

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号：DBJ/T 13-***-2016

住房和城乡建设部备案号：J*****-*****

福建省磁测井法测试基桩钢筋笼长度技术规程

Technical specification for testing of reinforcement cage length
of foundation piles by magnetic logging building in Fujian

(报批稿)

2016-**-**发布

2016-**-**实施

福建省住房和城乡建设厅 发布

福建省工程建设地方标准

福建省磁测井法测试基桩钢筋笼长度技术规程

Technical specification for testing of reinforcement cage length
of foundation piles by magnetic logging building in Fujian

工程建设地方标准编号：DBJ/T 13-***-2016

住房和城乡建设部备案号：J*****-*****

主编单位：厦门市工程检测中心有限公司

批准部门：福建省住房和城乡建设厅

施行日期：2016 年**月**日

福建省住房和城乡建设厅批准发布文

住房和城乡建设部标准备案文

前 言

根据《福建省住房和城乡建设厅关于印发福建省住房和城乡建设系统2013年第二批科学技术项目计划的通知》的要求，编制组经过广泛调查研究，结合省内外工程实践经验和科研成果，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共5章，主要技术内容包括：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 现场测试；5. 测试数据分析与判定等。

本规程由福建省住房和城乡建设厅负责管理，由厦门市工程检测中心有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送福建省住房和城乡建设厅建筑节能与科学技术处（地址：福州市北大路242号，邮编：350001）和厦门市工程检测中心有限公司（地址：厦门市湖滨南路62号建设科技大厦十楼，邮编：361004），以供今后修订时参考。

本 规 程 组 织 单 位：厦门市建设局

本 规 程 主 编 单 位：厦门市工程检测中心有限公司

本 规 程 参 编 单 位：厦门市建筑科学研究院集团股份有限公司

福建省建设工程质量安全监督总站

厦门市建设工程质量安全监督站

福建省建筑工程质量检测中心有限公司

泉州市建设工程质量安全监督站

厦门特房建设工程集团有限公司

本规程主要起草人员：孙雪峰 周永坤 罗钦云 谢建华 许国平 程惠阳 陈周与 陈鹭琳
陈庆猛

本规程主要审查人员：施 峰 蔡森林 刘忠群 谢益人 董金荣 谢坤明 何伯干

目 次

1 总 则	1
2 术语和符号	2
2.1 术 语	2
2.2 符 号	2
3 基本规定	3
4 现场测试	5
4.1 仪器设备	5
4.2 测试方法	5
5 测试数据分析与判定	7
本规程用词说明	9
引用标准名录	10
附：条文说明	11

Contents

1	General Provisions	错误！未定义书签。
2	Terms and Symbols	错误！未定义书签。
2.1	Terms	错误！未定义书签。
2.2	Symbols	错误！未定义书签。
3	Basic Requirements	错误！未定义书签。
4	Field Test	错误！未定义书签。
4.1	Equipments	错误！未定义书签。
4.2	Test Method	错误！未定义书签。
5	Test Data Analysis and Decision	错误！未定义书签。
	Explanation of Wording in This Specification	错误！未定义书签。
	List of Quoted Standards	错误！未定义书签。
	Addition: Explanation of Provisions	11

1 总 则

1.0.1 为规范建筑基桩钢筋笼长度测试工作，确保测试质量，做到安全适用、技术先进、数据准确、结果正确，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建筑基桩钢筋笼长度的测试、判定。

1.0.3 磁测井法测试基桩钢筋笼长度除应执行本规程外，尚应符合国家、行业及福建省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 基桩 foundation pile

