

天津市工程建设标准

DB

DB/T 29-38-2015

备案号 J10198-2015

建筑基桩检测技术规程

Technical specification for testing of
building foundation piles

2015-04-24 发布

2015-07-01 实施

天津市城乡建设委员会 发布

天津市工程建设标准

建筑基桩检测技术规程

Technical specification for testing of
building foundation piles

DB/T 29-38-2015

J 10198-2015

主编单位：天津市勘察院

批准单位：天津市城乡建设委员会

实施日期：2015年7月1日

2015 天 津

天津市城乡建设委员会文件

津建科[2015]144号

市建委关于颁布《建筑基桩检测技术规程》 的通知

各有关单位：

为了确保基桩检测工作质量，使基桩检测技术先进、经济合理、安全适用，天津市勘察院等单位按照我委《关于下达 2013 年天津市建设系统第一批工程建设地方标准编制计划的通知》（津建科[2013] 521 号）文件要求，对《建筑基桩检测技术规程》（DB 29-38-2002）进行了全面修订。经我委组织专家审定，现批准《建筑基桩检测技术规程》（DB/T 29-38-2015）为我市地方工程建设标准，自 2015 年 7 月 1 日起在我市实施。原《建筑基桩检测技术规程》（DB 29-38-2002）同时废止。

各相关单位要认真执行本规程，实施过程中如有不明之处及修改意见，请及时反馈给天津市勘察院。

本规程由天津市城乡建设委员会负责管理。

本规程由天津市勘察院负责具体技术内容的解释。

本规程由天津市建设工程技术研究所负责征订和发行，任何单位和个人不得翻印和复制。

天津市城乡建设委员会

2015年4月24日

天津工程建设标准

电子文件仅供参考

请以正式出版物为准

前 言

根据市建委《关于下达2013年天津市建设系统第一批工程建设地方标准编制计划的通知》（津建科[2013] 521号）文件的要求，由天津市勘察院会同有关单位成立规程修编组，经过广泛调研，认真总结我市工程建设领域基桩检测技术实践经验，并参考国内行业标准的修编情况，修订本规程。

在修订过程中，在本市和全国范围广泛征求意见，经多次反复修改完善。

本规程共分九章、六个附录。包括总则、术语和符号、基本规定、静载荷试验、高应变法、低应变法、声波透射法、钻芯法和检测报告等。

本规程修订的主要技术内容是：

- 1、取消了原规程对检测机构和检测人员的要求；
- 2、强调静载荷试验需采用慢速维持荷载法；
- 3、在基桩数量较少的情况（如少于50根）强调需要检测3根；
- 4、对高应变法用重锤、落距、锤垫材质和凯司法阻尼系数根据天津地区的实际情况给出了具体要求；
- 5、补充了低应变法典型曲线的实例；
- 6、声波透射法给出了平测和斜测的具体要求，修改了异常数据剔除的具体方法；
- 7、去掉了已经单独成为地方标准的附录：钻孔灌注桩成孔质量检测要点，新编了一个附录：磁测法检测钻孔灌注桩钢筋笼长度。

本规程中强制性条文与行业标准内容相同，故不再重复设置，但相关条文仍然必须严格执行。

本规程由天津市城乡建设委员会负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。各使用单位在执行本规程过程中，注意总结经验，积累资料，及时将使用过程中发现的问题和修改完善的意见建议反馈给天津市勘察院（地址：天津市南开区红旗南路428号，邮政编码：300191），以便今后修订时参考。

本规程主编单位：天津市勘察院

本规程参编单位：天津市建筑科学研究院有限公司

天津大学

中交天津港湾工程研究院有限公司

天津市地质工程勘察院

交通运输部天津水运工程科学研究院

天津市大地海陆岩土工程技术开发有限公司

本规程主要起草人员：刘万恩 吴永红 尹金凤 陆培毅
孙 义 张俊红 徐满意 刘 杰
张宝华 蔡克俭 赵志峰 关 磊
殷亚斌 周玉明 王海英 徐 燕
刘月辉

本规程主要审查人员：顾晓鲁 陈 凡 郑 刚 宋朝煌
李明生 杨怀玉 王献敏

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	7
3.1	仪器设备	7
3.2	检测方法	7
3.3	检测数量	8
3.4	检测桩位的确定	10
3.5	检测前的准备	10
3.6	确认检测与扩大检测	11
3.7	检测结果评价	12
4	静载荷试验	13
4.1	一般规定	13
4.2	单桩竖向抗压静载试验	14
4.3	单桩竖向抗拔静载试验	19
4.4	单桩水平静载试验	21
5	高应变法	26
5.1	一般规定	26
5.2	检测仪器设备	26

5.3	检测前的准备	27
5.4	现场检测	27
5.5	检测数据的处理和分析	31
6	低应变法	37
6.1	一般规定	37
6.2	检测仪器设备	37
6.3	现场检测	37
6.4	检测数据的处理和分析	39
7	声波透射法	41
7.1	一般规定	41
7.2	检测仪器设备	41
7.3	检测前的准备	42
7.4	现场检测	43
7.5	检测数据的处理和分析	45
8	钻芯法	51
8.1	一般规定	51
8.2	检测设备	51
8.3	现场检测	52
8.4	芯样试件截取与加工	53
8.5	芯样试件抗压强度试验	56
8.6	检测数据的处理和分析	56
9	检测报告	58
9.1	一般规定	58

9.2 对不同检测方法的要求	59
附录 A 混凝土桩桩头处理要点	61
附录 B 磁测井法检测钻孔灌注桩钢筋笼长度要点	62
附录 C 地基土水平抗力系数的比例系数 m 的确定	66
附录 D 发射至接收系统延迟时间 t_0 的测量方法	68
附录 E 试打桩与打桩监控	69
本规程用词说明	72
引用标准名录	73
条文说明	75

天津工程建设标准

电子文件仅供参考

请以正式出版物为准

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
	2.1 Terms.....	2
	2.2 Symbols.....	4
3	Basic Requirements.....	7
	3.1 Testing Instrument.....	7
	3.2 Testing Methods.....	7
	3.3 Testing Quantity.....	8
	3.4 Confirming the Pile Position.....	10
	3.5 Preparation Work.....	10
	3.6 Testing to Confirm and Expand the Testing.....	11
	3.7 Evaluation of Testing Result.....	12
4	Load Test on Single Pile.....	13
	4.1 General Rules.....	13
	4.2 Vertical Comprehensive Static Load Test.....	14
	4.3 Uplift Static Load Test.....	19
	4.4 Horizontal Static Load Test.....	21
5	High Strain Dynamic Testing.....	26
	5.1 General Rules.....	26
	5.2 Testing Instrument.....	26
	5.3 Preparation Work.....	27
	5.4 Testing at The Field Site.....	27

5.5 Processing and Analysis of Test Data	31
6 Low- Strain Integrity Method	37
6.1 General Rules	37
6.2 Testing Instrument	37
6.3 Testing at The Field Site	37
6.4 Processing and Analysis of Test Data	39
7 Crosshole Sonic Logging	41
7.1 General Rules	41
7.2 Testing Instrument	41
7.3 Preparation Work	42
7.4 Testing at The Field Site	43
7.5 Processing and Analysis of Test Data	45
8 Core Drilling Method	51
8.1 General Rules	51
8.2 Testing Instrument	51
8.3 Testing at The Field Site	52
8.4 Intercepting and Processing of Core Samples	53
8.5 Compression Test of Core Samples	56
8.6 Processing and Analysis of Test Data	56
9 Test Report	58
9.1 General Rules	58
9.2 The Different Methods for Testing Requirements	59
Appendix A Pile Head Processing Points of Concrete	61

Appendix B	Testing Points of Reinforcement Length in Cast-in-Situ Piles by Magnetic method.....	62
Appendix C	To Determine the Scale Factor m of Horizontal Resistance Coefficient for Soil.....	66
Appendix D	Method for Measuring t_0 Value of Time Delay is Sent To a Receiving System.....	68
Appendix E	Piling and Piling Monitoring Test.....	69
	Explanation of Wording in This Specification.....	72
	List of Quoted Standards.....	73
	Addition: Explanation of Provisions.....	75

天津工程建设标准
电子文件仅供参考
请以正式出版物为准

1 总 则

1.0.1 为了确保基桩检测工作质量，使基桩检测符合技术先进、经济合理、安全适用、正确评价的要求，为桩基设计和桩基施工验收提供可靠依据，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于天津市范围建筑和市政基础设施工程中的各类基桩检测。

1.0.3 基桩检测应考虑各种检测方法的特点和适用范围，兼顾地质条件、桩基设计等级、桩型、施工质量可靠性等因素，合理选择检测方法，正确判定检测结果。

1.0.4 在天津市范围内进行基桩检测除应执行本规程外，尚应符合国家现行标准的有关规定。

天津工程检测有限公司
电子文件仅供参考
请以正式出版物为准

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 基桩 Foundation pile

桩基础中的单桩。

2.1.2 基桩检测 Pile test

按本规程所规定的方法对基桩进行测试评价的程序和过程。

2.1.3 静载荷试验 Static loading test

按桩的使用功能，在试桩顶部逐级施加竖向或水平荷载，观测桩顶部随时间推移而产生的竖向位移或水平位移，以确定或判定其单桩竖向或水平承载力的试验方法。

2.1.4 高应变法 High strain dynamic testing

在桩顶施加高能量冲击荷载，实测桩顶部的力和速度时程曲线，通过波动理论分析以判定单桩竖向抗压承载力和桩身完整性的检测方法。

2.1.5 低应变法 Low strain integrity testing

在桩顶施加低能量冲击荷载，实测桩顶部的速度（或加速度）时程曲线，运用一维波动理论的时域分析和频域辅助分析，对桩身完整性进行评判的检测方法。

2.1.6 声波透射法 Crosshole ultrasonic logging method

在预埋声测管之间向桩身混凝土发射并接收超声波，通过实测超声波（简称声波）在混凝土介质中传播的声时、波幅衰减和频率等参数的相对变化来判定桩身完整性的检测方法。

2.1.7 钻芯法 Core drilling method

用钻机钻取芯样以评价桩身混凝土强度、连续性、缺陷、桩长、沉渣厚度和桩底土层性状的检测方法。

2.1.8 桩身完整性 Pile integrity

反映桩身截面尺寸相对变化、桩身材料密实性和连续性的综合定性指标。

2.1.9 桩身缺陷 Pile defects

桩身存在松散、缩径、夹泥、蜂窝、裂缝、断裂等，使桩身完整性恶化，在一定程度上造成桩身结构强度和耐久性降低的现象统称。

天津工程建设标准

电子文件仅供参考

请以正式出版物为准

2.2 符号

2.2.1 抗力和材料性能

c — 桩身内应力波纵向传播速度（简称桩身波速）

c_i — 第 i 根完整桩的波速

c_m — 桩身混凝土应力波纵向平均波速

E — 桩身材料弹性模量

m — 地基土水平抗力系数的比例系数

R_a — 单桩竖向抗压承载力特征值

R_c — 由凯司法判定的单桩竖向抗压承载力

R_u — 土的极限静阻力估算值

Z — 桩身截面力学阻抗

ρ — 桩身材料质量密度

2.2.2 作用及作用效应

E_n — 锤击实际传递给桩的能量

F — 锤击力

H_0 — 单桩水平静载试验中作用于桩顶的水平力

Q — 单桩竖向抗压静载试验中施加的竖向荷载

s — 桩顶竖向沉降

S_q — 土的最大弹性位移

U — 单桩竖向抗拔静载试验中施加的上拔荷载

V — 质点振动速度

Y_0 — 水平力作用点的水平位移

σ_p — 桩身最大锤击压应力

σ_t — 桩身最大锤击拉应力

δ — 桩上拔位移量

Δs_i — 竖向抗压静载荷试验第 i 级荷载作用下的沉降量, 简称沉降增量

$\Delta \delta_i$ — 竖向抗拔静载荷试验第 i 级荷载作用下的上拔量, 简称上拔增量

2.2.3 几何参数

A — 桩截面积

B — 矩形桩的边宽

b_0 — 桩身计算宽度

D — 声测管外径

d — 声测管内径; 桩的直径; 芯样试件的平均直径

d' — 换能器外径

I — 桩身换算截面惯性矩

l' — 每个检测剖面相应两声测管外壁间的净距离

L — 桩长, 测点下桩长

L_1 — 缺陷离桩顶的距离

l — 换能器中心距

X — 缺陷位置至传感器安装点的距离

z_i — 第 i 个测点的深度

2.2.4 其它

A_D — 声波波幅临界值

A_m — 声波波幅平均值

A_{pi} — 第 i 个测点的声波波幅值

J_c — 凯司法阻尼系数

K — 声时—深度曲线相邻两测点的斜率

S_x — 声速标准差

t — 声时; 反射波到达时间; 沉降观测时间

t' — 声时修正值

t_{pi} — 第 i 个测点的声时

t_0 — 发射至接收系统延迟时间
 t_1 — 速度第一峰对应的时刻
 t_r — 锤击力波的起升时间
 t_x — 缺陷反射峰对应的时刻
 V_L — 声速低限值
 V_m — 声速平均值
 V_D — 声速临界值
 V_w — 水的声速
 α — 桩的水平变形系数
 β — 桩身结构完整性系数
 Δf — 完整桩两相邻谐振峰的频差
 ΔT — 速度波第一峰与桩底反射波峰间的时间差
 Δt_x — 速度波第一峰与缺陷反射波峰间的时间差
 Z — 地磁场垂直分量
 Z_0 — 测区地磁场垂直分量背景值

