



T/CECS XXX-202X

中国工程建设标准化协会标准

预应力混凝土管桩垂直度测量技术规程

Technical specification for measurement of inclination of
pre-stressed concrete piles

（征求意见稿）

xxx 出版社

中国工程建设标准化协会标准

预应力混凝土管桩垂直度测量技术规程

Technical specification for measurement of inclination of pre-stressed
concrete piles

T/xxxxxxx-202x

主编单位：中国科学院武汉岩土力学研究所

批准单位：中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会

执行日期：2 0 2 x 年 x 月 1 日

中国计划出版社

202x 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2021〕20 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分为 7 章，主要技术内容包括：总则、术语、基本规定、经纬仪法测量、倾斜仪法测量、吊垂线法测量、滑动测斜仪法测量等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会归口管理，由中国科学院武汉岩土力学研究所负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见和建议，请反馈给中国科学院武汉岩土力学研究所（地址：武汉市武昌区八一路小洪山中国科学院武汉岩土力学研究所，邮编：430071）。

主 编 单 位：中国科学院武汉岩土力学研究所

参 编 单 位：湖北省建筑工程质量监督检验测试中心有限公司
武汉中科科创工程检测有限公司

XXX XXX XXX XXX XXX XXX

主要起草人：XXX XXX XXX XXX XXX XXX

主要审查人：XXX XXX XXX XXX XXX XXX

目 次

1	总 则	3
2	术 语	4
3	基 本 规 定	5
3.1	一 般 要 求	5
3.2	测 量 方 式 及 精 度 要 求	5
4	经纬仪法测量	7
4.1	一 般 规 定	7
4.2	仪 器 设 备	7
4.3	测 量 步 骤	7
4.4	数 据 处 理	9
5	倾斜仪法测量	11
5.1	一 般 规 定	11
5.2	仪 器 设 备	11
5.3	测 量 步 骤	11
5.4	数 据 处 理	12
6	吊垂线法测量	14
6.1	一 般 规 定	14
6.2	仪 器 设 备	14
6.3	测 量 步 骤	14
6.4	数 据 处 理	16
7	滑动测斜仪法测量	17
7.1	一 般 规 定	17
7.2	仪 器 设 备	17
7.3	测 量 步 骤	18
7.4	数 据 处 理	19
附录 A	经纬仪法测量记录表	20

附录 B 倾斜仪法测量记录表 21

附录 C 吊垂线法测量记录表 22

附录 D 滑动测斜仪法测量不确定度评估 23

本规程用词说明 24

引用标准名录 25

条文说明 26

Contents

1	General provisions	3
2	Terms	4
3	Basic requirements	5
4.1	General requirements	5
4.2	Measurement and precision requirements	5
4	Theodolite measuring	7
4.1	General requirements	7
4.2	Apparatus	7
4.3	Measurement operation	7
4.4	Data processing	9
5	Inclinometer measuring	11
5.1	General requirements	11
5.2	Apparatus	11
5.3	Measurement operation	11
5.4	Data processing	12
6	Plumb line measuring	14
6.1	General requirements	14
6.2	Apparatus	14
6.3	Measurement operation	14
6.4	Data processing	16
7	Sliding inclinometer measuring	17
7.1	General requirements	17
7.2	Apparatus	17
7.3	Measurement operation	18
7.4	Data processing	19
	Appendix A Record table for theodolite measuring	20

Appendix B Record table for inclinometer measuring	21
Appendix C Record table for plumb line measuring	22
Appendix D Uncertainty evaluation for sliding inclinometer measuring	23
Description of words used in this procedure	24
List of referenced standards	25
Article description	26

1 总 则

1.0.1 为规范预应力混凝土管桩垂直度测量检测的程序和方法,提高测量检测结果的可靠性,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑工程预应力混凝土管桩基础施工过程中及施工后对桩身垂直度的测量检测。

1.0.3 按本规程进行垂直度测量检测时,尚应符合国家和各省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 桩身垂直度 pile inclination

