

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发 2020 年第二批山东省工程建设标准制订、修订计划的通知》（鲁建标字〔2020〕18 号）的要求，由山东鲁勘集团有限公司、山东建筑大学会同有关单位，经深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上编制本标准。

本标准共 6 章，主要内容包括：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 超声波法检测；5. 组合仪器接触法检测；6. 检测报告及附录。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由山东鲁勘集团有限公司负责具体技术内容的解释。本标准执行过程中如有意见或建议，请寄送山东鲁勘集团有限公司（地址：山东省济南市高新区科兴路 892 号；邮政编码：250104；联系电话：0531-58718599；邮箱：sdjiance@163.com）。

本标准主编单位： 山东鲁勘集团有限公司

山东建筑大学

本标准参编单位： 济南高新区建筑质量安全监督办公室

中建八局第一建设有限公司

广信检测认证集团有限公司

武汉岩海工程技术有限公司

山东建元工程检测鉴定有限公司

山东鲁勘工程设计有限公司

青岛博海建设集团有限公司

航天建筑设计研究院济南分院

本标准主要起草人： 张省祥 赵而年 闫玉红 房立国 刘 振 张国纲

宋辰宁 隋林艳 李延佩 王立方 段光旭 崔言继

龙 翔 张向文 李全山 郑丽娟 李持庆 王新建

平 娜 杨玉龙 赵正方 杨燕军 苏 慧 何 浪

闫 凯 孙道建 李正阳 张 智 谢 忱 杨吉瑞

孙中华 刘玉琳 梁 飞 聂清嵘 鄢鹏程

本标准主要审查人： 嵇 飙 邵广彪 李当生 范 涛 秦 磊 陈允泉

付 军 孟凡运 杨 坤

目 次

1 总则.....	1
2 术语和符号.....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	3
3 基本规定.....	4
3.1 一般规定.....	4
3.2 检测工作要求.....	4
3.3 抽样方法和检测数量.....	5
3.4 复测和扩大检测.....	6
3.5 检测结果.....	6
4 超声波法检测.....	7
4.1 一般规定.....	7
4.2 超声波法现场检测.....	7
4.3 检测数据处理.....	8
5 组合仪器接触法检测.....	11
5.1 一般规定.....	11
5.2 孔（槽）深度现场检测.....	11
5.3 孔径（槽宽）现场检测.....	11
5.4 孔（槽）垂直度现场检测.....	12
5.5 沉渣厚度现场检测.....	13
6 检测报告.....	15
附录 A 伞形孔径仪校准方法.....	16
附录 B 伞形孔径仪检测孔径的计算方法.....	17
附录 C 圆心拟合法成孔垂直度的计算方法.....	19
附录 D 伞形孔径仪检测槽宽的计算方法.....	20
本标准用词说明.....	23
引用标准名录.....	24
附：条文说明.....	25

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols.....	2
2.1	Terms	3
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements.....	3
3.1	General requirements.....	3
3.2	Testing requirements.....	3
3.3	Sampling method and test quantity.....	4
3.4	Retest and extended test.....	5
3.5	Testing Result.....	5
4	Detection of ultrasonic method.....	6
4.1	General requirements.....	6
4.2	Field detection of ultrasonic method	6
4.3	Data Processing.....	7
5	Detection of combined instrument contact method.....	10
5.1	General requirements	10
5.2	Field Detection of hole and Groove depth	10
5.3	Field Detection of hole diameter and groove width.....	10
5.4	Field Detection of hole and groove verticality	11
5.5	Field Detection of sediment thickness	12
6	Test Report.....	14
Appendix A	Calibration of umbrella aperture meter.....	16
Appendix B	Calculation for measuring aperture of umbrella aperture meter	17
Appendix C	Calculation for the verticality of the hole by the center fitting method	20
Appendix D	Calculation for measuring groove width of umbrella aperture meter.....	21
	Explanation of wording in this standard.....	24
	List of quoted standards.....	25
	Addition: Explanation of provisions.....	26

1 总则

1.0.1 为规范地下成孔成槽施工质量的检测工作，贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全可靠、技术先进、经济适用，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于地下成孔成槽的深度、直径（宽度）、垂直度和沉渣厚度的施工质量检测。

1.0.3 地下成孔成槽施工质量检测除应符合本标准的规定外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.0.1 地下成孔成槽 Underground hole and groove

通过机械施工或人力挖掘等手段在地基土中形成的圆形桩孔或方形沟槽。

2.0.2 试成孔（槽） trial hole (groove)

钻孔灌注桩（地下连续墙）在施工前，为核对地层资料和检验所选设备、施工工艺及技术要求是否合适而进行的试验性成孔（槽）。

2.0.3 单元槽段 unit groove

将地下成槽的施工沿槽长方向划分为若干某种长度的施工单元。

2.0.4 沉渣 sediment

钻孔灌注桩成孔或地下连续墙成槽后，淤积于孔（槽）底部的渣土。

2.0.5 超声波法检测 ultrasonic testing method

使用超声波探头在孔（槽）内深度方向移动并连续发射和接收声波，通过实测各深度的径向声时，分析计算待检测孔径（槽宽）及垂直度的检测方法。

2.0.6 组合仪器接触法检测 combined instrument contact testing method

使用深度记录仪、孔径仪、专用测斜仪、沉渣仪等不同的仪器组合在孔（槽）内深度方向上移动，通过测量仪器与孔（槽）侧壁或底部的直接接触探测所量测的倾斜角、电阻率、压力等参数的变化，计算检测孔（槽）深、孔径（槽宽）、孔（槽）垂直度和沉渣厚度的检测方法。

2.0.7 顶角测量法 vertex angle measuring method

通过测斜仪测量成孔成槽中不同深度倾斜角的变化，推算成孔垂直度的检测方法。

2.0.8 圆心拟合法 circle center fitting method

通过灌注桩桩孔中各深度横向剖面的圆心拟合的空间直线，计算相对于重力方向的倾斜角度，以此推算垂直度的检测方法。

2.0.9 电阻率法 resistivity method

通过微电极系在沉渣和均匀泥浆界面上的电阻率变化检测沉渣厚度的方法。

2.0.10 探针法 probe method

通过探针进入沉渣后的伸出长度、压力变化和（或）角度变化检测沉渣厚度的方法。

2.2 符号

c ——超声波在泥浆介质中的传播速度 (m/s) ;

D ——孔径或钻具内径 (m) ;

ϕ ——测斜仪探头或钻具内径 (m) ;

R_i ——测点位置 i 处的成孔半径 (m) ;

H ——孔 (槽) 深度 (m) ;

