****

**T/CECS \*\*\*-20\*\***

中国工程建设标准化协会标准

预制桩基质量检测标准

Standard for quality testing of precasting pile foundation

（征求意见稿）

中国建筑工业出版社

中国工程建设标准化协会标准

预制桩基质量检测标准

Standard for quality testing of precasting pile foundation

T/CECS \*\*\*- 20\*\*

主编单位：福建省建筑科学研究院有限责任公司

福建省建筑业协会

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年XX月XX日

中国建筑工业出版社

20XX 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《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，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分为8章和2个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、桩身质量检测、承载力检测、完整性检测、桩长检测、接桩质量检测、附录。

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

本标准由中国工程建设标准化协会地基基础专业委员会归口管理，由福建省建筑科学研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈给福建省建筑科学研究院有限责任公司（地址：福州市高新区高新大道58-1号；邮编：350108），以便以后修订时参考。

主 编 单 位： 福建省建筑科学研究院有限责任公司

福建省建筑业协会

参 编 单 位： 建研地基基础工程有限责任公司

建华建材（中国）有限公司

华东建筑设计研究院有限公司

陕西省建筑科学研究院有限公司

广东省建筑科学研究院集团有限公司

广西建筑工程质量检测中心有限公司

广州建设工程质量安全检测中心有限公司

中冶建筑研究总院（深圳）有限公司

深圳市土木建筑学会岩土专业委员会

山东省建筑科学研究院有限公司

深圳市检测鉴定学会

湖北省建筑科学研究设计院股份有限公司

深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心

中建四局建设发展有限公司

福州庭佳建设工程有限公司

福州市城投检测科技有限公司

河北建研建筑设计有限公司

福建省建研工程检测有限公司

主要起草人： 侯伟生

主要审查人：

目 次

[1 总 则 1](#_Toc29318)

[2 术语和符号 2](#_Toc19534)

[2. 1 术 语 2](#_Toc26028)

[2. 2 符 号 3](#_Toc29412)

[3 基本规定 4](#_Toc5877)

[3. 1 一般规定 4](#_Toc134)

[3. 2 检测工作程序 4](#_Toc22455)

[3. 3 检测方法选择和检测数量 6](#_Toc5861)

[3. 4 检测结果评价和检测报告 8](#_Toc18890)

[4 桩身质量检测 10](#_Toc25531)

[4. 1 一般规定 10](#_Toc12857)

[4. 2 回弹法 10](#_Toc5433)

[4. 3 钻芯法 12](#_Toc22142)

[4. 4 抗弯试验 14](#_Toc4822)

[5 承载力检测 16](#_Toc24712)

[5. 1 一般规定 16](#_Toc9650)

[5. 2 静载荷试验 18](#_Toc26662)

[5. 3 高应变法 20](#_Toc492)

[5. 4 其它检测方法 23](#_Toc12976)

[6 完整性检测 25](#_Toc29629)

[6. 1 一般规定 25](#_Toc18491)

[6. 2 动测法 25](#_Toc3775)

[6. 3 孔内成像法 27](#_Toc3688)

[6. 4 管波法 30](#_Toc30779)

[7 桩长检测 33](#_Toc6407)

[7. 1 一般规定 33](#_Toc4549)

[7. 2 磁测井法 33](#_Toc29782)

[7. 3 旁孔透射法 37](#_Toc2997)

[7. 4 低应变法 40](#_Toc22551)

[7. 5 测绳法 40](#_Toc3171)

[8 接桩质量检测 41](#_Toc28761)

[8. 1 一般规定 41](#_Toc6741)

[8. 2 焊接接桩质量检测 41](#_Toc20856)

[8. 3 有端板机械连接接桩质量检测 42](#_Toc10426)

[8. 4 无端板机械连接接桩质量检测 43](#_Toc6429)

[附录 A 预制桩质量检验标准 46](#_Toc24813)

[附录 B 焊接桩质量检测 47](#_Toc3142)

[本标准用词说明 48](#_Toc22734)

[引用标准名录 49](#_Toc17063)

[条文说明 50](#_Toc9530)

Contents

[1 General provisions 1](#_Toc29318)

[2 Terms and symbols 2](#_Toc19534)

[2. 1 Terms 2](#_Toc26028)

[2. 2 Symbols 3](#_Toc29412)

[3 Basic requirements 4](#_Toc5877)

[3. 1 General requirements 4](#_Toc134)

[3. 2 Testing procedures 4](#_Toc22455)

[3. 3 Selection of test methods,number of test piles 6](#_Toc5861)

[3. 4 Test results assessment and report 8](#_Toc18890)

[4 Pile quality detection 10](#_Toc25531)

[4. 1 General requirements 10](#_Toc12857)

[4. 2 Rebound method 10](#_Toc5433)

[4. 3 Drilled core method 12](#_Toc22142)

[4. 4 Bending test 14](#_Toc4822)

[5 Pile capacity detection 16](#_Toc24712)

[5. 1 General requirements 16](#_Toc9650)

[5. 2 Static load test 18](#_Toc26662)

[5. 3 High-strain dynamic test 20](#_Toc492)

[5. 4 Other detection methods 23](#_Toc12976)

[6 Pile integrity detection 25](#_Toc29629)

[6. 1 General requirements 25](#_Toc18491)

[6. 2 Dynamical test 25](#_Toc3775)

[6. 3 Imaging testing method through the hole 27](#_Toc3688)

[6. 4 Tube wave detection 30](#_Toc30779)

[7 Pile length detection 33](#_Toc6407)

[7. 1 General requirements 33](#_Toc4549)

[7. 2 Magnetic logging 33](#_Toc29782)

[7. 3 Lmaging testing method through the hole 37](#_Toc2997)

[7. 4 Low-strain integrity test 40](#_Toc22551)

[7. 5 Rope measuring method 40](#_Toc3171)

[8 Pile splicing quality detection 41](#_Toc28761)

[8. 1 General requirements 41](#_Toc6741)

[8. 2 Quality inspection of welding pile connection 41](#_Toc20856)

[8. 3 Quality inspection of pile connection with end plate mechanical connection 42](#_Toc10426)

[8. 4 Quality inspection of pile connection without end plate mechanical connection 43](#_Toc6429)

[Appendix A Quality inspection standards for prefabricated piles 46](#_Toc24813)

Appendix B Quality inspection of welded piles [47](#_Toc3142)

[Explanation of wording in this standard](#_Toc2700) [48](#_Toc22734)

[List of reference standards 49](#_Toc17063)

[Addition：Explanation of provisions 50](#_Toc9530)

# **1** 总 则

**1. 0. 1** 为了在预制桩基质量检测中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、数据准确、正确评价，为设计和施工验收提供可靠依据，制定本标准。

**1. 0. 2** 本标准适用于预制桩基的质量检测与评价。

**1. 0. 3** 预制桩基检测应根据各种检测方法的适用范围和和特点，结合地基条件、桩基类型、施工工艺、使用要求等因素，合理选择检测方法，正确判定检测结果。

**1. 0. 4** 预制桩基检测除应符合本标准外，尚应符合国家及行业现行有关标准的规定。

# **2** 术语和符号

**2. 1** 术 语

**2. 1. 1** 钢筋混凝土预制桩 reinforced concrete precast pile

采用现代工艺工厂化制造的钢筋混凝土实心或空心的方形、圆形或其它形状的桩，包括预应力混凝土管桩、混合配筋混凝土管桩、预应力（非预应力、部分预应力）混凝土实心（空心）方桩、超高强预应力混凝土管桩、预制混凝土异型桩等。

**2. 1. 2**  预制桩基 precast pile foundation

由沉入土（岩）层中的预制桩和连接于桩顶的承台共同组成的建（构）筑物基础。

**2. 1. 3** 预应力混凝土管桩 prestressed concrete pipe pile

采用离心和预应力工艺成型的圆环形截面的预应力钢筋混凝土预制桩。桩身混凝土强度等级C80的管桩称为高强混凝土管桩，桩身混凝土强度等级C60的管桩称为混凝土管桩。

**2. 1. 4** 超高强预应力混凝土管桩 ultra high strength concrete pipe pile

采用离心和预应力工艺成型的圆环形截面的预应力钢筋混凝土预制桩，桩身混凝土强度等级C80以上的管桩。

**2. l. 5**  预应力混凝土实心方桩 prestressed concrete solid square pile

利用预应力钢棒和箍筋滚焊成钢筋笼，通过先张法工艺和自密实混凝土(C40以上)浇筑成型的钢筋混凝土预制实心方桩。桩身混凝土强度≤C60的预应力混凝土实心方桩称为预应力混凝土实心方桩，桩身混凝土强度C60及以上的预应力实心方桩称为高强预应力混凝土实心方桩。

**2. l. 6**  预应力混凝土空心方桩 prestressed concrete hollow square pile

采用离心和预应力工艺成型的外方内圆形截面的预应力钢筋混凝土预制桩，主要由正方形桩身、端头板和钢套箍等组成。桩身混凝土强度等级C60的方桩称为混凝土空心方桩，桩身混凝土强度等级C80的方桩称为高强混凝土空心方桩。

**2. 1. 7** 预应力混凝土异型预制桩 prefabricated special-shaped piles of prestressed concrete

桩身横截面外轮廓为非圆形、非正方形或纵向变截面的先张法预应力混凝土预制桩，简称异型桩。

**2. 1. 8**  植入法预制桩 method of implanting Prefabricated pile

预先采用钻机或其他各种成孔设备在桩位处成孔并灌注适量水泥浆、水泥砂浆或细石混凝土等，并将预制桩沉入其中的施工方法。按成孔工艺方式分为钻孔植桩、搅拌和旋喷植桩。按预制桩沉桩设备分为打入、压入或振入。植桩法形成的预制桩或复合桩基础称为植入法预制桩。

**2. 1. 9**  水泥土劲性复合桩 pipe pile embedded in cement soil

由旋喷、搅拌法形成的水泥土桩与同心植入的预制桩复合而形成的基桩。

**2. 1. 10** 磁测井法 magnetic logging method

通过桩内或桩外钻孔，采用专业仪器测试钢筋笼的磁性参数，分析和判断钢筋笼长度或埋深位置的检测方法。

**2. 1. 11** 孔内成像法 imaging testing method through the hole

采用成像设备对孔壁形成的数字图像进行检测和评价的方法。

**2. 1. 12** 管波法 tube wave detection

管波法是管波探测法的简称，是一种利用“管波”这种特殊的弹性波的快速检测方法。

**2. 1. 13** 旁孔透射法 parallel seismic method

在基桩顶部或与基桩相连的刚性结构上激振产生地震波，利用在被测体旁平行被测体的钻孔内放置的检波器，从钻孔底向上以一定距离接收经由桩身或桩底以下土层传播的地震波，通过分析地震波在激发点和接收点间传播时间的变化，判定桩长的检测方法。

**2. 2**  符 号

**2. 2. 1** 作用与作用效应

|  |  |
| --- | --- |
| *c*—— | 桩身应力波传播速度； |
| *P*—— | 芯样试件抗压试验测得的破坏荷载； |
| *R*c── | 由凯司法计算的单桩竖向抗压承载力； |
| *V*m—— | 基础介质的纵波波速； |
| *V*c—— | 桩周土介质的平均波速； |
| *Y*0—— | 水平力作用点的水平位移； |

**2. 2. 2** 抗力和材料性能

|  |  |
| --- | --- |
| *E*—— | 桩身材料弹性模量； |
| *F*—— | 芯样抗压试验时测得的最大压力； |
| *f*cu,k—— | 试件抗压强度标准值； |
| *H*—— | 作用于地面的水平力； |
| *I*—— | 桩身换算截面惯性矩； |
| *m——* | 地基土水平抗力系数的比例系数； |
| *R*—— | 芯样试件混凝土抗压强度推算值； |
| *ρ*—— | 桩身材料质量密度； |

**2. 2. 3**几何参数

|  |  |
| --- | --- |
| *A*—— | 桩身横截面面积； |
| *b*0—— | 桩身计算宽度； |
| *D*—— | 测试孔与被测基础之间的水平距离； |
| *d*—— | 芯样的平均直径； |
| *d*s—— | 芯样内含钢筋的直径； |
| *H*—— | 芯样的高度； |
| *h*1—— | 委托检测时桩顶面标高（或设计桩顶面标高）； |
| *h*0—— | 钢筋笼底面标高； |
| *h*s—— | 芯样内含钢筋轴心与芯样端面较近一端的距离； |
| *L*­—— | 预制桩长度； |
| *x*── | 桩身缺陷至传感器安装点的距离； |
| *α*—— | 芯样的高径比； |

**2. 2. 4** 计算系数

|  |  |
| --- | --- |
| *f*1—— | 芯样高径比修正系数； |
| *f*2—— | 芯样内含钢筋修正系数； |
| *β*—— | 芯样试件强度换算系数； |

# **3** 基本规定

**3. 1** 一般规定

**3. 1. 1** 预制桩基的检测按时间顺序可分为：施工前检测、施工过程检测和施工后检测。根据检测内容、检测目的、检测方法适用性等按表3.1.1合理选择检测方法。

表3. 1. 1 检测内容、目的及方法

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检测内容 | 检测目的 | 检测方法 |
| 桩身质量 | 离心混凝土预制桩桩身混凝土抗压强度实体检测前的筛查 | 回弹法 |
| 确定非离心成型混凝土预制桩的桩身混凝土抗压强度 | 钻芯法 |
| 确定预制桩抗裂性能和抗弯性能 | 抗弯试验 |
| 承载力 | 确定单桩竖向抗压极限承载力 | 单桩竖向抗压静载试验 |
| 确定单桩竖向抗拔极限承载力 | 单桩竖向抗拔静载试验 |
| 确定单桩水平临界荷载和极限承载力 | 水平静载试验 |
| 判定单桩竖向抗压承载力 | 高应变法 |
| 完整性 | 判定桩身完整性类别 | 动测法 |
| 检测基桩完整性、均匀性 | 孔内成像法 |
| 桩身完整性、桩长，判定桩身缺陷的程度、位置与规模 | 管波法 |
| 桩长 | 当预制桩存在桩尖、闭口，可检测桩长 | 测绳法 |
| 当桩底存在同向反射，可检测桩长 | 低应变法 |
| 当预制桩钢筋通长配筋，可检测桩长 | 磁测井法 |
| 检测预制桩桩长，既有桩基的桩长 | 旁孔透射法 |
| 接桩质量 | 焊接接桩质量 | 焊接接桩质量检测 |
| 有端板机械连接接桩质量 | 有端板机械连接接桩质量检测 |
| 无端板机械连接接桩质量 | 无端板机械连接接桩质量检测 |

**3. 1. 2** 当设计有要求或有下列情况之一时，施工前应进行试验桩检测并确定单桩极限承载力：

**1** 设计等级为甲级的桩基；

**2** 无相关试桩资料可参考的设计等级为乙级的桩基；

**3** 地基条件复杂、基桩施工质量可靠性低；

**4**  本地区采用的新桩型或采用新工艺成桩的桩基。

3. 1. 3 施工后的工程桩应按设计要求进行验收，进行单桩承载力和桩身完整性检测。

**3. 1. 4** 桩基工程除应在工程桩施工前和施工后进行基桩检测外，尚应根据工程需要，在施工过程中进行质量的检测。

**3. 2** 检测工作程序

**3. 2. 1** 检测工作应按图3.2.1的程序进行。

委托目的与要求

现场调查、资料收集

制定检测方案

检测准备

室内试验、现场检测

补充检测

计算分析和结果评价

检测报告

图3. 2. 1 检测工作程序

**3. 2. 2** 调查、资料收集宜包括下列内容：

**1** 收集被检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中出现的异常情况；

**2** 委托方的具体要求；

**3**  检测项目现场实施的可行性。

**3. 2. 3** 检测方案的内容宜包括：工程概况、地基条件、桩基设计要求、施工工艺、检测方法和数量、受检桩选取原则、检测进度及所需的机械或人工配合。

**3. 2. 4** 基桩检测用仪器设备应在检定或校准的有效期内；基桩检测前，应对仪器设备进行检查调试。

**3. 2. 5**  施工前应进行下列检验：

**1** 应对进场成品桩的规格、型号、检验批产品检验报告和合格证等进行核验；

**2** 现场应对成品桩按选定的标准图集或设计图纸的要求进行桩身质量检验，检验内容包括构造尺寸、外观质量及桩身混凝土强度，必要时可进行抗裂性能、抗弯性能的检验；

**3** 应对接桩用的标准件、配件、焊条、压桩用压力表等材料和设备进行检验；

**4** 有送桩需求时，施工前应对送桩器质量进行检查，锤击施工过程中应对弹性衬垫尺寸、材质等进行检查。

**3. 2. 6**  当采用植入法或中掘法成桩时，施工前应对填充料（掺和料）拌制的材料质量与计量、配合比、坍落度、强度等级等进行检查。

**3. 2. 7** 当采用静压法成桩时，施工过程中应进行下列检验：

**1** 入土深度、静压终止压力值及桩身（架）垂直度、配重检查；

**2** 接桩质量、接桩间歇时间及桩身状况；

**3** 稳压次数及时间、桩端标高等。

**3. 2. 8** 当采用锤击法成桩时，施工过程中应进行下列检验：

**1** 入土深度、停锤标准及桩身（架）垂直度检查；

**2** 接桩质量、接桩间歇时间及桩顶完整状况；

**3** 每米进尺锤击数、最后1.0m进尺锤击数、总锤击数、最后三阵贯入度及桩端标高等。

**3. 2.** **9** 当采用植入法成桩时，施工过程中应进行下列检验：

**1** 当采用旋挖成孔植入法成桩时，应对已成孔的中心位置、孔深、垂直度以及干作业条件下成孔或桩基持力层为强（中）风化岩时孔底渣土性状进行检验；

**2** 当在水泥土或旋喷桩中植入时，应按现行行业标准《劲性复合桩技术规程》JGJ/T 327和《水泥土复合管桩基础技术规程》JGJ/T 330的规定进行检验；

**3** 应对填充料的填充量、填充高度进行检验，同时留备制试块进行检验。

**3. 2. 10** 施工后受检桩的选择，宜符合下列规定：

**1** 施工质量有疑问的桩；

**2** 局部地基条件出现异常的桩；

**3** 承载力验收检测时部分选择完整性检测中判定的Ⅲ类桩；

**4**  设计方认为重要的桩；

**5** 施工工艺不同的桩；

**6** 除本条第1款~第3款指定的受检桩外，其余受检桩的检测数量应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》第3.3.3条~第3.3.8条的相关规定，且宜均匀或随机选择。

**3. 2. 11** 施工后检测时，宜先进行桩身完整性检测，后进行承载力检测。桩身完整性检测应在基坑开挖至基底标高后进行。承载力检测时，宜在检测前、后，对受检桩、锚桩进行桩身完整性检测。

**3. 2. 14** 当发现检测数据异常时，应查找原因，补充检测。

**3. 2. 15** 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。

**3. 3** 检测方法选择和检测数量

**3. 3.1**  为设计提供依据的试验桩检测应依据设计确定的基桩受力状态，采用相应的静载试验方法确定单桩极限承载力，检测数量应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定。