天津理工大学
电子文件仅供参考
请以正式出版物为准

3 基本规定

3.1 仪器设备

3.1.1 检测仪器仪表及设备，应进行检定/校准合格，并在检定/校准的有效期内使用。

3.1.2 检测仪器仪表设备涉及计量功能的部件、装置发生故障或损坏，经修复后在使用前必须重新检定。

3.1.3 检测所使用的仪器仪表及设备应具备检测工作所必须的防尘、防潮、防振等功能，并能在 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 温度范围内正常工作。

3.2 检测方法

3.2.1 检测方法和适用范围可按表 3.2.1 选用。

表 3.2.1 检测方法及其适用范围

检测方法	适用范围
静载荷试验	确定单桩竖向抗压极限承载力，确定单桩竖向抗拔极限承载力，确定单桩水平临界荷载和极限承载力
高应变法	判定单桩竖向抗压承载力；检测桩身缺陷及其位置，判定桩身完整性类别
低应变法	检测桩身缺陷及其位置，判定桩身完整性类别
声波透射法	检测钻孔灌注桩桩身缺陷及其位置，判定桩身完整性类别
钻芯法	检测钻孔灌注桩桩长、桩身混凝土强度、桩底沉渣厚度，判定或鉴别桩端持力层岩土性状，判定桩身完整性类别

3.2.2 在工程桩设计施工前，设计等级为甲级和地质条件复杂的乙级以及采用新桩型或新工艺的桩基工程应进行静载荷试桩。

3.2.3 工程桩应进行单桩承载力和桩身完整性检测。

3.2.4 对单位工程内同条件下的工程桩，当符合下列条件之一时，应采用静载荷试验方法进行承载力验收检测：

- 1 设计等级为甲级的桩基；
- 2 地质条件复杂、桩施工质量可靠性低；
- 3 采用新桩型或新工艺；
- 4 挤土群桩施工过程中产生挤土效应。

3.2.5 有下列情况之一的桩基工程，可采用高应变法对工程桩单桩竖向抗压承载力进行检测：

- 1 本规程第 3.2.4 条规定条件以外的桩基；
- 2 设计等级为甲、乙级的建筑桩基静载荷试验的辅助检测。

3.2.6 施工后宜先进行工程桩的桩身完整性检测。当基础埋深较大时，桩身完整性检测应在基坑开挖至基底标高后进行。

3.2.7 钻孔灌注桩，应采用适当的检测方法对桩孔成孔孔径、孔垂直度和孔底沉渣厚度进行检测。

3.2.8 打入式预制桩有下列条件之一时，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 选择沉桩设备和确定工艺参数；
- 3 选择桩端持力层。

3.2.9 需要对钻孔灌注桩钢筋笼长度进行检测时，可按照本规程的附录 B 规定的磁测井方法执行。

3.3 检测数量

3.3.1 检测数量的确定可以单位工程同条件下的基桩总数为计算

依据。

3.3.2 使用不同规格类型基桩的单位工程应按不同规格类型的基桩总数分别确定检测数量。

3.3.3 采用静载荷试验确定单桩承载力特征值时，对设计等级为甲级、地质条件复杂或异型（非等直径）桩的桩基，其检测数量不应少于基桩总数的 1%，且不应少于 3 根；其它桩基工程的检测数量不宜少于基桩总数的 1%，且不应少于 3 根。

3.3.4 采用高应变法进行单桩竖向抗压承载力检测，其检测数量不应少于基桩总数的 5%，且不应少于 5 根。

3.3.5 混凝土桩桩身完整性检测的抽检数量应符合下列规定：

1 每个承台的检测桩数不得少于 1 根。

2 对设计等级为甲级、地质条件复杂或成桩质量可靠性较低的灌注桩，抽检数量不应少于总桩数的 40%，且不得少于 20 根；其它桩基工程的抽检数量不应少于总桩数的 30%，且不得少于 20 根。

3 城市桥梁的基桩应 100% 进行检测。

4 大直径灌注桩，应按上述三款规定的抽检数量合理选择检测方法。当采用包括声波透射法在内的两种或两种以上方法进行桩身完整性检测时，其中采用声波透射法的抽检数量不得少于总桩数的 10%。

城市桥梁的大直径灌注桩，采用声波透射法的抽检数量不得少于总桩数的 50%。

5 混凝土预制桩，抽检数量可适当减少，但抽检数量不应少于总桩数的 20%，且不得少于 10 根。

6 采用钻芯法进行混凝土灌注桩桩身混凝土强度、完整性、桩长、桩底沉渣厚度等方面检测，抽检数量不宜少于总桩数的 1%，且不得少于 3 根。

3.3.6 打入式预制桩，当采用高应变法进行打桩监控时，在相同

施工工艺和相近地质条件下，试打桩数量不应少于 3 根。

3.4 检测桩位的确定

3.4.1 检测桩位的选择应事先确定，检测过程中不得随意更改。

3.4.2 检测桩位的选择应按如下原则确定：

- 1 施工质量有问题或有疑问的桩；
- 2 结构受力较大部位或荷载差异较大部位；
- 3 地基土工程性能较差部位或土层变化复杂地段；
- 4 不同施工工艺以及不同施工机台的桩；
- 5 除上述 4 款外，检测桩位宜基本均匀分布并随机抽样。

3.5 检测前的准备

3.5.1 检测机构在接受委托后，应及时调查、搜集以下资料：

- 1 岩土工程勘察资料、桩基设计资料或图纸、基桩施工原始记录及平面位置图；施工工艺和施工中出现的异常情况；
- 2 委托方和设计单位的检测要求；
- 3 检测项目现场实施的可行性。

3.5.2 检测机构应根据调查结果和检测目的，选择检测方法，制定检测实施方案。

3.5.3 检测前应对检测所需要的设备仪器仪表检查调试，确认其工作状态。

3.5.4 检测开始时间应符合下列规定：

- 1 采用钻芯法检测时，被检桩的混凝土龄期应达到 28d 或预留同条件养护试块强度达到设计强度；
- 2 采用低应变法或声波透射法检测时，被检桩的混凝土强度应达到设计强度的 70%，且不宜小于 15MPa；

3 竖向承载力检测前, 桩身混凝土应达到设计强度, 休止时间不应少于表 3.5.4 的规定。

表 3.5.4 休止时间 (d)

土的类别	休止时间(d)
砂土	7
粉土、黏性土	15
饱和软粘土	25

3.6 确认检测与扩大检测

3.6.1 高应变法无法判定桩承载力或低应变法不能判定桩身完整性类别时,应进行确认检测。

3.6.2 低应变法检测中的Ⅲ、Ⅳ类桩,可根据实际情况采用静载荷试验、钻芯法或浅部开挖等方法进行确认检测。

3.6.3 钻芯法检测发现桩身混凝土质量缺陷时,宜在同一基桩增加钻芯确认。

3.6.4 桩身或接头存在裂隙的预制桩可采用高应变法进行确认检测。具备条件的空心预制桩也可采用孔内摄像的方式进行确认。

3.6.5 单桩承载力或钻芯法结果不满足设计要求时,应分析原因并经各方协商认定后扩大检测。

3.6.6 采用低应变法、高应变法和声波透射法检测桩身完整性时,发现有Ⅲ、Ⅳ类桩存在,且不能为补强或设计变更方案提供可靠依据时,宜采用原检测方法(声波透射法可改用钻芯法)在未检桩中扩大检测。

3.7 检测结果评价

3.7.1 桩身完整性评价，应给出每根被检桩的桩身完整性类别。桩身完整性分类应符合表 3.7.1 的规定，并按本规程第 5~8 章的相关技术要求划分。

表 3.7.1 桩身完整性分类表

桩身完整性分类	分类原则
I 类桩	桩身结构完整
II 类桩	桩身结构基本完整或有轻微缺陷，承载能力极限状态下不会影响桩身结构承载力的正常发挥
III 类桩	桩身存在明显缺陷，对桩身结构承载力有影响
IV 类桩	桩身有严重缺陷或断桩

3.7.2 工程桩承载力的评价，应给出每根被检桩的承载力实测值，并评价单桩承载力是否满足设计要求。

4 静载荷试验

4.1 一般规定

4.1.1 静载荷试验适用于检测基桩的竖向抗压、竖向抗拔承载力和水平承载力。

4.1.2 为设计和施工验收提供依据的静载荷试验应分别符合下列规定：

1 竖向抗压静载试验：为设计提供依据的试验桩应加载至破坏。工程桩验收检测时，加载量不应小于设计要求单桩竖向抗压承载力特征值的 2.0 倍；当桩的承载力以桩身强度控制时，可按设计要求的加载量进行。

2 竖向抗拔静载试验：为设计提供依据的试验桩应加载至桩侧土破坏或桩身材料达到设计强度。工程桩验收检测时，可按设计要求确定最大加载量。

3 水平静载试验：为设计提供依据的试验桩宜加载至桩顶出现较大水平位移或桩身结构破坏。工程桩验收检测时，可按设计要求的水平位移允许值控制加载。

4.1.3 在静载荷试验前应用低应变法检测试桩以及锚桩的桩身完整性，在试验后宜用低应变法检测试桩以及锚桩的完整性，用于对试验结果的辅助分析评价。

4.2 单桩竖向抗压静载试验

4.2.1 试验加载设备宜采用液压千斤顶。当采用两台或两台以上千斤顶加载时，应并联同步工作，且应符合下列规定：

- 1 采用的千斤顶型号、规格应相同；
- 2 千斤顶的合力中心应与被检桩的横截面形心重合。且合力方向应垂直于水平面。

4.2.2 加载反力装置可根据现场实际情况取下列形式之一，且应分别符合下列规定：

- 1 锚桩横梁反力装置(图 4.2.2-1)：

锚桩、反力梁装置的承载能力不应小于预估最大试验荷载的 1.5 倍。锚桩数量不应少于 4 根。

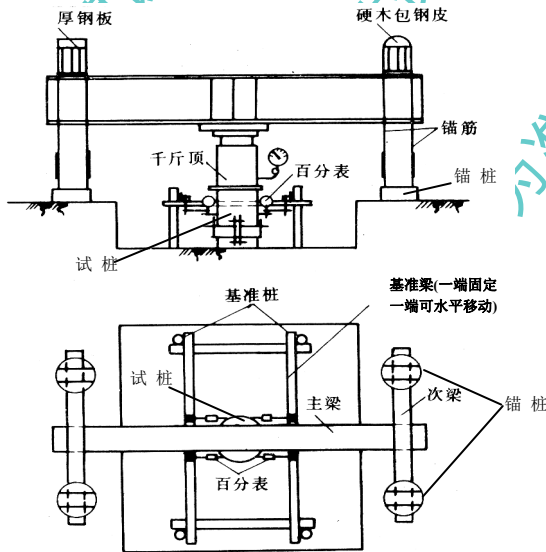


图 4.2.2-1 锚桩横梁反力装置

2 压重平台反力装置（图 4.2.2—2）：

压重平台反力装置一般适用于中小桩的试验；压重平台的压重量不得少于预估最大试验荷载的 1.2 倍；全部压重应在试验开始前一次加足，并均匀稳固放置在平台上；压重施加于地基的压应力不宜超过地基承载力特征值的 1.5 倍。