本规程所指的桩身垂直度，指预应力混凝土管桩的外露桩头部分外轮廓的总体倾斜率和倾斜方向，采用滑动测斜仪法时，指桩顶到测斜管底深度范围的总体倾斜率和倾斜方向。

2.0.2 桩身倾斜方向 pile inclination orientation

桩身倾斜方向指预应力混凝土管桩总体倾斜所指向的方位。

2.0.3 经纬仪法 theodolite measuring

用经纬仪或全站仪对露出地面部分桩身外轮廓进行测量得到桩身倾斜率的方法。

2.0.4 倾斜仪法 inclinometer measuring

用专门的倾斜仪靠在桩身外轮廓表面直接测出桩身倾斜率的方法。

2.0.5 吊垂线法 plump line measuring

靠近桩身外轮廓设置吊垂线，测出桩身外表面不同高度点离垂线水平距离，计算出桩身倾斜率的方法。

2.0.6 滑动测斜仪法 sliding inclinometer measuring

在管桩孔内放入带对中装置的测斜管，滑动测斜仪在测斜管中测量倾斜率的方法。

3 基本规定

3.1 一般要求

3.1.1 桩身垂直度测量检测宜以露出地面桩头部分的桩身外圆轮廓为检测对象，可采用经纬仪法、倾斜仪法或吊垂线法。当需要测量管桩全长垂直度且管桩内孔贯通时，可采用滑动测斜仪结合装有两对装置的测斜管在管桩内孔中进行。

3.1.2 采用经纬仪法或吊垂线法测量时，桩身露出地面部分高度不应少于 500mm；采用倾斜仪法时，桩身露出地面高度不应少于 300mm。

3.1.3 桩身垂直度测量宜分别测出外露桩头在水平面上互相垂直两个方向上的倾斜率分量，并根据倾斜率分量计算出总倾斜率及总倾斜方位。

3.1.4 选择检测点时应尽量避开有表面缺陷、形状不规则以及端板和套箍的位置。

3.1.5 桩身垂直度测量检测应记录被检测部位的标高及倾斜方向，

3.1.6 桩身垂直度测量检测数量及抽样方法应依据相关规范确定。

3.2 测量方式及精度要求

3.2.1 进行管桩垂直度测量检测时，应分别测出管桩在相互垂直的两个水平方向上的倾斜率，然后根据式 (3.2.1) 计算出总体倾斜率。

(3.2.1)

$$I = \sqrt{(I'_x)^2 + (I'_y)^2}$$

式中：I—管桩的总体倾斜率；

I'_x —x 方向上的倾斜率，规定上端偏向 x 正方向时为正值；

I'_y —y 方向上的倾斜率，规定上端偏向 y 正方向时为正值。

3.2.2 管桩垂直度测量中总体倾斜率的测量精度应满足式（3.2.2-1）的要求。

$$m_s \leq \Delta / 10 \quad (3.2.2-1)$$

式中： m_s —倾斜率测量误差；
 Δ —管桩倾斜率的允许值。

3.2.3 单个方向倾斜率测量精度应满足式（3.2.2-2）的要求。

$$m_x \leq m_s / \sqrt{2} = \Delta / (10\sqrt{2}) \quad (3.2.2-2)$$

式中： m_x —单方向倾斜率测量误差。

4 经纬仪法测量

4.1 一般规定

4.1.1 经纬仪法适用于对预应力混凝土管桩在施工过程中或验收时对桩身露出地面部分外圆轮廓的倾斜率进行测量检测。

4.1.2 采用经纬仪法测量时，现场应具有良好的通视条件。

4.1.3 采用经纬仪法时，桩头露出地面高度不应少于 500mm。测量之前应将桩头外圆表面清理干净，待测部位表面应光洁、无破损或凸出部分。

4.2 仪器设备

4.2.1 采用经纬仪法测量时，可采用经纬仪或全站仪作为测量设备。

4.2.2 仪器的标准状态、检定及保养应符合相关国家及行业规范的要求，进行测量时，仪器应在检定或校准有效期内。

4.2.3 仪器的精度应符合本规程第 3.2 节的要求，经纬仪或全站仪测角精度不低于 GB/T 27663 规定的等级 II 的要求。

4.3 测量步骤

4.3.1 采用经纬仪法检测时，选择在水平面上相互垂直的两个方向进行测量，如下图所示，在桩身外圆轮廓相应的四个测位进行标记，每个测位标记上下两个测量照准点并记录其高度，上下照准点间距不小于 500mm，其连线应在桩身轴截面上。各测位的上（下）照准点高度宜位于同一桩身横截面。仪器测站应选在垂直于待测倾斜方