**3. 3. 2** 当打入式预制桩有下列要求之一时，应采用高应变法进行试打桩的打桩过程监测：

**1** 控制打桩过程中的桩身应力；

**2** 确定沉桩工艺参数；

**3** 选择沉桩设备；

**4**  选择桩端持力层。

3. 3. 3 当符合下列条件之一时，应采用静载荷试验进行承载力验收检测，检测数量及方法应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定：

**1** 设计等级为甲级的桩基；

**2** 施工前未按本标准第3.3.1条进行单桩静载试验的工程；

**3** 施工前已进行单桩静载试验，但施工过程中变更了工艺参数或施工质量出现了异常；

**4** 地基条件复杂、桩施工质量可靠性低；

**5** 本地区采用的新桩型或新工艺；

**6** 施工过程中产生挤土上浮或偏位的群桩

**7** 水泥土复合桩基或劲性复合桩工程。

**3. 3. 4** 除本标准第3.3.4条规定外的工程桩，单桩竖向抗压承载力可采用高应变法检测单桩竖向抗压承载力，检测数量不宜少于总桩数的5%，且不得少于5根。

**3. 3. 5** 当有本地区相近条件的对比验证资料时，高应变法可作为本标准第3.3.4条规定条件下单桩竖向抗压承载力检测的补充，其检测数量宜符合本标准第3.3.5条第2款的规定。

**3. 3. 6**  对于采用刚性预制桩的复合地基，除应对复合地基的刚性预制桩进行检测外，还应进行复合地基载荷试验。复合地基载荷试验的检测数量和检测方法应符合现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ 340的有关规定。对设计要求消除地基液化、湿陷性的，应进行桩间土的液化、湿陷性检验。

**3. 3. 7** 对设计有抗拔或水平力特殊要求的桩基工程，应采用单桩竖向抗拔或单桩水平静载试验，检测数量应符合本标准第3.3.4条的规定。

**3. 3. 8** 预制桩完整性的检测方法应符合本标准3.1.1条的规定；当一种方法无法全面评价基桩完整性时，应采用两种或两种以上的检测方法。

**3. 3. 9**  当预制桩在下列情况时，应进行孔内成像检测：

**1**  验收标准、检测规范或设计要求时；

**2** 展示孔壁缺陷分布的几何形态并确定代表性缺陷的宽度时；

**3** 确定沿孔道轴向方向的代表性缺陷位置时；

**4**  对不允许带裂缝工作构件的微裂缝进行检测时；

**5** 对空心桩长度进行验证时；

**6**  对空心桩进行填芯法补强前。

【条文说明】**3. 3. 9** 孔内成像法检测有许多优点，特别是直观和可定量是两大特点，因此，在很多条件下是较好的选择，既可独立检测，又可用于一些其他检测方法不确定时的验证性检测。本条规定了在正常情况下，应采用孔内成像检测的几种情况。

**1** 现行标准中对孔内成像有提及，如：行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106提到：对设计等级高、地基条件复杂、施工质量变异性大的桩基，或低应变完整性判定可能有技术困难时，管桩可采用孔内成像进行验证；对多节预制桩，接头质量缺陷是较常见的问题，在无可靠验证对比资料和经验时，低应变法对不同形式的接头质量判定尺度较难掌握，所以对接头质量有怀疑时，宜采用低应变法与高应变法或孔内成像相结合的方式检测；桩身或接头存在裂隙的预制桩可采用高应变法验证，管桩也可采用孔内成像的方式验证。

**2** 基础或地基的完整性间接检测法对环向缺陷的判断是定性的、而对轴向缺陷很难识别。而孔内成像法检测采用图像识别处理、电子罗盘等技术经过几何计算分析，可以较好地展示全孔壁缺陷分布的几何形态（轴向、环向、倾斜角度及方位）并确定代表性缺陷的宽度。

**3** 基础或地基的间接检测法由于波速设定等原因，对缺陷位置检测并不精确，而孔内成像法采用直接的测绳测量，在精度上有大幅提升，因此，需要确定沿孔道轴向方向的代表性缺陷位置（注：如果在竖向孔中，即为缺陷的深度）时应采用孔内成像法。

**4** 有些对防腐蚀要求较高，不允许带裂缝工作的构件，需要进行微裂缝的识别。很多检测方法因为各种原因，无法识别细微裂缝，比如：低应变法，因为频率有限，波长较长，极易“跨过”细微裂缝；而高应变法更可以瞬间使得微裂缝闭合，隐盖了细微裂缝的反射波。而孔内成像法则有较高的分辨率，尤其是采用瞬间静态拍摄时，有更好的清晰度，能够较好地识别细微缺陷。

**5** 空心桩施工桩长一般在施工过程中控制，但某些特定情况下，需要对桩长进行验证，孔内成像法可以通过图像分辨桩底部和持力层的界面，从而准确检测空心桩的长度。

**6** 对有缺陷的空心桩，常用填芯法进行补强，但采用填芯法补强仅可提高水平承载力，如果是倾斜的缺陷，就影响到竖向承载力，不适合填芯法补强；另外，填芯法补强一般要在缺陷位置上下对称填芯处理，因此，对缺陷的位置准确度要求也很高。因此，需要对拟采用填芯法补强明显缺陷的空心桩时，需要进行孔内成像检测，这样才能准确判断缺陷是否水平，以及确定缺陷准确位置，使得补强达到设计效果。

**3. 3. 10** 预制桩桩长的检测方法应符合本标准3.1.1条的规定。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。当需要获取既有桩基的桩长时，可采用旁孔透射法检测。

【条文说明】**3. 3. 10** 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基桩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。

旁孔透射法，是利用在既有建筑物下预制桩桩侧土中成检测孔，并在孔中利用传感噐检测由桩顶既有结构体激发所产生的纵波沿桩身向桩底传播，在波的传播过程中除了在桩身遇到波阻抗和桩底反射外，同时有部分应力波向桩侧土进行透射，利用应力波在桩身传播和波透射的特征规律和异常，从而通过旁孔井中传感噐来检测桩身透射波首波的时间规律判断桩身完整性的井中物探方法。

**3. 3. 11**  预制桩施工过程进行的质量检验尚应符合《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202的有关规定，检验标准可按照本标准附录A执行。

**3. 4** 检测结果评价和检测报告

**3. 4. 1**  完整性检测结果评价，应给出每根受检桩的桩身完整性类别。桩身完整性分类应符合表3.4.1的规定，并按本标准第6章规定的技术内容划分。

表3. 4. 1 桩身完整性分类表

|  |  |
| --- | --- |
| 桩身完整性类别 | 分类原则 |
| Ⅰ | 桩身完整 |
| Ⅱ | 桩身有轻微缺陷，不会影响桩身结构承载力的正常发挥 |
| Ⅲ | 桩身有明显缺陷，对桩身结构承载力有影响 |
| Ⅳ | 桩身存在严重缺陷 |

**3. 4. 2** 承载力检测应明确给出每根桩承载力的检测值。为设计提供依据的试验，应给出该单位工程同一条件下的处理后地基极限承载力或单桩极限承载力的统计值。验收检测应给出每个试验点或每根桩的承载力检测值是否满足设计要求的结论。

**3. 4. 3**  桩长检测结果评价，应给出每根受检桩的长度，并据此给出每根受检桩桩长度是否满足委托（或设计）要求的结论。

**3. 4. 4**  检测报告应包含下列内容：

**1**  委托方名称，工程名称、地点，现场检测见证人，基础、结构形式，层数，设计要求，检测目的，检测依据，检测数量，检测日期；

**2** 地基条件描述；

**3**  受检桩的桩型、尺寸、桩号、桩位、桩顶标高和相关施工记录；

**4** 检测方法，检测仪器设备，检测过程叙述；

**5** 受检桩的检测数据，实测与计算分析曲线、表格和汇总结果；

**6** 与检测内容相应的检测结论。

# **4** 桩身质量检测

**4. 1** 一般规定

**4. 1. 1** 预制桩施工前应进行桩身质量检测，不符合要求的桩不得使用。

**4. 1. 2** 预制桩进场后，应对进入施工现场的所有预制桩的出厂资料、规格、型号、尺寸、外观质量、尺寸偏差、堆放及桩身破损情况等进行全数抽检。检查要求应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验标准》GB 50202的有关规定。

**4. 1. 3** 应由检测单位对进入施工现场的预制桩进行随机见证抽样检测，检测内容应符合下列规定：

**1** 沉桩前，每个厂家生产的每一种桩型随机抽取一节预制桩桩节进行破坏性检测，检测项目为钢筋数量、直径、间距以及混凝土保护层厚度等。当抽检结果出现不符合质量要求时，应加倍检测；若再发现不合格桩节，该批预制桩不得使用并必须撤离现场；

**2** 应对闭口桩尖的钢板厚度、桩尖尺寸、焊接质量等进行检测，检测数量每个单体不应少于总桩数的1%，且不应少于2个桩尖。

**4. 1. 4** 桩身混凝土强度可采用回弹法或钻芯法进行检测，但不能够作为强度验收评定桩是否合格的判定依据，最终以立方体试块或成品检验结果作为判定依据。

**4. 1. 5** 成品桩的抗裂性能、抗弯性能可采用荷载法进行检测。

**4. 2**  回弹法

**4. 2. 1** 本方法适用于离心法生产的混凝土预制桩桩身混凝土抗压强度实体检测前的筛查。当有可靠的回弹值与桩实体抗压强度之间的测强曲线时，可用于混凝土抗压强度的推定。

**4. 2. 2** 回弹仪应符合现行国家标准《回弹仪》[GB/T 9138](https://www.so.com/link?m=bMNRGucTyPTqTaRllJuqBiP6nKSLVQw5UVfQ2SfcdVsv07jcg7gonZAZOL9ApBVJY5N4UshRZNIgzvZDcG4ogkNeVvCz3oo76LTVbS9U1cEJAcrj9SN3hGXnKYqMNkqEJRItGqONdUQglR%2F%2Ff07XHac%2BPDgghlg3DTte%2BtlGhxoc42OA2" \t "_blank)的要求。技术要求、检定及保养应符合现行行业标准《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23、《高强混凝土强度检测技术规程》JGJ/T 294的有关规定。对于桩身强度等级不大于C55的预制桩，应采用M225型号的回弹仪。

**4. 2. 3** 混凝土预制桩回弹法检测应按样品批次分别进行。对同批次预制桩构件应随机抽样，抽样的检验批最小检测数量应符合表4.2.3规定。

表4. 2. 3 检验批最小检测数量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检验批的容量 | 最小检测数量 | 检验批的容量 | 最小检测数量 |
| 2~15 | 2 | 151~280 | 13 |
| 16~25 | 3 | 281~500 | 20 |
| 26~90 | 5 | 501~1200 | 32 |
| 90~150 | 8 | — | — |

**4. 2. 4** 测区布置应符合下列规定：

**1** 每个构件上的测区数不应小于10个，测区应在预制桩纵向和沿截面外周均匀、对称布置；

**2** 相邻两测区的间距不宜大于2m，端部测区离端板距离不宜大于0.5m，并不宜小于0.2m；

**3** 当预制桩截面为方形时，测区面积不宜大于0.04m2；

**4** 当截面形状为环形、圆形或其它曲线形时，测区应为在桩截面外周打磨形成的500mm×25mm的矩形平面，且矩形长边应平行于预制桩纵向轴线。测区打磨后应清理干净，不应残留粉尘，保持干燥。

**4. 2. 5** 各桩上的测区应编号，并应在检测时记录测区位置编号和外观质量情况。

**4. 2. 6** 检测时，如弹击可能使桩体产生颤动或位移，应对桩体采取固定措施。

**4. 2. 7** 弹击应使回弹仪处于水平方向，并保持回弹仪轴线始终垂直于检测面。

**4. 2. 8** 每个测区测点数应为16个。测点应在测区范围内均匀布置，且应避开外露石子。相邻两测点之间净距不宜小于20mm。同一测点只应弹击1次。

**4. 2. 9** 检验批的回弹代表值异常判断概率统计值按下列方法确定：

**1** 在每一测区内的16个回弹值中，应先剔除3个最大值和3个最小值，取余下的10个回弹值的平均值作为该测区回弹值的代表值*R*i；

**2** 将检验批各测区回弹值代表值*R*i由大到小依次按下式排序：

*R*1≥*R*2≥…≥*R*k'≥…*R*i-1≥*R*i≥*R*i+1≥…*R*n-k≥…*R*n-1≥*R*n （4.2.9-1）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：*R*i—— | 第*i*测区回弹值代表值，*i*=1，2，……，n； |
| *n*—— | 检验批测区总数； |
| *k*—— | 拟去掉的低回弹代表值个数； |
| *k*'—— | 拟去掉的高回弹代表值个数。 |

**3** 对逐一去掉Ri中k个最小数值和k'个最大数值后的其余数据，按下列公式进行统计计算：

 （4.2.9-2）

（4.2.9-3）

 （4.2.9-4）

（4.2.9-5）

（4.2.9-6）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：*R*01—— | 回弹代表值异常小值判断值； |
| *R*02—— | 回弹代表值异常大值判断值； |
| *R*m—— | （n-k-k'）个数据的平均值； |
| sx—— | （n-k-k'）个数据的标准差； |
| *C*v—— | （n-k-k'）个数据的变异系数； |
| λ—— | 由表4.2.9查得的与（n-k-k'）相对应的系数。 |

表4. 2. 9 统计数据个数（n-k-k'）与对应的λ值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n-k-k' | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 20 |
| λ | 1.28 | 1.33 | 1.38 | 1.43 | 1.47 | 1.50 | 1.53 | 1.56 | 1.59 | 1.64 |
| n-k-k' | 21 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 |
| λ | 1.64 | 1.69 | 1.73 | 1.77 | 1.80 | 1.83 | 1.86 | 1.89 | 1.91 | 1.94 |
| n-k-k' | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 |
| λ | 1.96 | 1.98 | 2.00 | 2.02 | 2.04 | 2.05 | 2.07 | 2.09 | 2.10 | 2.11 |
| n-k-k' | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 |
| λ | 2.13 | 2.14 | 2.15 | 2.17 | 2.18 | 2.19 | 2.20 | 2.21 | 2.22 | 2.23 |
| n-k-k' | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | 90 | 92 | 94 | 96 | 98 |
| λ | 2.24 | 2.25 | 2.26 | 2.27 | 2.28 | 2.29 | 2.29 | 2.30 | 2.31 | 2.32 |
| n-k-k' | 100 | 105 | 110 | 115 | 120 | 125 | 130 | 135 | 140 | 145 |
| λ | 2.33 | 2.34 | 2.36 | 2.38 | 2.39 | 2.41 | 2.42 | 2.43 | 2.45 | 2.46 |
| n-k-k' | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 |
| λ | 2.47 | 2.50 | 2.52 | 2.54 | 2.56 | 2.58 | 2.61 | 2.64 | 2.67 | 2.69 |
| n-k-k' | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | 470 | 500 |

续表4. 2. 9

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| λ | 2.72 | 2.74 | 2.76 | 2.77 | 2.79 | 2.81 | 2.82 | 2.84 | 2.86 | 2.88 |
| n-k-k' | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1000 |
| λ | 2.91 | 2.94 | 2.96 | 2.98 | 3.00 | 3.02 | 3.04 | 3.06 | 3.08 | 3.09 |

**4** 按k=0/k'=0/k=1/k'=1/k=2/k'=2……的顺序，将参加统计的数列最小数据*R*n-k与异常小值判断值*R*01进行比较，当*R*n-k小于*R*01时剔除最小数据；将最大数据*R*k+1与异常大值判断值*R*02进行比较，当*R*k+1大于等于R02时剔除最大数据；每次剔除一个数据，对剩余数据构成的数列，重复（4.2.9-2）~（4.2.9-5）的计算步骤，直到下列两式成立：

*R*n-k>*R*01  （4.2.9-7）

*R*k'+1<*R*02 （4.2.9-8）

**5** 检验批的回弹代表值异常判断概率统计值，应按下式计算：



当*C*V<0.015时；

当0.015≤*C*V≤0.045时； （4.2.9-9）

当*C*V>0.045时。

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：*R*0—— | 检验批的回弹代表值异常判断概率统计值。 |