E ——孔 (槽) 的偏心距 (m)

K ——成孔垂直度 (%) ;

θ_i ——测点 i 的实测顶角 ($^{\circ}$) ;

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 地下成孔成槽施工质量检测应根据检测项目选择相应的仪器设备和方法，并应符合下列规定：

1 地下成孔成槽深度、直径（宽度）、垂直度的检测宜采用超声波法或组合仪器接触法。

2 在没有清孔条件下，应采用组合仪器接触法。

3 地下成孔成槽底部沉渣厚度的检测应采用组合仪器接触法。

3.1.2 地下成孔成槽质量检测前应进行资料调查和现场踏勘。

3.1.3 地下成孔成槽质量检测应在资料调查和现场踏勘的基础上编制专项方案，专项方案的内容应符合本标准第 3.2.3 条的规定。

3.1.4 地下成孔成槽质量检测应满足信息化管理的需要。

3.2 检测工作要求

3.2.1 地下成孔成槽施工质量检测应按图 3.2.1 的程序进行。

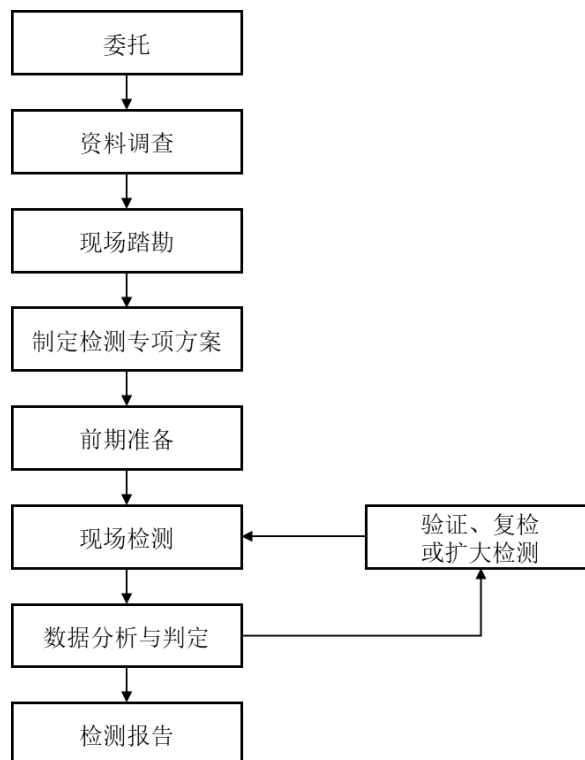


图 3.2.1 检测工作程序

3.2.2 资料调查和现场踏勘应包括下列内容：

- 1 搜集项目岩土工程勘察资料、设计图纸、施工方案、施工记录；
- 2 了解施工工艺特点和施工中出现的异常情况；
- 3 检测项目现场实施的可行性；
- 4 采用第三方检测时，应明确委托方的具体要求。

3.2.3 专项方案应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测目的或委托方的检测要求；
- 3 检测依据；
- 4 检测项目、检测方法、抽样方案和检测数量；
- 5 检测人员和仪器设备；
- 6 检测工作进度计划；
- 7 所需要的配合工作；
- 8 检测中的安全措施和环保措施。

3.2.4 现场检测所使用的仪器设备应符合下列规定：

- 1 检测仪器设备应在检定或校准周期内，并应处于正常状态；
- 2 仪器设备的精度应满足检测项目的要求；
- 3 仪器设备应具有良好的稳定性，具备实时显示和存储功能，且应具备防水、绝缘、防尘、防潮、防振等性能；
- 4 探头线缆抗拉强度应能满足仪器在孔（槽）内反复升降的要求。

3.3 抽样方法和检测数量

3.3.1 现场检测点位应随机抽样、均匀分布，并结合下列情况确定：

- 1 不同机台、不同班组或采用不同工艺开始施工的孔（槽）；
- 2 地层性质差异大或容易发生偏斜、坍塌、缩径等软弱或特殊地层的孔（槽）；
- 3 对施工质量有疑问的孔（槽）；
- 4 重要部位。

3.3.2 地下成孔质量检测的抽检数量应符合下列规定：

- 1 建筑桩基设计等级为甲级，或地质条件复杂、成桩质量可靠性较低的钻孔灌注桩，或采用挤扩等变径成孔工艺施工的灌注桩的成孔质量检测数量不应小于总桩孔数的 30%，

且应不少于 20 个桩孔；一柱一桩时应全数进行检测；其他钻孔灌注桩工程不应小于总桩孔数的 20%，且不应小于 10 个桩孔；

2 除符合本条上款规定外，每个柱下承台检测桩孔数量不应少于 1 个。

3 大直径桩及市政桥梁基桩应进行全部质量检测。

3.3.3 地下成槽质量检测的抽检数量应符合下列规定：

1 应对重要结构全部单元槽段进行成槽质量检测；一般结构检测数量不应小于总单元槽段数的 20%，每个单元槽段抽测数量不应少于 3 个断面；

2 地下连续墙作为永久性结构时，应对全部单元槽段进行成槽质量检测。

3.3.4 试成孔（槽）、异型槽（非矩形槽）及为设计提供依据的静载试验桩孔，应全部进行成孔（槽）质量检测。

3.4 复测和扩大检测

3.4.1 现场每孔（槽）检测完成后，检测单位应及时向委托方提供检测结果。当检测结果不满足设计要求规定时，应及时通知有关参建方，经处理后进行复测，直至符合设计要求。

3.4.2 现场成孔（槽）质量检测过程中，当不合格的检测数量大于抽检数量的 30%时，除进行复测外，应扩大检测。扩大检测数量应经各参建单位认可后确定。

3.5 检测结果

3.5.1 成孔（槽）质量检测应给出每个被检孔（槽）的实测值。

3.5.2 地下成孔（槽）质量检验标准应符合设计要求，并应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202 等的规定。

4 超声波法检测

4.1 一般规定

4.1.1 超声波法适用于直径（宽度）大于或等于 600 mm 的地下成孔（槽）的深度、直径（槽宽）及垂直度质量状况的检测。

4.1.2 超声波法质量检测应在清孔（槽）完成且孔（槽）壁稳定之后、安放钢筋笼之前进行。

4.1.3 超声波法检测宜在孔（槽）中泥浆内气泡基本消散后进行。孔（槽）内泥浆性能应满足仪器使用的要求；检测时应采取有效措施，保证超声波信号清晰有效。

4.1.4 超声波检测仪器应符合下列规定：

- 1 孔径（槽宽）检测精度应不低于满量程的 0.2%，且应具有自校功能；
- 2 检测仪器应能记录检测时间、孔号等工程信息，模拟式仪器应能显示直径（或宽度）刻度和深度刻度；
- 3 超声波仪器的探头应能同时对十字正交的两个方向进行检测；
- 4 超声波探头应具备升降速度可调节的功能，并应满足最大升降速度 10m/min 的要求；
- 5 超声波探头下降过程中遇到孔（槽）壁或孔（槽）底时，应能自动控制停机。