向的桩身外圆切线上，测站与相应测位之间的水平距离宜在 5m 至 10m 之间。

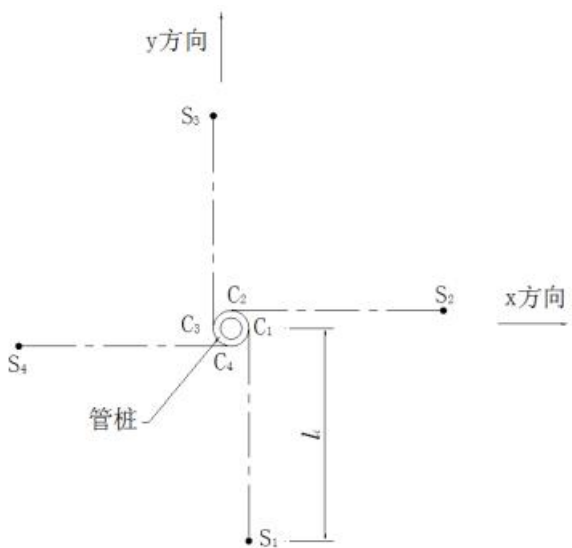


图 4.3.1 经纬仪法测量垂直度平面示意图

图中： $S_1 \sim S_4$ ——测站 1~测站 4；

$C_1 \sim C_4$ ——测位 1~测位 4；

l_i ——测站 S_i 至测点 C_i 之间的水平距离。

4.3.2 仪器设站平整对中后，用全站仪、测距仪或卷尺测量测站至测位的水平距离，测距精度不低于 $\pm 5\text{mm}$ 。垂直度测量以桩身外圆轮廓上标记点为照准目标，必要时可以在桩身上安装辅助照准标志。测量时先照准上测点，将仪器水平角置零，记录垂直角，然后再照准下测点，记录垂直角和水平角。每个测站进行一回次的测量，按附录 A 记录测量数据，记录中宜注明每个测位观测到的倾斜方向。

4.4 数据处理

4.4.1 测站 i 测得的桩身外轮廓倾斜率按以下步骤计算。

1 测站 i 上下照准点之间的高差应按公式 (4.4.1-1) 计算:

$$h_i = D_i (\tan \beta_{\uparrow i} - \tan \beta_{\downarrow i}) \quad (4.4.1-1)$$

式中: h_i ——测站 i 上下照准点之间的高差(mm);

D_i ——测站 i 至测点 i 的水平距离 (mm);

$\beta_{\uparrow i}$ ——测站 i 上照准点的垂直角;

$\beta_{\downarrow i}$ ——测站 i 下照准点的垂直角。

2 测站 i 上下照准点之间在与视线垂直方向上的水平偏离值应按公式 (4.4.1-2) 计算:

$$d_i = \alpha_i / \rho \bullet D_i \quad (4.4.1-2)$$

式中: d_i ——测站 i 上下照准点偏离值(m);

D_i ——测站 i 至测点 i 的水平距离 (m);

α_i ——测站 i 上下照准点之间的水平夹角 (″);

ρ ——常数, 其值为 206265。

3 测站 i 测得的与视线垂直方向上的桩身倾斜率应按公式 (4.4.1-3) 计算:

$$I_i = d_i / h_i \quad (4.4.1-2)$$

式中: I_i ——测站 i 测得的与视线垂直方向的桩身外轮廓倾斜率。

4.4.2 桩身外轮廓总体倾斜率用矢量相加的方法按公式(4.4.2)计算:

$$I = \sqrt{(I'_x)^2 + (I'_y)^2} \quad (4.4.2)$$

式中: I —管桩外轮廓的总体倾斜率;

I'_x — x 方向平均倾斜率(如图4.3.1)

$$I'_x = (I_2 + I_4)/2;$$

I'_y — y 方向平均倾斜率(如图4.3.1);

$$I'_y = (I_1 + I_3)/2。$$

4.4.3 桩身垂直度经纬仪法测量检测报告应包括工程名称、检测日期、被测桩类型及桩号、仪器型号、上下照准点标高、 x 及 y 方向的实际方位、总体倾斜率及倾斜方位。