桩基础中的单桩，本规程主要指灌注桩和管桩。

2.1.2 钢筋笼 reinforcement cage

为提高桩的受力性能而设置于基桩中，一般由主筋、箍筋和加劲箍筋组成。

2.1.3 钢筋笼测试长度 testing length of reinforcement cage

钢筋笼底面与测试桩顶面之间的距离，不含桩顶以上外露的主筋长度。

2.1.4 钢筋笼长度磁测井法 length of reinforcement cage by magnetic logging

通过在基桩桩中或桩侧成孔，利用磁测井法仪器测试沿钻孔深度方向的磁感应强度，根据磁感应强度沿钻孔深度方向的变化来判定钢筋笼长度的方法。

2.2 符 号

h ——测试深度；

Z ——实测磁场垂直分量；

Z_0 ——测区地磁场垂直分量背景值；

$\frac{dZ}{dh}$ ——磁场垂直分量梯度；

L ——钢筋笼测试长度；

h_0 ——钢筋笼底面位置深度；

h_1 ——测试时桩顶面位置深度。

3 基本规定

3.0.1 当需要复核和验证基桩钢筋笼长度时，可进行桩身钢筋笼长度抽样测试。

3.0.2 测试人员应经过培训且考核合格，具备相应能力资格。

3.0.3 磁测井法测试应综合考虑地质条件、桩型、施工状况等因素，结合本地区既往的对比、验证资料，科学分析判定测试结果。

3.0.4 测试工作的程序，应按图 3.0.4 进行：

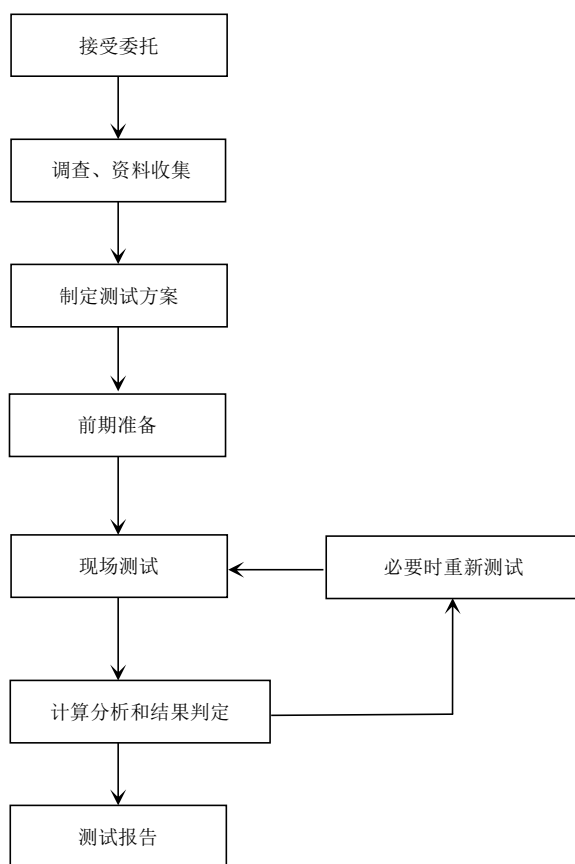


图 3.0.4 测试工作程序框图

3.0.5 调查、资料收集宜包含以下内容：

1 收集被测试工程的岩土工程勘察资料、桩基设计文件、施工记录；了解施工工艺和施工过程中出现的异常情况；

2 明确委托方的具体要求；

3 分析测试项目现场实施的可行性。

3.0.6 检测单位应根据调查结果，结合现场条件，制定测试方案。测试方案宜包括：工程概况，测试方法及其依据的标准，测试数量，抽样方案，所需的机械和人工配合，试验周期，安全测试措施；必要时还应包括场地平整，供水供电要求等。

3.0.7 仪器设备应定期进行检查、校正和保养；测试前应对仪器设备进行检查调试。

3.0.8 现场测试，应遵守国家有关安全生产的规定。

3.0.9 当发现测试数据异常时，应查找原因，重新测试。

3.0.10 当现场操作环境不符合仪器设备使用要求时，应采取有效的防护措施，保证仪器设备的正常工作。

4 现场测试

4.1 仪器设备

4.1.1 磁法测试仪应符合下列要求：

- 1 具有自动采集、存储深度和磁场数据，实时显示接收信号时程曲线的功能；
- 2 磁场测量范围 $-99999\text{nT}\sim+99999\text{nT}$ ，分辨率宜小于 50nT ；
- 3 深度分辨率 $<5\text{cm}$ ，深度误差 $<0.5\text{m}$ ；
- 4 工作环境温度 $0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

4.1.2 磁场传感器应符合下列要求：

- 1 测量深度 $\geq 100\text{m}$ ；
- 2 水密性满足 1.5MPa 水压不渗水。

4.2 测试方法

4.2.1 测试孔布置应符合下列规定：

- 1 灌注桩测试孔宜采用受检桩桩身钻芯孔；桩径大于 2m 的大直径灌注桩，钻芯孔与主筋距离宜小于 1m 。管桩测试孔宜设置在管桩空心内。现场无条件时测试孔也可布置在受检桩桩侧土体中，与受检桩边缘距离不宜大于 0.5m ，且应远离相邻桩；
- 2 测试孔宜采用液压钻机钻取，测试孔垂直度偏差宜不大于 0.5% ；
- 3 测试孔宜采用外径 $91\text{mm}\sim 110\text{mm}$ 的钻头钻取，测试孔底标高应低于预计钢筋笼底标高 3m ；
- 4 当测试孔周围存在较厚软弱土层、砂、卵砾石层时，应在测试孔中设置PVC管护孔，PVC管内径不宜小于 60mm ；
- 5 测试结束后灌注桩桩身钻芯孔应采用水泥浆从孔底往上回灌封闭。