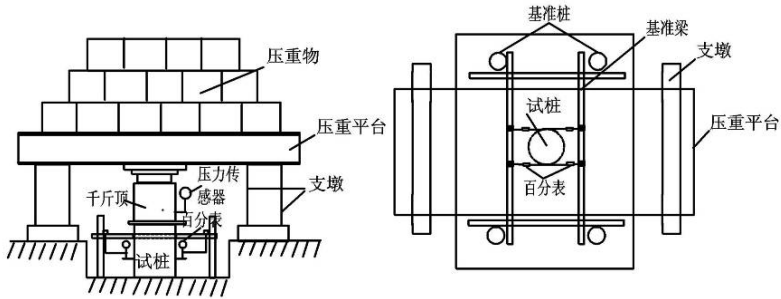


图 4.2.2—2 压重平台反力装置

4.2.3 采用工程桩做锚桩进行竖向抗压静载荷试验时应符合下列规定：

1 每一根锚桩的桩顶都安置位移量测仪表，对其上拔量进行监测；

2 上拔量测读点位应在锚桩桩顶的中心并能反映桩顶的实际上拔状况，不得安置在锚桩的钢筋上；

3 每一级加荷前后均应记录各锚桩桩顶的上拔量，桩顶最终上拔量不宜超过 6mm。

4.2.4 荷载与沉降的量测宜选用自动测量记录仪器，并应符合下列规定：

1 宜优先选用放置于千斤顶上的测力传感器直接测定荷载；当采用并联于千斤顶油路上的压力表或测压传感器测定油压时，应根据千斤顶率定曲线换算荷载。

2 不能直读的电子式位移计，宜用机械式百分表同步观测，以便校核。

3 直径或边宽大于等于 500mm 的试桩应在其 2 个正交直径方向对称安置 4 个位移量测仪表，直径小于 500mm 的试桩可对称安置 2 个位移量测仪表。

4 沉降测定平面应在桩顶平面以下 200mm~500mm 之间，测点应牢固固定于桩身；基准梁一端应固定在基准桩上，另一端应简支于基准桩上并可以水平移动。

5 固定和支承位移量测仪表的夹具和基准梁应避免气温、振动和其它外界因素影响。

4.2.5 试桩、锚桩（压重平台支墩边）和基准桩之间的中心距离应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 试桩、锚桩和基准桩之间的中心距离

反力系统	试桩与锚桩（或压重平台支墩边）	试桩与基准桩	基准桩与锚桩（或压重平台支墩边）
锚桩横梁反力装置	$\geq 4(3)d$ 且 $>2.0m$	$\geq 4(3)d$ 且 $>2.0m$	$\geq 4(3)d$ 且 $>2.0m$
压重平台反力装置	$\geq 4d$ 且 $>2.0m$	$\geq 4(3)d$ 且 $>2.0m$	$\geq 4d$ 且 $>2.0m$

注:1 d—试桩或锚桩的设计直径或边宽，取其较大者（如试桩或锚桩为扩底桩或多支盘桩时，试桩与锚桩的中心距尚不应小于 2 倍扩大端直径）。

2 括号内数值可用于工程桩验收检测时多排桩设计桩中心距离小于 4d 的情况。

4.2.6 量测仪表技术要求应符合下列规定：

1 百分表或位移计的量程不应小于 50mm，分辨率不应低于 0.01mm，测量误差不应大于满量程的 0.1%。

2 测力传感器、测压传感器（压力表）准确度等级应优于或等于 0.5 级。

4.2.7 试桩应满足下列要求：

1 试桩的桩型尺寸、成桩工艺和质量控制标准应与工程桩一致。

2 试桩顶部露出试坑地面的距离应大于 200mm，试坑地面宜与桩承台底设计标高一致。

3 混凝土桩的桩头加固可按本规程附录 A 执行。

4.2.8 单桩竖向抗压静载试验应采用慢速维持荷载法。

4.2.9 慢速维持荷载法试验加载卸载及沉降观测应符合下列规定：

1 等量分级加载，每级荷载宜为单桩预估极限荷载的 1/10~1/12，第一级可按 2 倍分级荷载加荷。

2 每级加载后，第一小时内按第 5min、15min、30min、45min、60min 各测读一次桩顶沉降量，以后每隔 30min 测读一次，每级荷载在维持荷载过程中的变化幅度不得超过分级荷载的 $\pm 10\%$ 。

3 沉降相对稳定标准：每级荷载作用下每一小时内的沉降增量 Δs_i 不超过 0.1mm，并连续出现两次（从每级荷载施加后的第 30min 开始，由三次或三次以上每 30min 的沉降观测值计算）。

4 最后一级荷载完成后，应分级卸荷至零，每级卸载量为加载量的 2 倍。

5 每级卸载后隔 15min 测读一次，读两次后，隔 30min 再读一次，即可卸下一级荷载，全部卸载后，隔 3h~4h 再读一次。

4.2.10 满足下列条件之一时，可终止加载。

1 某级荷载作用下桩顶的沉降增量 Δs_i 超过前一级荷载作用下沉降增量 Δs_{i-1} 的 5 倍。

注：桩顶沉降能相对稳定且总沉降量小于 40mm 时，宜加载至桩顶沉降量超过 40mm。

2 某级荷载作用下桩顶的沉降增量 Δs_i 超过前一级荷载作用下沉降增量 Δs_{i-1} 的 2 倍且在 24h 内不稳定时。

3 桩顶总沉降量超过 40mm~60mm 后（大直径桩或桩身弹性压缩较大时取高值）。

注：为设计提供依据时，继续增加两级荷载仍无陡降段出现时。

4 已达设计要求的最大加载量。

5 已达反力装置的最大加载量。

6 锚桩上拔量超过规定值。

4.2.11 单桩竖向抗压静载试验检测数据的整理应符合下列规定：

1 提供竖向抗压静载荷试验结果汇总表；

2 绘制荷载 Q 与沉降量 s 的关系曲线；

3 绘制沉降量 s 与加荷时间 t 的单对数曲线。

第 2、3 款中曲线纵坐标 s 的最大取值宜为 20mm 的整数倍，且 $Q-s$ 曲线横坐标 Q 的最大取值宜为实测最大数值的 1.2 倍。

同一工程中，各试桩 $Q-s$ 、 $s-\lg t$ 曲线纵坐标 s 和横坐标 Q 的最大取值宜相同。

4.2.12 单桩竖向抗压极限承载力可按下列方法综合分析确定：

1 陡降型曲线：

1) 取 $Q-s$ 曲线上陡降起始点所对应的荷载为极限荷载；

2) 取 $s-\lg t$ 曲线尾部出现明显向下弯曲的前一级荷载为极限荷载。

以上述两点标准综合分析确定单桩竖向抗压极限承载力。

2 缓变型曲线：

满足第 4.2.10 条第 3 款的终止加载条件时，可取 $s=40\text{mm}$ 相对应的荷载作为单桩竖向抗压极限承载力；对直径不小于 800mm 的桩，可取 $s=0.05D$ (D 为桩端直径) 对应的荷载值；桩长大于 40m 时，宜考虑桩身的弹性压缩。

3 出现本规程第 4.2.10 条第 2 款情况，取前一级荷载值。

4 按上述三款判定桩的竖向抗压承载力未达极限时，取最大试验荷载作为单桩竖向抗压极限承载力。

4.2.13 为设计提供依据的单桩竖向抗压极限承载力的统计取值，应符合以下规定：

1 参加统计的试桩结果，当极差不超过平均值的 30% 时，取平均值为单桩竖向抗压极限承载力统计值。

2 极差超过平均值的 30% 时，应分析原因，结合桩型、施工工艺、地基条件、基础形式等工程具体情况，综合确定极限承载力，不能明确极差过大原因时，宜增加试桩数量。

3 桩数为 3 根或 3 根以下的柱下承台，取最小值。

4.2.14 单桩竖向抗压承载力特征值应按单桩竖向抗压极限承载力的 50% 取值。

4.3 单桩竖向抗拔静载试验

4.3.1 千斤顶的加载反力装置可根据现场情况确定并应进行变形强度验算；宜利用工程桩提供支座反力，试桩、支座与基准桩之间的最小中心距离应符合表 4.2.5 确定。(图 4.3.1)

4.3.2 荷载与上拔量测应按照本规程第 4.2.4 条的规定执行。

4.3.3 上拔量测仪表的技术要求应符合本规程第 4.2.6 条的规定。

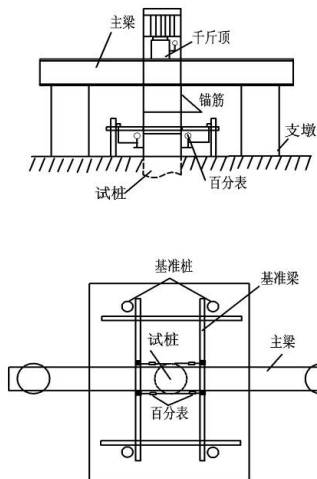


图 4.3.1 竖向抗拔静载试验装置

4.3.4 上拔试桩的桩型尺寸、成桩工艺和质量控制标准应与工程桩一致，钢筋主筋应为通长，且露出桩顶至少 30 倍钢筋直径，并不得有影响钢筋抗拉强度的损伤。

4.3.5 试验加载卸载及上拔观测应符合本规程第 4.2.9 条第 1 款到第 5 款的规定。

4.3.6 满足下列条件之一时，可终止加载。

- 1 桩顶抗拔荷载为桩受拉钢筋抗拉强度设计值时。
- 2 某级荷载作用下，桩的上拔增量 $\Delta\delta_i$ 超过前一荷载作用下上拔增量 $\Delta\delta_{i-1}$ 的 5 倍时。
- 3 累计桩顶上拔量超过 100mm。
- 4 对于工程桩的验收检测，达到设计要求的最大上拔荷载值。

4.3.7 单桩竖向抗拔极限承载力可按下列方法综合判定：

- 1 取 $U - \delta$ 曲线明显陡升起始点荷载为极限荷载；

2 取 $\delta - \lg t$ 曲线斜率明显变陡或曲线尾部显著弯曲的前一级荷载为极限荷载。

3 在某级荷载作用下抗拔钢筋断裂时，取其前一级荷载为该桩的抗拔极限承载力。

4 被检测的工程桩在最大上拔荷载作用下未出现前三款情况时，应按照设计要求及上拔量综合考虑判定。

4.3.8 单桩竖向抗拔极限承载力统计值的确定应符合本规程第 4.2.13 条的规定。

4.3.9 单桩竖向抗拔承载力特征值应按单桩竖向抗拔极限承载力的 50%取值。当工程桩不允许带裂缝工作时，应取桩身开裂的前一级荷载作为单桩竖向抗拔承载力特征值，并与按极限荷载 50%取值确定的承载力特征值相比，取低值。