5 倾斜仪法测量

5.1 一般规定

5.1.1 倾斜仪法适用于对预应力混凝土管桩在施工过程中或验收时对桩身露出地面部分外圆轮廓的倾斜率进行测量检测。

5.1.2 采用倾斜仪法测量时，桩头露出地面高度不应少于 300mm。测量之前应将桩头外圆轮廓表面清理干净，待测部位表面应光洁、无破损或凸出部分。

5.2 仪器设备

5.2.1 采用数字式倾斜仪作为检测设备，测斜仪应有适用于圆柱面的定位槽，定位槽长度不应小于 300mm，槽宽不宜小于 50mm。

5.2.2 倾斜仪的倾斜率测量精度不低于 1%（在垂直方向 $\pm 10^\circ$ 范围内），仪器应具备角度和倾斜率数字显示功能，倾斜率显示分辨率应高于 0.5%，仪器宜配置水平气泡并具备自动置零功能。

5.2.3 仪器的标准状态、检定及保养应符合相关国家及行业规范的要求，进行测量时，仪器应在检定或校准有效期内。

5.3 测量步骤

5.3.1 采用倾斜仪法测量检测时，选择在水平面上相互垂直的两个方向进行测量，如图 5.3.1 所示，在桩身外圆轮廓相应的四个测位进行标记，各测位标高宜位于同一桩身横截面，测位露出地面部分应能保证倾斜仪稳定贴合在外圆轮廓表面。

5.3.2 测量前对倾斜仪进行置零，待仪器稳定后方可进行测量。

5.3.3 将倾斜仪定位槽贴合在标记的测位表面，仪器应保持稳定不能晃动。数据稳定之后进行读数，每个测位进行三次读数，按附录 B 记录测量数据。

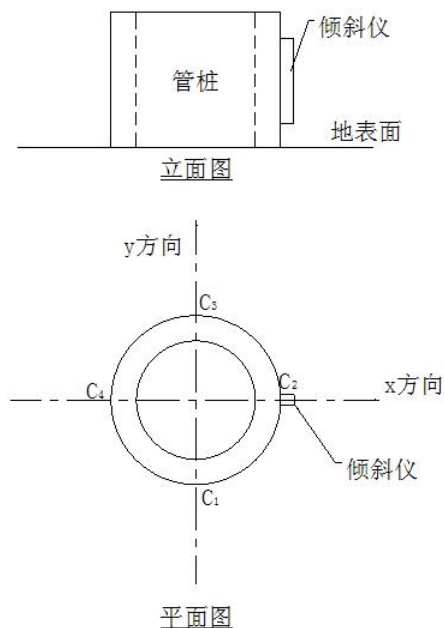


图 5.3.1 倾斜仪法测量垂直度示意图

图中：C1~C4——测位 1~测位 4。

5.4 数据处理

5.4.1 读数为倾斜率时，测位 i 的倾斜率取三次读数的平均值，读数为测试面与垂直方向的夹角时，倾斜率按公式 (5.4.1) 计算。

$$I_i = \tan(\theta_i) \quad (5.4.1)$$

式中， I_i —测位 i 测得的相应方向上的外轮廓倾斜率；

θ_i —测位 i 处的外轮廓面与垂直面的夹角读数

平均值。

5.4.2 总体倾斜率用矢量相加的方法，按本规程第 4.4.2 的规定进行计算。

5.4.3 桩身垂直度倾斜仪法测量检测报告应包括工程名称、检测日期、被测桩类型及桩号、仪器型号、测位上端标高、x 及 y 方向的实际方位、总体倾斜率及倾斜方位。

6 吊垂线法测量

6.1 一般规定

6.1.1 吊垂线法适用于对预应力混凝土管桩在施工过程中或验收时对桩身露出地面部分外圆轮廓倾斜率进行测量检测。

6.1.2 采用吊垂线法测量时，桩头露出地面高度不应少于 500mm。测量之前应将桩顶及桩头外圆轮廓表面清理干净，待测部表面位应光洁、无破损或凸出部分，桩顶应平整，能稳定放置吊线装置。

6.2 仪器设备

6.2.1 吊垂线法测量管桩垂直度采用设备包括吊线装置、钢直尺、钢卷尺和游标深度尺。

6.2.2 吊线装置应能稳固放置在待测桩上，吊线直径不大于 0.5mm，宜配有防风罩等稳定装置。钢直尺、钢卷尺精度不低于 1mm，游标深度尺应有数字显示功能，宜配置水准气泡，测量精度不低于 0.01mm。