4.2 超声波法现场检测

4.2.1 超声波法现场检测步骤应符合下列规定：

1 应根据孔（槽）口的实际情况，采取安全、稳定、牢固措施将超声波检测仪架设在孔（槽）上方。

2 超声波探头应对准孔（槽）顶部中心，检测过程中不得移动仪器。成槽检测时，用于槽宽检测的一对探头声波发射方向应与槽面垂直。

3 检测前，应利用护筒直径或导墙宽度作为标准距离测量声时值，并计算声速。当使用具备自校功能的仪器时，可通过调整仪器参数设置，使仪器显示的孔（槽）尺寸与标准距离一致；调整完毕后，再利用标准距离验证仪器系统，验证不应少于 2 次；验证完成后，应及时固定相关参数设置，检测过程中不得变动。

4 成孔检测时，应同时对桩孔两个十字正交剖面进行检测。直径大于 4m 的桩孔、挤扩桩孔、试成孔及静载荷试桩孔应增加检测方位。

5 检测过程中，应根据超声波换能器实时记录各深度测点的声时值计算断面直径或宽度，各测点间距宜相等且不大于 100mm；也可由记录仪或计算机直接绘制孔（槽）壁剖面图。

6 检测时，应标明各检测剖面 x-x'、y-y'与成孔（槽）之间的方位关系。

4.2.2 超声波法现场检测记录应符合下列要求，并应满足分析精度需要：

- 1 现场检测的孔（槽）图像清晰、准确；
- 2 有明显的刻度标记，可准确显示任一深度处孔径（槽宽）及孔（槽）壁的形状；
- 3 标记检测时间、设计孔径（槽宽）、检测方向及孔（槽）底深度等工程信息；
- 4 记录图纵横比例尺应根据设计孔（槽）深度及孔径（槽宽）合理设定。