4.4 单桩水平静载试验

4.4.1 加载装置应采用卧式千斤顶施加水平力，水平力作用线应同工程基桩承台底面标高一致，并要求千斤顶作用力能水平通过桩身轴线（图 4.4.1）。

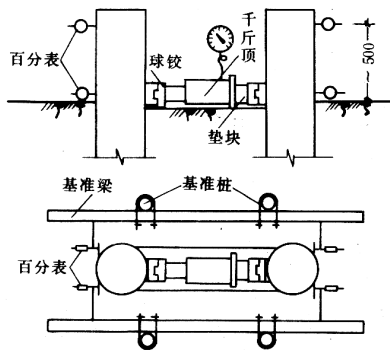


图 4.4.1 水平静载试验装置

4.4.2 量测仪表应符合本规程第 4.2.6 条的规定。

4.4.3 加载试验应符合下列规定：

1 每一试桩在力的作用水平面上和该平面以上 50cm 左右处各安装两个位移计。下表测量桩身在地面处的水平位移，上表测量桩顶水平位移，根据两表位移差与两表距离的比值求得地面以上桩身的转角。如果桩身露出地面较短，可只在力的作用水平面上安装位移计测量水平位移。

2 固定位移计的基准桩宜打在试桩侧面靠位移的反方向，与试桩的净距应不少于 1 倍试桩直径。

3 试验加载方法可用以下方法：承受长期水平荷载的桩，宜采用慢速维持荷载法，稳定标准可按照单桩竖向载荷试验方法进行。采用单向多循环加卸载试验方法。

4 单向多循环加卸载试验方法应按下列规定进行：

1) 荷载分级可取预估水平极限荷载的 1/10~1/15。

2) 每级荷载施加后，恒载 4min 测桩的水平位移值，然后卸载至零，停 2min 测出桩的残余水平位移值，至此完成一个加卸载循环，如此循环 5 次便完成一级荷载的试验观测。加载时间应尽量缩短，测量位移的间隔时间应严格准确，试验不得中途停歇。

4.4.4 出现下列情况之一时，可终止试验：

- 1 桩身折断；
- 2 水平位移超过 40mm 或达到设计要求的水平位移限值。

4.4.5 单桩水平静载试验检测数据的整理应符合下列规定：

- 1 提供水平静载试验结果汇总表；
- 2 采用单向多循环加卸载试验方法时，绘制水平力 H_0 与时间 t 及水平位移 Y_0 的关系曲线和水平力 H_0 与位移梯度 $\Delta Y_0 / \Delta H_0$ 的关系曲线；
- 3 采用慢速维持荷载法时，绘制水平力 H_0 与水平位移 Y_0 的

关系曲线、水平力 H_0 与位移梯度 $\Delta Y_0 / \Delta H_0$ 的关系曲线、水平位移 Y_0 与时间对数 $\lg t$ 的关系曲线和水平力对数 $\lg H_0$ 与水平位移对数 $\lg Y_0$ 的关系曲线。

4.4.6 单桩的水平临界荷载可按下列方法综合确定：

1 取水平力 $H_0 \sim$ 位移梯度 $\Delta Y_0 / \Delta H_0$ 曲线(图 4.4.6-2)或 $\lg H_0 - \lg Y_0$ 曲线上第一拐点所对应的荷载。

2 取采用单向多循环加卸载试验方法时的水平力 $H_0 - t$ 与水平位移 Y_0 关系曲线(图 4.4.6-1)或采用慢速维持荷载法时的 $H_0 - Y_0$ 曲线出现拐点的前一级荷载。

4.4.7 单桩水平极限承载力可按下列方法综合确定：

1 取水平力 $H_0 - t$ 与水平位移 Y_0 关系曲线中明显陡降的前一级水平荷载作为极限荷载 H_u ，见图 4.4.6-1。

2 取水平力 $H_0 \sim$ 位移梯度 $\Delta Y_0 / \Delta H_0$ 曲线或 $\lg H_0 - \lg Y_0$ 曲线上第二拐点所对应的水平荷载为极限荷载，见图 4.4.6-2。

3 采用慢速维持荷载法时 $H_0 - Y_0$ 曲线发生明显陡降的起始点所对应的水平荷载为极限荷载； $Y_0 - \lg t$ 曲线尾部出现明显弯曲的前一级水平荷载为极限荷载。

4 取桩身折断或受拉钢筋屈服时的前一级水平荷载为极限荷载。

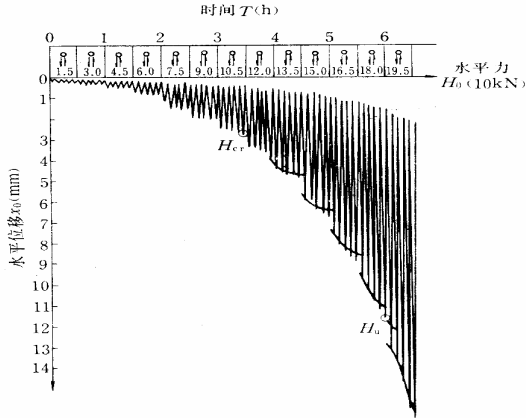


图 4.4.6-1 H_0-t-Y_0 关系曲线

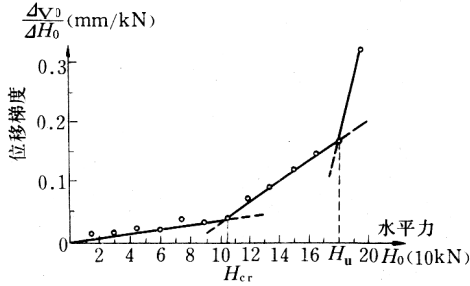


图 4.4.6-2 $H_0-\Delta Y_0/\Delta H_0$ 关系曲线

4.4.8 单桩水平极限承载力和水平临界荷载统计值的确定应符合本规程第 4.2.13 条的规定。

4.4.9 单位工程同条件下的单桩水平承载力特征值的确定应符合下列规定：

- 1 桩身不允许开裂或灌注桩的桩身配筋率小于 0.65% 时，取

水平临界荷载统计值的 0.75 倍为单桩水平承载力特征值。

2 钢筋混凝土预制桩、钢桩和桩身配筋率不小于 0.65% 的灌注桩，取设计桩顶高程处水平位移为 10mm（对水平位移敏感的建筑物取 6mm）所对应荷载的 0.75 倍为单桩水平承载力特征值。

3 同时满足桩身抗裂要求时，可将按设计要求的水平允许位移限值对应的荷载作为单桩水平承载力特征值。

4 预应力混凝土管桩和预应力混凝土空心方桩取设计桩顶高程处水平位移为 2mm~5mm（软土、配筋率低时取小值）所对应荷载的 0.75 倍为单桩水平承载力特征值。

4.4.10 地基土水平抗力系数的比例系数 m 可按照本规程的附录 C 所列方法确定。

天津工程建设标准
电子文件仅供参考
请以正式出版物为准

5 高应变法

5.1 一般规定

5.1.1 高应变法适用于检测基桩的竖向抗压承载力和桩身完整性；监测预制桩和钢桩打入时的桩身应力与锤击能量传递比，为沉桩工艺参数及桩长选择提供依据。

5.1.2 进行高应变法检测判定基桩的竖向抗压承载力时，应具有现场实测经验和本地区相近条件的动静对比资料。

5.2 检测仪器设备

5.2.1 检测仪器应具有现场显示、记录、保存实测力与加速度信号的功能，其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 中表 1 规定的 2 级标准。

5.2.2 检测用传感器应符合下列规定：

1 力传感器宜采用工具式应变传感器，在 $1000\mu\epsilon$ 测量范围内的非线性误差不应大于 $\pm 2\%$ ；

2 加速度传感器能承受最大冲击加速度宜为 $30000\text{ m/s}^2 \sim 50000\text{ m/s}^2$ ，冲击加速度在 10000 m/s^2 （钢桩为 20000 m/s^2 ）范围内幅值非线性误差应小于 $\pm 5\%$ 。

5.2.3 锤击设备应有稳固的导向装置；打桩机械或类似的装置（导杆式柴油锤除外）都可作为锤击设备。

5.2.4 高应变检测专用锤击设备应质量均匀，形状对称，锤底平整，其高径（宽）比不得小于 1。

5.2.5 采用高应变法进行承载力检测时，锤的重量不应小于预估单桩极限承载力的1%。

5.2.6 桩的贯入度可用精密水准仪等仪器测定。

5.3 检测前的准备

5.3.1 桩头顶面应平整，桩头中轴线与桩身中轴线应重合，桩头截面积宜与桩身截面积相同。

5.3.2 不能承受锤击的混凝土灌注桩和桩头已出现屈服变形的钢桩，检测前应对桩头进行处理，以确保检测时锤击力的正常传递。混凝土桩桩头的处理应符合本规程附录A的规定。

5.4 现场检测

5.4.1 现场试验参数设定应符合下列要求：

1) 桩头测点处的桩截面积、桩身波速、桩材质量密度和弹性模量应按测点处桩的实际情况确定。

2) 测点下桩长和截面积的设定依据应符合下列规定：

1) 测点下桩长应取传感器安装点至桩端的距离；

2) 预制桩可采用建设或施工单位提供的实际桩长和桩截面积作为设定值；

3) 混凝土灌注桩测点下桩长和截面积设定值宜按建设或施工单位提供的施工记录确定。

3) 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，现场检测完成后应按第5.5.3条调整。

4) 桩材质量密度应按表5.4.1取值：

表 5.4.1 桩身材料质量密度(t/m³)

钢桩	非预应力混凝土预制桩	预应力混凝土预制桩	混凝土灌注桩
7.85	2.45~2.55	2.55~2.60	2.30~2.50

5 采样时间间隔宜为 50~200 μ s，信号采样点数不宜少于 1024 个点。

6 桩材弹性模量设定值应按下式计算：

$$E = \rho \cdot c^2 \quad (5.4.1-6)$$

式中： E — 桩材弹性模量(kPa)；

c — 桩身内应力波传播速度(m/s)；

ρ — 桩材质量密度(t/m³)。

7 力传感器和加速度传感器的率定数值应采用计量检定或校准结果。

5.4.2 传感器的安装应符合下列规定：

1 传感器应分别对称安装在桩顶以下桩身两侧，传感器与桩顶之间的垂直距离，对于一般中小桩，不宜小于桩径的 2 倍。对于大直径桩，不得小于 1 倍桩径。传感器的安装位置见图 5.4.2。

2 安装传感器的桩身表面应平整，且其周围不得有缺损或断面突变。安装面范围内的材质和截面尺寸应与原桩身等同。

3 应变传感器的中心与加速度传感器中心应位于同一水平面上，两者之间的水平距离不宜大于 10cm。

4 采用膨胀螺栓固定传感器时，螺栓孔应与桩身中轴线垂直，其孔径应与膨胀螺栓尺寸相匹配。安装完毕后的应变传感器固定面应紧贴桩身表面，测试过程中不得产生相对滑动。安装后的传感器初始应变值应能保证锤击时的可测轴向变形余量为：