4.2.2 磁测井法测试现场布置如图 4.2.2。

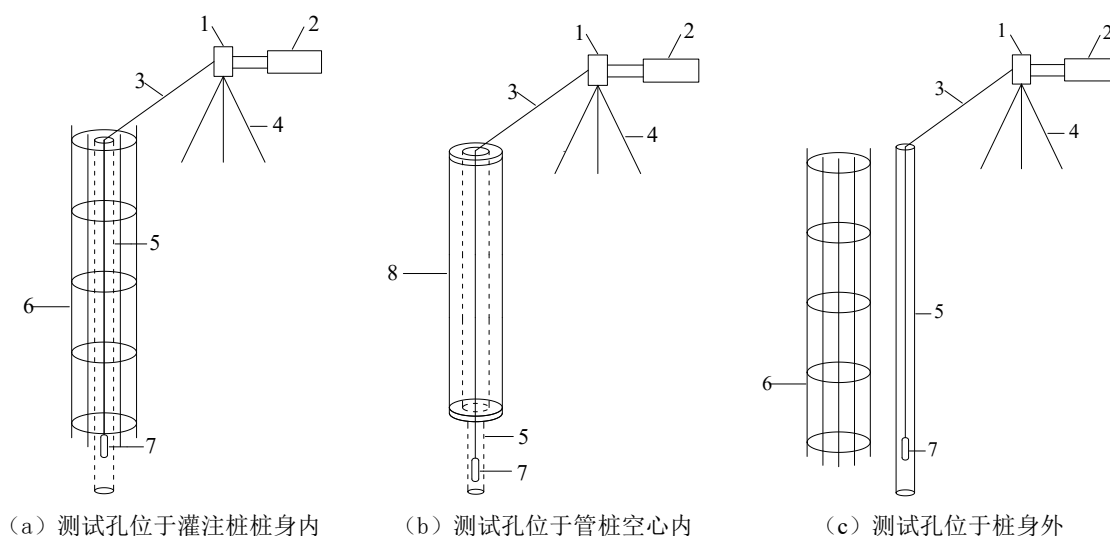


图4.2.2 磁测井法现场布置图

1—深度记录器；2—磁场测试仪；3—电缆线；4—三脚架；5—测试孔；

6—灌注桩钢筋笼；7—磁场传感器；8—管桩

4.2.3 测试前，应检查测试孔或PVC管的畅通情况，磁场传感器应能在测试深度内升降顺畅。

4.2.4 现场测试应符合下列规定：

1 磁场传感器应通过深度标志置于测试孔中，自下而上进行磁场垂直分量（ Z ）强度的测量，测点间距不宜大于200mm；

2 传感器应缓慢匀速上升，移动速率宜为10 m/min~15m/min；

3 应实时显示、记录深度-磁场垂直分量（ $h-Z$ ）曲线，测试孔底部实测背景磁场值 Z_0 应平滑稳定，钢筋笼磁感信号反应特征应明显；

4 每根受检桩测试次数不少于2次，各测试曲线应有良好的重复性，波形基本一致；

5 出现异常实测曲线或实测曲线一致性较差时，应分析原因，排除影响测试的不良因素后，重新测试。

5 测试数据分析与判定

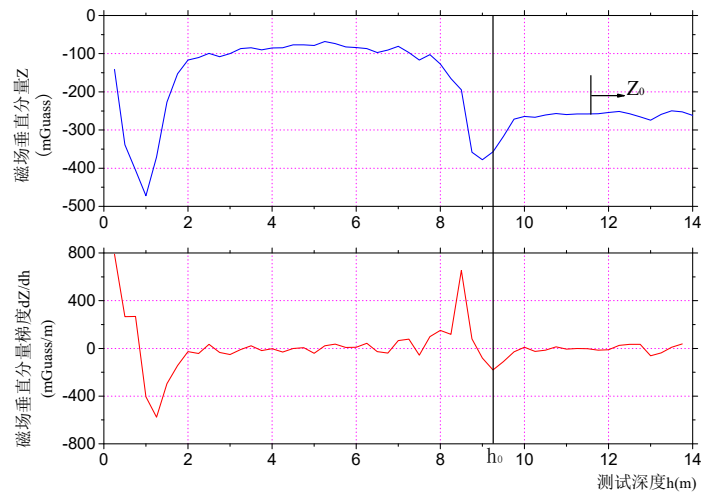
5.0.1 根据实测深度-磁场垂直分量（ $h-Z$ ）曲线下端平滑稳定的 Z 值判定测区垂直分量背景值 Z_0 。

5.0.2 当磁场垂直分量（ Z ）值相对背景场值 Z_0 有一定幅度的明显变化时可判定有钢筋笼存在。

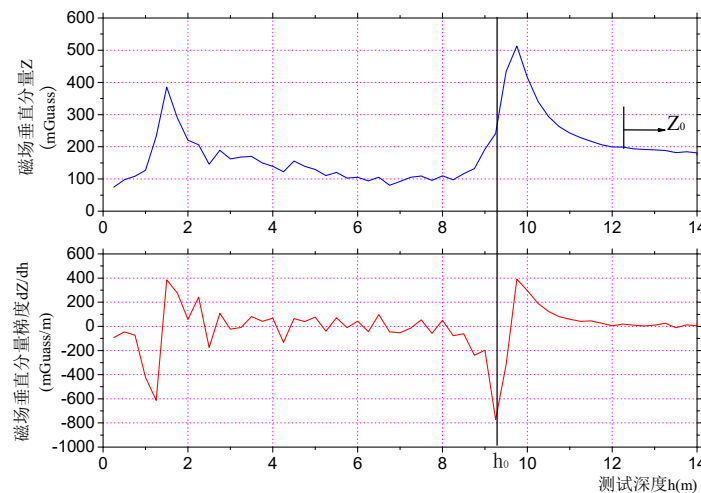
5.0.3 钢筋笼底端位置应根据实测磁场垂直分量曲线，并结合磁场垂直分量梯度曲线，按如下方法进行综合判定：

1 根据深度-磁场垂直分量（ $h-Z$ ）曲线，取 $h-Z$ 曲线底部磁场垂直分量由小于背景场的极小值转成大于背景场的拐点（斜率最大处）所对应的深度位置（图5.0.3）；

2 根据深度-磁场垂直分量梯度（ $h-\frac{dZ}{dh}$ ）曲线，取 $h-\frac{dZ}{dh}$ 曲线底部最深的明显极值点所对应的深度位置（图5.0.3）。