4.2.3 试成孔（槽）施工质量连续跟踪检测时间宜为 12h，检测时间间隔宜为 3h~4h，每次应定向检测。

4.2.4 试成孔施工质量检测宜在成孔后 1h 内等间隔检测，检测频次不宜少于 3 次，每次应定向检测。

4.3 检测数据处理

4.3.1 超声波在泥浆介质中的传播速度，应根据孔（槽）口尺寸和孔（槽）口所测的声时值，按下式计算：

$$c = \frac{2(d_0 - d')}{t_1 + t_2} \quad (4.3.1)$$

式中：c——超声波在泥浆介质中的传播速度（m/s）；

d_0 ——标定间距（m）；

d' ——两方向相反换能器的发射（接收）面之间的距离（m）；

t_1 、 t_2 ——对称探头的实测声时（s）。

4.3.2 采用超声波仪器进行孔径检测时，实测孔径 D 可按下式计算（图 4.3.2）：

$$D = R_1 + R_2 \quad (4.3.2-1)$$

$$R_1 = \frac{\sqrt{(l_3 - l_4)^2 + (l_1 + l_2)^2}}{2} \quad (4.3.2-2)$$

$$R_2 = \frac{\sqrt{(l_1 - l_2)^2 + (l_3 + l_4)^2}}{2} \quad (4.3.2-3)$$

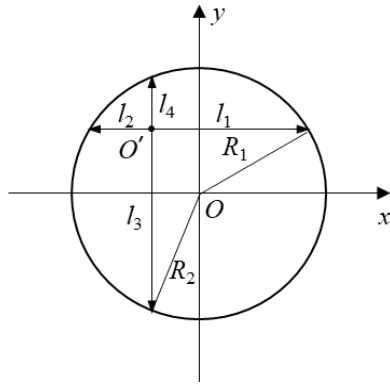


图 4.3.2 孔径计算示意图

O' ——探头中心； O ——实际圆心

式中： D ——测点位置处的成孔直径（m）；

R_1 、 R_2 ——测点位置处的成孔半径（m）；

l_1 ——在 $+x$ 方向上探头换能器至孔壁的水平距离（m）；

l_2 ——在 $-x$ 方向上探头换能器至孔壁的水平距离（m）；

l_3 ——在 $-y$ 方向上探头换能器至孔壁的水平距离（m）；

l_4 ——在 $+y$ 方向上探头换能器至孔壁的水平距离（m）。

4.3.3 地下成孔成槽垂直度 K 可按下式计算：

$$K = \frac{E}{H} \times 100\% \quad (4.3.3)$$

式中： E ——孔（槽）的偏心距（m）；

H ——孔（槽）深度（m）。

4.3.4 地下成孔测点处的偏心距 E 应按下式计算（图 4.3.2）：

$$E = \sqrt{|X_0 - X_n|^2 + |Y_0 - Y_n|^2} \quad (4.3.4-1)$$

$$X_0 = (l_{10} - l_{20}) / 2 \quad (4.3.4-2)$$

$$Y_0 = (l_{30} - l_{40}) / 2 \quad (4.3.4-3)$$

$$X_n = (l_{1n} - l_{2n}) / 2 \quad (4.3.4-4)$$

$$Y_n = (l_{3n} - l_{4n}) / 2 \quad (4.3.4-5)$$

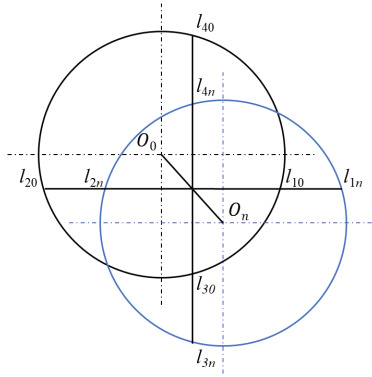


图 4.3.4 垂直度计算示意图

O_0 ——第 1 测点处的桩孔中心点， O_n ——第 n 测点处的桩孔中心点

式中： X_0 、 Y_0 ——第 1 测点处声波探头中心相对于桩孔中心点的偏离坐标（m）；

X_n 、 Y_n ——第 n 测点处声波探头中心相对于桩孔中心点的偏离坐标（m）；

l_{10} 、 l_{20} 、 l_{30} 、 l_{40} ——第 1 测点处探头中心距离孔壁四个方向的水平距离（m）；

l_{1n} 、 l_{2n} 、 l_{3n} 、 l_{4n} ——第 n 测点处探头中心距离孔壁四个方向的水平距离（m）。

4.3.5 地下成槽测点处的偏心距 E 可按下列式计算：

$$E = |Y_0 - Y_n| \quad (4.3.5)$$

式中： Y_0 、 Y_n ——分别为第 1 和第 n 测点处超声波探头与槽壁的垂直距离（m）。

5 组合仪器接触法检测

5.1 一般规定

5.1.1 组合仪器接触法适用于地下成孔成槽的深度、孔径（槽宽）、垂直度及沉渣厚度的质量检测。

5.1.2 组合仪器接触法检测设备包括深度记录仪、伞形孔径仪、专用测斜仪、探针式沉渣仪及测锤等，并应根据检测项目选择对应的仪器设备和方法。

5.1.3 组合仪器接触法中，地下成孔成槽深度检测宜采用深度记录仪，孔径（槽宽）宜采用伞状孔径仪。

5.2 孔（槽）深度现场检测

5.2.1 地下成孔（槽）深度检测应在清孔完毕后进行。

5.2.2 地下成孔（槽）深度检测可使用组合仪器接触法中的深度记录仪进行检测，当探头落在孔（槽）底部终止下降时，深度记录仪记录的深度即为孔（槽）深度。

5.2.3 深度记录仪应能实时记录检测仪器的深度，记录仪滑轮应与检测仪器的电缆线保持同步，测量精度应不低于 0.3%。

5.3 孔径（槽宽）现场检测

5.3.1 地下成孔直径和成槽宽度检测可采用伞形孔径仪进行检测，伞形孔径仪的仪器校准应符合本标准附录 A 的规定。伞形孔径仪应符合下列规定：

1 测量臂应不少于 4 只，测量臂应能同时张开且在水平投影方向互呈 90°，测量臂张开时应具备足够的长度和张力确保末端能接触孔壁。

2 伞形孔径仪的方位角测量精度应不低于 0.1°。

3 伞形孔径仪应具备校准装置，校准装置应经法定计量检测机构检定。

5.3.2 孔径（槽宽）检测前，应采取可靠、牢固措施将伞形孔径仪安置于孔口上方，仪器中心宜对准成孔（槽）中心，检测过程中仪器滑轮位置应保持固定，测量并记录仪器的起始位置。

5.3.3 地下成孔直径小于 1.2m 时，孔径仪检测最大允许误差不应大于 15mm；地下成孔直径不小于 1.2m 时，最大允许误差不应大于 25mm。

5.3.4 孔径（槽宽）检测应自孔（槽）底向孔（槽）口连续进行，并应符合下列规定：

1 伞形孔径仪降至孔（槽）底后，四根测量臂应同时张开，提升速度应保持匀速，且

不宜大于 0.25m/s。

2 地下成孔直径或成槽宽度变化较大处，宜降低提升速度。

5.3.5 孔径检测数据应符合下列规定：

1 孔径检测数据应与深度同时记录，且保持对应。

2 仪器记录的孔径—深度曲线应满足下列要求：

1) 应有孔径和深度的刻度标记，且能显示任一深度处的孔径；

2) 应有设计孔径基准线、基准零线及同步记录深度标记；

3) 纵横比例尺应根据设计孔径及深度合理设定，并应满足分析精度要求。

3 现场应记录检测日期、时间、孔号、孔深、实测孔径最大值和最小值及其对应的深度。

4 当空地泥浆较稠时，孔径仪的测量杆未接触到孔壁时，应结合成孔施工情况，对检测结果进行综合判断。

5 采用伞形孔径仪进行成孔直径检测时，孔径的计算方法应按本标准附录 B 的规定。

5.3.6 采用伞形孔径仪进行地下成槽宽度检测时，应在槽口将伞形孔径仪互为反向的一对测杆调整为与导墙方位平行，且应将伞形孔径仪方位角调零。

5.3.7 采用伞形孔径仪进行地下连续墙成槽宽度检测时，槽宽的计算方法应符合本标准附录 D 的规定。

5.4 孔（槽）垂直度现场检测

5.4.1 地下成孔垂直度的计算可采用顶角测量法或圆心拟合法。

5.4.2 地下成孔垂直度检测可在清孔完毕后、未提钻的钻具内进行。当采用专用测斜仪外加扶正器时，也可在孔径检测完成后直接在孔内进行垂直度检测。扶正器直径应根据设计孔径大小及垂直度测量精度要求确定。

5.4.3 测斜仪的检测精度应符合下列规定：

1 角度测量范围 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ；

2 角度分辨率不宜低于 $36''$ ；

3 测量误差不宜大于 $\pm 0.1^{\circ}$ 。

5.4.4 顶角测量法检测应符合下列规定：

1 检测前应在仪器主机上设置孔径、扶正器外径等参数。

2 检测时，测斜仪应放置在预设起始深度处并调零；测斜仪及扶正器应避免碰触孔壁，

并应保持自然垂直状态。

3 下放测斜仪时，应每间隔一定深度暂停下降，待顶角显示值稳定后记录测点数据；然后继续下测直到孔底。

4 每个测点的间距不宜大于 5m，在顶角变化较大处宜增加检测点数；应在接近孔底位置设置最后一个测点。

5 检测过程中应避开明显扩径段。

5.4.5 地下成孔垂直度检测结果以垂直度和偏心距表示。地下成孔偏心距 E 可按下式计算：

$$E = \frac{D}{2} - \frac{\phi}{2} + \sum_{i=1}^n h_i \sin\left(\frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2}\right) \quad (5.4.6-1)$$

式中： D ——孔径或钻具内径（m）；

ϕ ——测斜仪探头或钻具内径（m）；

i ——第 i 个测点；

n ——测点总数；

h_i ——第 i 段测点距离（m）；

θ_i ——第 i 测点的实测顶角（°）。

θ_{i+1} ——第 $i+1$ 测点的实测顶角（°）。

5.4.5 采用圆心拟合法进行成孔垂直度检测时，计算方法应符合本标准附录 C 的规定。

5.4.6 采用伞形孔径仪检测成槽垂直度时，计算方法应符合本标准附录 D 的规定。

5.5 沉渣厚度现场检测

5.5.1 沉渣检测应在成孔（槽）完成后、浇筑混凝土之前进行。沉放钢筋笼前，宜使用电阻率仪、探针式沉渣仪或测锤进行检测；沉放钢筋笼后，宜使用探针式沉渣仪或测锤进行检测。