**4. 2. 10**  回弹代表值异常应按下式判定：

*R*i≤*R*0 （4.2.10）

**4. 2. 11** 当采用钻芯或整桩载荷法进行抗压强度试验时，试件应在出现回弹代表值异常的桩中选取。

**4. 3** 钻芯法

**4. 3. 1** 钻芯法适用于检测离心成型混凝土预制桩的桩身混凝土抗压强度的检测。

**4. 3. 2** 钻芯设备应符合现行国家标准《钻芯检测离心高强混凝土抗压强度试验方法》GB/T 19496、行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384的要求。压力试验机的技术要求应符合现行国家标准《液压式压力试验机》GB/T 3722、《试验机通用技术要求》GB/T 2611的规定。

**4. 3. 3** 芯样钻取应符合下列规定：

**1** 钻芯机具的操作应由取得相关操作证书的试验人员完成；

**2** 采用钻芯检测离心高强混凝土抗压强度前，应具备下列资料：

**1**）制品生产单位，工程名称（或代号）及其设计、施工监理、建设单位名称；

**2**）制品品种、型号，规格；

**3**）设计混凝土强度等级；

**4**）制品成型日期、原材料（水泥品种、排合料、粗细骨料拉径等）和混凝土立方体试件抗压强度报告；

**5**）制品的质量状况及施工质量状况的记录；

**6**）制品的结构设计图。

**3** 芯样应在制品的下列部位钻取：

**1**）混凝土质量应具有代表性，不得在已破损的制品上钻取。对先张法预应力混凝土管桩产品，不得在沉桩或沉桩后的管桩桩身上钻取；

**2**）应在制品中部且便于钻芯机安装与操作的部位，同时离制品两端1.5m以外，且芯样的取样间距不宜小于1m，应尽量避开预应力钢筋、螺旋筋密绕的部位及桩身钢模合缝处。

**4** 钻取的芯样直径宜为70mm~100mm，芯样直径宜为管桩壁厚的60%~80%，一般不宜小于骨料最大粒径的3倍，在任何情祝下不得小于骨料最大粒径的2倍；

**5** 钻芯机就位并安装平稳后，应将钴芯机固定，以便工作时不致产生位置便宜、跳动，钻芯机主轴应与被钻取芯样的制品的外表面切线相垂直；

**6** 钻芯时用于冷却钻头和排除混凝土料屑的冷却水的压力不宜小于0.1MPa，流量不宜小于3L/min；

**7** 钻取芯样时，钻取速度应均匀，推进行程的速度不宜大于5mm/min；

**8** 从钻孔中取出的芯样晾干后应及时标上清晰牢固的标记，并记录制品的编号、钻取位量和方向、取样日期等，并宜拍摄结构、构件及制品取样现场及芯样标识照片作为取芯时的原始记录。芯样取出后应立即检查外观，芯样高度及质量不能满足第4.3.4条要求时，则应予以记录并重新钻取芯样；

**9** 芯样在运送前应仔细包装，搬运时应轻取轻放，不得挤压或碰撞。

**4. 3. 4** 芯样的切割加工应符合现行国家标准《钻芯检测离心高强混凝土抗压强度试验方法》GB/T 19496、行业标准《钻芯法检测混凝土强度技术规程》JGJ/T 384的要求。对于普通成型的预制桩芯样试件的加工，其高径比应为1.0~1.2。

**4. 3. 5** 芯样的抗压强度试验按现行国家标准《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081中立方体试件抗压强度试验的规定进行；但对于离心高强混凝土芯样试件的抗压强度试验，加荷速度应取0.2MPa/s~0.4MPa/s。

**4. 3. 6** 对于离心成型的预制桩，芯样试件混凝土抗压强度推算值按下列公式进行计算：

 （4.3.6-1）

 （4.3.6-2）

 （4.3.6-3）

 （4.3.6-4）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：*R*—— | 芯样试件混凝土抗压强度推算值（MPa），计算应精确至0.1MPa； |
| *F*—— | 芯样抗压试验时测得的最大压力（N）； |
| *d*—— | 芯样的平均直径（mm）； |
| *f*1—— | 芯样高径比修正系数； |
| *f*2—— | 芯样内含钢筋修正系数；当芯样内不含钢筋时，取*f*2=1； |
| *α*—— | 芯样的高径比； |
| *H*—— | 芯样的高度（mm）； |
| *d*s—— | 芯样内含钢筋的直径（mm）； |
| *h*s—— | 芯样内含钢筋轴心与芯样端面较近一端的距离（mm）。 |

**4. 3. 7** 对于普通成型的预制桩，芯样试件混凝土抗压强度推算值按下列公式进行计算：

 （4.3.7）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：*R*—— | 芯样试件混凝土抗压强度推算值（MPa），计算应精确至0.1MPa； |
| *F*—— | 芯样抗压试验时测得的最大压力（N）； |
| *d*—— | 芯样的平均直径（mm）； |
| *β*—— | 芯样试件强度换算系数，可取1.0。 |

**4. 3. 8** 当对钻芯法检测的桩身混凝土强度有争议时，可采用桩身全截面抗压试验进行检测。桩身全截面抗压试验应符合下列要求：

**1** 试件应从随机抽取的预制桩上截取，截取试件时应避开桩头和螺旋筋加密区；

**2** 试件的长径比宜位1.0；

**3** 试件端面平整度允许偏差±0.1%，试件端面与轴线垂直度允许偏差±2°，否则应进行进行处理；

**4** 试验用的计量器具应进行检定或校准；

**5** 桩身全截面试件抗压强度应按下式计算：

 （4.3.8）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：*f*—— | 桩身全截面抗压强度（MPa）； |
| *P*—— | 试件抗压试验测得的破坏荷载（N）； |
| *A*—— | 桩身横截面面积（mm2）； |
| *λ*—— | 修正系数，取0.5~1.0，大直径桩取低值，小直径桩取高值。 |

**6** 当桩身全截面试件的抗压强度值不小于桩身混凝土强度设计等级的95%时，应评定为抽检的桩身混凝土强度满足设计要求，否则可补充双倍试验数量并取平均值。

**4. 4**  抗弯试验

**4. 4. 1** 抗弯试验适用于预制桩的抗裂和抗弯性能检测。对于承受较大水平荷载的预制桩基础，应在尺寸偏差和外观质量检验合格的桩节中随机抽取2节进行抗裂性能检验。

**4. 4. 2** 桩身及接头的抗裂性能和抗弯性能检测采用抗弯试验，应在外观质量和尺寸允许偏差合格的成品桩中随机抽取两根桩进行试验，试验方法应符合现行国家标准《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152的有关规定。

**4. 4. 3** 预制桩的抗裂性能和抗弯性能检测判定应符合下列规定：

**1** 预制桩的抗弯性能指标不低于相关标准图集或设计图纸的要求；

**2**  预制桩进行抗弯试验，当加载至预制桩的抗裂弯矩时，桩身不得出现裂缝；

**3** 当加载至预制桩的极限弯矩时，预制桩不得出现下列任何一种情况：

**1**）受拉区混凝土裂缝宽度达到1.5mm；

**2**）受拉钢筋被拉断；

**3**）受压区混凝土破坏；

**4**）挠度达到跨度的1/50；

**5**）受弯构件的受剪腹部斜裂缝达到1.5mm，或斜裂缝末端受压混凝土剪压破坏；

**6**）沿斜截面混凝土斜压破坏，受拉主筋在端部滑脱或其它锚固破坏。

**4** 预制桩接头处极限弯矩不得低于桩身极限弯矩。

**4. 4. 4** 预制桩的抗弯试验应符合下列规定：

**1** 抗弯试验采用简支梁对称加载装置，*l*不应小于15D且不应小于5m，如图4.4.4-1、图4.4.4-2所示，其中*P*的方向垂直于地面；



图4. 4. 4-1 预制桩的抗弯试验示意图

1-预制桩；2-滚动铰支座；3-固定铰支座；4-支墩；5-分配梁；6-分配梁固定铰支座；

7-分配梁滚动铰支座；8-U型垫板



图4. 4. 4-2 预制桩的接头抗弯试验示意图

1-预制桩；2-滚动铰支座；3-固定铰支座；4-支墩；5-分配梁；6-分配梁固定铰支座；

7-分配梁滚动铰支座；8-U型垫板

**2** 抗弯试验的加载程序应符合下列规定：

**1**）按抗裂弯矩的20%的级差由零加载至抗裂弯矩的80%，每级荷载的持续时间为3min；然后按抗裂弯矩的10%的级差继续加载至抗裂弯矩的100%。每级荷载的持续时间为3min，观察是否有裂缝出现，并测定和记录裂缝宽度；

**2**）如果在抗裂弯矩的100%时未出现裂缝，则按抗裂弯矩的5%的级差继续加载至裂缝出现。每级荷载的持续时间为3min，测定和记录裂缝宽度；

**3**）按极限弯矩的5%的级差继续加载至出现本条第1款所列极限状态的检验标志之一为止。每级荷载的持续时间不少于3min，观测并记录各项读数。

**3** 垂直向下加载时，实测弯矩按下式计算：

 （4.4.4）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：*M——* | 预制桩弯矩（kN·m）； |
| *W*—— | 预制桩质量（kN）； |
| *L*­—— | 预制桩长度（m）； |
| *P*—— | 荷载（垂直加载时，应考虑加载设备的重量）（kN）。 |

**4** 开裂荷载和极限荷载的确定应符合下列规定：

**1**）当在加载过程中第一次出现裂缝时，应取前一级及荷载值作为开裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间内第一次出现裂缝时，应取本级荷载值与前级荷载值的平均值作为开裂荷载实测值；当在规定的荷载持续时间结束后第一次出现裂缝时，应取本级荷载值作为开裂荷载实测值；

**2**）当在规定的荷载持续时间结束后出现本条第4款所列的情况之一时，应取此时的荷载值作为极限荷载实测值；当在加载过程中出现上述情况之一时，应应取前一级荷载值作为极限荷载实测值；规定的荷载持续时间内出现上述情况之一时，应取本级荷载值与前一级荷载值的平均值作为极限荷载实测值。

**4. 4. 5** 抗裂性能和抗弯性能判定规则应符合下列规定：

**1** 若所抽两根全部符合本标准第4.4.3条的规定时，则判定合格；

**2** 若有一根不符合本标准第4.4.3条的规定时，应从同批产品中抽取加倍数量进行复验，复验结果若仍有一根不合格，则判定不合格。

**5**  承载力检测

**5. 1** 一般规定

**5. 1. 1** 对于预制桩复合地基，其抗压承载力检测应符合下列规定：

**1** 复合地基中预制桩单桩抗压承载力检测数量不应少于总桩数的0.5%，且不得少于3根；

**2** 除应进行单桩载荷试验外，还应进行复合地基载荷试验。复合地基载荷试验的检测数量不应少于总桩数的0.5%，且不得少于3点。检测方法应符合现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ 340的有关规定。

**5. 1. 2** 同条件下总桩数超过1000根的大型单位桩基工程的抽检桩数可按下列规定确定：当采用高应变动测法时，每增多1000根桩时检测桩数可减少0.5%，但抽检数量不得少于总桩数的3%；当采用静载荷试验时，每增多1000根桩时检测桩数可减少0.1%，但抽检数量不得少于总桩数的0.7%。

**5. 1. 3** 为设计提供依据的试桩，竖向抗压静载荷试验宜加载至桩侧与桩端的岩土阻力达到极限状态或达到桩身抗压强度设计值、竖向抗拔静载荷试验宜加载至桩侧岩土阻力达到极限状态或达到钢筋抗拉强度设计值、水平静载荷试验应加载至桩顶出现较大水平位移或桩身结构破坏。

**5. 1. 4** 当工程桩的承载力验收检测时，最大试验荷载应满足下列要求：

**1** 对竖向抗压静载荷试验，最大试验荷载不应小于抗压承载力特征值的2倍；

**2** 对抗拔静载荷试验，宜按不小于抗拔承载力特征值的2倍确定最大试验荷载，也可按设计要求的最大上拔量限值或桩身抗裂要求控制最大试验荷载；

**3** 对水平静载荷试验，可按设计要求的加载量或水平位移允许值确定最大试验荷载。

【条文说明】**5. 1. 3~5. 1. 4** 检验桩和锚桩的桩身强度需满足试验拟定最大加载值的要求。对单桩竖向抗压静载荷试验，最大试验荷载不宜超过试桩桩身（混凝土和钢筋）受压强度标准值的0.85倍。试桩桩身（混凝土和钢筋）受压强度不应低于单桩竖向抗拔承载力特征值2倍，为设计提供依据时，还应进一步提高桩身强度和加载量，为加载至岩土极限承载力提供保障。必要时应采用提高受承载力检验桩的桩身混凝土强度、增加桩身配筋等措施。

对单桩抗拔静载荷试验，为了避免因钢筋拔断提前中止试验或出现安全事故，静载荷试验的前提条件是最大试验荷载不应超过钢筋的强度设计值。为设计提供依据的试桩，其试验目的主要是了解当桩处于抗拔状态时土对桩的极限摩阻力有多大，故试验宜做至桩侧土体破坏。应对试桩的配筋、接头连接、预应力管桩端板等影响抗拔承载力的材料和部件进行加强。

工程桩验收检测时，要求加载量不低于单桩竖向承压或抗拔承载力特征值2倍，旨在保证桩侧岩土阻力具有足够的安全储备。对于抗压桩，工程桩桩身强度标准值大多数情形能满足验收加载值的要求，当不满足时，应加强试验桩桩身强度。对于抗拔桩，工程桩的配筋通常由裂缝控制来确定，当按单桩竖向抗拔承载力特征值的2倍进行验收加载时，裂缝宽度会超过规范要求，甚至会出现加载值超过桩身抗拉强度情形，因此对于检验抗拔桩，当为预制桩时，应增加配筋，并考虑到试验加载为短期效应，可适当放宽最大加载值对应的裂缝宽度控制值；当为预应力抗拔桩时，应通过选用高型号桩型（如PHC管桩的B、C型桩）、增加壁厚、设置普通钢筋、增强连接接头等满足最大试验荷载的要求，考虑到载荷试验的短期效应，亦可按二级裂缝控制进一步提高桩身抗拉荷载。当采用的措施仍不能满足抗拔最大试验荷载要求时，应由设计根据桩身强度、裂缝控制、最大上拔量等综合确定最大抗拔试验荷载。

**5. 1. 5** 当设计有要求时，可在桩身（端）埋设应力、应变传感器，测定桩身内力、桩周各土层的侧摩阻力、桩端土的端承力。桩身内力测试宜根据测试目的、试桩桩型及施工工艺选用电阻应变式传感器、振弦式传感器、滑动测微计或光纤式应变传感器等。

**5. 1. 6** 竖向静载荷试验时，量测桩身应变或应力的传感器埋设应符合下列规定：

**1** 应在桩顶以下（1~2）倍桩径和桩底以上1倍桩径的范围内设置，应对称埋设4个传感器。传感器测量断面应设置在两种不同性质土层的界面处，当土层较厚时，可在土层中间增加布置，测试断面处可对称埋设（2~4）个传感器，当桩径较大或试验要求较高时取高值；

**2** 电阻应变式传感器、振弦式传感器可采用焊接或螺栓连接固定在桩身钢筋笼上，并进行防潮绝缘防护，同时采用免蒸压混凝土提高预埋传感器的存活率；

**3** 当采用分布式光纤测试应变时，应沿桩身轴心对称设计2根光纤光缆，中间相连段沿底部加强箍筋走向铺设，形成“U”字型回路，也可根据桩径大小和工程重要性，设置多个“U”型回路；

**4** 当不接桩时，分布式光纤可在桩基生产时依附与钢筋笼主筋进行预埋；当需要接桩时，宜在桩基生产后，通过桩身外壁刻槽、槽内清理、对位安装、封胶保护的方法将其埋设于桩身表面，必要时设置角钢进行防护。

【条文说明】**5. 1. 6** 混凝土预制桩，特别是预应力高强度混凝土管桩（PHC管桩）受制作工艺复杂、桩身结构独特、沉桩阻力较大等因素的影响，其桩身受力特性的测试存在诸多难点。目前预制桩桩身受力测试技术可分为4类：点法监测、线法监测、全分布式光纤监测、准分布式光纤光栅监测。

点法监测以振弦式钢筋计为主，已成为检测桩身轴力的有效手段。对于采用混凝土钢筋的预制桩，可采用与钢筋串联的钢筋计传感器或并联的应变计传感器；对于预应力桩，宜采用与钢棒并联的应变计传感器，也可采用在钢筋笼里预先埋入带有与附加钢筋串联的钢筋计传感器。设置于预应力管桩时，由于管桩生产工艺易造成钢筋计测量元件，尤其是钢筋计与信号线的接头损坏导致传感器成活率下降。根据钢筋计的类型，可采用与主筋串联或并联的安装方式，同时采用辅助措施提高信号线的伸缩变形能力；信号线沿钢筋笼内侧铺设，靠近桩端时通过一字型收拢杆由桩中心引至桩端外侧，在桩端部法兰盘焊接十字形固定支架，将信号线环绕固定尽量减少成桩离心过程对信号线的损坏；同时，减少钢筋计连接杆焊接、起吊钢筋笼等过程对钢筋计的损坏。