6.2.3 钢直尺、钢卷尺和游标深度尺的标准状态、检定及保养应符合相关国家及行业规范的要求，进行测量时，仪器应在检定或校准有效期内。

6.3 测量步骤

6.3.1 采用吊垂线法检测时，选择在水平面上相互垂直的两个方向进行测量，如下图所示，在桩身外圆轮廓相应的测位表面进行标记，每个测位标记出上下测量点，测量点应在吊垂线所在的桩身轴截面上，用钢卷尺或直尺测量上下测点间距按附录 C 记录，测量点间距

不应小于 500mm。各测位的上（下）测量点标高宜位于同一桩身横截面。

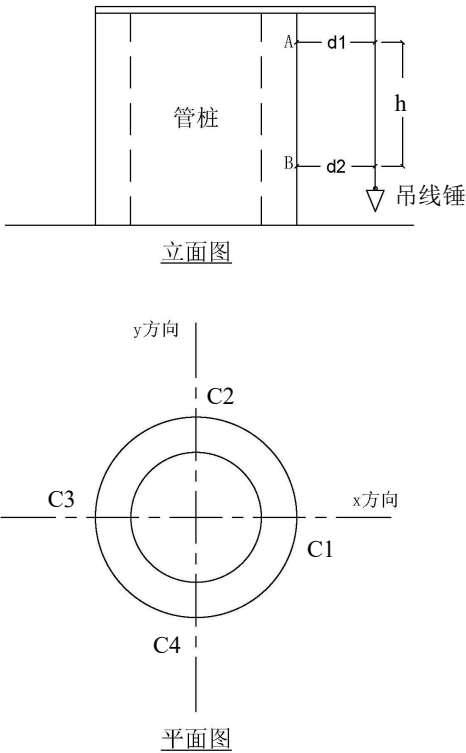


图 6.3.1 吊垂线法测量垂直度示意图

图中：C1~C4——测位 1~测位 4。

6.3.2 待吊线锤稳定后，用游标深度尺端部抵住测量点，尺身保持水平，游标底部接触吊线，测出吊线至测点的水平距离，读数精确到 0.01mm，每测点各测三次按附录 C 进行记录。

6.4 数据处理

6.4.1 测位 i 的倾斜率 I_i 按公式 (6.4.1) 计算。

$$I_i = (d_{i\downarrow} - d_{i\uparrow}) / h_i \quad i=1, 2 \text{ 时}$$

$$I_i = (d_{i\uparrow} - d_{i\downarrow}) / h_i \quad i=3, 4 \text{ 时} \quad (6.4.1)$$

式中, $d_{i\downarrow}$ —测位 i 下测点距离垂线距离测量平均值(mm);

$d_{i\uparrow}$ —测位 i 上测点距离垂线距离测量平均值(mm);

h_i —测位 i 上下测点距离平均值 (m);

6.4.2 总体倾斜率用矢量相加的方法, 按本规程第 4.4.2 的规定进行计算。

6.4.3 桩身垂直度吊垂线法测量检测报告应包括工程名称、检测日期、被测桩类型及桩号、仪器型号、测位上测点标高、上下测点间距、x 及 y 方向的实际方位、总体倾斜率及倾斜方位。

7 滑动测斜仪法测量

7.1 一般规定

- 7.1.1 滑动测斜仪法可以在施工完成后测量单节或多节预应力混凝土管桩全长的垂直度。
- 7.1.2 采用滑动测斜仪法时，预应力混凝土管桩内孔需要全长贯通并能放入带对中装置的测斜管。
- 7.1.3 当管桩内孔不能全长贯通时，只能测量部分长度的垂直度时，需要在检测结果中予以注明。
- 7.1.4 采用滑动测斜仪法测量垂直度时宜对所测管桩批次进行抽样并测量壁厚变化，评估其对测量结果的影响。

7.2 仪器设备

- 7.2.1 滑动测斜仪法测量管桩垂直度的设备包括滑动测斜仪和带有对中装置的测斜管。
- 7.2.2 滑动测斜仪的系统精度不宜低于 0.25mm/m ，分辨率不宜低于 $0.02\text{mm}/500\text{mm}$ 。
- 7.2.3 测斜管应有足够的抗扭转刚度，对中装置与测斜管应连接牢固并保持测斜管稳定对中，其张开后的最大尺寸应与待测管桩内孔直径相匹配，并能在孔中顺畅地上下滑动。进行测量时，测斜管的上端及下端应至少各安装一个对中装置，中段可根据需要安装一定数量的对中装置以保持测斜管的对中及稳定。
- 7.2.4 滑动测斜仪的标准状态、检定及保养应符合相关国家及行业规范的要求，进行测量时，仪器应在检定或校准有效期内。