5.5.2 沉渣厚度检测点应在孔底中心或槽宽中心位置。对于大直径桩及厚度超过 800 mm 的地下连续墙宜增加测点数量。

5.5.3 采用电阻率仪检测沉渣厚度时，应符合下列规定：

1 仪器探头应对准孔（槽）中心部，且应下放到底，同时观察视电阻率值变化范围，选取合适的测量量程或放大倍数；

2 仪器探头应从孔（槽）底位置将探头提升至约 1m 高度后使探头自由下落，探头应

透沉渣层达到持力土层；

3 仪器探头提升过程中，仪器应能实时检测孔底不同深度处的电阻率，并实时记录泥浆电阻率—深度曲线，探头应提升至距离孔底约 2m 高度处后方可停止检测；

4 根据泥浆电阻率—深度曲线进行沉渣厚度确定时，曲线拐点对应的深度以下部分可判断为沉渣，沉渣厚度由深度坐标量取。

5.5.4 采用探针式沉渣仪检测沉渣厚度时，应符合下列规定：

1 仪器探头应下放到孔（槽）底，且探头内的探针应归于初始位置。

2 探针应向下伸出，并实时记录探头倾角、探针贯入阻力及对应的刺入深度。

3 探针伸出达到量程极限时，应具备自动停止及实时保存数据的功能。

4 宜以探针阻力—深度曲线进行沉渣位置判别，曲线拐点对应的深度以上部分可判断为沉渣，沉渣厚度由深度坐标量取。

5.5.5 探针式沉渣仪应符合下列规定：

1 探针最大可伸出长度不宜小于 200mm；

2 探头重量、探针刚度和截面尺寸应根据泥浆性状确定，探针应具有刺穿沉渣的能力。

5.5.6 电阻率法检测采用的仪器设备应符合下列规定：

1 电极系绝缘电阻不宜小于 50MΩ；

2 探头总质量不宜小于 5kg，探头直径不宜大于 100mm，探头总长度不宜小于 800mm；

3 探头微电极长度不宜大于 50mm。

6 检测报告

6.0.1 当孔（槽）检测完毕应及时填写现场检测结果。现场检测结果应包括下列内容：

- 1 工程名称及桩（槽）位编号；
- 2 桩（槽）设计参数；
- 3 检测依据；
- 4 检测方法；
- 5 检测仪器型号、编号及仪器标定参数；
- 6 各项检测内容的检测结果；
- 7 成孔（槽）质量评定；
- 8 检测人员签名、日期；
- 9 见证检测应注明见证单位和见证人。

6.0.2 检测报告的内容应包括下列信息：

- 1 工程名称及概况、委托单位、施工单位等基本信息；
- 2 检测编号；
- 3 检测机构名称和地址；
- 4 见证检测应注明见证单位和见证人；
- 5 桩孔（单元槽段）编号、孔（槽）设计参数；
- 6 检测依据的标准、规范；
- 7 检测仪器型号、编号、检定日期、现场标定结果；
- 8 检测原理和检测过程；
- 9 检测数据汇总；
- 10 检测结论；
- 11 检测、审核、签发人员的签名；
- 12 附图表，包括桩位（单元槽段）平面布置图，每桩孔（单元槽段）的测试记录图表，被检测桩孔（单元槽段）典型地质柱状图等。

附录 A 伞形孔径仪校准方法

A.0.1 伞形孔径仪的校准应在专用校准架上进行，校准架应由法定计量单位定期检定或校准。

A.0.2 校准架刻度误差应不大于 $\pm 1\text{mm}$ 。校准完毕后，仪器参数在检测过程中不得变动。

A.0.3 伞形孔径仪的标定应按下列步骤进行：

1 仪器系统连接完毕，接通电源，确认设备工作正常；

2 按从大到小的次序，将 4 只测量臂的末端置于标定架至少 5 个已知标准直径 d_s 对应的校准点处，分别记录仪器每次显示的测量值 d_i ；

3 将仪器测量值与其对应的已知标准直径作为一组相关参数，采用直线拟合的方法得到关系式，从而确定孔径标定系数；

4 将孔径标定系数输入仪器系统参数中；

5 将测量臂置于校准架任意不同直径校准点 3 次，分别记录各次测量值；

6 计算校正后的仪器测量值与标准值的相对误差，若误差满足规范精度要求，表明仪器正常，可以进行检测；否则，需重新标定，若精度仍不满足要求，仪器必须维修。

附录 B 伞形孔径仪检测孔径的计算方法

B.0.1 伞形孔径仪张角采用电位差检测时，测量杆张开角度的变化通过仪器的电信号转化为测量电位器电压值的变化，孔径可按下式计算：

$$D = D_0 + \frac{kf\Delta V}{I} \quad (\text{B.0.1-1})$$

式中： D_0 ——起始孔径值（m）；

k ——仪器标定系数；

f ——仪器转化系数（m/ Ω ）；

ΔV ——测量信号电位差（V）；

I ——供给的恒定电流（A）。

B.0.2 当因孔壁形状不规则或探头中心位置不居中等因素导致伞形孔径仪的四个测量臂端点不在同一高度，需对每个测量臂端点所在高度的孔径进行分别计算。

1 根据测量臂 1、3 端点的空间轨迹（如图 B.0.2-1），在深度 h_1 处，测量臂 1 的端点位置为 P_1 ，其在水平面的投影长度 OP_1 应按下式计算：

$$OP_1 = L \times \sin \theta_1 \quad (\text{B.0.2-1})$$

式中： L ——测量臂固定长度（m）；

θ_1 ——测量臂 1 与重力线之间的夹角（ $^\circ$ ）。

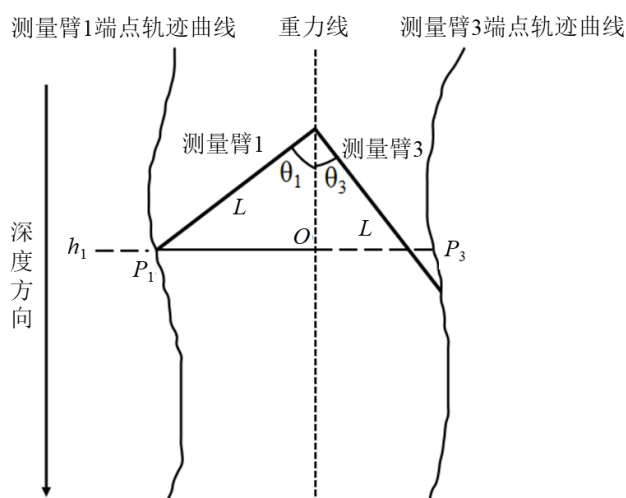


图 B.0.2-1 伞形孔径仪计算示意图

2 测量臂 3 在深度 h_1 处的线性插值点为 P_3 ，由 h_1 深度处上、下两个相邻实测点的位置线性插值计算得到，由测量臂 2 和 4 端点的空间轨迹计算出深度 h_1 处的线性插值点 P_2 、 P_4 。