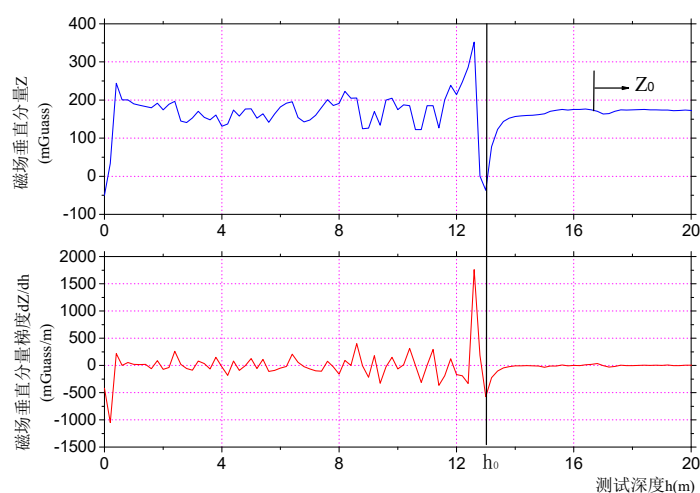


(a) 灌注桩钢筋笼底端位置判定

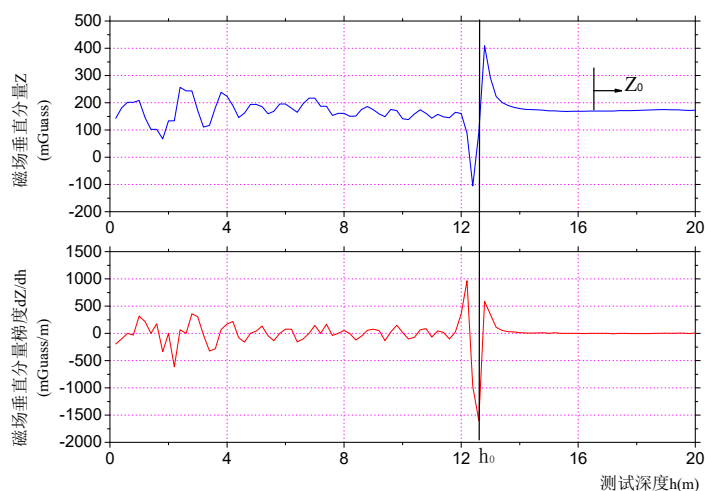


(b) 灌注桩钢筋笼底端位置判定

图5.0.3 钢筋笼或预应力钢筋底端位置判定示意图



(c) 管桩预应力钢筋底端位置判定



(d) 管桩预应力钢筋底端位置判定

图5.0.3 钢筋笼或预应力钢筋底端位置判定示意图

5.0.4 钢筋笼测试长度应按下式计算：

$$L = h_0 - h_1 \quad (5.0.4)$$

式中 L ——钢筋笼测试长度 (m)；

h_0 ——钢筋笼底面位置深度 (m)，由测试曲线判读；

h_1 ——测试时桩顶面位置深度 (m)，在深度标志上测读。

5.0.5 测试报告应包含以下内容：

- 1 委托方名称，工程名称、地点，建设、勘察、设计、监理和施工单位，基础类型，设计要求，测试目的，测试依据，测试数量，测试日期；
- 2 主要岩土工程勘察资料；
- 3 受检桩的桩号、桩位和相关施工记录；
- 4 测试方法、测试仪器设备，测试过程叙述；
- 5 受检桩的实测分析曲线；
- 6 与测试内容相应的测试结果。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的要求（或规定）”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202
- 2 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 3 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106
- 4 《城市工程地球物理测试规范》 CJJ 7

福建省工程建设地方标准

福建省磁测井法测试基桩钢筋笼长度技术规程

Technical specification for testing of reinforcement cage length
of foundation piles by magnetic logging building in Fujian

工程建设地方标准编号：DBJ/T 13-***-2016

住房和城乡建设部备案号：J*****-*****

条文说明

制定说明

《福建省磁测井法测试基桩钢筋笼长度技术规程》DBJ/T 13-***-2016 经福建省住房和城乡建设厅 2016 年**月**日以闽建科[2016] **号文批准发布,并经住房和城乡建设部 2016 年**月**日以建标标备[2016] **号文批准备案。

为便于广大建筑工程施工、监理、检测等人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《福建省磁测井法测试基桩钢筋笼长度技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中须注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则	14
2 术语和符号	16
2.1 术语	16
3 基本规定	18
4 现场测试	20
4.1 仪器设备	20
4.2 测试方法	20
5 测试数据分析与判定	22

1 总 则

1.0.1 随着我国工程建设事业的蓬勃发展,桩基础已成为最重要的一种基础形式,广泛应用于地质条件较差的多层建筑、高层建筑、地下围护工程、市政工程以及有抗震设防要求的工程项目中。基桩桩身内部钢筋笼的长度是按照规范,根据水平荷载、弯矩大小、桩周土情况、抗震设防烈度以及受力条件等计算确定的。钢筋笼长度对于基桩抗拉、抗弯、土层差异较大时承受地震波速差异引起的水平荷载、桩身的裂缝控制等起到关键性的作用。桩基础良好的受力性能与钢筋笼长度是分不开的。如果钢筋笼长度不满足设计要求,将严重影响桩基础的稳定性和抗震性能,构成极大的安全隐患,影响建筑物的质量和安全。