7.3 测量步骤

7.3.1 对待测预应力混凝土管桩内孔进行贯通和清洗处理，以保证带对中装置的测斜管能放入孔中并上下滑动。

7.3.2 在测斜管上安装好对中装置并记录其位置，放入管桩内孔。

7.3.3 在测斜管放置稳定后记录其长度以及十字滑槽对应的方位。

7.3.4 如下图所示，将滑动测斜仪放入管底，待探头与周边温度一致后方可开始测量。测斜仪按不大于 500mm 的间距逐段测量，每个方位均应进行正、反两次测量。

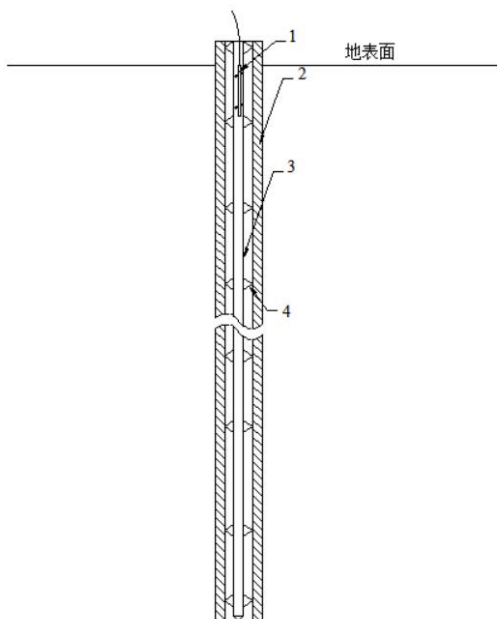


图 7.3.1 滑动测斜仪法测量示意图

图中：1—滑动测斜仪；2—管桩；3—测斜管；4—对中装置。

7.4 数据处理

7.4.1 根据滑动测斜仪的测量数据计算出桩顶相对测斜管底部深度在不同方位的水平偏移量,按公式 7.4.1 计算管桩在对应方位的倾斜率。

$$\begin{aligned} I_x &= d_x / H \\ I_y &= d_y / H \end{aligned} \quad (7.4.1)$$

式中: d_x , d_y 分别为 x , y 方向的水平偏移量 (mm);
 H 为桩顶到测斜管底的距离 (m)。

7.4.2 总体倾斜率用矢量相加的方法,按本规程第 4.4.2 的规定进行计算。

7.4.3 桩身垂直度滑动测斜仪法测量检测报告应包括工程名称、检测日期、被测桩类型及桩号、仪器型号、测斜管放入深度、 x 及 y 方向的实际方位、总体倾斜率及倾斜方位。

7.4.4 在管桩内孔明显不规则的情况下,可以按照附录 D 进行测量结果不确定性评估。

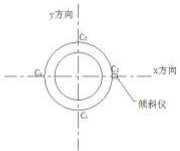
附录 A 经纬仪法测量记录表

工程名称				桩号		
测量日期				测量仪器		
照准点标高 (m)		上		下		
x方位				y方位		
测站	测边长度 (m)	测次	上照准点		下照准点	
			水平角	垂直角	水平角	垂直角
1		1				
		2				
2		1				
		2				
3		1				
		2				
4		1				
		2				
测站位置图					备注	

检测 _____

校核 _____

附录 B 倾斜仪法测量记录表

工程名称			桩型				
测量日期			测量仪器				
x方位			y方位				
桩号	测点	测点上 部标高 (m)	倾角/倾斜率				倾斜方向
			第1次	第2次	第3次	平均	
	1						 测点位置图
	2						
	3						
	4						
	1						
	2						
	3						
	4						
	1						
	2						
	3						
	4						
	1						
	2						
	3						
	4						
	1						
	2						
	3						
	4						
	1						
	2						
	3						
	4						
	1						
	2						
	3						
	4						

检测_____

校核_____

附录 C 吊垂线法测量记录表

工程名称										桩号				
测量日期										测量仪器				
上测点标高 (m)														
测点	上下测点高差h (m)				上测点水平距离d _a (mm)				下测点水平距离d _b (mm)				倾斜率 (d _a -d _b)/h (%)	备注
	第1次	第2次	第3次	平均值	第1次	第2次	第3次	平均值	第1次	第2次	第3次	平均值		
1														
2														
3														
4														
立面图 平面图														