1) 混凝土预制桩应大于 $\pm 1000\mu\epsilon$ ；

2) 钢桩应大于 $\pm 1500\mu\epsilon$ 。

5 进行连续锤击检测时，应先将传感器引线 with 桩身固定牢靠。

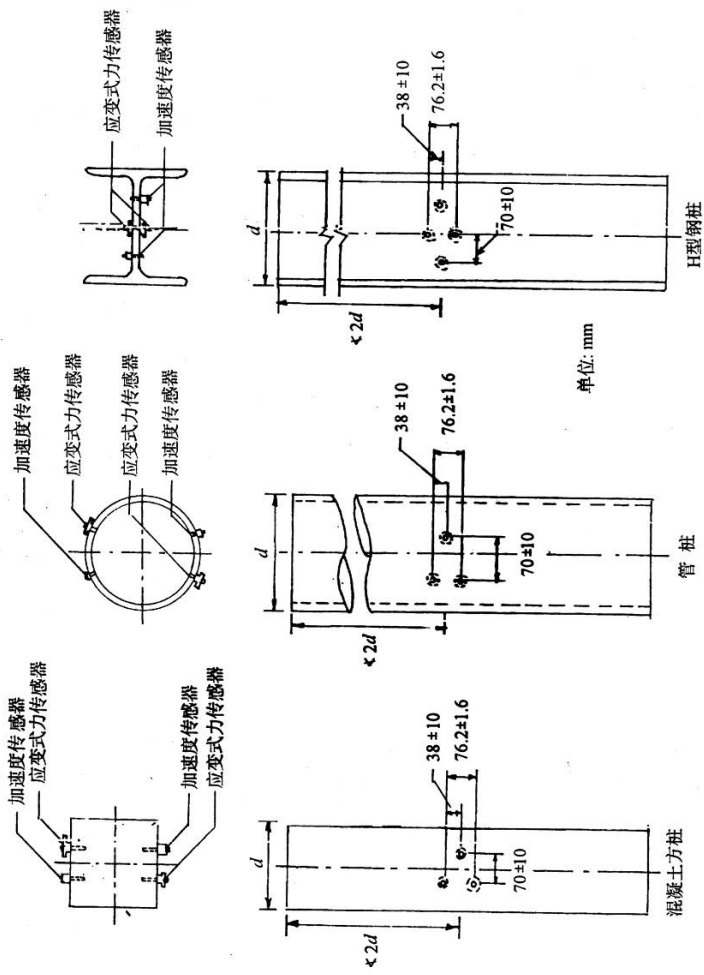


图 5.4.2 测点处传感器安装

5.4.3 检测时应按下列要求进行:

1 检测前应对仪器、电源、传感器、连线及设定参数等进行全面检查,调试,确认检测系统处于正常状态后方可进行检测。

2 采用自由落锤为锤击设备时,宜重锤低击,最大锤击落距不宜大于 1.50m。

3 钢筋混凝土桩桩顶应设置桩垫,并根据使用情况及时更换。桩垫可采用湿润中粗砂、胶合板、木板和纤维板等材质均匀的材料。

4 检测时应实测每一锤击力作用下桩的贯入度,单击贯入度宜在 3mm~8mm 范围内。

5 每根桩的有效锤击次数,应根据贯入度及信号质量确定,不宜少于 2 锤。

6 有缺陷的桩,应先对实测曲线作定性分析,找出桩身缺陷位置,观察其在连续锤击下,缺陷的扩大或逐渐闭合的发展趋势。

7 在检测目的是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,应按本规程附录 E 进行。

5.4.4 检测时应及时检查信号的质量,发现下列情况之一时应分析原因、进行检查调整直至停止检测:

1 信号出现异常,或同一根桩进行多锤测试时,测试信号无规律、离散性较大。

2 发现测试系统出现问题,传感器安装不良或出现故障、锤击偏心或测点处混凝土开裂、桩身有明显缺陷并在多锤作用下缺陷程度加剧。

3 力或速度时程曲线尾部不归零。

5.5 检测数据的处理和分析

5.5.1 检测单桩竖向抗压承载力时锤击信号宜选取锤击能量较大的击次。

5.5.2 锤击后出现下列情况之一时，其信号不得作为承载力分析计算依据：

1 传感器安装处混凝土开裂或有严重塑性变形致使力的时程曲线尾部不归零；

2 严重偏心锤击，两侧力信号幅值相差超过1倍；

3 四通道测试数据不全。

5.5.3 桩身波速应根据实测信号按下列方法确定：

1 桩底反射信号明显时，可根据实测信号的下行波波形成升沿的起点到上行波下降沿的起点之间的时差与已知桩长值确定（图5.5.3）。

2 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判定。

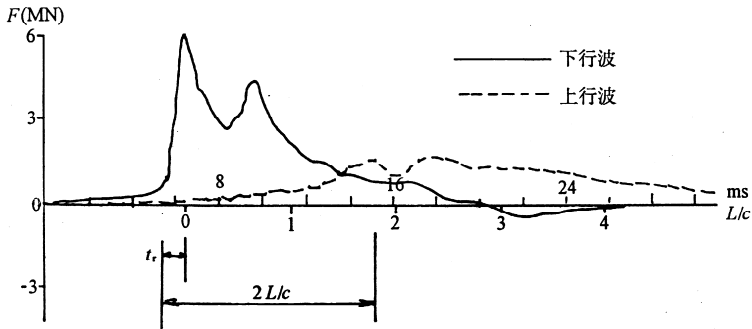


图 5.5.3 桩身波速的确定

F — 锤击力； L — 测点下桩长； c — 桩身波速

5.5.4 桩身材料弹性模量和锤击力的调整应符合下列规定：

1 测点处原设定波速需进行调整时，应对相应的桩材弹性模量按式 (5.4.1-6) 重新计算；

2 对于通过应变式力传感器测量应变换算冲击力的方式，当原始力按速度单位存储时，桩身材料弹性模量调整后尚应对原实测力进行修正。

5.5.5 高应变实测的力和速度曲线第一峰起始比例失调时，不得进行比例调整。

5.5.6 承载力分析计算前，应结合工程地质条件、设计参数和施工工艺，对实测波形特征进行定性检查：

1 实测曲线特征反映出桩的荷载传递性状；

2 观察桩身缺陷程度和位置以及连续锤击时缺陷的逐渐扩大或闭合情况。

5.5.7 以下情况应采用静载荷试验方法进行确认检测：

1 桩身存在明显或严重缺陷，无法判定桩的竖向抗压承载力；

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，桩端同相反射强烈且反射峰较宽，侧阻力波、端阻力波反射弱，即波形明显表现出竖向承载性状与地质资料不符时；

5 嵌岩桩桩底同向反射强烈，且在时间 $2L/c$ 后无明显端阻力反射，也可采用钻芯法确认。

5.5.8 采用凯司法判定单桩竖向抗压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 值应通过静动对比试验结合实测曲线拟合法、桩底岩土层的性状综合确定。在无静载试验的情况下，应采用实测曲线拟合法确定阻尼系数 J_c 值，拟合计算的桩数不应少于被检桩数的 30%，并不应少于 5 根；

4 在同一工程，桩型、尺寸相同情况下，阻尼系数极值与平均值之差不应大于平均值的 30%；

5 凯司法判定单桩竖向抗压承载力可按下式计算：

$$R_c = \frac{1}{2}(1 - J_c) \cdot [F(t_1) + Z \cdot V(t_1)] / 2 + (1 + J_c) \cdot [F(t_1 + 2L/c) - Z \cdot V(t_1 + 2L/c)] \quad (5.5.8-1)$$

$$Z = \frac{E \cdot A}{c} \quad (5.5.8-2)$$

式中： R_c —由凯司法判定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 时刻测点处实测的锤击力(kN);

$V(t_1)$ — t_1 时刻的质点振动速度 (m/s) ;

Z — 桩身截面力学阻抗 (kN·s/m) ;

A — 桩的截面积 (m²) ;

L — 测点下桩长(m)。

5.5.9 采用实测曲线拟合法分析计算时应符合下列规定:

1 实测曲线拟合法所采用的力学模型应能反映桩土体系的实际工作性状, 模型参数的取值范围应能限定。

2 曲线拟合时间段长度, 应在 t_1+2L/c 时刻后延续时间不小于 20ms; 对于柴油锤打桩信号, 在 t_1+2L/c 时刻后延续时间不应小于 30ms。

3 拟合分析选定的参数, 应在岩土工程的合理范围之内。各单元所选用的土的最大弹性位移 S_q 值不得超过相应桩单元的最大计算位移值。

4 拟合完成时土阻力响应区段的计算曲线应与实测曲线吻合, 其它区段的曲线应基本吻合。

5 桩贯入度的计算值应与实测值相近。

5.5.10 高应变法检测单桩竖向抗压承载力值应在桩侧桩端土阻力充分发挥的前提下, 根据检测结果、实际地质条件、试桩位置、施工情况等综合判定。

5.5.11 高应变法判定桩身完整性应符合下列规定:

1 灌注桩、有浅部缺陷的桩、扩径桩、力与速度曲线比例失调或锤击力波上升缓慢的桩, 其完整性评价宜根据施工工艺、场地地质条件, 结合实测曲线拟合法或其它检测方法综合判定。

2 采用实测曲线拟合法所选用的桩土参数应符合第 5.5.9 条第 1、3 款的规定; 根据桩的成桩工艺, 拟合时可采用桩身阻抗拟合或桩身裂隙拟合, 包括混凝土预制桩的接桩缝隙的拟合。

3 桩身缺陷位置应按下式计算：

$$x = c \cdot (t_x - t_1) / 2000 \quad (5.5.11-1)$$

式中： x — 缺陷位置与传感器安装点的距离（m）；

t_1 — 速度第一峰所对应的时刻（ms）；

t_x — 缺陷反射峰所对应的时刻（ms）。

4 对于等截面桩，桩顶下第一个缺陷应用 β 法评价，第一个缺陷的完整性系数 β 值应按下式计算：

$$\beta = \frac{F(t_1) + F(t_x) + Z \cdot [V(t_1) - V(t_x)] - 2R_x}{F(t_1) - F(t_x) + Z \cdot [V(t_1) + V(t_x)]} \quad (5.5.11-2)$$

式中： 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；

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（图 5.5.11）。

5 用 β 法评价桩身完整性时，可按照表 5.5.11 的规定进行。

表 5.5.11 高应变法桩身完整性判定表

类别	β 值	桩身完整性评价
I	$\beta = 1.0$	完整桩
II	$0.8 \leq \beta < 1.0$	轻微缺陷桩
III	$0.6 \leq \beta < 0.8$	明显缺陷桩
IV	$\beta < 0.6$	严重缺陷桩

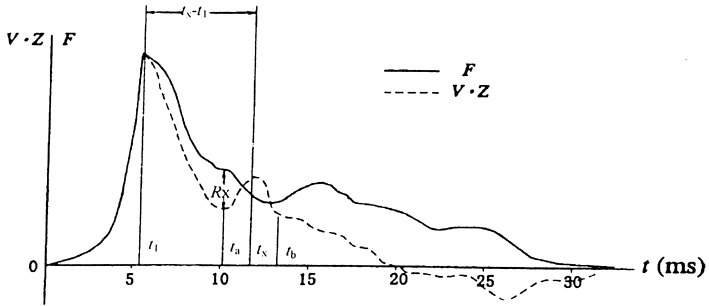


图 5.5.11 桩身结构完整性系数计算

5.5.12 桩身最大锤击拉、压应力和桩锤实际传递给桩的能量应按本规程附录 E 中的相应公式计算。

6 低应变法

6.1 一般规定

6.1.1 本方法适用于检测混凝土基桩的桩身完整性，判定桩身缺陷程度及其所在位置。

6.1.2 本方法有效检测桩长范围应通过试验确定。

6.2 检测仪器设备

6.2.1 检测系统应包括基桩检测仪、传感器、激振设备和专用附件。

6.2.2 检测仪器应具有信号采集、显示、储存、滤波、放大和信号分析功能，其主要技术性能指标应符合现行行业标准《基桩动检测仪》JG/T 3055中的有关规定。

6.2.3 瞬态激振设备应包括能够激发宽脉冲和窄脉冲的力锤和锤垫，根据实际情况选择其材质、重量以及锤垫以产生不同频率成份的冲击力脉冲宽度。

6.3 现场检测

6.3.1 检测前的桩顶处理应符合下列要求：

1 被检测桩应凿去浮浆及破损部分并剔至设计标高，露出坚硬密实的混凝土，平整桩头，清除碎石浮土；

2 检测时的桩头截面尺寸、形状宜和桩身一样；

3 桩顶外露钢筋应不影响检测信号的采集和分析。

6.3.2 传感器安装应符合以下规定：

1 传感器安装位置宜在离桩中心的 $1/2\sim 2/3$ 半径处，且离开桩的主筋不宜小于 5cm；

2 传感器与桩顶面垂直，且应粘接牢固。

6.4.3 用力棒或力锤激振应按以下规定操作：

1 力棒激振时，应自由下落；

2 用力锤敲击时，应垂直桩顶平面施力；

3 空心桩激振点、传感器安装点与桩中心连线的夹角宜在 90° 范围内。

6.3.4 检测工作应符合下列要求：

1 检测前应对电源、仪器、传感器、连线、接头及仪器存储空间等进行检查；

2 每个工地均应进行激振方式和接收条件的选择试验，确定最佳的激振方式和接收条件。

3 检测参数应通过现场测试设定并符合以下规定：

1) 时域信号分析的时间段长度应在 $2L/c$ 时刻后延续不少于 5ms。

2) 设定桩长应为桩顶测点至桩底的施工桩长，设定桩身截面积应为施工截面积。

3) 桩身波速可根据本地区同类型桩的测试值初步设定。

4) 采样时间间隔或采样频率应根据桩长、桩身波速等合理选择；时域信号采样点数不宜少于 1024 个点。

4 检测中应随时检查所采集波形的质量，如有异常应及时检查检测系统，排除故障后重新检测；

5 每根桩的检测点数应符合下列规定：

1) 桩径小于 500mm 时，可只检测一点；

2) 桩径在 500mm~800mm 时，不应少于两个点；

3) 桩径在 800mm~1200mm 时, 不应少于三个点;