由于桩基础属于隐蔽工程,钢筋笼长度在施工后检测难度大。随着科学技术的发展,桩基工程检测技术也在不断更新和提高,新理论、新方法不断涌现,基桩钢筋笼长度测试方法的研究也已取得长足进步。由于钢筋笼与混凝土、桩周岩土之间存在明显的磁性差异,因此采用磁测井法测试桩身钢筋笼长度不失为一种科学选择。为促进基桩检测技术进步,为复核及验证基桩钢筋笼长度提供测试依据,确保工程质量,基桩钢筋笼长度测试标准的制定已势在必行。

1.0.2 本条是本规程的适用范围。本规程所指的基桩主要为灌注桩和管桩。灌注桩包括人工挖孔灌注桩,冲(钻)孔灌注桩,沉管灌注桩等钢筋混凝土灌注桩。管桩按混凝土强度等级分为预应力混凝土管桩(代号 PC)和预应力高强混凝土管桩(代号 PHC)。本规程中灌注桩钢筋笼长度是指钢筋笼底面与测试桩顶面之间的距离,不含桩顶以上外露的主筋长度,该钢筋笼可能由数节不同配筋的钢筋笼搭接组成,各节钢筋笼由主筋、加劲筋、箍筋组成。

钢筋笼属于铁磁性物质,产生感应磁场。感应磁场与地磁场相互叠加,局部产生磁异常。磁测井法测试钢筋笼长度的原理就是通过测试钢筋笼内部或附近的磁场强度,根据磁异常特征,对钢筋笼的空间分布特征做出判断。而地下管线、地下建筑以及铁磁性岩石矿石等也是铁磁性物质,在地磁场的磁化作用下其周围均形成很强的磁化场。测井中每一测试点所测得磁场是各种物质磁化场叠加的结果。对于以研究钢筋笼长度为目的的磁测井法,钢筋笼形成的磁化场是我们测量研究的对象,其他铁磁性物体、岩石矿石等周围形成的磁化场就是干扰磁化场,所以使用磁测井法测试时桩中及桩周除钢筋笼外应无连续铁磁性体干扰。当干扰场强度比钢筋笼感应磁场更强时,钢筋笼感应磁场的分布特征将被掩盖,因此也就不能用磁测井法测试基桩钢筋笼长度。

建筑场地基本无上述管道、铁矿石等干扰磁场影响,当基桩的布置满足《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)第3.3.3条基桩的最小中心距要求时,试验表明,一般情况下可满足磁测井法测试要求。灌注桩钢筋笼与其周围介质间存在着明显的磁性差异,理论计算和实际应用均表明采用磁测井法测试钢筋笼长度的方法是非常有效的。对于管桩,其桩身内部的预应力钢筋可形成较明显的磁场反应,通过磁测井法可准确直观地测试管桩桩身中预应力钢筋长度,由于其特殊性,管桩内部连续的预应力钢筋长度与桩长基本一致,因此正常情况下,磁测井法测试管桩预应力钢筋长度结果可等同于管桩桩长。若施工过程中存在异常,如发生爆桩等可能导致管桩预应力钢筋长度与配桩长度不一致时,应慎重使用。通过对厦门思明区某工地、厦门海沧区某工地、泉州南安某工地的大量工程桩及模型桩进行实测,发现磁测井法对上述桩型测试效果良好。

对于基坑围护桩,由于桩的排列往往十分紧密,桩间净距一般小于1m,相互之间磁场干扰,如采用本方法测试应经现场试验以后确认其适用性。对于预制混凝土方桩,其桩身内部钢筋总量较少,且无法在桩身内部钻孔,若利用桩侧钻孔,钻孔垂直度与桩身垂直度均存在一定偏差,桩端附近钻孔与桩身水平距离较大,磁感信号较弱,以上因素给磁测井法测试预制方桩钢筋长度带来极大困难。通过厦门海沧

区某工地现场试验研究发现，该方法测试预制方桩钢筋的磁感信号不明确，复杂凌乱，因此磁测井法对于预制方桩也应当经现场试验以后确认其适用性。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.4 磁测井法是以不同磁性体的不同磁性特征为物理基础,通过仪器测试探孔周围较大空间内磁性体磁场的总和,用以寻找探孔周围以及底部的磁性体并研究其产状和规模等的一种地球物理测井方法。利用地壳内岩(矿)体之间的磁性差异所引起的地磁场变化(磁异常),来寻找含磁性矿物的地质体及其他测试对象存在的空间位置和几何形状,从而对工作地区的地质构造、矿产分布及其他情况作出推断。

自然界中各种岩石、矿物之间具有不同的磁性,即使同种岩石,由于矿物成分、结构特点不同,其磁性也不同。根据物质磁化率的不同特点可以将物质分成逆磁性物质、顺磁性物质和铁磁性物质。逆磁性物质和顺磁性物质的磁化率绝对值较小,磁性弱;铁磁性物质的磁化率较大,磁性很强。将地球磁场作为均匀磁化球体的磁场是地磁场的初级近似,地磁场是一个复杂的磁场,包含各种场源。首先可以分为稳定磁场和变化磁场两部分。稳定磁场是地磁场的主要部分,变化磁场是很弱的。在地磁要素的处理中,人们通常把地磁场分为正常场(背景场)和异常场。正常场和异常场是相对的,人们根据研究对象的不同而赋予不同的内容。在研究钢筋笼长度这些工程问题时,正常场为在钢筋笼设置前该处的地磁场,而异常场即是指由于钢筋笼的存在而产生的局部磁异常。