线法监测主要以滑动测微计为主，通常采用填芯法通过扶正器将测管固定于管桩轴心，再浇筑含膨润土的水泥浆使测管与管壁的变形协调，从而进行桩身轴力监测。该法应用较少。

分布式光纤监测、准分布式光纤光栅监测的传感器体积小、数据线少易于安装。在采取保护措施保证传感器存活率的前提下，预埋法的传感器与桩身耦合较好、对预制桩桩身质量的影响较小，近年来得到越来越多的应用。当采用预埋时，可采用夹持件、附加钢筋将光纤光栅传感器固定于主筋上，通过安装铠装光缆、安设十字钢箍、套装不锈钢软管提高光纤光栅的存活率。桩身外壁刻槽埋没的流程为：①传感器的埋设，预制桩成型后，在桩外壁放样定位，在桩外侧壁用切割机切浅槽，将应变器埋入或者贴入壁槽中；②传输线的埋设，连同应变器刻槽一起，对预制桩通长进行刻槽，走线；③保护处理，应变器和导线埋入预制桩外壁内槽后，采用环氧树脂混合物或者钢筋植入胶进行封装保护。

**5. 1. 7** 水平静载荷试验时，量测桩身应变或应力的传感器，尚应符合下列规定：

**1** 各测试断面的传感器应对称布置在力作用方向远离中性轴两侧的受拉、受压主筋或桩身上；

**2** 传感器布设纵断面与力作用线的夹角不宜大于10°；

**3** 在地面以下10倍桩径深度范围内应加密测试断面，断面间距不宜超过1倍桩径，在预估桩身最大弯矩截面附近应适当加密。

**5. 1. 8** 静载试验的开始时间应符合下列规定：

**1** 混凝土预制桩在沉桩后到进行试验时的间歇时间（休止期）不应少于桩周土体强度恢复或基本恢复的时间，对于砂土，不宜少于7d；对于粉土，不宜少于14d；对于黏性土，或当地经验确认桩端持力层有扰动后易软化现象的风化岩层，不宜少于28d；

**2** 当采用旋挖成孔植入或在水泥土或旋喷桩中植入法成桩时，宜在沉桩后28d后进行；

**3** 当采用中掘法成桩时，应在成桩28d后进行。

【条文说明】**5. 1. 8**  对于混凝土预制桩（包括混凝土预制方桩、预应力混凝土空心桩），其承载力主要由土对桩所能提供的支承力所决定，故需考虑桩侧、桩端土的固结恢复时间；本条规定了在进行混凝土预制桩承载力检测时，在沉桩后到进行试验的间歇时间，不应少于桩周土体恢复或基本恢复的时间，对于砂土，不宜少于7d；对于粉土，不宜少于14d；对于黏性土，或当地经验确认桩端持力层有扰动后易软化现象的风化岩层，不宜少于28d。上海的大量的静载荷试验表明，对于桩身大部分位于以饱和粘性土且以粘土作为持力层的挤土桩，采用2周间歇时间，多次发生实测承载力与设计承载力及地质资料提供的计算值相差甚远的事例，通常为设计值的70%~80%，个别工程仅为设计值的50%~60%，实际上，沉桩以后桩周土体恢复和重新固结需要一个“漫长”的过程。对于机械成孔植桩，采用搅拌桩或旋喷桩成桩时，应满足桩身外包混凝土或水泥土养护所需要的时间，一般为28d。

**5. 1. 9** 承载力检测报告除应包含本标准第3.4.3条的内容外，尚应包含以下内容：

**1** 建设、勘察、设计、监理和施工单位；

**2** 桩基或地基处理设计信息：单体名称，试桩的配筋数量、规格，桩顶标高，桩底标高，持力层，承载力特征值（或最大试验荷载）等；

**3** 地质条件描述：受检桩的持力层及桩侧土层分布柱状图、静探曲线及物理力学参数；

**4** 受检桩或地基处理的施工概况：成（沉）桩方法、施工日期；应提供混凝土预制桩沉桩的锤重（或压机型号）、最后10击贯入度（或最后的压桩力）、每根试桩的休止期；

**5** 安装位置及数量，提供反力的方法，最大堆载量，地基土承受最大应力及相应试桩、锚桩（或支墩）距离。

**5. 2** 静载荷试验

Ⅰ 预应力混凝土空心方桩

**5. 2. 1** 桩基设计等级为甲、乙级的空心方桩基础，当采用静载试验法确定基桩承载力，试验数量为总桩数的1%，并不应少于3根；总桩数小于50根时，不应少于2根。对于设计等级为丙级的空心方桩基础，宜参考本条执行。工程桩不应用做静载试验时的锚拉桩。

**5. 2. 2**  桩基设计等级为甲级、乙级的空心方桩基础，可采用高应变动测法确定基桩承载力，但应有邻近相同条件且可靠的动静载试验的对比资料，检测数量不应少于总桩数的5%，且不应少于10根，桩基设计等级为丙级的空心方桩基础，检测数量不应少于总桩数的3%，不应少于5根。总桩数少于50根时，不应少于3根。

**5. 2. 3**  对于专用抗拔桩和水平承载力有特殊要求的桩基工程，应进行单桩抗拔静载试验和水平静载试验检测，检测数量不应少于总桩数的 1%，且不应少于3根。

Ⅱ 水泥土复合管桩

**5. 2. 4**  对单位工程内且在同一条件下的工程桩，当符合下列条件之一时，应采用静载荷试验对工程桩单桩竖向抗压承载力进行检验：

**1** 设计等级为甲级的建筑桩基；

**2** 地质条件复杂、施工质量可靠性低的建筑桩基；

**3** 对饱和软土应在完工20d后进行砂性土可在施工完成10d后进行：对孔隙水消散需要的时间较长时，应在施工完成28d后进行；

**4**  抽检数量不应少于总桩数的1%且不少于3根；当总桩数在50根以内时，不应少于2根。

**5. 2. 5**  单桩竖向抗压静载试验除应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定外，尚应符合下列规定：

**1**  检测时宜在桩顶铺设粗砂或中砂找平层，厚度宜取20mm~30mm；

**2** 找平层上的刚性承压板直径应与水泥土复合管桩的设计直径相一致；

**3** 预估极限承载力较大时桩帽宜采用外包钢箍作法。预估极限承载力较大时桩帽宜采用外包钢箍作法

**4** 对直径不小于800mm的水泥土复合管桩，Qs曲线呈缓变型时，单桩竖向极限承载力可取s/D等于0.05对应的荷载值。

【条文说明】**5. 2. 2** 单桩竖向抗压静载试验方法应按现行行业标准《建筑基粧检测技术规范》JGJ 106的有关规定执竹，其中的粧头处理方法、刚性承压板尺寸大小及单桩竖向承载力取值方法是已有水泥土复合管桩工程检测经验的总结。

**5. 2. 6**  对于承受水平力较大的水泥土复合管桩，除应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定进行单桩水平静载试验外，尚应符合下列规定：

**1**  检测桩数不应少于同条件下总桩数的1%且不应少于3根；

**2**  水平推力应直接施加在管桩上；

**3** 单桩水平承载力特征值应按水平临界荷载的0.6倍取值，且不应大于单桩水平极限承载力的50%。

【条文说明】**5. 2. 3** 水泥土复合管桩与承台宜采用填芯混凝土中埋设锚固钢筋的连接方式方式连接，相当于水平荷载施加在管桩上，因此水泥土复合管桩单桩水平静载试验时，水平荷载应施加在管桩上。

水泥土复合管桩是一种新桩型，为偏于安全，水泥土复合管桩水平极限荷载为水平临界荷载的1.18倍~1.20倍，为了使单桩水平承载力特征值具有足够的安全储备，即其安全系数达到2，单桩水平承载力特征值计算时应取0.6的折减系数。

**5. 2. 7**  对于承受拔力的水泥土复合管桩，应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定进行单桩竖向抗拔静载试验。当芯桩采用空心桩时应采用桩内灌注填芯混凝土，并配置通长抗拔锚筋、填芯混凝土底端固定抗拔钢筋等方法传递拉力。抗拔钢筋数量应通过计算确定。检测桩数不应少于同条件下总桩数的1%且不应少于3根。

【条文说明】**5. 2. 4** 水泥土复合管桩进行单桩竖向抗拔静载试验时可采用管桩内灌注填芯混凝土并预埋通长抗拔钢筋、管桩底端固定抗拔钢筋焊接于端板或桩尖上）等方法传递拔力。抗拔钢筋种类与数量应通过计算确定。

Ⅲ 预应力高强混凝土实心方桩

**5. 2. 8**  工程桩施工完毕后，工程桩单桩承载力和桩身完整性应进行抽样检测，检测数量和检测方法应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106有关规定。

Ⅳ 预应力混凝土异型预制桩

**5. 2. 9** 异型桩承载力尚应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94和《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的规定。

**5. 3** 高应变法

**5. 3. 1** 本方法适用于检测基桩的竖向抗压承载力和桩身完整性；监测预制桩打入时的桩身应力和锤击能量传递比，为选择沉桩工艺参数及桩长提供依据。

**5. 3. 2** 检测仪器的主要技术性能指标不应低于现行行业标准《基桩动测仪》JG/T 3055规定的2级标准。

**5. 3. 3** 锤击设备可采用筒式柴油锤、液压锤、蒸汽锤等具有导向装置的打桩机械，但不得采用导杆式柴油锤、振动锤。

**5. 3. 4** 高应变检测专用锤击设备应具有稳固的导向装置。重锤应形状对称，高径（宽）比不得小于1。

**5. 3. 5** 当采取落锤上安装加速度传感器的方式实测锤击力时，重锤的高径（宽）比应为1.0~1.5。

**5. 3. 6** 当采用高应变法进行承载力检测时，锤的重量与单桩竖向抗压承载力特征值的比值不得小于2.0%。

**5. 3. 7** 当作为承载力检测的基桩桩长大于30m时，尚应对桩径或桩长增加引起的桩-锤匹配能力下降进行补偿，在符合本标准第5.3.6条规定的前提下进一步提高检测用锤的重量。

**5. 3. 8** 桩的贯入度可采用精密水准仪等仪器测定。

**5. 3. 9** 检测前的准备工作，应符合下列规定：

**1** 对于不满足现行行业标准《建筑基桩检测技术标准》JGJ 106表3.2.5规定的休止时间的预制桩，应根据本地区经验，合理安排复打时间，确定承载力的时间效应；

**2** 桩顶面应平整，桩顶高度应满足锤击装置的要求，桩锤重心应与桩顶对中，锤击装置架立应垂直；

**3** 对不能承受锤击的桩头应进行加固处理；

**4** 传感器的安装应符合《建筑基桩检测技术标准》JGJ 106附录F的规定；

**5** 桩头顶部应设置桩垫，桩垫可采用10mm~30mm厚的木板或胶合板等材料。

**5. 3. 10** 参数设定和计算，应符合下列规定：

**1** 采样时间间隔宜为50μs~200μs，信号采样点数不宜少于1024点；

**2**  传感器的设定值应按计量检定或校准结果设定；

**3** 当自由落锤安装加速度传感器测力时，力的设定值由加速度传感器设定值与重锤质量的乘积确定；

**4** 测点处的桩截面尺寸应按实际测量确定；

**5** 测点以下桩长和截面积可采用设计文件或施工记录提供的数据作为设定值；

**6** 桩身材料质量密度应按2.55t/m3~2.60t/m3取值；

**7** 桩身波速可结合本地经验或按同场地同类型已检桩的平均波速初步设定；

**8** 桩身材料弹性模量应按下式计算：

*E*=*ρ*·*c*2 （5.3.10）

|  |  |
| --- | --- |
| 式中：*E*—— | 桩身材料弹性模量（kPa）； |
| *c*—— | 桩身应力波传播速度（m/s）； |
| *ρ*—— | 桩身材料质量密度（t/m3）。 |

**5. 3. 11** 现场检测应符合下列规定：

**1** 交流供电的测试系统应接地良好，检测时测试系统应处于正常状态；

**2**  当采用自由落锤为锤击设备时，应符合重锤低击原则，最大锤击落距不宜大于2.5m；

**3** 当试验目的为确定预制桩打桩过程中的桩身应力、沉桩设备匹配能力和选择桩长时，应按现行行业标准《建筑基桩检测技术标准》JGJ 106附录G执行；

**4** 当现场信号采集时，应检查采集信号的质量，并根据桩顶最大动位移﹑贯入度、桩身最大拉应力、桩身最大压应力、缺陷程度及其发展情况等，综合确定每根受检桩记录的有效锤击信号数量；

**5** 发现测试波形紊乱，应分析原因；桩身有明显缺陷或缺陷程度加剧，应停止检测。

**5. 3. 12** 承载力检测时应实测桩的贯入度，单击贯入度宜为2mm~6mm。

**5. 3. 13** 当检测承载力时，选取锤击信号，宜取锤击能量较大的击次。

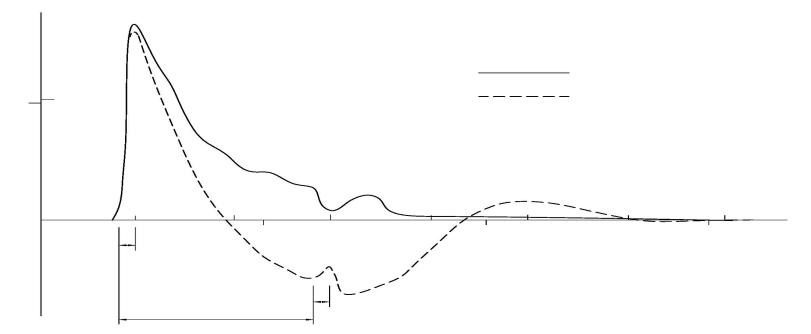
**5. 3. 14** 当出现下列情况之一时，高应变锤击信号不得作为承载力分析计算的依据：

**1**  传感器安装处混凝土开裂或出现严重塑性变形使力曲线最终未归零；

**2**  严重锤击偏心，两侧力信号幅值相差超过1倍；

**3** 四通道测试数据不全。

**5. 3. 15** 当桩底反射明显时，桩身波速可根据速度波第一峰起升沿的起点到速度反射峰起升或下降沿的起点之间的时差与已知桩长值确定（图5.3.15）；当桩底反射信号不明显时，可根据桩长、混凝土波速的合理取值范围以及邻近桩的桩身波速值综合确定。



*F*（kN)

3300

15

45

0

2

4

6

*F*

*V*

*L*/*c*

2.0

*V*（m/s)

2*L*/*c*

*t*r

*t*r

*t* （ms)

30

0

图5. 3. 15 桩身波速的确定

**5. 3. 16** 桩身材料弹性模量和锤击力信号的调整应符合下列规定：

**1** 当测点处原设定波速随调整后的桩身波速改变时，相应的桩身材料弹性模量应按式（5.3.10）重新计算；

**2** 对于采用应变传感器测量应变并由应变换算冲击力的方式，当原始力信号按速度单位存储时，桩身材料弹性模量调整后尚应对原始实测力值校正；

**3** 对于采用自由落锤安装加速度传感器实测锤击力的方式，当桩身材料弹性模量或桩身波速改变时，不得对原始实测力值进行调整，但应扣除响应传感器安装点以上的桩头惯性力影响。

**5. 3. 17** 当高应变实测的力和速度信号第一峰起始段不成比例时，不得对实测力或速度信号进行调整。

**5. 3. 18** 承载力分析计算前，应结合地基条件﹑设计参数，对实测波形特征进行定性检查：

**1**  实测曲线特征反映出的桩承载性状；

**2**  观察桩身缺陷程度和位置，连续锤击时缺陷的扩大或逐步闭合情况。

**5. 3. 19** 当出现下列情况之一时，应采用静载试验方法进一步验证：

**1** 桩身存在缺陷，无法判定桩的竖向承载力；

**2**  桩身缺陷对水平承载力有影响；

**3** 触变效应的影响，预制桩在多次锤击下承载力下降；

**4**  单击贯入度大，桩底同向反射强烈且反射峰较宽，侧阻力波﹑端阻力波反射弱，即波形表现出竖向承载性状明显与勘察报告中的地基条件不符合；

**5. 3. 20** 采用凯司法判定桩承载力，应符合下列规定：

**1** 只限于中、小直径桩；

**2**  桩身材质、截面应基本均匀；

**3**  阻尼系数*J*c宜根据同条件下静载试验结果校核，或应在已取得相近条件下可靠对比资料后，采用实测曲线拟合法确定*J*c值，拟合计算的桩数不应少于检测总桩数的30%，且不应少于3根；

**4** 在同一场地、地基条件相近和桩型及其截面积相同情况下，*J*c值的极差不宜大于平均值的30%。

**5. 3. 21** 对于*t*1+2*L*/*c*时刻桩侧和桩端土阻力均已充分发挥的摩擦型桩，可按下列凯司法公式的计算结果，判定单桩承载力：

（5.3.21-1）

 （5.3.21-2）

式中：*R*c──由凯司法计算的单桩竖向抗压承载力（kN）；

*J*c──凯司法阻尼系数；

*t*1──速度第一峰对应的时刻（ms）；

*F*（*t*1）──*t*1时刻的锤击力（kN）；

*V*（*t*1）──*t*1时刻的质点运动速度（m/s）；

*Z*──桩身截面力学阻抗（kN·s/m）；

*A*──桩身截面面积（m2）；

*L*──测点下桩长（m）。

对于土阻力滞后于*t*1+2*L*/*c*时刻明显发挥或先于*t*1+2*L*/*c*时刻发挥并产生桩中上部强烈反弹这两种情况，宜分别采用下列方法对*R*c值进行提高修正：

