样粘结状态
⊿≥2dB
绘制灵敏度曲线
进行检测

图 1

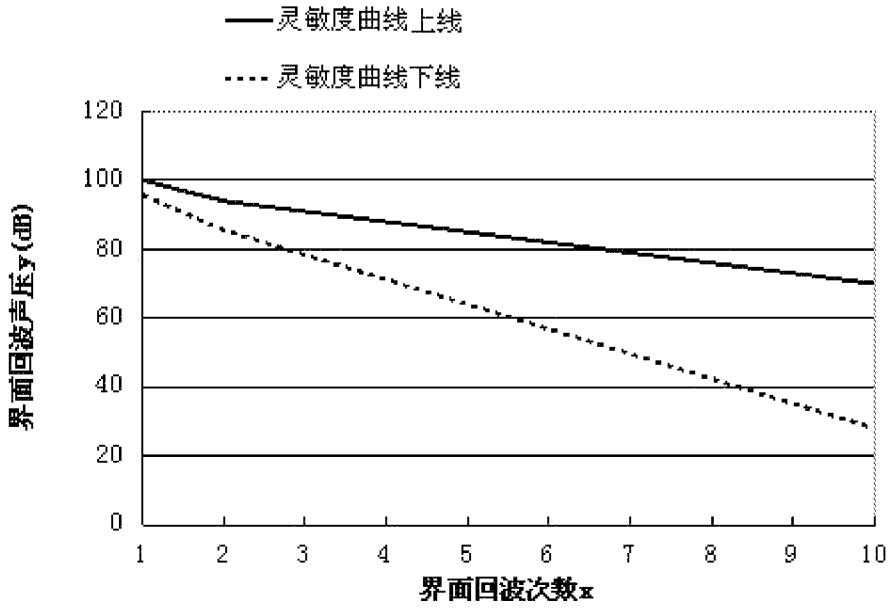

灵敏度曲线上线
灵敏度曲线下线
界面回波声压y(dB)
120
100
80
60
40
20
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
界面回波次数x

图 2

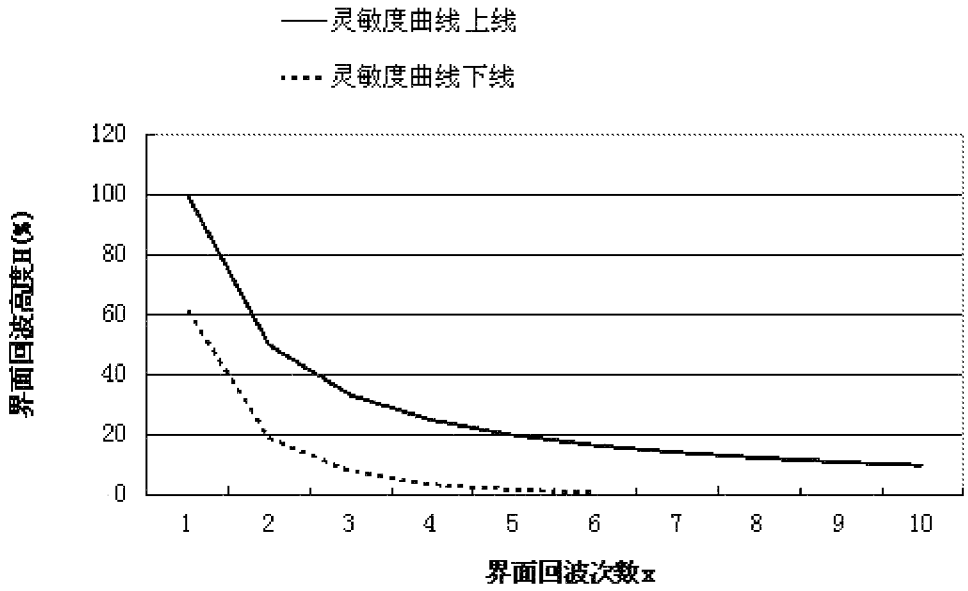

灵敏度曲线上线
灵敏度曲线下线
界面回波高度H(%)
120
100
80
60
40
20
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
界面回波次数x

图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/083555

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 29/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 29

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, VEN, CNTXT, USTXT, EPTXT, GBTXT, CATXT, CNKI, ISI, Google, Baidu: ultrasonic wave, concrete, bond, delaminate, debond, steel pipe, ultrasound, ultrasonic, supersonic, supersound, sensitivity

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HUANG, Zhengyu et al., "Research on the Test of Bond Quality between Steel and Concrete by Ultrasonic Waves Reflection on Single Surface", NATURAL SCIENCE JOURNAL OF XIANGTAN UNIVERSITY, volume 1, number 29, 31 March 2007 (31.03.2007), pages 102-108	1-10
A	CN 101907606 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY SHENZHEN GRADUATE SCHOOL), 08 December 2010 (08.12.2010), the whole document	1-10
A	CN 101021458 A (QINGDAO CONSTRUCTION GROUP CO., LTD.), 22 August 2007 (22.08.2007), the whole document	1-10
A	CN 1584585 A (TAIYUAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY), 23 February 2005 (23.02.2005), the whole document	1-10
A	US 4255798 A (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP.), 10 March 1981 (10.03.1981), the whole document	1-10
A	JP 2000221173 A (OHBAYASHI CORP.), 11 August 2000 (11.08.2000), the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 May 2014 (05.05.2014)	**15 May 2014 (15.05.2014)**
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer **ZHAO, Xiaoyu** Telephone No.: (86-10) **62084132**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/083555

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101907606 A	08 December 2010	None	
CN 101021458 A	22 August 2007	None	
CN 1584585 A	23 February 2005	CN 100392393 C	04 June 2008
US 4255798 A	10 March 1981	None	
JP 2000221173 A	11 August 2000	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2013/083555

A. 主题的分类

G01N 29/04(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G01N 29

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CNABS,VEN,CNTXT,USTXT,EPTXT,GBTXT,CATXT,CNKI,ISI,Google,Baidu: 混凝土、粘结、脱层、钢管、超声波、灵敏度 concrete，bond,delaminate,debond,steel pipe,ultrasound,ultrasonic，supersonic，supersound，sensitivity

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	黄政宇等. "超声反射法单面检测钢—混凝土粘结界面质量的研究" 湘潭大学自然科学学报, 卷 第1卷，第 第29期，2007年 3月 31日 (2007-03-31)，102-108页	1-10
A	CN 101907606A (哈尔滨工业大学深圳研究生院) 2010年 12月 08日 (2010-12-08) 全文	1-10
A	CN 101021458A (青岛建设集团公司) 2007年 8月 22日 (2007-08-22) 全文	1-10
A	CN 1584585A (太原理工大学) 2005年 2月 23日 (2005-02-23) 全文	1-10
A	US 4255798A (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 1981年 3月 10日 (1981-03-10) 全文	1-10
A	JP 2000221173A (OHBAYASHI CORP) 2000年 8月 11日 (2000-08-11) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2014年 5月 05日	2014年 5月 15日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国 传真号 (86-10)62019451	赵晓宇 电话号码 (86-10)62084132

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/083555

检索报告引用的专利文件		公布日（年/月/日）	同族专利		公布日（年/月/日）
CN	101907606A	2010年 12月 08日	无		
CN	101021458A	2007年 8月 22日	无		
CN	1584585A	2005年 2月 23日	CN	100392393C	2008年 6月 04日
US	4255798A	1981年 3月 10日	无		
JP	2000221173A	2000年 8月 11日	无		