4) 桩径大于 1200mm 时, 不应少于四个点。

6 检测波形应有良好的一致性, 每根桩的各检测点其重复检测次数不宜少于三次。对有缺陷的桩应改变激振点、传感器安装点位置和激振脉冲宽度多次检测, 以相互验证;

7 多个测点应基本均匀分布。

6.3.5 现场检测发现被测桩桩头疏松或存在浅部缺陷, 应进行处理并重新检测桩身完整性。

6.4 检测数据的处理和分析

6.4.1 桩身混凝土纵波波速可按下列规定进行判定:

1 应力波在桩内的传播速度 c 可根据实测波形按下列公式计算:

$$c = 2000L / \Delta T \quad (6.4.1-1)$$

$$c = 2L \cdot \Delta f \quad (6.4.1-2)$$

式中: L —桩长 (m)。

ΔT —速度波第一峰与桩底反射波峰间的时间差(ms)。

Δf —完整桩两相邻谐振峰的频差 (Hz)。

2 桩身波速平均值 c_m 可选取该场地有代表性的若干根完整桩波速值, 按下式计算:

$$c_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i \quad (6.4.1-3)$$

式中 n —选取的完整桩根数, $n \geq 6$;

c_i —第 i 根完整桩的波速 (m/s)。

6.4.2 桩身缺陷位置应按下式计算:

$$L_1 = \frac{1}{2000} \cdot c_m \cdot \Delta t_x \quad (6.4.2)$$

式中： L_1 —缺陷距桩顶的距离(m)。

Δt_x —速度波第一峰与缺陷反射波峰间的时间差(ms)。

6.4.3 桩身完整性类别应根据实测波形图中入射波和反射波的位置、振幅、频率等特征结合施工、地质条件与被测桩型等情况按本规程表 3.7.1 的规定和表 6.4.3 所列实测时域或幅频信号特征进行综合分析判定。

表 6.4.3 低应变法桩身完整性判定表

类别	时域信号特征	幅频信号特征
I	2L/c 时刻前无缺陷反射信号，有桩底反射	桩底谐振峰基本等间距排列，相邻频差 $\Delta f \approx c/2L$
II	2L/c 时刻前有轻微的缺陷反射波，有桩底反射	桩底谐振峰基本等间距排列，相邻频差 $\Delta f \approx c/2L$ ，轻微缺陷产生的谐振峰与桩底谐振峰之间频差 $\Delta f' > c/2L$
III	有明显缺陷反射波，其它特征介于 II 类和 III 类之间	
IV	缺陷反射强烈，常出现二次以上反射，无桩底反射；或因桩身浅部严重缺陷使波形呈现低频大幅衰减振动，无桩底反射	缺陷谐振峰基本等间距排列，相邻频差 $\Delta f' > c/2L$ ，无桩底谐振峰；或因桩身浅部严重缺陷只出现单一谐振峰，无桩底谐振峰

注：同一场地、地质条件相近、桩型和成桩工艺相同的基桩，由于桩端处桩身阻抗与持力层阻抗相近导致实测信号无桩底反射波，此时可参照本地同条件下有桩底反射波的其他桩实测信号判定桩身完整性类别。

6.4.4 出现下列情况之一，桩身完整性判定宜结合其它检测方法进行：

- 1 实测信号复杂，无规律，无法准确判断；
- 2 桩身截面渐变或多变，且变化幅度较大的混凝土灌注桩；
- 3 超长桩，桩长超出有效检测长度范围，实测信号不能明确反映桩身下部和桩端的情况；
- 4 时域曲线在接桩处有明显反射的预制桩，且又无法判定其类别。

7 声波透射法

7.1 一般规定

7.1.1 声波透射法适用于检测直径大于等于 800mm 的各类灌注桩桩身完整性，判定缺陷程度及确定缺陷位置。

7.1.2 因声测管倾斜、变形导致声速数据明显偏离正常值而又无法确认原因并进行合理修正，检测数据不得作为评价桩身完整性的依据。

7.2 检测仪器设备

7.2.1 声波检测仪应符合下列规定：

1 发射波形为阶跃脉冲或矩形脉冲，脉冲电压幅值为 200V~1000V，且分档可调。

2 具有实时显示和记录接收信号波形的功能，可进行频率测量或频谱分析。

3 具有首波实时显示功能和自动记录声波发射与接收换能器位置功能。

4 声时测量分辨率应优于 0.5 μ s，声波幅值测量相对误差应小于 2%，系统频带宽度应为 1kHz~300kHz，系统最大动态范围不小于 100dB。

7.2.2 换能器应符合下列规定：

1 圆柱状，径向水平面无指向性，其谐振频率为 25kHz~60kHz，外径小于声测管内径，有效工作面轴向长度应不大于 150mm。

2 换能器的水密性应满足在 1MPa 水压下不漏水。

7.3 检测前的准备

7.3.1 预埋声测管应符合下列规定：

1 桩径等于 0.8m 时应埋设双管；桩径大于 0.8m 时应埋设三根管；桩径大于 1.5m 时应埋设四根管（图 7.3.1）。当桩径大于 2.5m 时宜增加预埋声测管数量。

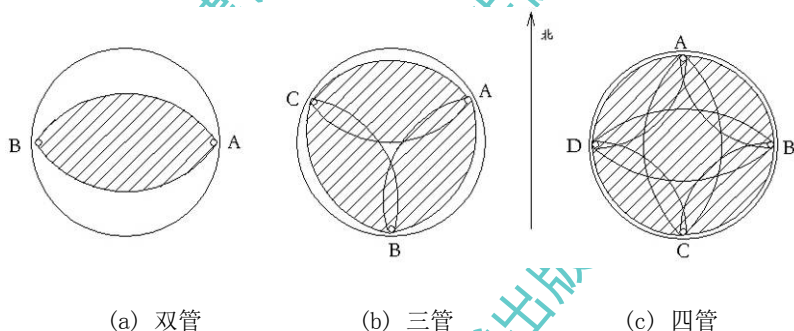


图 7.3.1 超声检测埋管编组

2 声波检测管宜采用钢管或钢质波纹管，其内径宜比换能器外径大 15mm，管身不得有破损，管内不得有异物。

3 钢管宜用螺纹外套管接头连接，声测管的底部应封闭，出露检测工作面的高度宜为 300mm，且各声测管管口高度应相等。

4 声测管可焊接或绑扎在钢筋笼的内侧，每节声测管在钢筋笼上的固定点不应少于 3 处，声测管之间应互相平行。

5 声测管随钢筋笼下沉时，应每下沉一节钢筋笼向声测管内注一次清水。下沉完毕后，在管内注满清水，其顶部应加盖或堵头。

7.3.2 现场检测前应测定声波检测仪发射至接收系统的延迟时间 t_0 ，并计算声时修正值 t' 。

1 用率定法测取发射至接收系统的延迟时间 t_0 （见本规程附录 D）。

2 按下式计算声测管及耦合水层的声时修正值 t'

$$t' = \frac{D-d}{V_t} + \frac{d-d'}{V_w} \quad (7.3.2-2)$$

式中： D — 声测管外径(mm)；

d — 声测管内径(mm)；

d' — 换能器外径(mm)；

V_t — 声测管壁厚度方向声速(km/s)；

V_w — 水的声速(km/s)；

t' — 声时修正值(μs)。

7.4 现场检测

7.4.1 现场检测应符合下列规定：

1 应逐个测量待测两声测管外壁间的净距离 l' 。

2 将各声测管内注满清水，检查声测管通畅情况。

3 根据桩径大小选择合适频率的换能器和仪器设置参数，一经选定，在同批桩的检测过程中不得随意改变。

4 测量点距宜为 100mm。当发现读数异常时，应加密测量点距。

5 被检桩有三根及三根以上声测管时，应将每两根声测管编为一个检测剖面，分别进行检测。

7.4.2 现场平测和斜测应符合下列规定：

1 将发射与接收声波换能器按照深度标记分别置放于待测检测剖面的两个声测管中。平测时，发射与接收声波换能器始终保持相同深度；斜测时，发射与接收声波换能器始终保持固定高差，且发射与接收声波换能器中点连线的水平夹角不应大于 30° 。

2 检测过程中，应使发射与接收声波换能器同步升降，并及时校核换能器的深度。

3 检测时应从桩底开始向上同步提升发射与接收声波换能器，提升过程中应确保测试波形的稳定性，提升速度不宜超过 0.5 m/s 。

4 在同一根桩各检测剖面的平测和斜测过程中，发射与接收声波换能器之间的距离和中点连线的水平夹角、声波发射电压和仪器设置参数应保持不变。

5 检测中，应实时显示和记录接受信号的时程曲线，读取首波声时、幅值并保存检测数据同时应保存波列图信息。在需要采用信号主频值作为异常点辅助判据时，还应读取信号主频值。

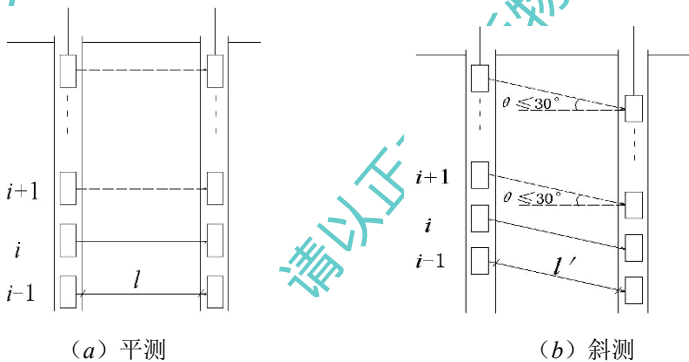


图 7.4.2 平测、斜测示意图

7.4.3 桩身质量可疑部位，应采用扇形扫测、交叉斜测等方式进行复测，进一步确定缺陷的位置和空间分布范围。采用扇形扫测时，发射与接收声波换能器中点连线的水平夹角不应大于 40° 。

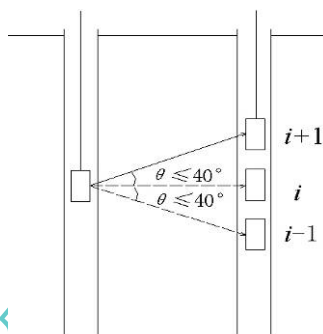


图 7.4.3 扇形扫测示意图

7.5 检测数据的处理和分析

7.5.1 采用平测时，同一检测剖面的各测点声时、声速、波幅及主频应根据现场检测数据按下列公式计算：

$$\text{声时} \quad t_{pi} = t_i - t_0 - t' \quad (7.5.1-1)$$

$$\text{声速} \quad V_i = l' / t_{pi} \quad (7.5.1-2)$$

$$\text{波幅} \quad A_{pi} = 20 \lg(\alpha_i / \alpha_0) \quad (7.5.1-3)$$

$$\text{主频} \quad f_{pi} = 1000 / T_i \quad (7.5.1-4)$$

式中：
 t_{pi} —第 i 测点的声时 (μs)；
 t_i —第 i 测点的声时测量值 (μs)；
 t_0 —发射至接收系统延迟时间 (μs)；
 t' —声时修正值 (μs)；

l' —每检测剖面两声测管外壁间的净距离 (mm)；采用斜测时， l' 取声波发射换能器中点对应的声测管外壁处与声波接受换能器中点对应的声测管外壁处之间的净距离，由桩顶处两声测管的外壁间净距离和发射接收换能器的高差计算而得。