**1** 将*t*1延时，确定*R*c的最大值；

**2**  计入卸载回弹的土阻力，对*R*c值进行修正。

**5. 3. 22** 采用实测曲线拟合法判定桩承载力，应符合下列规定：

**1**  所采用的力学模型应明确、合理，桩和土的力学模型应能分别反映桩和土的实际力学性状，模型参数的取值范围应能限定；

**2**  拟合分析选用的参数应在岩土工程的合理范围内；

**3**  曲线拟合时间段长度在*t*1+2*L*/*c*时刻后延续时间不应小于20ms；对于柴油锤打桩信号，在*t*1+2*L*/*c*时刻后延续时间不应小于30ms；

**4**  各单元所选用的土的最大弹性位移*s*q值不应超过相应桩单元的最大计算位移值；

**5**  拟合完成时，土阻力响应区段的计算曲线与实测曲线应吻合，其它区段的曲线应基本吻合；

**6**  贯入度的计算值应与实测值接近。

**5. 3. 23** 单桩竖向抗压承载力特征值*R*a应按本方法得到的单桩承载力检测值的50%取值。

**5. 3. 24** 桩身最大锤击拉、压应力和桩锤实际传递给桩的能量，应分别按现行行业标准《建筑基桩检测技术标准》JGJ 106附录G的公式进行计算。

**5. 3. 25** 高应变检测报告应给出实测的力与速度信号曲线。

**5. 3. 26** 检测报告除应包括本标准第3.4.3条规定的内容外，尚应包括下列内容：

**1** 计算中实际采用的桩身波速值和*J*c值；

**2**  实测曲线拟合法所选用的各单元桩和土的模型参数、拟合曲线、土阻力沿桩身分布图；

**3** 实测贯入度；

**4**  试打桩和打桩监控所采用的桩锤型号、桩垫类型，以及监测得到的锤击数、桩侧和桩端静阻力、桩身锤击拉应力和压应力、桩身完整性以及能量传递比随入土深度的变化。

**5. 4**  其它检测方法

**5. 4. 1** 植入法成桩的桩周填充料或桩芯填充材料应按下列规定留置试件并进行无侧限抗压强度试验：

**1** 宜采取尚未凝固的填充材料浆液制作试块；

**2** 每个施工台班留置试件不应少于2组，每组试件应留6件，试件尺寸应为70.7mm×70.7mm×70.7mm；

**3** 单组试件应取自同一根桩，取样位置应为桩顶设计标高以下；

**4** 试件应养护28d，其中应有1组同条件养护、1组标准养护。

**5. 4. 2** 当对填充材料强度有异常时，填充材料实体强度可在桩顶浅部钻取芯样验证，检测桩数不应少于总桩数的5%，且不得少于6根。

**5. 4. 3** 当桩顶浅部钻芯法检测填充材料抗压强度时，应符合下列要求：

**1** 每根受检桩的芯样试件数量不应少于1组，每组3件，取芯深度不应超过0.5m；

**2** 填充材料取芯时的龄期应不少于28d；

**3** 钻芯机应具有足够的刚度，操作灵活，固定和移动方便，并应有水冷却系统；

**4** 钻取芯样应根据桩身设计强度选用合适的薄壁合金钢钻头或金刚石钻头，钻头外径不宜小于91mm；

**5** 钻芯机安装时宜进行固定，钻芯过程中不应发生倾斜、移位，钻芯孔垂直度允许偏差±0.5%；

**6** 开孔位置至桩中心的距离宜为环状水泥土内、外半径之和的1/2；当钻芯孔为2个或2个以上时，开孔位置宜均匀对称布置；

**7** 开孔时宜采用较小的钻头压力，钻芯过程中宜保持匀速钻进，钻进速度宜为50mm/min~100mm/min；

**8** 提钻卸取芯样时，严禁敲打卸芯；

**9** 在运送和保存过程中，应采取防止芯样受压、震、晒、冻、失水或吸水的措施；

**10** 钻芯孔应采用水泥浆回灌封孔；

**11** 锯切机应具有冷却系统和夹紧固定装置；芯样试件端面的补平器和磨平机应满足芯样制作的要求；

**12** 芯样试件加工和测量可按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定执行，高径比宜为1.0，不得有裂缝、松动掉块或其它较大缺陷；

**13** 芯样试件制作完成后，可立即进行抗压强度试验；

**14** 压力试验机应具有加荷速率控制装置，测量精度应为±1%，额定最大压力应为试件预估破坏荷载的1.25倍~5.00倍；

**15** 当抗压强度试验时，宜以（0.03~0.15）kN/s的速率均匀、连续地对试件加荷，直至试件破坏后记录破坏荷载，并应精确至0.01kN；

**16** 芯样试件抗压强度应按下式计算确定：

 （5.4.3）

式中：*f*cu——芯样试件抗压强度值（MPa），精确至0.01MPa；

*P*——芯样试件抗压试验测得的破坏荷载（N）；

*d*cm——芯样试件的平均直径（mm）。

**17** 桩顶浅部填充材料芯样试件抗压强度检测值应取一组3块试件强度值的平均值；

**18** 当同一受检桩有两组或两组以上芯样试件抗压强度检测值时，应取其平均值作为该桩桩顶浅部芯样试件抗压强度检测值。

**6**  完整性检测

**6. 1** 一般规定

**6. 1. 1** 动测法适用于检测预制桩桩身完整性，判定桩身缺陷的程度及位置。

**6. 1. 2** 对桩身截面多变且变化幅度较大的预制竹节桩，或采用机械连接接桩工艺的预制桩，应采用其它方法辅助验证动测法检测的有效性。

**6. 1. 3** 孔内成像法适用于桩身完整性、均匀性的可视性状检测。

**6. 1. 4** 桩身完整性分类应符合本标准表3.5.1的规定。

**6. 2**  动测法

**6. 2. 1** 动测法检测桩身完整性的试验方法包括低应变法和高应变法。

**6. 2. 2** 低应变法检测桩身完整性，检测仪器和检测方法符合现行行业标准《建筑基桩检测技术标准》JGJ 106的规定。

**6. 2. 3** 当低应变法采用时域信号分析判定受检桩的完整性类别时，应结合成桩工艺和地基条件区分下列情况：

**1** 桩侧局部强土阻力引起的混凝土预制桩负向反射及其二次反射；

**2** 采用部分挤土方式沉桩的大直径开口预应力管桩，桩孔内土芯闭塞部位的负向反射及其二次反射；

当信号无畸变且不能根据信号直接分析桩身完整性时，可采用实测曲线拟合法辅助判定桩身完整性或借助实测导纳值、动刚度的相对高低辅助判定桩身完整性。

**6. 2. 4** 当预制桩在2L/c前出现异常反射，且不能判断该反射是正常接桩反射时，可采用高应变法或孔内成像法进行验证检测。实测信号复杂，无规律，且无法对其进行合理解释时，桩身完整性判定宜结合其它检测方法进行。

**6. 2. 5** 当采用低应变法检测植入法成桩的预制桩桩身完整性时，应考虑周围填充材料对实测信号对桩身完整性判定的影响。异形复合桩可不检测桩身完整性。

【条文说明】**6. 2. 5** 异型复合桩中芯桩采用种植法施工，一般依靠自重即可自行沉桩，桩身质量没有损伤，桩身完整性能满足设计承载要求，所以不需要检测；据多项工程经验总结，采用低应变等方法检测异型复合桩桩身质量时，因异型桩与水泥土桩直径变化，检测结果不可靠。

**6. 2. 6** 当低应变法实测信号复杂，无规律，且无法对其进行合理解释时，桩身完整性判定宜结合其它检测方法进行。

【条文说明】**6. 2. 6** 对植入法成桩的预制桩（以水泥土复合管桩为例），实测结果表明，随着水泥土龄期的增长，水泥土复合管桩中的管桩桩身完整性低应变检测信号受管桩—水泥土耦合效应的影响明显（图1）。



（a）0d龄期



（b）7d龄期



（c）32d龄期

图1 管桩桩身完整性时域信号

管桩刚植入水泥土中时，管桩与水泥土之间基本没有耦合效应，信号衰减规则、桩身范围内无同向反射，桩底反射明显，是典型的完整桩时域信号。随着水泥土龄期的增加，管桩和水泥土之间耦合效应明显。当管桩周围水泥土软硬程度出现差异、水泥土外表面形状不规则时，桩头浅部出现同向反射信号，桩底反射减弱，直至消失。

**6. 2. 7** 高应变法检测桩身完整性可采用下列方法进行判定：

**1** 当采用实测曲线拟合法判定时，拟合所选用的桩、土参数应符合本标准第5.3.22条第1款~第2款的规定；根据桩的施工工艺，拟合时可采用桩身阻抗拟合或桩身裂隙以及混凝土预制桩的接桩缝隙拟合；

**2** 当等截面桩且缺陷深度*x*以上部位的土阻力*R*x未出现卸载回弹时，桩身完整性系数*β*和桩身缺陷位置*x*应分别按下列公式计算，桩身完整性可按表6.2.7并结合经验判定。

 （6.2.7-1）

 （6.2.7-2）

式中：*t*x──缺陷反射峰对应的时刻（ms）；

*x*──桩身缺陷至传感器安装点的距离（m）；

*R*x──缺陷以上部位土阻力的估计值，等于缺陷反射波起始点的力与速度乘以桩身截面力学阻抗之差值；

*β*──桩身完整性系数，其值等于缺陷*x*处桩身截面阻抗与*x*以上桩身截面阻抗的比值。

表6. 2. 7 桩身完整性判定

|  |  |
| --- | --- |
| 桩身完整性类别 | *β*值 |
| Ⅰ | *β*＝1.0 |
| Ⅱ | 0.8≤*β*<1.0 |
| Ⅲ | 0.6≤*β*<0.8 |
| Ⅳ | *β*<0.6 |

**6. 2. 8** 当出现下列情况之一时，高应变法检测桩身完整性宜按地基条件和施工工艺，结合实测曲线拟合法或其它检测方法综合判定：

**1** 力和速度曲线在第一峰附近不成比例，桩身浅部有缺陷；

**2**  锤击力波上升缓慢；

**3**  缺陷深度*x*以上部位的土阻力*R*x出现卸载回弹。

**6. 3**  孔内成像法

**6. 3. 1** 对于空心桩验收检测，当仅采用孔内成像法进行桩身完整性检测时，检测孔数应符合现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202和行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106中有关抽检数量的规定。

【条文说明】**6. 3. 1** 当条件或具体情况决定仅能采用孔内成像法进行检测时，检测数量就要相对充分一些，本标准检测数量参照现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106中的规定。

**6. 3. 2** 当需要采用填芯法补强有缺陷的空心桩时，应在补强施工前对缺陷桩全数进行孔内成像检测，成像检测深度不得小于补强深度。

【条文说明】**6. 3. 2** 需要采用填芯法补强有缺陷的空心桩，需要确认缺陷种类、形式并定量确认缺陷位置、范围等，如果填芯法补强的位置不准确或对不适合的缺陷勉强采用填芯法，则达不到预期的补强效果。而每根的情况都可能不同，因此应对其全数进行孔内成像检测。

**6. 3. 3** 检测孔宜均匀分布，随机选择，并宜符合下列要求：

**1** 设计方认为重要的空心桩孔；

**2** 施工中异常的空心桩孔；

**3** 检测中异常的空心桩孔。

**6. 3. 4** 检测仪器应具备全孔壁成像及影像、深度的实时记录功能；对倾斜孔检测尚应具备倾斜度测试功能；检测检测仪器尚宜具备方位角识别及记录功能、仪器对中功能。

【条文说明】**6. 3. 4** 地基基础孔内成像检测仪器形式多样、功能众多，但基本的功能是孔壁成像且能记录深度及对影像的显示及存贮功能，影像和深度同时存贮才能明确缺陷位置及与深度对应的成孔质量。方位角识别及记录功能可以更好地判断缺陷方位为日后可能的补强提供更好的依据。配置扶正器等方式可以起到稳定感光部件及相对居中的功能，这样才能比较准确地进行定量检测。同时，随检测仪器功能的多样化，一些仪器具备了对检测孔的倾斜度的检测，这对于质量判断有较好的辅助作用，因此，具备倾斜度测试功能的仪器是更好的选择。

**6. 3. 5** 检测仪器应工作稳定，具备防尘、防震、防潮、防水和绝缘等性能。

**6. 3. 6** 检测仪器所配感光元件数量及方式，应保证拍摄图像能够全面覆盖检测深度的孔内壁。

【条文说明】**6. 3. 6** 感光元件有底置式或侧置式，底置式感光元件可以一次360°拍摄全孔内景，但畸变严重，需要后期软件校正后形成孔壁成像展开图；侧置式感光元件，有多个感光元件一次全面拍摄和一个感光元件旋转拍摄两种方式，前者较稳定，效率也高；后者结合软件合成，也可使用，但拍摄图像应能够全面覆盖检测深度的孔内壁。

**6. 3. 7** 当对不允许带裂缝工作构件的微裂缝进行检测时，最大可测孔径孔壁的轴向及环向成像光学分辨率不应低于100pix/cm。

【条文说明】**6. 3. 7** 孔内成像设备精度差别比较大，精度高的仪器，有更高的分辨率、清晰度和更小的检测误差；精度低的仪器往往便携性较好，对于缺陷的定性观察也是较为直观、有效的辅助方式。需要对细微裂缝检测时，仪器需更高的光学分辨率。

除感光元件本身的感光能力外，保证光线柔和、亮度均匀的光照场景是保证成像质量另一个重要条件，尽量避免直射光遇水等引起的反射干扰，采用漫反射光，提高成像质量。

仪器设备移动时，会产生旋转，应配有限制仪器设备旋转的装置或配备陀螺仪一类的可记录方位变化的装置，进行软件校正。采用连续录像的设备，宜在绞车上配备电机，由程序自动控制探头在孔内运动，以避免人工操作带来的不均匀或抖动。

**6. 3. 8** 检测仪器进行定量检测前，应对仪器测得的缺陷宽度、深度进行校准，宜对缺陷角度进行校准。孔内成像仪的校准宜在标记有已知宽度和间距的环状模拟缺陷的校准筒中进行。

【条文说明】**6. 3. 8** 因为孔内成像是在筒（管）状物内进行，采集的图像与平面拍摄的图像有不同之处，因此，不宜采用平面校准，宜在与检测对像直径相近的专用校准筒中进行。

**6. 3. 9** 检测前期准备，宜符合下列规定：

**1** 宜对检测孔内干扰成像的附着物进行清理；

**2** 检测孔宜清理至检测要求深度以下不小于0.5m；

**3** 宜检查孔内的畅通情况；

**4** 宜对检测仪器进行调试并重点检查电池的电量、数字图像存贮空间余量；

**5** 对于需要进行孔内成像检测的钻芯孔，钻芯后宜利用钻机对钻孔清洗并封口。

【条文说明】**6. 3. 9** 检测前的清孔是保证成像清晰准确的重要工作。但保护较好的钻芯孔不需要清洗，一些遇水易软化土层中的钻孔不可清洗。

对需要进行孔内成像检测的钻芯孔，由于成像检测和钻芯检测间隔有一段时间。一方面泥皮与孔壁吸附力会随时间增长，另一方面孔内泥浆在孔底沉淀胶结，有时泥浆浓稠会超过桩端与持力层胶结部位，导致后期清洗难度加大。因此，要求钻芯后利用钻机对钻孔进行清洗，并用清水置换出浊水，封口后可基本满足后期成像检测的孔壁清洁要求。

**6. 3. 10** 检测孔清理宜符合下列规定：

**1** 可选用高压水、高压气或接触式的一种或几种方法进行清理；

**2** 当附着物无法用高压水、高压气清理时，宜先采用接触式清理；

**3** 接触式清理采用的接触物硬度及力度不应损坏孔壁原表面；

**4** 接触式清理后宜进行高压水或高压气进行孔壁进一步清理；

**5** 高压水清理时水压宜为0.5MPa~2.0MPa，产生的浊水宜采用清水置换；

**6** 高压气清理时气压宜为0.5MPa~0.8MPa。

**6. 3. 11** 现场检测应符合下列规定：

**1** 全面检测时应自孔的一端向另一端单方向进行；

**2** 照度应根据孔内环境确定，且在同一孔检测中保持相近；

**3** 感光部件的移动速度不应超过仪器使用说明书规定的最大移动速度；

**4** 重点或可疑部位，可在全面检测后，根据全面检测时观察的目标深度进行多次检测；

**5** 对不允许带裂缝工作构件的微裂缝进行检测时应在目标深度暂停移动，采集图像的快门时间不应大于1/60s；

**6** 现场应记录所观察到的异常部位的深度、方位及其描述。

【条文说明】**6. 3. 11** 本条对现场检测的细节进行了规定，以规范现场检测，取得清晰图像。

**1** 对全面时的检测要求单方向进行（从孔口单向进行到孔底或从孔底单向进行到孔口），是为了保证测量深度的准确性，如果在某深度反复移动，因测绳的松紧不一，会导致测量的误差，也会影响后期图像合成。对重点部位核查则是在全面检测的基础上进行的，对深度的精度要求略低，重点是核查局部的细节；

**2**  合理的照度可保证检测的清晰度，同一孔内照度不应变化过大，在孔口处有自然光，应调节光源亮度，保持同一孔的检测照度相近；

**3**  每种仪器的拍摄速度不同，但一定有一个限度，需要控制移动速度，否则易造成影像清晰度降低；

**4** 定距定位拍摄的成像系统，因为拍摄清晰度高，还原性好，不需要重复检测。但对一般成像仪器，可根据通长检测时观察到的重点或可疑部位进行重点复测；

**5**  只有停止移动，并快速采集图像才能获得高清晰度的图像，因此对高精度成像，应当暂时停止移动，并采用高速快门；

**6**  现场观察到的第一手情况是多方见证的，有较高的价值，虽然因为现场条件不能精确定量缺陷，但可以定性地记录异常的情况。

**6. 3. 12** 现场检测应及时填写现场检测记录表。记录表应包括下列内容：

**1** 工程名称及检测孔编号；

**2** 地基基础设计参数；

**3** 检测方法；

**4** 检测仪器型号、编号；

**5** 每检测孔的检测开始、结束时间；

**6** 每检测孔的检测深度范围；

**7** 现场所观察到的基础缺陷或异常部位的深度、方位及其描述。

**6. 3. 13** 影像处理不应对缺陷尺寸进行调整；当需要进行土层性状判断时，不宜进行色彩调整；局部放大图不宜进行图像长宽比例的调整。

【条文说明】**6. 3. 13** 后期影像处理主要是进行清晰度、畸变的调整，需要进行土层性状判断时，因为色彩对判断有较大的影响，因此，不建议进行色彩调整。而缺陷尺寸、标尺比例等是反映缺陷尺寸的定量指标，不能进行调整。