3 在深度 h_1 处的圆形截面处， OP_1 、 OP_2 、 OP_3 、 OP_4 分别为测量臂 1、2、3、4 在该圆中的投影（图 B.0.2-2），在 h_1 深度处的孔径 D 应按下式计算：

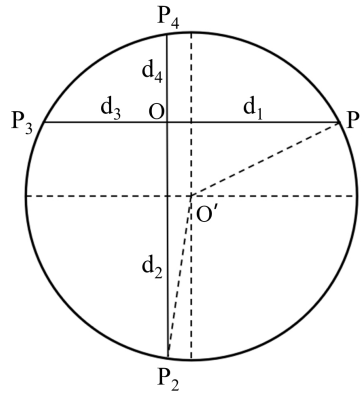


图 B.0.2-2 合成孔径计算示意图

O ——探头中心， O' ——成孔横截面理想圆形圆心

$$D = \sqrt{\left(\frac{d_1 + d_3}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_2 - d_4}{2}\right)^2} + \sqrt{\left(\frac{d_2 + d_4}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_1 - d_3}{2}\right)^2} \quad (\text{B.0.2-2})$$

4 对测量臂 2、3、4 端点所对应的深度位置处，均可参照上述方法算对应深度位置处的孔径值。

B.0.3 当不考虑伞形孔径仪四支测量臂存在的高度差时，宜根据公式 B.0.2-1 分别计算四支测量臂对应的投影长度，再根据公式 B.0.2-2 计算该高度下的孔径值。

附录 C 圆心拟合法成孔垂直度的计算方法

C.0.1 按照本标准附录 B 的方法,计算伞形孔径仪测量臂对应深度处的圆心空间位置 O'_i (图 C.0.1), 在空间坐标系中, 不同深度处圆心的集合为:

$$O'_i(x_i, y_i, h_i), \quad (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad (\text{C.0.1})$$

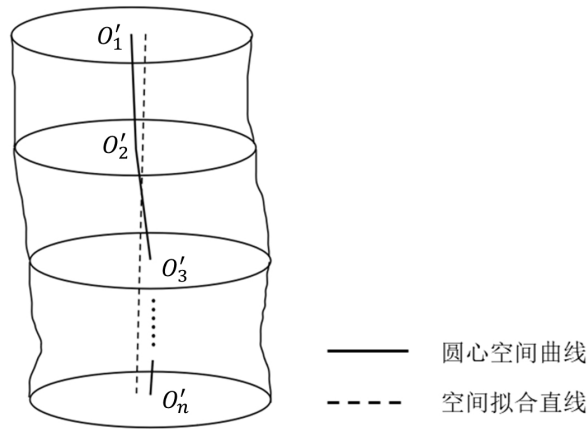


图 C.0.1 成孔垂直度计算示意图

C.0.2 成孔的垂直度 K 应按下式计算:

$$K = \sqrt{\left(\frac{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n \sum x_i h_i - \sum x_i \sum h_i} \right)^2 + \left(\frac{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}{n \sum y_i h_i - \sum y_i \sum h_i} \right)^2} \quad (\text{C.0.2})$$

式中: x_i 、 y_i —— 每个深度截面上的圆心的横、纵坐标值;

h_i —— 圆心所在截面的深度;