为了便于研究地磁场及其分布规律,通常采用地磁场强度的分量来描述。如图1所示,采用直角坐标系,原点 o 为地面上任一点, x 轴指向地理正北, y 轴指向地理正东, z 轴垂直向下, xoy 所在平面为水平面。 o 点的地磁场总强度为 T ,它在各轴上投影分别以 X 、 Y 、 Z 表示, Z 为 T 的垂直分量, H 为 T 投影在 xoy 平面上的水平分量,通过 T 的铅直平面 $ZOHT$ 称之为磁子午平面,水平分量 H 与 x 轴的夹角 D 称为磁偏角。从正北开始计算,规定向东为正,向西为负, T 与 xoy 水平面的夹角 I 称之为磁倾角,以水平面为准,从水平面向下为正。

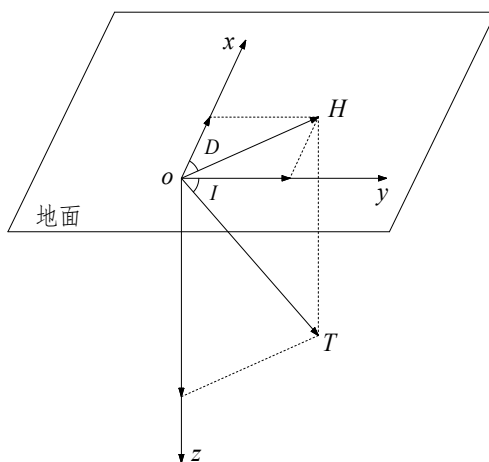


图1 地磁坐标示意图

对于两个具有磁性差异的不同介质,在其分界界面上磁场垂直分量是不连续的,产生突变,在分界界面上磁场垂直分量梯度将出现急剧变化的极值点,因此可根据实测磁场垂直分量曲线底部的拐点位置及磁场垂直分量梯度曲线底部的极值点位置,综合判别磁性介质的分界面。对于以研究钢筋笼长度为目的的磁测井法,钢筋笼形成的磁异常即磁场垂直分量是我们测量研究的对象,而钢筋笼的上下端面就是一个磁性介质的分界面,可根据实测磁场垂直分量来进行识别。

综上,钢筋笼长度磁测井法测试就是通过在基桩内部或附近的钻孔中测量钢筋笼内或附近磁场垂直分量沿深度方向受钢筋笼影响的变化,结合一定的数据分析及处理方法,从而对桩身内钢筋笼的埋设深度、长度进行判定。

3 基本规定

3.0.1 工程桩的预期使用功能要通过单桩承载力实现，钢筋笼长度测试的目的是发现某些与设计不符的钢筋笼长度设置，最终仍是为减少安全隐患、可靠判定工程桩质量服务。桩身中钢筋笼的长度是根据荷载和弯矩的大小、考虑桩周土物理力学性质、建筑物抗震设防烈度等按照有关规范计算确定的。端承桩、受上拉荷载的抗拔桩及受水平力的围护桩，钢筋笼的设置就十分重要。为了更好地全面了解施工质量情况，以下情况可进行钢筋笼长度测试：

- 1 设计方认为钢筋笼长度对桩基质量有较大影响的桩或需要进行复核的桩；
- 2 施工记录缺失或不准确可能影响桩基质量的桩；
- 3 施工质量有疑问的桩。

由于磁测井法为间接方法，测试精度尚无法与钢尺量测的直接方法相媲美。大量对比试验及相关资料表明，采用本方法判定的钢筋笼长度与实际长度误差大部分在±0.5m 以内，少数在± (0.5m~1.0m) 范围内，在使用过程中应予以考虑。

3.0.2 磁测井法测试基桩钢筋笼长度技术是仍处于发展中的技术，对测试人员的素质、技术水平和实践经验要求都较高。因此测试人员应经过相关知识培训且考核合格。

3.0.3 测试得到的数据和信号包括了诸如地质条件、现场条件和成桩质量等因素的影响，这些也直接决定了与测试方法相应的测试结果判定是否可靠，及所选择的受检桩是否具有代表性等。由于技术上的原因，测试方法有其一定的适用范围，若将测试能力和适用范围不适宜的扩大，容易引起误判。应根据测试方法的适用性和特点，考虑上述各种因素合理使用测试方法，达到正确检验目的。

3.0.4 框图3.0.4是检测机构应遵循的测试工作程序。实际执行测试程序中，由于不可预测的原因，如委托要求的变化、现场调查情况与委托方介绍的不符，或在现场测试尚未全部完成时就已发现质量问题而需要进一步排查，都可能使原测试方案中的抽检数量、受检桩桩位、测试方法发生变化。即测试方案并非一成不变，可根据实际情况动态调整。

3.0.5 根据1.0.2条的原则及测试工作的特殊性，本条对调查阶段工作提出了具体要求。为了正确对钢筋笼长度进行测试和判定，提高测试工作的质量，做到有的放矢，应尽可能详细地了解 and 搜集有关的技术资料，并按表1填写测试桩设计施工资料表。另外，有时委托方的介绍和提出的要求是笼统的、非技术性的，也需要通过调查来进一步明确委托方的具体要求和现场实施的可行性；有些情况下还需要技术人员到现场了解和搜集。