孔壁成像展开图体现检测深度内的宏观情况，因为孔深和孔周长比例往往比较大，如果按实测比例，图纸将会很长。因此，孔壁成像展开图不限制长宽比例。

而局部放大图是体现缺陷细节的，图像越接近实际肉眼观察越好，因此，不宜对图像的长宽比例调整，便于真实反映缺陷的实际情况。

**6. 3. 14** 缺陷的定量分析宜按下列步骤进行：

**1** 将检测图像展开为二维平面图像，环向转换为平面图的水平向，轴向转换为平面图的竖向；

**2** 环向缺陷的长度除以周长，即为环向缺陷占比；

**3** 将展开图水平向划分为20个等分格，取图像每个格中间缺陷竖向宽度的总和，除以包含缺陷的格子数，即为轴向缺陷平均宽度。

【条文说明】**6. 3. 14** 对缺陷的定量，设计人员关注的是环向缺陷占总周长的占比及缺陷的平均宽度和最大宽度，而缺陷是连续的，平均宽度不易计算，因此需进行“离散”化处理，划分若干个格子并取格子中间的宽度来代表一小格的宽度的总和，除以包含缺陷的格子数则可以近似求取缺陷平均宽度。

**6. 3. 15** 检测报告除应包括本标准第3.4.3条规定的内容外，尚应包括下列内容：

**1** 检测孔编号、检测孔布置平面图；

**2** 检测区域、范围；

**3** 检测孔的剖面展开图；

**4** 检测孔可视性状的文字描述；

**5** 存在缺陷时尚应包括缺陷位置附近局部放大图、缺陷最大宽度、平均宽度及环向缺陷占比。

【条文说明】**6. 3. 15** 孔壁成像展开图是最全面、直观的孔内壁描述，是必须包括在报告中的。但孔壁成像展开图对细节表现不够，因此，对于有代表性的缺陷，还应附有局部放大图，显示缺陷更多细节。

地基岩土的检测孔描述，主要描述的是土层颜色、节理、层理、破碎带、颗粒组成、裂隙等可视的性状。本方法并未涉及岩土层性状的力学、化学等其他判断方法，因此，需要进行土层划分时，宜根据本方法的描述，结合其他勘察方法进行岩土体完整程度划分及土层划分，划分标准应满足现行有关国家、行业标准。

**6. 3. 16** 检测孔的描述应包括下列内容：

**1** 检测孔检测范围；

**2** 孔壁图像完整性或可视性状描述；

**3** 存在缺陷时，缺陷的最大宽度、平均宽度的描述。

【条文说明】**6. 3. 16** 基础的检测孔主要是空心桩的空孔、实心桩或复合地基的钻芯孔等，孔侧壁是材质一致的，当没有缺陷时，只需要统一描述孔壁的完整性；当有缺陷时，需要对位置、形式（包括方位、角度等进行描述），存在多条裂缝时，应指出对结构影响最大的主裂缝，以便查明产生原因。定量检测时，还应提供缺陷的范围、最大尺寸，平均尺寸。

**6. 3. 17** 检测孔的原始实测影像应作为报告附件提交，提交的影像格式宜为通用格式。

【条文说明】**6. 3. 17** 报告中的孔壁成像展开图是经过软件处理过的，而缺陷局部放大图也是采集图像的一部分，因此不具有全面描述检测孔原始状态的作用。只有原始影像能全面反映孔壁情况，但原始影像一般数量多、容量大，不宜全部体现在报告正文，因此，将原始实测影像作为报告附件提交是最合理的方法。

**6. 4**  管波法

**6. 4. 1**  管波法利用管桩的中心孔作为孔内换能器探头下放的通道。中心孔应无异物、无金属套管，不掉块。如孔内有砖渣、土塞等异物，可采用高压水冲洗或钻机成孔。也可放置塑料套管，塑料套管内径应不小于50mm。待检测深度段内应有水。

【条文说明】**6. 4. 1** 管桩的中心孔是良好的检测通道。管波法利用管桩的中心孔作为孔内换能器下放的通道，要求中心孔应无异物、无金属套管，不掉块。如孔内有砖渣、土塞等异物，可采用高压水冲洗或钻机成孔。也可放置塑料套管，塑料套管内径应不小于50mm。待检测深度段内应有孔液，孔液宜为清水。对于混浊的孔液可通过现场验证检测效果满足要求后再进行检测。

**6. 4. 2**  现场检测工作应符合下列规定：

**1**  检测前应先采用外直径大于45mm的吊锤检查中心孔通畅情况，测量中心孔深度；

**2**  应采用收发换能器距离恒定、测点间距恒定的自激自收观测系统。测点间距不应大于0.1m；

**3** 应以收发换能器有效中心连线的中点作为记录点，宜自下而上逐点进行检测；

**4**  检测记录的采样时间间隔不应大于20μs，记录长度不应小于25ms。当有塑料套管时记录长度不应小于100ms；

**5**  外业数据采集过程中，对采集的管波信号进行实时监控，所采集的波形要求初至清晰、波形正常，发现波形畸变即进行重复观测，两次观测相对误差小于2%，并做好外业班报填写；

**6**  检测过程中，应准确填写外业班报表，记录包括工程名称、桩位编号、测试日期、测试人等参数，孔内套管的材质、内外直径及深度位置。

【条文说明】**6. 4. 2**  检测前采用吊锤对中心孔进行检查目的是检查孔内是否有异物堵塞，便于提前对中心孔进行清理，防止检测过程中发现异常而影响检测。

**6. 4. 3**  数据处理应符合下列规定：

**1** 当数据处理时，不得进行道间振幅平衡处理。可进行去除直流零漂、频率滤波等处理。频率滤波通频带宜为300Hz~2000Hz；

**2** 各测点的时程曲线应采用相同的显示增益，宜采用伪彩色形式显示成时间剖面；

**3** 同一根桩的多次检测时间剖面应绘制在同一成果图件中。

【条文说明】**6. 4. 3**  管波法实测数据为各个测点振动时程曲线组成的时间剖面。管波法采用波幅、波速、相位等动力学特征进行判断，故数据处理时，为保证不损失动力学特征，不得进行道间振幅平衡处理。当存在直流零漂、低频或高频干扰时，可进行去除直流零漂、频率滤波等处理。

各测点的时程曲线应采用相同的显示增益可为保证不损失振幅变化等动力学特征。采用伪彩色时间剖面的显示形式可保证有较大的动态范围，在保证显示大信号的同时显示小信号。

**6. 4. 4**  分析与判定应先确定分层界面，后对分层进行判定，应符合下列规定：

**1**  确定分层界面。应选取直达管波的能量突变点或反射管波的出发点作为分层界面；

**2** 对分层进行判定。分层判定宜根据管波幅度、频率等管波特征综合确定分层界面之间桩身混凝土的完整性类别，桩身混凝土的完整性类别按表6.4.4进行。

表6. 4. 4 管桩桩身完整性判定

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 桩身混凝土完整性 | 管波特征 |
| Ⅰ | 完整 | 1 直达波波速高，能量为最大能量值的75%以上；  2 段内无反射界面；  3 当有顶底界面反射波组时，向内的一支能量强、波速高，在段内无能量消散现象。 |
| Ⅱ | 轻微缺陷 | 1 直达波波速较高，能量为完整混凝土的50%至75%之间；  2 当有顶底界面反射波组时，向内的一支能量较弱、波速较高。  3 顶底界面以外出现的反射波组穿过本段顶底界面进入本段后，能量、频率、波速稍微变低。  4 段外为完整混凝土时，界面处出现向外的反射波组，能量较弱。 |
| Ⅲ | 明显缺陷 | 1 直达波波速较低，能量为完整混凝土的25%至50%之间；  2 当有顶底界面反射波组时，向内的一支能量弱、波速较低。  3 顶底界面以外出现的反射波组穿过本段顶底界面进入本段后，能量、频率、波速显著变低。  4 段外为完整混凝土时，界面处出现向外的反射波组，能量较强。 |
| Ⅳ | 严重缺陷 | 1 直达波波速低，能量为完整混凝土的25%以下；  2 当有顶底界面反射波组时，向内的一支能量很弱、波速低。  3 顶底界面以外出现的反射波组穿过本段顶底界面进入本段后，能量、频率、速度突然变低，甚至消失。  4 段外为完整混凝土时，界面处出现向外的反射波组，能量强。 |

【条文说明】**6. 4. 4** 管波法确定的分层界面的物理意义是波阻抗差异界面，包括突然变化界面和缓慢变化界面两种。突然变化界面往往会出现反射管波，是反射管波的出射点，同时也是直达波能量突变点，对应的能量PSD曲线出现一个极值点；缓慢变化界面往往不会出现反射管波，但其他界面来的反射管波穿过此界面时能量会发生变化，同时直达波能量也会发生变化。

如下图1的管桩检测结果，在深度8.1m处出现一支向上的反射管波，同时该点也是直达波能量的突变点，能量PSD曲线在此出现一个极值点；在深度8.8m处出现一支向下的反射管波，该点也是直达波能量的突变点，能量PSD曲线在此也出现一个极值点。这两个点都有突然变化界面存在。两个界面之间，直达波的能量为完整混凝土能量值的25%以下，故判定该段为严重缺陷混凝土。

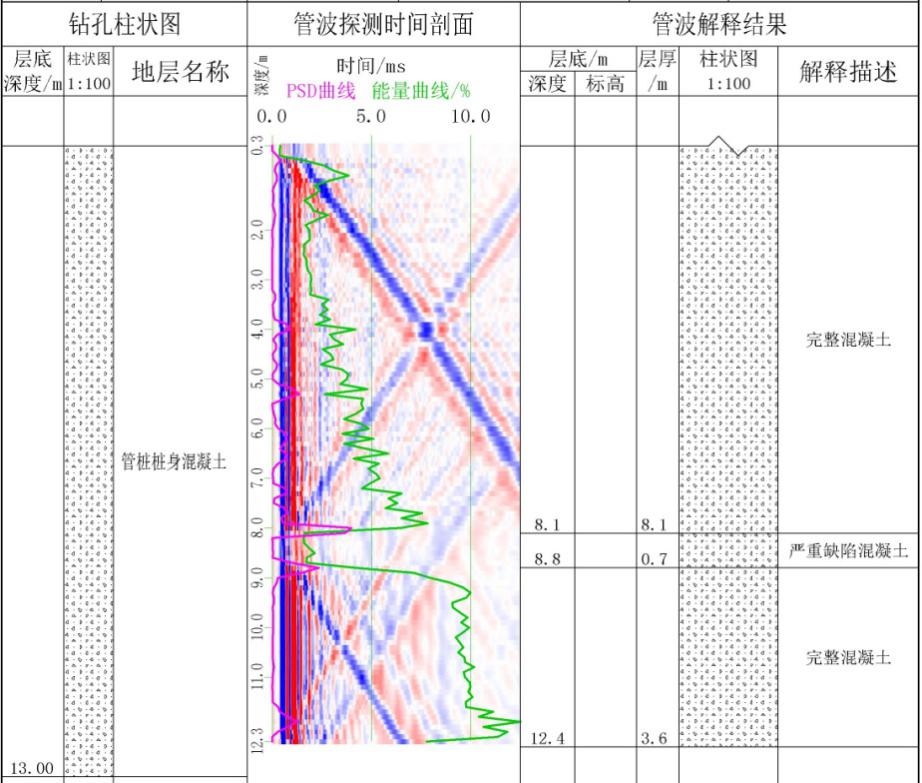


图1 管桩检测结果

**6. 4. 5**  管桩桩身完整性类别判定应按本标准表3.1.4进行，并应符合下列规定：

**1** 桩身完整性类别按混凝土缺陷最不利类别确定；

**2** 当桩身多处存在Ⅱ类或Ⅲ类缺陷时，桩身完整性类别可提高一个级别；

**3** 当接桩位置存在缺陷反射波时，可结合波形特征、工程地质条件和工程整体检测情况，对该桩的完整性类别进行综合判定；

**4** 当桩身混凝土存在缺陷时，应给出缺陷深度位置。

**7** 桩长检测

**7. 1**  一般规定

**7. 1. 1**  桩长的测定应根据适用范围、施工情况、场地地质条件等因素，合理选择检测方法，准确分析判定试验结果。

**7. 1. 2**  检测方法应根据现场条件按下表选择本标准表3.1.1其中一种或多种检测方法进行测定。

**7. 1. 4**  检测前的准备工作应符合下列要求：

**1**  检测前应该收集岩土工程勘察报告、桩基施工记录、委托方的具体要求以及桩基施工图；

**2**  检测前应根据检测目的、现场条件和检测工作的可行性编制检测方案，其内容应包括：工程概况、工程地质条件、设计要求、施工工艺、检测目的、依据的标准以及检测方法、检测数量、检测所用的仪器设备、检测人员、检测程序、进度安排、受检桩选取原则、所需的机械或人工等；

**3**  当工程桩验收检测时，受检桩的选取应符合以下规定，同时还应兼顾随机、均匀分布的原则：

**1**）施工质量有怀疑的桩；

**2**）位于建筑机构重要部位或者设计有特殊要求的桩；

**3**）工程地质条件复杂多变区域的桩；

**4**）采用不同施工工艺或者不同施工单位施工的桩。

**7. 1. 5**  单位工程预制桩的桩长检测，检测数量不应少于总桩数的15%，且不得少于10根。

**7. 2**  磁测井法

**7. 2. 1** 本方法适用于桩中及桩周（除钢筋笼外）无连续铁磁性体干扰的预制桩钢筋长度的检测，当预制桩钢筋通长配筋，可检测桩长。

**7. 2. 2** 磁法检测仪应符合下列要求：

**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-99999nT~+99999nT，分辨率宜小于50nT；

**3**  深度分辨率<5cm，深度误差<0.5m；

**4** 工作环境温度0℃~50℃。

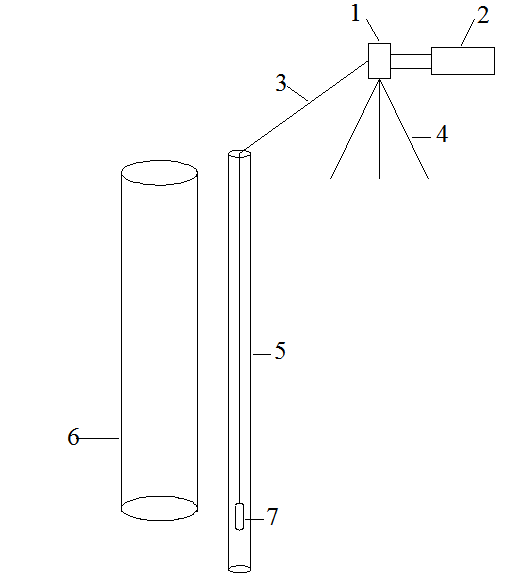
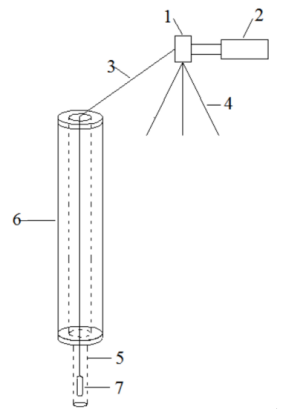
**7. 2. 3** 磁场传感器应符合下列要求：

**1**  测量深度≥100m；

**2** 水密性满足1.5MPa水压不渗水。

【条文说明】**7. 2. 2~7. 2. 3**  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-99999nT~+99999nT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。

**7. 2. 4** 磁测井法检测现场布置如图7.2.4。

（a）测试孔位于预制桩桩身外 （b）测试孔位于预制桩空心内

图7. 2. 4 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-预制桩；7-磁场传感器

**7. 2. 5** 测试孔布置应符合下列规定：

**1** 对于管桩，测试孔宜设置在管桩空心内。测试孔也可布置在距受检桩边缘不大于0.5m的土中，并尽量远离相邻桩；

**2**  钻取测试孔宜采用液压操纵的钻机，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。应确保钻机在钻芯过程中不发生倾斜、移位，桩身内测试孔垂直度偏差不大于0.5%，土层中测试孔垂直度偏差不大于1%；

**3** 测试孔内径宜为60mm~90mm，测试孔深度宜比钢筋笼设计深度（或委托深度）深5m，且不应小于3m；

**4**  当测试孔周围存在软弱土层时，为防止塌孔，宜在测试孔中设置PVC管护孔，PVC管内径宜为60mm~90mm。

【条文说明】**7. 2. 5** 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。

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91mm~110mm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。