n —— 圆心的数量。

附录 D 伞形孔径仪检测槽宽的计算方法

D.0.1 根据孔径仪测量臂在槽中的状态，可分为只有两个测量臂接触槽壁（图 D.0.1 (a)）或四个测量臂都接触槽壁（图 D.0.1 (b)）两种情况。

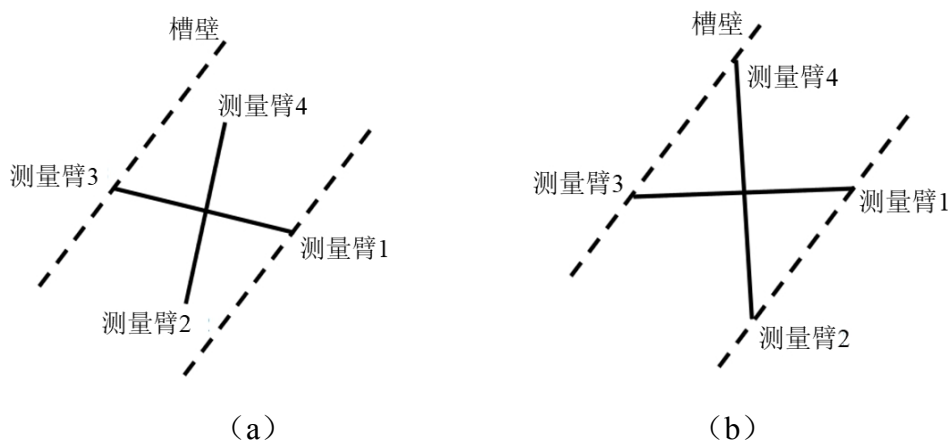


图 D.0.1 测量臂接触状态

D.0.2 当伞形孔径仪出现图 D.0.1 (a) 状态时，在深度 h_i 位置，测量臂接触点与探头中心的距离（图 D.0.2），应按下列公式计算：

$$L_1 = L \times \sin \alpha_1 \quad (\text{D.0.2-1})$$

$$L_3 = L \times \sin \alpha_3 \quad (\text{D.0.2-2})$$

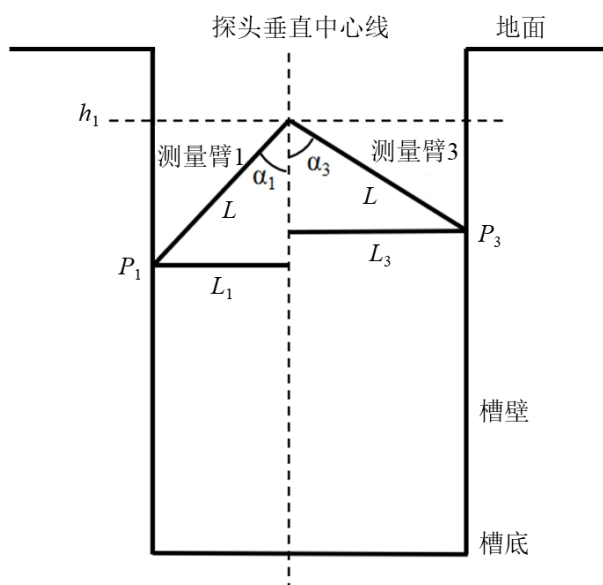


图 D.0.2 接触点与探头中心距离计算

式中： L ——孔径仪测量臂长度（m）；

α_1 、 α_3 ——测量臂 1、3 在当前深度下的张开角度（°）；

L_1 、 L_3 ——测量臂 1、3 的端点到探头垂直中心线的距离（m）。

D.0.3 当伞形孔径仪出现图 D.0.1（a）状态时， L_1 和 L_3 在槽宽方向上的投影长度 W_1 和 W_3 （图 D.0.3），可按下式计算：

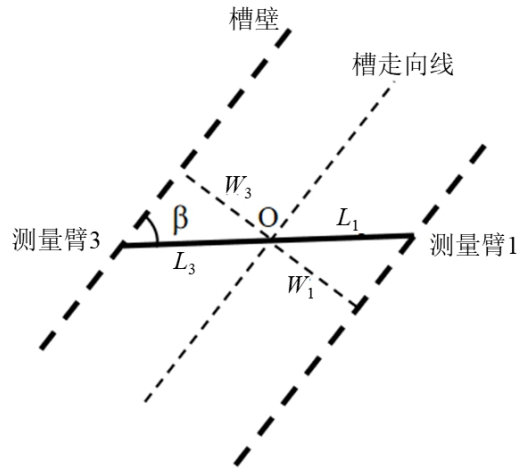


图 D.0.3 测量臂投影长度计算

$$W_1 = L_1 \times \sin \beta \quad (\text{D.0.3-1})$$

$$W_3 = L_3 \times \sin \beta \quad (\text{D.0.3-2})$$

式中： β ——当前深度下探头的方位角度（°）；

W_1 、 W_3 —— L_1 、 L_3 在槽宽方向上的投影距离（m）。

D.0.4 当伞形孔径仪出现图 D.0.1（a）状态时，在当前深度下的成槽宽度 W 应按下述方法计算（图 D.0.4）：

$$W = OP_1 + OP_3 \quad (\text{D.0.4-1})$$

式中： OP_1 ——测量臂 1 的端点 P_1 到重力线的距离（m）， $OP_1 = W_1$ ；

OP_3 ——线性插值点 P_3 到重力线的距离（m），宜按照附录 B.0.2 的计算方法确定。

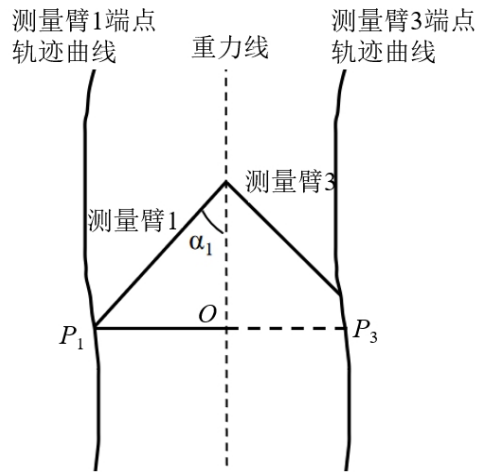


图 D.0.4 槽宽计算示意图

D.0.5 当伞形孔径仪出现图 D.0.1 (b) 状态时, 可按第 D.0.4 条的计算方法, 依据两组测量臂数据分别计算槽宽, 取两组计算结果的平均值作为成槽宽度。

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：
正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 本标准中指明应按其他有关标准执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 1 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 2 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》 GB 50202
- 3 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106

山东省工程建设标准

地下成孔成槽质量检测技术标准
(报批稿)

Technical Standard for quality inspection of underground
drilling and grooving

DB37/T xxxx—2023

条文说明

目录

1 总则.....	27
3 基本规定.....	27
3.1 一般规定.....	27
3.2 检测工作要求.....	27
3.3 抽样方法和检测数量.....	28
3.4 复测和扩大检测.....	28
3.5 检测结果.....	28
4 超声波法.....	28
4.1 一般规定.....	29
4.2 现场检测.....	29
4.3 检测数据处理.....	29
5 组合仪器接触法.....	29
5.1 一般规定.....	29
5.3 孔径（槽宽）检测.....	29
5.4 孔（槽）垂直度检测.....	30
5.5 沉渣厚度检测.....	30
6 检测报告.....	30

1 总则

1.0.1 地下成孔成槽尤其是钻孔灌注桩及地下连续墙的施工质量问题，主要体现在成孔（槽）质量及桩身（墙体）质量两个方面。成孔（槽）施工由于在地下或水下完成，质量控制难度大，容易出现缩孔、塌孔、沉渣过厚、孔（槽）偏斜等问题，给工程质量带来隐患。因此，在施工过程中对成孔（槽）的质量进行检测有助于及时发现和解决问题，减少事后处理产生的损失。

本条明确了制定本标准的目的，即促进山东省地下成孔成槽施工质量检测工作的规范化，为山东省山东省地下成孔成槽施工质量的检测工作提供标准和依据，做到安全可靠、技术先进、经济适用。

1.0.2 地下成孔成槽施工质量中，孔径（槽宽）、孔（槽）深、孔（槽）壁垂直度及沉渣厚度，是目前国家、行业和地方相关施工质量验收的重要参数。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.2 本标准编制中，调研了国内外常用的检测方法。目前，建设工程检测行业中地下成孔成槽施工质量检测精度较高、运用较广且技术较为成熟的检测方法主要是超声波法和组合仪器接触法。

现场检测中，应根据测试的需要选择适当的测试仪器和方法。在施工行业经常利用测绳长度或钻杆长度来检测孔深、用探笼检测孔径和垂直度以及用测锤检测沉渣厚度，这些方法准确度不易控制，或会受人为经验的影响。因此，本标准内容未涉及上述方法。目前，还有采用声呐反射探测法检测桩底沉渣厚度的案例，但该方法在工程中应用不够广泛，经验有限，因此暂未列入本标准。

3.2 检测工作要求

3.2.2 为准确地对地下成孔成槽进行质量检测与评价，提高成孔地下成孔成槽施工质量检测的可靠性，做到有的放矢，应尽可能详细地搜集了解有关的技术资料。

3.2.3 地下成孔成槽施工质量检测工作需要各方面密切配合，应制定详细的专项检测方案。为防止与施工验收依据不一致，检测前必须明确和统一验收标准。

3.3 抽样方法和检测数量

3.3.1 本条给出了检测地下成孔成槽抽样的原则。考虑到施工开始时，由于施工单位对场地地质条件不完全熟悉导致预定的施工工艺可能不尽合理，或各机台施工水平参差不齐，施工机械的自动化控制程度高低不同，加大施工开始时的抽样比例，有助于改进工艺、完善施工管理。重要部位的施工质量应重点控制。