V_i —第 i 测点的声速 (km/s)；

A_{pi} —第 i 测点的首波幅值 (dB)；

α_i —第 i 测点的信号首波峰值 (V)；

α_0 —零分贝信号幅值 (V)；

f_{pi} —第 i 测点的信号主频值 (kHz)；

T_i —第 i 测点首波周期 (μs)。

7.5.2 采用平测或斜测时，某一检测剖面的声速异常判断的概率统计值应按下列步骤计算：

1 将同一检测剖面各测点的声速值由大到小依次排序，即

$$V_1 \geq V_2 \geq V_3 \dots \geq V_i \geq \dots \geq V_{n-k} \geq \dots \geq V_{n-1} \geq V_n \quad (7.5.2-1)$$

式中 V_i —按序排列后的第 i 个声速测量值；

n —测点数；

k —拟去掉的低声速值的数据个数；

k' —拟去掉的高声速值的数据个数。

2 对逐一去掉 V_i 序列中 k 个最小数值和 k' 个最大数值后余下的数据进行统计计算：

$$V_{0\min} = V_m - \lambda \cdot S_x \quad (7.5.2-1)$$

$$V_{0\max} = V_m + \lambda \cdot S_x \quad (7.5.2-2)$$

$$V_m = \frac{1}{n-k-k'} \sum_{i=k'+1}^{n-k} V_i \quad (7.5.2-3)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-k-k'-1} \sum_{i=k'+1}^{n-k} (V_i - V_m)^2} \quad (7.5.2-4)$$

$$C_v = \frac{S_x}{V_m} \quad (7.5.2-5)$$

式中：
 $V_{0\min}$ — 声速异常小值判断值；
 $V_{0\max}$ — 声速异常大值判断值；
 V_m — $n - k - k'$ 个数据的平均值；
 S_x — $n - k - k'$ 个数据的标准差；
 λ — 由表 7.5.2 查得的与 $n - k - k'$ 相对应的系数；
 C_v — $n - k - k'$ 个数据的变异系数。

表 7.5.2 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	19
λ	1.28	1.33	1.38	1.43	1.47	1.50	1.53	1.56	1.59	1.62
$n - k - k'$	20	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	2.45
$n - k - k'$	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
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
$n - k - k'$	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
λ	3.12	3.14	3.17	3.19	3.21	3.23	3.24	3.26	3.28	3.29

3 将 V_{n-k} 与异常判断值 $V_{0\min}$ 进行比较, 当 $V_{n-k} \leq V_{0\min}$ 时, 则去掉最小数据; 将 V_{k+1} 与异常判断值 $V_{0\max}$ 进行比较, 当 $V_{k+1} \geq V_{0\max}$ 时, 去掉最大数据, 每次剔除一个数据, 再对剩余数据构成的数列按照 (7.5.2-1) ~ (7.5.2-4) 计算步骤重复进行, 直到 V_i 序列中余下的全部数据满足:

$$V_{n-k} > V_{0\min} \quad (7.5.2-6)$$

$$V_{k+1} < V_{0\max} \quad (7.5.2-7)$$

此时, $V_{0\min}$ 为声速的异常判断临界值 V_D 。

4 声速异常时的临界值判据为:

$$V_i < V_D \quad (7.5.2-8)$$

当式 (7.5.2-8) 成立时, 声速可判定为异常。

7.5.3 某检测剖面 n 个测点的声速值普遍偏低且离散性较小时, 宜采用声速低限值判据:

$$V_i < V_L \quad (7.5.3)$$

式中: V_i — 第 i 个测点声速 (km/s);

V_L — 声速低限值 (km/s), 由预留同条件混凝土试件的抗压强度与声速对比试验结果, 结合本市实际经验确定。

式 (7.5.3) 成立时, 可直接判定为声速低于低限值异常。

7.5.4 波幅异常时的临界值判据应按下列公式计算：

$$A_D = A_m - 6 \quad (7.5.4-1)$$

$$A_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{pi} \quad (7.5.4-2)$$

式中： A_D — 波幅临界值(dB)；

A_m — 波幅平均值(dB)；

A_{pi} — 第 i 测点的波幅值(dB)；

n — 测点数。

$A_{pi} < A_D$ 时，波幅可判定为异常。

7.5.5 采用斜率法的 PSD 值作为辅助异常点判据时， PSD 值应按下列公式计算：

$$PSD = K \cdot \Delta t \quad (7.5.5-1)$$

$$K = \frac{t_{pi} - t_{pi-1}}{z_i - z_{i-1}} \quad (7.5.5-2)$$

$$\Delta t = t_{pi} - t_{pi-1} \quad (7.5.5-3)$$

式中： t_{pi} — 第 i 测点的声时 (μs) ；

t_{pi-1} — 第 $i-1$ 测点的声时 (μs) ；

z_i — 第 i 测点的深度 (m) ；

z_{i-1} —第 $i-1$ 测点的深度 (m)。

根据 PSD 值在某深度处的突变, 结合波幅变化情况, 进行异常点判定。

7.5.6 采用信号主频值作为辅助异常点判据时, 主频-深度曲线上主频值明显降低的测点, 可判为异常。

7.5.7 采用接收信号的能量辅助异常测点判据时, 能量-深度曲线上接收信号能量明显降低可判定为异常。

7.5.8 桩身完整性类别应结合桩身混凝土各声学参数临界值、 PSD 判据、混凝土声速低限值以及桩身质量可疑点加密测试后确定的缺陷范围, 按本规程表 3.7.1 的规定和表 7.5.8 的特征进行综合判定。

表 7.5.8 声波透射法桩身完整性判定表

类别	特征
I	各检测剖面的所有测点声学参数均无异常, 接收波形正常, 无声速低于低限值异常
II	某一检测剖面个别测点声学参数出现异常, 接收波形轻微异常, 无声速低于低限值异常
III	某一检测剖面连续多个测点的声学参数出现异常; 两个或两个以上检测剖面在同一深度测点的声学参数出现异常; 接收波形明显畸变; 局部混凝土声速出现低于低限值异常。
IV	某一检测剖面连续多个测点的声学参数出现明显异常; 两个或两个以上检测剖面在同一深度测点的声学参数出现明显异常; 桩身混凝土声速出现普遍低于低限值异常或无法检测首波信号或接收波形严重畸变。

8 钻芯法

8.1 一般规定

8.1.1 本方法适用于检测混凝土灌注桩桩身混凝土强度、完整性、桩长、桩底沉渣厚度，判定或鉴别桩底持力层岩土性状。

8.1.2 对桩底持力层岩石芯样的加工、抗压强度试验和数据分析应按照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中附录 J 执行。

8.2 检测设备

8.2.1 应采用液压操纵钻机，钻机设备参数应符合下列规定：

- 1 额定最高转速不低于 790 转/min；
- 2 转速调节范围不少于 4 档；
- 3 额定配用压力不低于 1.5MPa。
- 4 钻机立轴径向晃动不超过 0.1mm。

8.2.2 应采用单动双管钻具，钻杆直径应为 50mm。应配备相应的孔口管、扩孔器、卡簧、扶正稳定器及可捞取松软渣样的钻具。

8.2.3 应根据混凝土设计强度等级选用粒度、浓度、胎体硬度适合的金刚石钻头，且外径不小于 101mm。钻头胎体不得有肉眼可见的裂纹、缺边、少角、倾斜及喇叭口变形。

8.2.4 应选用排水量为 50 L/min~160L/min、泵压为 1.0MPa~2.0MPa 的水泵。

8.2.5 锯切芯样试件用的锯切机应具有冷却系统和牢固夹紧芯样的装置，配套使用的金刚石圆锯片应有足够刚度。芯样试件端面的补平或磨平应采用专用的补平器和磨平机。

8.3 现场检测

8.3.1 每个被检桩的钻芯孔数应符合下列规定：

- 1 桩径小于 1.2m 的桩钻 1 孔；
- 2 桩径 1.2m~1.6m 的桩钻 2 孔；
- 3 桩径大于 1.6m 的桩钻 3 孔；
- 4 对桩底持力层的钻探，每根被检桩不应少于 1 孔，且钻探深度应满足设计要求；
- 5 选择钻芯法对桩长、桩底沉渣、桩端持力层进行检测时，被检桩的钻芯孔数可为 1 孔。

8.3.2 钻芯孔的位置应符合下列规定：

- 1 钻芯孔仅为 1 个时，宜在距桩中心 100mm~150mm 位置开孔；
- 2 钻芯孔为两个或两个以上时，开孔位置宜在距桩中心 $0.15d \sim 0.25d$ 内均匀对称布置；

8.3.3 钻进前应测量钻机底盘的水平度和立轴的垂直度，确保钻机在钻芯过程中不发生倾斜、移位，钻芯孔的垂直度偏差不应大于 0.5%。

8.3.4 钻进过程中，钻孔内的循环水流不得中断，并应根据回水含砂量及颜色调整钻进速度。

8.3.5 提钻卸取芯样时，应拧卸钻头和扩孔器，严禁敲打卸芯。

8.3.6 每回次进尺宜控制在 1.5m 以内；钻至桩底时，应采取适宜方法钻取沉渣、测定沉渣厚度并对桩端持力层岩土性状进行鉴别。

8.3.7 钻取的芯样应由上而下按回次顺序放进芯样箱内，芯样侧面应标明孔号、回次数和起止深度、块号、本回次总块数等，并按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的附表 D.0.1-1 的格式对钻进情况和钻进异常情况进行记录。

8.3.8 应按现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的附表 D.0.1-2 的格式及时记录以下情况：

- 1 混凝土的胶结情况及骨料的分布情况；
- 2 芯样表面的光滑程度、气孔大小、蜂窝、夹泥、松散、桩混凝土与持力层的接触情况；
- 3 沉渣厚度及桩底持力层岩土性状。

8.3.9 检测桩长与施工桩长不符时，宜及时测量所钻钻孔的孔斜。

8.3.10 应对芯样和标有工程名称、桩号、钻芯孔号、芯样试件采取位置、桩长、孔深、检测机构名称的标示牌的全貌进行拍照。

8.3.11 桩的质量评价满足设计要求时，对钻芯后留下的孔洞应采用 0.5MPa~1.0MPa 压力，从孔底往上用水泥浆回灌封闭；否则应封存钻芯孔，留待处理。

8.4 芯样试件截取与加工

8.4.1 截取混凝土抗压芯样试件应符合下列规定：

- 1 桩长为 10m~30m 时，每孔至少截取 3 组芯样；桩长小于 10m 时，至少截取 2 组；桩长大于 30m 时，至少截取 4 组；每组

芯样应制作三个芯样抗压试件；

2 上部芯样位置距桩顶设计标高不宜大于 1 倍桩径或 1m，下部芯样位置距桩底不宜大于 1 倍桩径或 1m，中间芯样宜等间距截取；

3 缺陷位置能取样时，应截取一组芯样进行混凝土抗压试验；

4 同一基桩第一钻芯孔在某深度发现缺陷，则应在其它钻芯孔的相同深度处取芯进行混凝土抗压试验。

8.4.2 应采用双面锯切机加工芯样试件，加工时应固定芯样，锯切平面与芯样轴线垂直。

8.4.3 锯切后的芯样试件在不能满足平整度及垂直度要求时，应选用以下方法进行端面加工：

1 在磨平机上磨平；

2 由用水泥砂浆（或水泥净浆）或硫磺胶泥（或硫磺）等材料在专用补平装置上补平。水泥砂浆（或水泥净浆）补平厚度不宜大于 5mm，硫磺胶泥（或硫磺）补平厚度不宜大于 1.5mm。补平层应与芯样结合牢固，受压时补平层与芯样的结合面不得提前破坏。