**7. 2. 6** 检测前，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，防止卡孔。

【条文说明】**7. 2. 6** 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。

**7. 2. 7** 现场检测步骤应符合下列规定：

**1** 将磁场传感器放入测试孔中，从下往上进行磁场垂直分量（*Z*）强度的测量，测点间距宜为100mm~200mm，且不大于250mm；

**2** 人工拉线应尽量保证传感器缓慢匀速上升，移动速率宜为10m/min~15m/min，严禁拉线过快；

**3**  根据实时记录和显示的深度-垂直分量（*H*-*Z*）曲线，观察钢筋笼底部以下段实测背景磁场值*Z*0是否平滑稳定，钢筋笼底部处反应是否明显，并初步判断测试信号是否正常；

**4**  每根受检桩记录的有效实测曲线不应少于2条。当多次实测的曲线一致性较差时，应分析原因，增加检测次数；

**5**  当钢筋笼检测长度与委托长度或设计长度明显不符时，应进行复测，进一步确定钢筋笼底部位置。

**7. 2. 8** 根据实测深度-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。

**7. 2. 9** 当垂直分量（*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。

**7. 2. 10** 钢筋笼底端位置应按如下方法进行判定：

根据深度-磁场垂直分量梯度（）曲线，取曲线底部最深的明显的极值点对应的深度位置（图7.2.10a）。

根据深度-磁场垂直分量（*H*-*Z*）曲线，取（*H*-*Z*）曲线底部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）所对应对应的深度位置（图7.2.10b）。



（a）预制桩钢筋底端位置判定（根据深度-磁场垂直分量梯度）



（b）预制桩钢筋底端位置判定（根据深度-垂直分量）

图7. 2. 10 磁测井法测试曲线示意图

【条文说明】**7. 2. 10** 磁场垂直分量梯度值应按下式计算。



式中：——磁场垂直分量梯度值（nT/m）；

Z1、Z2——上下测点的实测磁场垂直分量强度值（nT）；

——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（）曲线值的灵敏度较高，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7.2.10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。大量比对试验表明，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

**7. 2. 11** 钢筋笼长度应按下式计算：

*L*=*h*1-*h*0 （7.2.11）

式中：*L*——钢筋笼委托长度（或设计长度）（m）；

*h*1——委托检测时桩顶面标高（或设计桩顶面标高）（m）；

*h*0——钢筋笼底面标高（m），对于预制桩，钢筋笼与端面齐平，桩长应等于钢筋笼长度，故*h*0应等于0。

**7. 2. 12** 当实测信号不明确，复杂凌乱，无规律时，无法判定受检桩钢筋笼长度，可根据实际情况采用充电法或开挖破桩等适宜的方法验证检测。

**7. 2. 13**  当需要准确评价基桩长度时，应根据钢筋笼检测结果并结合设计文件、桩周地层情况等进行综合判断。

**7. 3** 旁孔透射法

**7. 3. 1** 旁孔透射法适用于检测桩头隐蔽、桩体无法开挖、桩周附近可钻孔的基桩桩长，也适用于检测既有桩基的桩长。

【条文说明】**7. 3. 1**  在实际工程中常会产生由于工程管理的原因未能及时进行单桩低应变检测而灌注了承台和建筑物底板，也有的为了进一步查明既有建筑物、大桥墩台下桩的质量及完整性，因此在无法直接在桩头激震的条件下，利用与桩头相连的砼体（承台、混凝土台板）所激发的应力波，通过激发桩顶上方的承台，利用承台与桩产生的纵波透射于桩侧被旁侧孔中的逐点向下移动的传于既有建筑物下基桩桩身长度的检测，并可根据旁孔中检测到的透射波波速异常对桩身缺陷部位和性质作出判断和描述，称为旁孔透射法。

由于既有建筑基桩是隐敝体，只能在桩顶上方的混凝土承台、柱或板处来激发应力波，被激发的应力波直接向桩身传至桩底，在桩身完整的条件下波到达桩身某一深度与其时间是波速的函数，当应力波在桩身中传至存在波阻抗的缺陷部位时，由于应力波在缺陷处波能量的吸收和损耗使之透射波到过井中传感器时间较正常混凝土慢，反映在首波往后移，而当应力波传至桩底向地层或嵌岩桩的沉渣透射时，由于土层波速远低于混凝土波速低而反映在波列图中的首波波列引成明显的拐点，由此可以根据波列的陡缓及拐点确定桩底的部位和嵌岩桩桩底的属性。由于旁孔透射法检测桩身完整性还不够成熟，尚需不断实践总结经验，本标准只规定：“旁孔透射法适用于检测桩头隐蔽、桩体无法开挖、桩周附近可钻孔的基桩桩长”。

**7. 3. 2** 旁孔透射法测试宜采用单孔测试。

**7. 3. 3** 旁孔透射法的仪器设备应符合下列规定：

**1** 接收换能器宜采用灵敏度不低于3000μV/Pa的多道等距水听器，工作道数不宜小于12道，道间距不应大于0.5m；

**2** 仪器的A/D转换器不应小于16位，采样间隔不应大于25μs，通频带应宽于100Hz~4000Hz；

**3** 宜使用小锤激振，并宜激发出高频振动。

【条文说明】**7. 3. 3**  旁孔透射法测试系统除了井中三分量传感和悬挂传感噐的电缆线外，对其置于深层水中传感器的抗水压和电缆线的抗拉强度都有明确要求.，而仪噐所接收的从混凝土桩向地层土所透射的应力波，因此对仪噐的要求比单道接收桩身反射波均有所不同和提高，对增益要求、A/D转换等要求、孔中传感器要求、最小采样间隔要求，都是为了提高信噪比，提高观测精度，对激发能量的要求是为了保证测试成果可靠。要求的实时显示功能主要是为了了解现场检测情况。目前许多探测单位均采用地震仪来完成此项工作。

**7 .3. 4** 旁孔应符合下列规定（图7.3.5）：

**1** 钻孔直径宜为75mm~130mm，深度宜超过预估桩长5m，倾斜度不应大于1%；

**2** 钻孔与被检测桩之间的距离不应超过1.5m；

**3** 钻孔宜泥浆护壁，测试时孔内应充水，并保持孔内水面与桩顶面相当。当孔壁不易保持时，可下套管，套管与周围土层之间需密实填充。

【条文说明】**7. 3. 4**  要求旁孔与桩身平行，这是从尽量减少计算实际桩长的误差角度考虑的，因此要求钻孔单位严格控制钻孔的垂直度，但是往往在实际钻进过程中很难避免钻孔的垂直度达到标准要求，为此在计算桩长时造成一定的解释误差，因而一般检测孔采用测斜管，因为如按钻孔的垂直度要求，当测试孔达到30m时，底部的水平偏差可达到0.23m，按桩端土为砾石层计算误差约在0.17m。

**7. 3. 5** 现场工作应符合下列规定：

**1** 测试前，应检查套管内的通畅情况，清除障碍，且应在套管内注满清水；当因套管管径小于钻孔孔径而出现套管外空间时，宜在套管内外注满清水；

**2** 激振点宜布置在与待测基础相连的承台表面；当承台浅埋时，宜使用钢钎打入地下并接触承台顶面，钢钎直径不宜小于4cm；当无承台或承台埋藏较深时，激振点可在与待测基础相连的柱体底部布置，激振点应为密实混凝土；

**3** 孔中水听器接收排列底端应沉放至管底，向上逐点移动，至接收排列顶端到达孔口结束；每次移动前激发、接收一次；排列移动间隔宜为水听器间距的1/2；

**4** 应根据现场情况，设定滤波通带；

**5** 应准确记录激振点与测试钻孔之间空间关系。

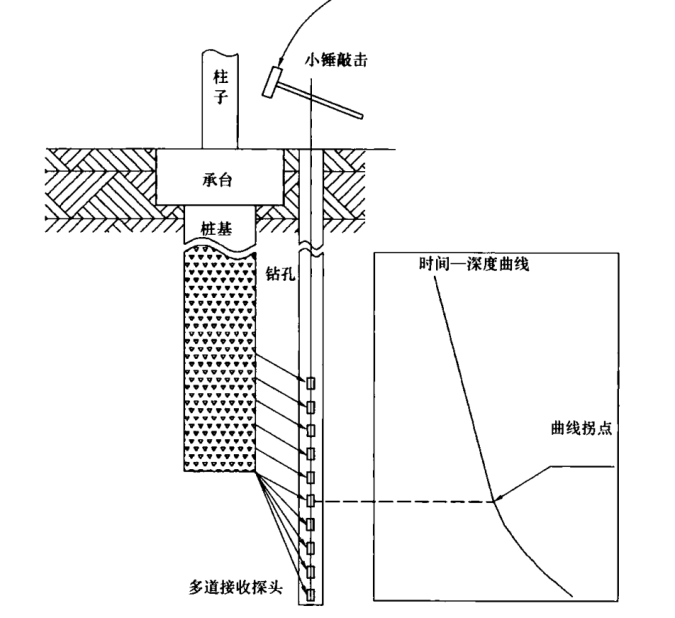


图7. 3. 5 旁孔透射法检测示意图

【条文说明】**7. 3. 5**  检测原理示意图如图1，在基桩顶面或与基桩相连的刚性结构(与桩顶联结的承台、桩帽等上部结构)上用手锤（力棒）垂直方向激振产生应力波，应力波沿着桩身向下传播，利用在被测桩旁平行被测桩的钻孔内放置的检波器，接收从钻孔底向上以一定距离经由桩身或桩底以下土层传播的应力波，由此读取不同深度的首波到达声时并绘制时间-深度关系图，通过分析应力波在激发点和接收点间传播时间的变化，从而判定桩长。

当传感器低于桩底时，声速将会发生改变，在时间-深度图上直线斜率会发生变化即产生拐点，通过拟合深度-时间直线识别拟合直线的拐点方法确定桩长。桩长*L*为桩底面与测试桩顶面之间的距离，应按下式计算：



其中：——桩底面位置深度（m），由测试曲线判读；

——测试时桩顶面位置深度（m），在深度标志上测读。

现场检测是旁孔透射法的关健一步，使它的信号的真实可靠，它直接关系到成果的判断，因此首要有效激发应力波，现场往往没有较好的条件，如桩头与桩身在接近地表承台处，那就要有目的地选择激振最佳点，如开挖表土，在承台顶部或在主柱以及梁板桩顶中心投影点等。在测试过程中，正常的完整桩波形初至及斜率规律性好，因些対长桩可放宽到0.5m~1.0m一个测点，而对短桩、或者发现有异常的部位，特别是在测试嵌岩桩的桩端沉渣处应加密采样，减小采样间距，一般把测点加密到20cm~30cm。而实时显示是为了现场可以对测试数据质量和检测结果进行初步评判。初步测量如发现基桩桩身长度与设计长度不符时，应分析原因，进行复测，主要是确认所测结果是客观、真实、可靠的，消除人为疏忽或仪器设备工作状态有问题造成的不真实数据。只有测量数据是可靠的，分析结果才能正确。

**7. 3. 6** 资料处理与解释应符合下列规定：

**1** 应综合利用波速、波幅、频率和钻孔资料；

**2** 资料处理应在记录编辑后拾取初至时间，绘制时深曲线，识别曲线拐点，孔深大于30m时宜进行孔斜校正；

**3** 当资料解释时，应按任务要求进行入土深度计算。

【条文说明】**7. 3. 6**  由于本方法是通过桩头上方结构体的激振产生的应力波在桩身中传播，并在桩身外侧的平行检测孔中的传感器自下而上逐点检测桩的透射波，因此每个测点均可计算其该点距激振点的混凝土波速或深度，但当桩底部由于测试孔与桩身偏距较大，就应该将透射波在土层中的波速考虑在内并加以校正，由此所得出的桩长更接近实际桩长。

**7. 3. 7** 基础入土深度*H*p可按下式计算：



式中：*H*p——初至时深曲线拐点对应深度（m）；

*D*——测试孔与被测基础之间的水平距离（m）；

*Vm*——基础介质的纵波波速（m/s）；

*Vc*——桩周土介质的平均波速（m/s），宜实测求取。无法求取时，可根据所对应桩周土介质按表7.3.7选取。

表7. 3. 7 有关介质纵波波速表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地层名称 | 水 | 淤泥质粘土 | 粉质粘土、粘土 | 粉细砂、砾砂 | 砾石 |
| 纵波波速（m/s） | 1450~1500 | 1300~1500 | 1500~1800 | 1700~1900 | 1800~2200 |

**7. 4** 低应变法

**7. 4. 1** 低应变法适用于小直径、存在桩底同向反射的预制桩桩长检测。

**7. 4. 2**  检测方法尚应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106的有关规定进行。

**7. 5** 测绳法

**7. 5. 1**  测绳法是适用于存在闭口桩尖的预制管桩桩长的检测。

**7. 5. 2**  现场检测工作应符合下列规定：

**1**  首先要选好合适的测绳，一般可以选择钢卷尺、玻璃钢测绳、钢丝绳或杆式传感器等；

**2**  在管桩顶部固定一个锚点，将测绳连接到锚点，并从锚点自上吊下；

**3**  然后拉伸测绳到预设的长度，用尺子或测量仪器等工具对测绳进行标记；

**4** 准确读取和记录测绳上标记数据，计算出桩的实际长度。

**8** 接桩质量检测

**8. 1**  一般规定

**8. 1. 1** 接桩过程采用的材料及配件应符合相关规定。

**8. 1. 2** 接桩的构造应符合设计及相关标准要求。

**8. 1. 3** 接桩施工过程旁站监理人员应对接桩施工过程留下影像资料并进行存档。

**8. 1. 4** 接桩质量可根据预制桩生产过程、接头形式、施工资料以及静载和动测等相关试验综合评定。

**8. 2**  焊接接桩质量检测

**8. 2. 1** 当焊接用的焊条（丝）进场时，每批次随机抽取6处进行材料抽检，合格后方能使用。

**8. 2. 2**  当采用端板坡口焊接接桩时，端板坡口尺寸应符合设计及规范要求，焊缝应饱满，并应符合本标准附录B的要求。

**8. 2. 3**  当采用角铁焊接或钢板帮焊等接桩时，焊缝的尺寸应符合设计及规范要求。

**8. 2. 4**  焊缝电焊质量外观应全数检查，且应符合下列规定：

**1** 在合适的光照条件下，用不小于5倍放大镜检查焊缝表面，不得有裂纹、未焊满、未熔合、焊瘤、气孔、夹渣等缺欠；

**2**  必要时采用磁粉探伤或渗透探伤检验表面缺欠；

**3** 用量具、卡规等工具测量咬边、余高、错边，咬边深度应不大于0.5mm，咬边连续长度应不大于100mm，余高应不大于2mm，错边应不大于2mm。

【条文说明】**8. 2. 4** 外观检查包括焊缝外观缺陷检查和焊缝几何尺寸测量。由于裂纹很难用肉眼直接观察到，因此应用放大镜观察，并注意应有充足的光线。一般来说，焊缝外观检查应在焊缝自然冷却到环境温度后进行，考虑到现场打桩不适宜停滞太长时间，可参考《建筑桩基技术规范》JGJ 94的自然冷却时间，自然冷却8min后进行，检查时注意人员安全防护。

**8. 2. 5** 焊缝探伤检测宜采用超声波或射线探伤进行检测，若采用沉桩过程中焊接接桩的抽检数量不少于焊接接头总数的1%且不少于5个；若采用先焊接接桩后沉桩的焊缝应抽取10%的焊接接头进行探伤检测；采用探伤检测，同一工程探伤抽样检验不得少于3个接头。

【条文说明】**8. 2. 5** 《建筑地基基础工程施工质量验收标准》GB 50202有关钢桩的焊接探伤为10%，由于钢桩焊接为先接桩再沉桩，考虑到施工效率，则沉桩过程中的焊缝探伤检测数量可相应减少。《建筑桩基技术规范》JGJ 94第7.3.3条中第7款“焊接接头的质量检查宜采用探伤检测，同一工程探伤抽样检验不得少于3个接头

**8. 2. 6**  焊缝探伤检测应符合下列规定：

**1** 焊缝探伤检测应在外观检查合格后，且宜在焊接完成24h后进行；

**2** 超声波探伤应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB 50661中承受静荷载结构焊接质量的检验方法，采用C级检验，缺欠评定等级应为Ⅲ级或优于Ⅲ级；

**3** 射线探伤应符合现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测》GB/T 3323的规定，采用B级检测技术，焊缝质量应符合现行国家标准《焊缝无损检测 射线检测验收等级》GB/T 37910的2级验收等级要求。

**4** 当焊缝探伤检测不满足要求时，应分析原因并扩大检测。

【条文说明】**8. 2. 6**  《焊缝无损检测 射线检测》GB/T 3323中规定焊接完成24h后无损检测结果作为验收依据。由于端板厚度小，且有套箍嵌套，超声波探伤扫查范围小，故宜选用C级检验，磨平余高后也利于采用直探头进一步扫查。射线探伤应注意结合端板的构造辨别影像。

**8. 2. 7**  当动测法检测桩身完整性发现接头位置附近存在缺陷时，应采用孔内成像法验证接桩质量。

【条文说明】**8. 2. 7**  孔内成像法可以辨别出是接桩问题还是接头附近的桩身缺陷、上下节桩是否脱开、接桩处下部分桩身的完整性情况，为进一步处理提供依据。若孔内成像显示焊缝连续饱满无裂缝，静载合格，可判定该桩在接头处质量连续。

**8. 3**  有端板机械连接接桩质量检测

**8. 3. 1** 各有端板机械连接厂家在进预制桩工厂前应提供一年内的成品桩接头型式检验报告并进行质量检查，其构造、材料、外观、表层处理、尺寸偏差等应满足相关要求。

【条文说明】**8. 3. 1** 国内有端板机型连接种类较多，有锥合式、咬合式、紧固式、抱箍式、销钉式、法兰等多种型式，如图1所示，机械接头均通过端板完成力的传递，机械连接其对应端板厚度也不尽相同，故应针对其构造进行检验。作为抗压、抗拔等不同应用情况时，抗拔桩对机械连接的要求应比抗压桩更严格。