表1 测试桩设计施工资料表

第 页 共 页

工程名称							工程地点					
建设单位							设计单位					
施工单位							监理单位					
桩号	桩型	桩径 (mm)	混凝土强度等级 (MPa)	设计桩顶标高 (m)	测试桩顶标高 (m)	施工桩长 (m)	成桩日期	桩端持力层	设计笼底标高 (m)	施工笼底标高 (m)	钢筋笼长度 (m)	钢筋笼规格

提供资料人员：

日期：

3.0.6 本条提出的测试方案内容为一般情况下包含的内容，制定测试方案要考虑的因素较多，如测试对象的特殊性、受检工程所在地区的试验设备能力、场地局限性等，某些情况下还应包括场地处理、道路、供电、照明等要求。同时还应考虑测试过程中可能出现的争议，因此，测试方案可能还需要与委托方或设计方共同协商制定。

3.0.7 仪器设备是磁测井法测试的工具，是获得可靠信息和提高工作效率的保证，是确保测试顺利进行的必备条件。对于仪器设备应精心使用和爱护，做到定期检验校正，经常维护保养，使其保持良好性能状态。由于目前地球物理勘探仪器尚无相关检定或校准标准，因此检测单位可建立校准装置进行自校，发现问题应进行检修，直至自校合格后才能重新投入使用。由于现场测试工作的环境较差，使用期间仍可能由于使用不当或环境恶劣等造成仪器设备的受损或测试参数发生变化，因此现场测试前还应加强对仪器、配套设备的检查或模拟测试。

3.0.9 测试数据异常通常是因测试人员误操作、仪器设备故障及现场准备不足造成的。使用不正确的测试数据进行分析得出的结论必然是不正确的。对此，应及时分析原因，组织重新测试。重新测试应采用原来的测试方法，在原受检桩上进行测试。

3.0.10 操作环境要求是按照测量仪器设备对使用温湿度、电压波动、电磁干扰、振动冲击等现场环境条件的适应性规定的。

4 现场测试

4.1 仪器设备

4.1.1~4.1.2 每一观测点的磁场是由该点地磁场以及磁性物体磁场叠加的结果，仪器测量磁场强度范围在 $-99999\text{nT}\sim+99999\text{nT}$ 能满足我国任一地区磁测工作要求。磁场传感器的分辨率是保证磁测工作精度的基本要求。磁测井法为井内作业，磁场传感器的工作环境温度和耐压性能是测试工作的基本保证。测点的深度步距对测试结果影响较大，因此要求深度传感器具有较高的精度和分辨率。为确保测试数据的可靠性，要求能对测试数据现场实时监控和基本处理。

4.2 测试方法

4.2.1 本条是为了保证获得高质量的测试信号而提出的措施，说明如下：

1 钢筋笼感应磁场的强度与测试点到钢筋笼的水平距离密切相关，试验表明，钢筋笼磁场强度随测试距离的增加衰减极快。

若测试孔设置在桩身外侧，当测试距离在 0.5m 以内时钢筋笼磁场信号较好。随测试距离的增大钢筋笼磁场强度迅速衰减，当测试距离达到 1m 时钢筋笼磁场信号衰减较为严重，钢筋笼底部位置磁异常不明显；若测试距离再加大，钢筋笼底反应将更不明显，加大识别难度，容易出现误判；当测试距离达到 2m 时，已很难分辨出钢筋笼底端位置，接近 3m 时，基本测试不到钢筋笼磁场信号。综合考虑磁场信号强度、受检桩和测试孔的垂直度，测试孔与受检桩的距离宜设置在 0.5m 以内，且尽量远离非受检桩，确保受检桩钢筋笼信号影响最强，而非受检桩钢筋笼的干扰信号最弱。

若测试孔设置在桩身内部，磁场叠加比桩外测试时强烈，信号强度更高，数据更加清晰直观，钢筋笼底端磁异常位置更易于分辨。在桩中成孔宜尽量靠近桩中心，以确保测试孔不偏出桩外。对于桩径大于 2m 的大直径灌注桩，一般情况下钢筋笼的主筋数量及主筋直径均较大，能够产生较强的磁场信号，模型桩试验及工程实践表明，桩身内部钻芯孔距离主筋不大于 1m 时，钢筋笼底部能够出现明显的磁异常，测试结果较好。

由于测试距离对钢筋笼磁场信号的影响，只有控制好测试孔垂直度，保持测试孔和钢筋笼相互平行，使测试距离保持不变，才可能测得较理想的钢筋笼磁场强度曲线。受检桩桩长越长，其测试孔的垂直度就越难保证，若测试孔倾斜度过大影响测试效果，应重新布置测试孔；

2 为保证钻孔垂直度，应由有熟练操作经验的机长进行操作，钻孔设备应精心安装、认真检查。钻机设备安装必须周正、稳固、底座水平。钻机立轴中心、天轮中心（天车前沿切点）与孔口中心必须在同一铅垂线上。设备安装后，应进行试运转，在确认正常后方能开钻。钻进过程中应经常对钻机立轴进行校正，及时纠正立轴偏差，确保钻孔过程不发生倾斜、移位；