3.3.2、3.3.3 为确切地反映地下成孔成槽施工质量，规定了一定比例的检测数量。国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中对钻孔灌注桩的成孔的孔深、孔径、垂直度和孔底沉渣的质量检验控制标准有明确的要求，虽未明确其检验抽查数量，但在实际施工过程中习惯利用测绳或钻杆长度来检测孔深、探笼检测孔径和垂直度以及测锤检测沉渣厚度的方式对所有的施工孔位进行全数检查。

本标准规定的地下成孔成槽施工质量抽检数量是指根据建筑物的重要性、地基基础等级，地质条件和实际施工控制水平等因素，并参照《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 中对桩身完整性检测数量的规定而确定的。

3.3.4 试成孔（槽）是为获取不同地质条件、不同施工机械和不同作业程序下的试成孔（槽）质量，为设计提供依据，为下一步大面积施工积累经验，应全部进行成孔质量检测。

异型槽（非矩形槽）槽段种类较多，成槽施工时难度大，要求精度高，应进行全部检测。

3.4 复测和扩大检测

3.4.2 扩大现场检测的数量应根据地质条件、成孔（槽）质量、设计要求等因素合理确定，尚应考虑扩大检测的场地条件，应经工程参建各方确认。

3.5 检测结果

3.5.2 新设备、新工艺的应用发展及实际工程需要，设计要求的合格标准往往要高于现行规范要求的合格标准。因此，成孔（槽）质量检测结果应首先满足设计要求，其次是符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202 等标准规定。

4 超声波法

4.1 一般规定

4.1.1 超声波法成孔（槽）检测时，检测探头悬浮于泥浆中，与孔（槽）壁不发生接触，属非接触式检测方法。该方法仅能反映设计孔深和实际孔深的差值，不能检测沉渣厚度。

4.1.3 泥浆的性能直接影响超声波的传播性能。根据一般工程经验，泥浆比重控制在 1.03~1.15 之间，含砂率<4%，且待泥浆中气泡消散后，超声波法可以取得较好的检测效果。

4.2 现场检测

4.2.1 本条对现场检测的步骤提出了要求。

1 仪器如果位置不固定，会使测试数据失真；

2 本款强调了现场验证的重要性，超声波在不同的泥浆中传播速度不完全相同，通过对已知距离进行校准，可使仪器参数的设置适合所测孔（槽），使实测声时值和计算的测距数据符合实际情况；

3 记录检测剖面的走向是为了便于明确质量缺陷的方位，为下一步技术处理提供依据。

4.2.2 本条对现场检测记录提出了要求。通过量取、分析、计算现场检测记录，可以得出地下成孔成槽孔径（槽宽）、孔（槽）深度及垂直度等检测结果。

4.3 检测数据处理

4.3.2 本条孔径计算方法假定桩孔为标准圆形，并将超声探头设定于标准圆心，通过几何方法进行计算。

5 组合仪器接触法

5.1 一般规定

5.1.1、5.1.2 组合仪器接触法可以根据检测内容，由多种仪器设备组合形成检测系统。同时，各种仪器的探头必须保持对孔（槽）壁的接触，属于接触式直接检测的方法。

5.3 孔径（槽宽）现场检测

5.3.1 本条规定了伞形孔径仪应进行定期仪器校准。标定完毕后，在检测过程中

各种参数均应保持恒定不变。孔径仪提升至孔口时，宜利用已知标准距离验证仪器的测量误差，必要时应重新校准后再次检测。

5.4 孔（槽）垂直度现场检测

5.4.2 在孔径检测完成后可根据实际孔径的变化情况，合理选择扶正器，避免扶正器过小或过大。扶正器直径要求可在如下范围内确定：

$$D - 2k_0H \leq d \leq D$$

式中： k_0 ——设计（规范）要求最大垂直度（%）；

D ——设计孔径（m）；

H ——实测桩孔深度（m）；

d ——扶正器直径（m）。

5.4.4 无论是模拟式还是数字式测斜仪均应进行孔口校零，并待其稳定后才能够取值，否则检测过程会出现负值或影响检测数据的准确性。

测斜应自孔口向下进行检测，测点宜等间距均匀布置，测点间距过大会影响测试的全面性。提出“在接近孔底位置检测最后一个测点”，是为了避免现场测试时沉渣过厚，可能造成测斜仪发生偏斜，使测得的角度不真实；如果在钻杆内测斜，测斜仪完全进入钻头时可能会卡在钻头中无法提升，因此，本条并不强求必须把最深的测点放在孔（槽）最底部。孔的垂直度以最后一个测点的顶角值为孔底顶角值进行计算。

5.5 沉渣厚度现场检测

5.5.1~5.5.4 由于沉渣的形成原因和组成较复杂，一是清孔不彻底，钻孔时产生的沉渣残留在孔底；二是在清孔后到浇注混凝土之间，下钢筋笼时也会碰到孔壁产生泥浆沉淀，以及孔壁塌孔都可能会产生沉渣。有时泥浆与沉渣的界面并不分明，常常泥浆裹夹着沉渣，孔底介质往往从下向上颗粒一稠一稀过渡渐变，沉渣的界面较模糊。因此，即使使用仪器测量沉渣厚度，也带有一定的经验性。

6 检测报告

6.0.3 本条规定了检测报告的基本内容，这些内容都是评价工程质量不得缺少的要素。检测报告还包括地质条件、设计参数、施工信息等，有利于有关部门分析和控制质量。现场检测结果记录表可参见表 1。

表 1 现场检测结果记录表

工程名称				记录编号	
委托单位				委托编号	
建设单位					
设计单位					
施工单位					
监理单位					
试验条件				检测日期	
检测依据					
主要仪器设备及编号					
孔（槽）深					
检测序号	孔（槽）编号	孔（槽）类别	实测值	实测偏差	允许偏差
孔径（槽宽）					
检测序号	孔（槽）编号	孔（槽）类别	实测值	实测偏差	允许偏差
倾斜					
检测序号	孔（槽）编号	孔（槽）类别	实测倾斜		允许倾斜
沉渣厚度					
检测序号	孔（槽）编号	孔（槽）类别	实测沉渣厚度（mm）		允许沉渣厚度（mm）
备 注：					
记录：		检测：	复核：	日期：	