检测_____

校核_____

附录 D 滑动测斜仪法测量不确定度评估

10.0.1 采用滑动测斜仪法测量管桩垂直度时，若管桩内孔明显不规则、与外圆不同心时，可以按本规定对因内外圆不同心引起的测量不确定度进行评估。

10.0.2 在待测管桩端面对其壁厚进行测量，测出壁厚最大及最小值。

10.0.3 按公式 10.0.3 计算因管桩内外圆不同心引起的 B 类测量不确定度。

$$u_b = (t_{\max} - t_{\min}) / H \quad (10.0.3)$$

式中： u_b —管桩内外圆不同心引起的测量不确定度（‰）；

$t_{\max}$ —最大壁厚（mm）；

$t_{\min}$ —最小壁厚（mm）；

H —桩顶到测斜管底部距离（m）。

本规程用词说明

为了便于在执行本规程条款时区别对待，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：
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：
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，在条件允许时首先应这样做的：
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”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本规程；不注日期的，其最新版本适用于本规程。

《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202

《建筑桩基技术规范》JGJ 94

《建筑变形测量规范》JGJ 8

《先张法预应力混凝土管桩》GB 13476

《全站仪》GB/T 27663

《岩土工程仪器 测斜仪》GB/T 38204

《预应力混凝土管桩技术标准》JGJ/T 406

中国工程建设标准化协会标准
预应力混凝土管桩垂直度测量
技术规程

T/XXX XXX-2022

条 文 说 明

目 次

1	总 则	29
3	基 本 规 定	30
3.1	一 般 要 求	30
3.2	测 量 方 式 及 精 度 要 求	30
4	经纬仪法测量	31
4.1	一 般 规 定	31
4.2	仪 器 设 备	31
4.3	测 量 步 骤	31
4.4	数 据 处 理	31
5	倾斜仪法测量	32
5.1	一 般 规 定	32
5.2	仪 器 设 备	32
5.3	测 量 步 骤	32
5.4	数 据 处 理	32
6	吊垂线法测量	33
6.1	一 般 规 定	33
6.2	仪 器 设 备	33
6.3	测 量 步 骤	33
6.4	数 据 处 理	33
7	滑动测斜仪法测量	34
7.1	一 般 规 定	34
7.2	仪 器 设 备	34
7.3	测 量 步 骤	34
7.4	数 据 处 理	34

1 总 则

1.0.1 在软土地基施工中，预应力混凝土管桩容易受到邻近机械设备施工、土体开挖等因素的影响而产生倾斜，《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB50202-2018、《建筑桩基技术规范》JGJ94-2008及多个省市的地方规范都规定了在桩基施工中（桩身垂直度不超过0.5%）及完成后需要对预应力管桩的桩身垂直度进行测量（垂直度不超过1%），并对垂直度超出规范要求的桩进行处理。上述现行规范中对管桩（预制桩）垂直度的测量方法仅仅只提出采用经纬仪法，但对于具体操作及精度要求缺乏明确规定，在工程实践中缺乏统一标准。而且在实际操作中，经纬仪法测量通视条件易受施工环境干扰，工作效率低，而且不适合在成桩完成后桩头露出地面较少情况下的检测。实际工程试验研究表明，倾斜仪法与其他方法相比，具有测量适应性好，工作效率高，对桩头处理要求简单的优点。本规程规定了经纬仪法、倾斜仪法、吊垂线法以及滑动测斜仪法的仪器设备精度要求和测量操作步骤及数据处理方法。通常情况下，建议优先采用倾斜仪法进行测量。

1.0.2 除了预应力混凝土管桩外，其他类似的预制混凝土桩和预制钢桩的垂直度测量检测，也可参考本规范进行。

3 基本规定

3.1 一般要求

3.1.1~2 预制桩往往是在基坑开挖后才露出桩头，桩身可能会由于基坑开挖施工受到土体水平方向挤压倾斜，桩身会有一定程度的弯曲，通常桩顶部分的倾斜率会大于下部桩身，因此本规程规定在一般情况下以露出地面桩身作为测量对象。在需要测量多节桩或全桩长倾斜率的情况下，可以采用在桩孔中放入带对中装置的测斜管，用滑动测斜仪测量。