3 测试孔是测试探头的通道，目前主流的井中传感器直径一般在 40mm 左右，为保证探头在测试孔内顺畅通行，测试孔孔径不宜小于 60mm 。综合考虑经济性及适用性、土层塌孔或局部缩孔等因素，一般可选用外径为 $91\text{mm}\sim 110\text{mm}$ 的钻头钻孔。为保证测试到清晰有效的磁异常数据，测试孔底标高应低于预计钢筋笼底标高 3m ，实际测试中往往在短时间内就会由于孔底泥沙沉积而导致探头达不到预定深度，故测试孔设置深度宜低于预计钢筋笼底 5m ，该段内现场测试场值可作为背景磁场值。若测试孔底标高低于钢筋笼底标高不足 3m ，常常由于磁场干扰，无法测得平稳的背景场值，导致无法准确判定钢筋笼底面位置；

4 如果测试孔深度范围内存在较厚软弱土层、砂、卵砾石层时，可能会发生塌孔使传感器无法到达孔底，或将传感器埋于孔底无法取出，因此有必要设置PVC管护孔，防止塌孔。为防止管底返砂堵孔，PVC管宜封底。为保证传感器在PVC管中的顺畅通行，PVC管内径宜为60mm~90mm；

5 测试完成后应封孔，以免影响后续工程施工。

4.2.3 检查测试孔或PVC管的畅通情况很有必要，一旦卡孔，很难处理。

4.2.4 采样步距设置过大，会造成测试结果分辨率降低，增大误差，因此采样步距不应大于250mm；采样步距设置过小，则加大了现场测试工作量。一般采用100mm~200mm的采样步距既能保证一定的测试精度，又能减少现场测试时间，可避免采样时间过长发生孔底泥沙堵孔，提高工作效率。数据采集时，人工拉线要尽量保证缓慢匀速，拉线过快会导致某些特定点磁场读数为0，容易导致误判。为确保测试数据客观、真实、可靠，消除人为或仪器设备因素造成的偏离数据，采集多条实测曲线可以确保测试结论的准确性。每根受检桩记录的有效实测曲线不应少于2条，两次实测得出的钢筋笼长度一致性较差时，应分析原因，排除不良因素后增加检测次数。只有采集到可靠的数据，才能得到正确的测试结果。

5 测试数据分析与判定

5.0.1 建筑用基桩一般均位于第四系岩土层中，第四系基本为无磁性或弱磁性，且测试孔底标高一般均低于钢筋笼底标高3m以上，在测试孔的底段，受地表的发电机、变压器等人文活动磁场影响较小，因此可利用孔底无钢筋笼段实测场值作为背景场值。

5.0.2 钢筋笼是铁磁性物质，在地磁场中被磁化而形成磁异常，所测磁场值有一定的变化幅度可以认为有钢筋笼存在。

5.0.3 磁场垂直分量梯度值 $\frac{dZ}{dh}$ 应按下式计算。

$$\frac{dZ}{dh} = \frac{(Z_2 - Z_1)}{\Delta h} \quad (1)$$

式中 $\frac{dZ}{dh}$ ——磁场垂直分量梯度值 (nT/m)；

Z_1 、 Z_2 ——上下测点的实测磁场垂直分量强度值 (nT)；

Δh ——上下测点的测点距 (m)。

钢筋笼在地磁场的作用下产生磁化磁场，钢筋笼底部为磁介质分界面，该界面上部为铁磁性物质，下部为无磁性或弱磁性物质（素混凝土、岩土层），超过界面向下逐渐变为稳定的背景场，钢筋笼底部位置磁场发生剧烈波动，Z分量强度急剧变化，出现由极小值转变成大于背景场的拐点（斜率最大处），相应的Z分量强度梯度曲线出现极值点，可以有效的分辨出钢筋笼的存在。但试验表明，实测过程中深度-垂直分量（h-Z）曲线的Z分量拐点位置判读难度相对较大，同时深度-磁场垂直分量梯度（ $h-\frac{dZ}{dh}$ ）

曲线 $\frac{dZ}{dh}$ 值的灵敏度较高，极易受外界的磁场（包括地磁场和干扰磁场）影响，产生较大的波动变化，

造成极值点不明显，加大极值点的判断难度。因此，在实际工程应用中，应同时结合 h-Z 曲线和 $h-\frac{dZ}{dh}$ 曲线加以综合判定。

磁测井法测试仪器一般采用 mGauss 为磁感应强度的单位，故图 5.0.3 中磁场强度单位未采用 nT 表示，二者的转换关系为 1mGauss=100nT。

受检桩与测试孔的间距、垂直度、钢筋笼的规格以及测试的采样步距，均会对测试结果造成一定影响，带来一定的误差。大量对比试验表明，采用本方法判定的钢筋笼长度与实际长度误差大部分在 ±0.5m 以内，少数在 ±(0.5m~1.0m)，这与厂家提供和相关资料表明的误差在 ±1.0m 范围内的测试精度结果一致。

5.0.4 本规程所指的钢筋笼长度为桩身混凝土内部的钢筋笼长度，既从钢筋笼底面至桩顶面之间的长度，不含主筋深入承台内的锚固长度。采用磁测井法得到的钢筋笼长度结果为测试时桩顶面以下的钢筋笼长度。由于现场测试一般安排在灌注桩桩头砍至桩顶设计标高后进行，故测试桩顶标高一般与设计桩顶标高一致，测试结果应在各标高统一后进行分析判定。

5.0.5 测试报告应根据所采用的测试方法和相应测试的内容出具测试结果。为使报告内容完整和具有较强的可读性，报告中应包括常规内容的叙述。还需特别强调：测试报告应包含各受检桩的实测分析曲线。