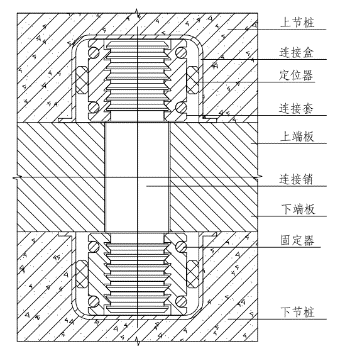
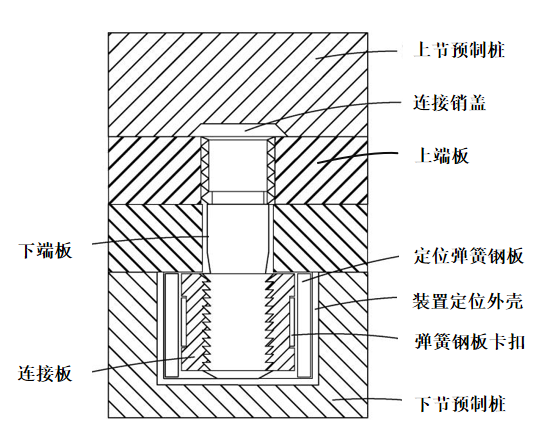
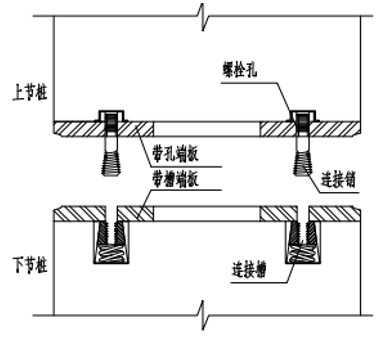


图1-1 锥合式机械连接 图1-2 咬合式机械连接 图1-3 紧固式机械连接

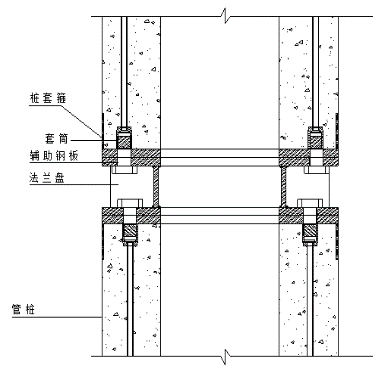
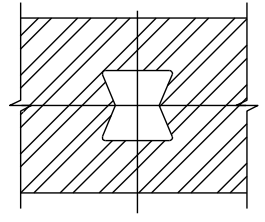
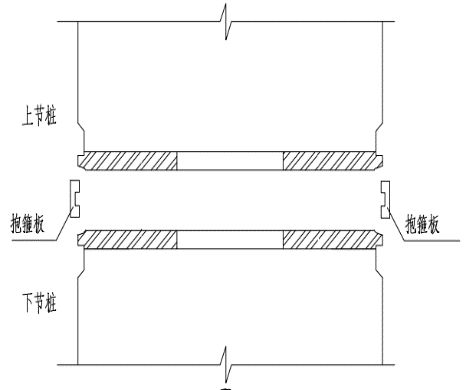


图1-4 抱（卡）箍式机械连接 图1-5 销钉机械连接 图1-6 法兰机械连接

**8. 3. 2** 采用锥合式、咬合式、紧固式等公母插销形式的有端板机械连接在工厂生产加工过程中，应检查端板预埋孔的位置、预埋机械连接的型号和尺寸、固定措施和密封性，机械连接装置数量与配置的预应力钢筋数量一致。

【条文说明】**8. 3. 2** 机械连接预埋固定的密封性可采用是否透光或渗水等检测方法，以防止水泥浆渗漏至母槽内导则难以清理。

**8. 3. 3** 采用抱箍式、销钉式等端板增设构造形式的机械连接在工厂生产加工过程中，应通过预拼接的形式以保证端板构造与连接件尺寸的吻合。

**8. 3. 4** 项目施工前，采用公母插销式（锥合式、咬合式、紧固式等）的机械连接，应进行进场前的接头工艺检验，且相关配件材质应符合要求。

【条文说明】**8. 3. 4** 采用公母插销式（锥合式、咬合式、紧固式等）的机械连接的接头工艺试验的单组抗拔力应符合设计等相关要求，如咬合式和紧固式单组装置抗拔承载力检测极限值应大于255kN，所有连接件的材质不应低于Q235B，有特殊要求的连接件应不低于相关要求。

**8. 3. 5** 采用抱箍式、销钉式和法兰机械连接应对连接件的材质进行检验，合格后方能使用。

【条文说明】**8. 3. 5** 抱箍式、销钉式和法兰机械连接件的材质不应低于Q235B，其中法兰连接的螺栓材质应符合高强螺栓要求。

**8. 3. 6** 施工接桩前，对于每个接桩处应检查机械接头预埋位置及平整度进行检查，且每个接桩处抽取不少于2个机械接头的进行尺寸检测。同时对安装完的每个接头应位于同一水平面，检测数量不少于总桩数的10%。

【条文说明】**8. 3. 6** 机械连接的接桩面平整度要求宜高于焊接连接，若偏差过大会导致部分连接件无法满足安装要求，其中抱箍式、销钉式的平整度不宜大于1mm。

**8. 3. 7** 采用有端板机械连接，施工过程上下节桩垂直度偏差不大于0.5%。

【条文说明】**8. 3. 7** 机械连接接头垂直度若偏差过大会导致部分连接件无法满足安装要求。

**8. 3. 8** 当有端板机械连接作为抗拔桩使用时，接头施工应检测接头的缝隙符合相关要求后方能进行下一道工序。

**8. 3. 9** 当采用法兰连接时，每个接头应抽取10%且不少于2个螺栓进行拧紧扭矩值校核，若存在不合格应重新拧紧全部螺栓直到合格为止。

**8. 3. 10** 当采用有端板的机械连接时，宜采用高应变进行桩身完整性检测，若需采用低应变法检测，则应涂抹胶凝材料或在端板处进行围焊，焊缝质量应符合本标准第8.2节的要求。

【条文说明】**8. 3. 10** 采用低应变检测时应充分考虑机械连接形式和接头位置导致波形的变化，若波形在机械连接接头处有轻微缺陷可考虑为Ⅰ类桩。

**8. 4** 无端板机械连接接桩质量检测

**8. 4. 1** 无端板机械连接在进预制桩工厂进场前应提供一年内的成品桩接头型式检验报告并进行质量检查，其构造、材料、外观、表层处理、材料尺寸偏差等应满足相关要求，检验数量应符合相关规定。

【条文说明】**8. 4. 1** 国内现有无端板机械连接主要有插销式、螺锁式、弹卡式等型式，如图2所示，无端板机械接头与直接钢筋连接，且接桩处无端板，不同规格的钢筋如直径7.0mm、9.0mm、10.7mm、12.6mm应采用对应规格尺寸的机械连接。

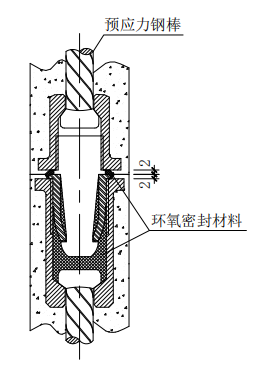
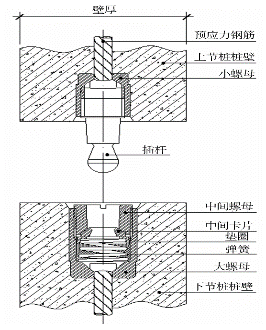
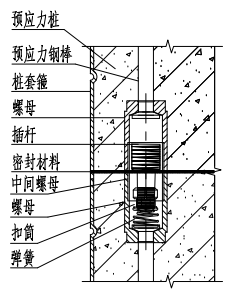
  

图2-1 插销式机械连接 图2-2 螺锁式机械连接 图2-3 弹卡式机械连接

**8. 4. 2** 所有连接件的材质应符合设计、规范和专项要求。

【条文说明】**8. 4. 2** 机械连接件的材质不应低于Q235B，其中有特殊要求的连接件应不低于相关要求。螺锁式接头的插杆、卡片插杆和卡片的材料宜采用40Cr钢，其质量应符合《合金结构钢》GB/T 3077的规定；插销式接头中的螺母不低于45号碳素结构钢，扣筒宜采用40Cr钢。

**8. 4. 3** 当在工厂生产时，预制桩纵向主筋的下料尺寸长度偏差不得大于5mm，混凝土浇筑前应在两端螺母内安放好填充物确保孔内清洁无杂物。

**8. 4. 4** 项目施工前，对机械连接应进行进场前的接头工艺检验，单组装置的抗拔承载力应符合设计等相关要求，合格后方能进行下一道工序。

**8. 4. 5** 施工接桩前，现场接头检查应符合下列规定：

**1**  桩端平整度检测，应不大于2mm；

**2** 检测各连接接头预埋位置和预埋深度，允许偏差±0.5mm范围内且符合各类接头专项要求；

**3** 各配件的安装应符合相关要求，并用专用检测工具检测安装精度；

**4** 检查桩两端制作的尺寸偏差及连接卡扣件，无受损后方可起吊施工。

**8. 4. 6** 接桩施工过程应符合下列规定：

**1** 公、母螺母的上下位置不得混淆；

**2** 安装中间螺母等配件时应使用专用工具紧固，安装高度应符合要求并用专用卡板检测；

**3** 安放完的接头整体平整度进行检测，每个接头应位于同一水平面，检测数量不少于总桩数的10%。

【条文说明】**8. 4. 6** 螺锁式机械连接沉桩时，固定端大螺母应朝上，张拉端小螺母应朝下；插销式连接将插销选入上节桩连接孔内对准下节桩孔位放入。

**8. 4. 7** 当采用无端板机械连接时，应在上下端面涂抹相应的专用粘接剂材料，粘结材料应符合现行国家标准《混凝结构加固设计规范》GB 50376的有关规定，且应满足设计和施工要求，且胶凝材料应溢出接口，接口应无缝隙。

【条文说明】**8. 4. 7** 机械连接沉桩时密封材料（由环氧树脂、环脂固化剂按比例配制），料环氧树脂及固化剂应分别符合现行国家标准《酚-A型环氧树脂》GB/T 13657的规定。

**8. 4. 8** 接桩的操作时间应控制在2min以内，初凝时间不应超过6h，终凝时间不应超过12h。

**8. 4. 9**  粘接剂固化后期14d的胶体抗压强度不得小于70MPa，抗拉强度不得小于30MPa试验应按现行国家标准《树脂浇注体性能试验方法》B/T 2567的有关规定进行。

**8. 4. 10** 粘接剂粘结能力应满足拉伸强度不小于10MPa 的要求；接头固化后,其胶接处的正拉粘结强度应大于管节混凝土本体劈裂抗拉强度。

**8. 4. 11** 采用环氧树脂、益胶泥等粘结剂，每批次且100kg应抽检一组，检测密封材料抗拉能力，锤击500次以后抗拉能力，同时检测密封材料的耐久性，不得低于结构设计使用年限要求，检测合格后方能使用。

# 附录A 预制桩质量检验标准

表A. 0. 1 锤击预制桩质量检验标准

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 | 序 | 检查项目 | 允许值或允许偏差 | | 检查方法 |
| 单位 | 数值 |
| 主控项目 | 1 | 承载力 | 不小于设计值 | | 静载试验、  高应变法等 |
| 2 | 桩身完整性 | - | | 低应变法 |
| 一般项目 | 1 | 成品桩质量 | 表面平整，颜色均匀，掉角深度小于10mm，蜂窝面积小于总面积的0.5% | | 查产品合格证 |
| 2 | 桩位 | 本标准表A.0.2 | | 全站仪或用钢尺量 |
| 3 | 电焊条质量 | 设计要求 | | 查产品合格证 |
| 4 | 接桩：焊缝质量 | 本标准表B.0.1 | | 本标准表B.0.1 |
| 电焊结束后停歇时间 | min | ≥8（3） | 用表计时 |
| 上下节平面偏差 | mm | ≤10 | 用钢尺量 |
| 节点弯曲矢高 | 同桩体弯曲要求 | | 用钢尺量 |
| 5 | 收锤标准 | 设计要求 | | 用钢尺量或  查沉桩记录 |
| 6 | 桩顶标高 | mm | ±50 | 水准测量 |
| 7 | 垂直度 | ≤1/100 | | 经纬仪测量 |

注：括号中为采用二氧化碳气体保护焊时的数值。

表A. 0. 2 预制桩的桩位允许偏差

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序 | 检查项目 | | 允许偏差(mm) |
| 1 | 带有基础梁的桩 | 垂直基础梁的中心线 | ≤100+0.01*H* |
| 沿基础梁的中心线 | ≤150+0.01*H* |
| 2 | 承台桩 | 桩数为1根~3根桩基中的桩 | ≤100+0.01*H* |
| 桩数大于或等于4根桩基中的桩 | ≤1/2桩径+0.01*H*或  1/2边长+0.01*H* |

注：*H*为桩基施工面至设计桩顶的距离。

表A. 0. 3 静压预制桩质量检验标准

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 | 序 | 检查项目 | 允许值或允许偏差 | | 检查方法 |
| 单位 | 数值 |
| 主控项目 | 1 | 承载力 | 不小于设计值 | | 静载试验、  高应变法等 |
| 2 | 桩身完整性 | - | | 低应变法 |
| 一般项目 | 1 | 成品桩质量 | 本标准表A.0.1 | | 查产品合格证 |
| 2 | 桩位 | 本标准表本标准表A.0.2 | | 全站仪或用钢尺量 |
| 3 | 电焊条质量 | 设计要求 | | 查产品合格证 |
| 4 | 接桩：焊缝质量 | 本标准表B.0.1 | | 本标准表B.0.1 |
| 电焊结束后停歇时间 | min | ≥6（3） | 用表计时 |
| 上下节平面偏差 | mm | ≤10 | 用钢尺量 |
| 节点弯曲矢高 | 同桩体弯曲要求 | | 用钢尺量 |
| 5 | 终压标准 | 设计要求 | | 现场实测或  查沉桩记录 |
| 6 | 桩顶标高 | mm | ±50 | 水准测量 |
| 7 | 垂直度 | ≤1/100 | | 经纬仪测量 |
| 8 | 混凝土灌芯 | 设计要求 | | 查灌注量 |

注：括号中为采用二氧化碳气体保护焊时的数值。

# 附录B 焊接桩质量检测

施工中应检验接桩质量、接桩间歇时间；电焊质量除应进行常规检查外，尚应做10%的焊缝探伤检查。

表B. 0. 1焊接桩质量检验标准

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序 | 检查项目 | | 允许值或允许偏差 | | | | 检查方法 |
| 单位 | | 数值 | |
| 1 | 接桩  焊缝  质量 | 咬边深度 | mm | | ≤0.5 | | 焊缝检查仪 |
| 加强层高度 | mm | | ≤2 | | 焊缝检查仪 |
| 加强层宽度 | mm | | ≤3 | | 焊缝检查仪 |
| 2 | 焊缝电焊质量外观 | | 无气孔，无焊瘤，无裂缝 | | | | 目测法 |
| 3 | 焊缝探伤检验 | | 设计要求 | | | | 超声波或射线探伤 |
| 4 | 焊接结束后停歇时间 | | min | 钢桩 | | ≥1 | 用表计时 |
| 钢筋混凝土预制桩（静压） | | ≥6（3） |
| 钢筋混凝土预制桩（锤击） | | ≥8（3） |
| 5 | 上下节平面偏差 | | mm | ≤10 | | | 用钢尺量 |
| 6 | 接桩时节点弯曲矢高 | | 钢桩 | <1‰*l* | | | 用钢尺量 |
| 钢筋混凝土预制桩 | 同桩体弯曲要求 | | |

注：1 电焊结束后停歇时间项括号中为采用二氧化碳气体保护焊时的数值；

2 *l*为两节桩长（mm）。

# 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”；

**4**）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

**2** 本标准中指明按其它有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

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

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081

《混凝土结构试验方法标准》GB/T 50152

《试验机 通用技术要求》GB/T 2611

《焊缝无损检测 射线检测》GB/T 3323

《液压式压力试验机》GB/T 3722

《回弹仪》[GB/T 9138](https://www.so.com/link?m=bMNRGucTyPTqTaRllJuqBiP6nKSLVQw5UVfQ2SfcdVsv07jcg7gonZAZOL9ApBVJY5N4UshRZNIgzvZDcG4ogkNeVvCz3oo76LTVbS9U1cEJAcrj9SN3hGXnKYqMNkqEJRItGqONdUQglR%2F%2Ff07XHac%2BPDgghlg3DTte%2BtlGhxoc42OA2" \t "_blank)

《钻芯检测离心高强混凝土抗压强度试验方法》GB/T 19496

《建筑桩基技术规范》JGJ 94

《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

《建筑地基检测技术规范》JGJ 340

《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23

《高强混凝土强度检测技术规程》JGJ/T 294

《基桩动测仪》JG/T 3055

中国工程建设标准化协会标准

预制桩基质量检测标准

CECS xx-20xx

条文说明

20XX 北京

制定说明

《预制桩基质量检测标准》制定过程中，编制组进行了预制桩基质量检测技术的深入调查和专题研究，总结了我国预制桩基质量检测的实践经验，同时参考了国内外相关的先进技术法规、技术标准，通过大量工程实践取得了预制桩基质量检测技术参数。

为便于广大技术和管理人员在使用《预制桩基质量检测标准》时能正确理解和执行条款规定，《预制桩基质量检测标准》编制组按章、节、条顺序编制了《预制桩基质量检测标准》的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。