根据工程现场实际比对试验的结果，在保证规定的最小测量长度条件下，经纬仪法、倾斜仪法和吊垂线法的测量结果基本一致。。

3.2 测量方式及精度要求

3.2.1~3 根据《建筑变形测量规范》JGJ 8 等相关规范的要求，测量中误差应取变形允许值的 $1/10$ 至 $1/20$ ，根据现场试验比对的结果，本规程规定测试中误差不应大于管桩垂直度允许偏差的 $1/10$ 。桩基施工后的垂直度允许偏差一般为 1% ，故总体垂直度测量误差应在 1% 以内。实际测量中无法一次测出最大倾斜率，需要分两次在两个相互正交的水平方向上测出单向倾斜率，再计算其合矢量作为总体倾斜率，单向倾斜率的测量误差应在 0.7% 以内。

4 经纬仪法测量

4.1 一般规定

4.2.1 经纬仪法测量对于设站位置和通视条件有一定要求，进行现场测量要对工程现场条件进行确认。

4.2 仪器设备

4.2.3 桩头外露部分长度不小于 500mm 时，经纬仪或全站仪的测角精度高于 2" 可以满足垂直度测量的精度要求。

4.3 测量步骤

4.3.1 采测站至测点的水平距离需要考虑精度要求和仪器照准操作的方便，根据现场实验经验，视线距离在 5m 至 10m 范围内比较适宜。

4.4 数据处理

4.4.1 测站至照准点的水平距离可以用全站仪配合棱镜测出，也可以用钢卷尺或者是激光测距仪测出，在标出了上下照准点之后，上下测点之间的距离也可以采用钢尺测量，精度应高于 1mm。

4.4.2 单方向的倾斜率值采用同一方向上对称两个测位倾斜率的平均值，可以一定程度上消除管桩外圆形状不规则引起的测量误差。

5 倾斜仪法测量

5.1 一般规定

5.1.1 实际工程对比试验表明倾斜仪法在桩身垂直度测量中适应性较好，对场地和桩头外露长度的要求低于其他方法，同时测量精度也可以满足要求。

5.2 仪器设备

5.2.1 倾斜仪每次都只测量单个方向的倾斜率，其定位槽应能与桩身外圆轮廓稳定贴合，仪器配置水平气泡可以帮助更好地放置仪器。

5.2.2 倾斜仪的传感器受环境影响可能会产生零点偏移，每次测量前应根据设备使用地相关说明进行自动调零。调零方法一般为在一个垂直基准的正反两面各测量一次，由仪器自动调零消除零点漂移误差，测量时，放置仪器应保持上下方向一致。

5.3 测量步骤

5.3.1 整个测量过程中放置仪器应保持同相同的一端朝上。

5.4 数据处理

5.4.2 单向倾斜率取同一方上相对向两个测位的平均值，可以在一定程度上消除仪器零点漂移的影响。

6 吊垂线法测量

6.1 一般规定

6.1.2 采用吊垂线法测量现场试验表明，在上下测点间距过小时，计算得到的垂直度误差较大，因此必须保证上下测点间距足够大。

6.2 仪器设备

6.2.2 吊线锤的稳定对测量精度有明显影响，需采用防风罩等措施防止吊线锤摆动，用深度尺读数时尺身须保持水平，宜在尺身上安装水平气泡。

6.3 测量步骤

6.3.2 在桩身上标记测点时，可以用吊线锤贴近桩身表面作为参考线进行标记。

7 滑动测斜仪法测量

7.1 一般规定

7.1.1~4 管桩施工过程中,可能会有泥土进入孔内,用滑动测斜仪法测量桩身垂直度时,需采取措施清除孔内阻塞,保证桩内孔贯通并能放入测斜管。

7.2 仪器设备

7.2.3 测斜管的对中装置应能保证测斜管位于桩孔中心,宜具备自动张开与收缩的功能,以方便测斜管上下移动。

7.4 数据处理

7.4.5 在管桩内孔无法全部贯通的情况下,可只测部分长度垂直度。

7.4.4 滑动测斜仪法测量是以管桩内孔为基准进行测量,而桩身垂直度是以外圆轮廓进行评价的。管桩在制造过程中可能因各种原因造成内孔不规则或者内外圆不同心,造成测斜管与桩身外圆不同心,因此在内孔有明显不规则现象时需要进行测量不确定度评价。