8.4.4 试验前应对芯样试件的几何尺寸做如下测量：

1 平均直径可采用游标卡尺测量，在芯样中部相互垂直的两个位置上，取两次测量的算术平均值，精确至 0.5mm；

2 芯样高度可采用钢卷尺或钢板尺进行测量，精确至 1mm；

3 垂直度可采用游标量角器测量两个端面与母线的夹角，精确至 0.1°；

4 平整度可采用钢板尺或角尺紧靠在芯样端面上，一面转动钢板尺，一面用塞尺测量尺与与芯样端面之间的缝隙。

8.4.5 出现下列情况之一，试件不得用作抗压强度试验：

- 1 试件有裂缝或有其它较大缺陷；
- 2 芯样试件内含有钢筋；
- 3 试件尺寸偏差超过下列数值：
 - 1) 芯样试件高度小于 $0.95d$ 或大于 $1.05d$ 时（ d 为芯样试件平均直径）；
 - 2) 沿试件高度任一直径与平均直径相差达 2mm 以上时；
 - 3) 试件端面的不平整度超过 0.1mm 时；
 - 4) 试件端面与轴线的不垂直度超过 2° 时；
 - 5) 芯样试件平均直径小于 2 倍表观混凝土粗骨料最大粒径时。

天津工程建设标准
电子文件仅供参考
请以正式出版物为准

8.5 芯样试件抗压强度试验

8.5.1 混凝土芯样试件的抗压强度试验应按现行国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T50081 中立方体抗压强度试验的有关规定执行。

8.5.2 混凝土芯样试件宜在清水中浸泡 40h~48h, 从水中取出后应立即进行抗压强度试验。

8.5.3 混凝土芯样试件抗压强度应按下式计算:

$$f_{cu} = \xi \cdot \frac{4P}{\pi d^2} \quad (8.5.3)$$

式中: f_{cu} — 混凝土芯样试件抗压强度(MPa), 精确至 0.1MPa;

P — 芯样试件抗压试验测得的破坏荷载 (N);

d — 芯样试件的平均直径 (mm)。

ξ — 混凝土芯样试件抗压强度折算系数, 应考虑芯样尺寸效应、钻芯机械对芯样扰动和混凝土成型条件的影响, 通过试验统计确定; 无试验统计资料时, 宜取为 1.0。

8.6 检测数据的处理和分析

8.6.1 取一组三块试件抗压强度值的平均值为该组混凝土芯样试件抗压强度代表值。同一被检桩同一深度部位有两组或两组以上混凝土芯样试件抗压强度代表值时, 取其平均值为该桩该深度处的混凝土芯样试件抗压强度代表值。

8.6.2 被检桩中不同深度位置的混凝土芯样试件抗压强度代表值中的最小值为该桩的混凝土芯样试件抗压强度代表值。

8.6.3 桩端持力层应根据芯样特征、动力触探或标准贯入试验结果综合判定。

8.6.4 桩身完整性类别应结合钻芯孔数、现场混凝土芯样特征以及芯样抗压强度，按本规程表 3.7.1 的规定和表 8.6.4 的特征进行综合判定。

表 8.6.4 钻芯法桩身完整性判定表

类别	特 征
I	混凝土芯样连续、完整、胶结良好，骨料分布均匀，表面光滑呈长柱状，断口吻合，芯样侧面仅见少量气孔
II	混凝土芯样连续、完整、胶结较好，芯样侧面表面较光滑、骨料分布基本均匀，呈柱状，断口基本吻合，局部芯样侧面见蜂窝、麻面、沟槽或较多气孔。
III	大部分混凝土芯样胶结较好，无松散、夹泥或分层现象，但有下列情况之一： 局部混凝土芯样破碎且破碎长度不大于 10cm； 骨料分布不均匀； 多呈短柱状或块状； 芯样侧面蜂窝、麻面、沟槽连续。
IV	有下列情况之一： 因混凝土胶结质量差导致钻进很困难； 混凝土芯样任一段松散、夹泥或分层； 局部混凝土芯样破碎且破碎长度大于 10cm。

8.6.5 成桩质量评价应按单桩进行。出现下列情况之一时，应判定该被检桩不满足设计要求：

- 1 桩身完整性类别为IV类的桩；
- 2 被检桩混凝土芯样试件抗压强度代表值小于混凝土设计强度等级的桩；
- 3 桩长、桩底沉渣厚度不满足设计或规范要求的桩；
- 4 桩底持力层岩土性状（强度）或厚度未达设计或规范要求。

9 检测报告

9.1 一般规定

9.1.1 检测报告应有以下内容：

- 1 责任表（包括现场检测、报告编写、审核、审批人员的亲笔签名以及建设、勘察、设计、监理和施工等方的全称）；
- 2 前言或概况（包括拟建物的结构类型、基础形式、建设规模和座落位置等，设计要求和检测目的）；
- 3 地质情况，附典型的取样钻孔柱状图和土的物理力学指标；
- 4 所采用的检测方法、检测数量，检测日期，所使用的仪器设备、传感器类型及编号、所用检测方法原理（包括示意图），所依据的检验标准；
- 5 检测时的检测作业条件；
- 6 检测结果及分析（包括检测数据表和必须的图件）；
- 7 结论与建议；
- 8 附图附表（包括桩位平面图和每根桩的测试曲线及数据表）。

9.1.2 出现异常情况时，应说明其检测过程、原因分析以及建议采取的措施。

9.2 对不同检测方法的要求

9.2.1 基桩静载荷试验报告中除应符合本规程第 9.1 节的规定外尚应有以下内容：

- 1 所采用压力表、压力传感器、荷重传感器的准确度等级；
- 2 基准梁的材质、形式、长度和固定位置；
- 3 试桩、锚桩（或支墩边）和基准桩之间的实际距离，沉降测定平面距桩顶的距离；
- 4 各锚桩的最终上拔量；
- 5 压重平台的总重量。

9.2.2 高应变法检测报告中除应符合本规程第 9.1 节的规定外尚应有以下内容：

- 1 落锤锤重、最大锤击落距，传感器安装位置距桩顶距离；
- 2 每根桩的力和速度实测曲线、最大动位移、实际传递给桩的能量、上、下行波曲线及位移时程曲线，曲线图上有纵横坐标及数值量纲标识；
- 3 进行实测曲线拟合分析时的每个单元桩土模型及其参数和最大土阻力对应的桩身沉降量，拟合曲线图，土阻力沿桩身分布曲线；
- 4 实测的桩贯入度；
- 5 试打桩和打桩监控所采用的桩锤型号、锤垫类型，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。

9.2.3 低应变法检测报告应除应符合本规程第 9.1 节的规定外尚应有以下内容：

- 1 提供每根桩的实测曲线，曲线图上应有桩号、检测时间；
- 2 曲线图上有纵横坐标及数值量纲标识，指数放大位置及放

大倍数，所采用的滤波带通频率及桩身混凝土波速；

3 曲线图上入射波幅不小于纵坐标最大刻度的一半；

4 宜将桩头疏松或有浅部缺陷的被测桩在剔除疏松部分或浅部缺陷前的测试曲线附在报告后面；

5 每张 A4 纸上打印的测试曲线不超过 8 条；

6 缺陷位置及程度的判断。

9.2.4 声波透射法检测报告除应符合本规程第 9.1 节的规定外尚应有以下内容：

1 声测管平面位置图及检测剖面编号；

2 各检测剖面的声速—深度曲线图、波幅—深度曲线图，并标有临界值线；

3 缺陷的位置以及对缺陷性质的分析判断；

4 对斜测、扇形扫测的有关情况进行说明；

5 采用主频值、*PSD* 值、接收信号能量进行辅助分析判定时的主频—深度曲线、*PSD*—深度曲线图、能量深度曲线；

6 每个检测剖面的实测波列图。

9.2.5 钻芯法检测报告除应符合本规程第 9.1 节的规定外尚应有以下内容：

1 每一孔的柱状图；

2 芯样抗压强度试验结果；

3 芯样彩色照片；

4 异常情况说明。

9.2.6 其他检测报告除应符合本规程第 9.1 节的规定外，应做到信息完整、数据准确、章节适当、结论明确、附表附图齐全。

附录 A 混凝土桩桩头处理要点

- A.0.1 混凝土桩应先凿掉桩顶部分的破碎层和软弱混凝土。
- A.0.2 桩头顶面应水平、平整，桩头中轴线与桩身上部中轴线应重合，桩头截面积应与原桩身截面积相同。
- A.0.3 桩头主筋应全部直通至桩顶混凝土保护层之下，各主筋应在同一高度上。
- A.0.4 距桩顶 1.5 倍桩径范围内，宜用 3mm~5mm 钢板围裹，或设置箍筋，其间距宜小于 50mm。桩顶应设置钢筋网片 2~3 层，间距 60 mm~100mm。桩身主筋应与网片搭焊。
- A.0.5 桩头混凝土强度等级应比原桩身强度提高 1~2 个等级。
- A.0.6 接完桩头后应进行养护，达到 A.0.5 条规定的强度后可进行检测，冬季施工时应注意对混凝土的保温养护。

附录 B 磁测井法检测钻孔灌注桩钢筋笼长度要点

B.1 适用范围

B.1.1 本方法适用于桩中或桩周除钢筋笼以外无连续铁磁性体干扰时的钻孔灌注桩钢筋笼长度或预制桩桩长的检测。

B.2 仪器设备

B.2.1 井中磁力仪技术性能应符合下列要求:

- 1 测量范围 $-99999\text{nT}\sim 99999\text{nT}$ 。
- 2 磁敏元件转向差 $<300\text{ nT}$ 。
- 3 数字输出更新速度 ≥ 3 次/秒。
- 4 工作环境温度 $0^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。
- 5 应具有连续记录或点测记录并实时存储的功能。
- 6 应具有实时显示并存储深度-垂直(Z)分量磁场强度曲线的功能。

B.2.2 井下探头应符合下列要求:

- 1 测量孔深 $\leq 150\text{m}$ 。
- 2 耐压 $>1.5\text{MPa}$ 。

B.3 现场检测

B.3.1 混凝土钢筋笼长度抽检数量不宜少于总桩数的 1%，且不

得少于 3 根。

B.3.2 钻孔布置应符合下列规定：

1 钻孔宜设置在距离灌注桩外侧边缘不大于 0.5m 的土中，且钻孔竖向中心线应平行于桩身纵轴线；或设置在灌注桩的中心位置，钻孔竖向中心线应与桩身纵轴线吻合。

2 钻孔内径宜为 60 mm~90mm，钻孔深度宜大于钢筋笼底设计深度 5m。

3 钻孔周围存在软弱土层时，宜在钻孔中设置 PVC 管，其内径应大于 60mm。

B.3.3 检测前应检查钻孔或 PVC 管的通畅情况。

B.3.4 现场检测步骤应符合下列规定：

1 探头在钻孔或 PVC 管内，或从上往下或从下往上进行检测。下放或提升应匀速，且不超过 20cm/s。

2 探头在钻孔或 PVC 管内的采样间距宜在 10cm~50cm 范围内。

3 进行垂直 (Z) 分量磁场强度检测，并记录相关数据。

B.3.5 现场应能记录及显示深度-垂直分量 (H-Z) 数据曲线。

B.3.6 发现钢筋笼长度与设计长度不符时，应进行复测，并确认钢筋笼底端位置。

B.4 检测数据的分析与判定

B.4.1 根据实测垂直 (Z) 分量曲线下端平坦的 Z 值，结合本地地磁图判断测区的垂直 (Z) 分量背景值 Z_0 。

B.4.2 垂直 (Z) 分量明显低于或高于背景值 Z_0 时，可判定有钢筋笼存在。

B.4.3 钢筋笼底端位置应按下列方法综合判定：

1 根据深度-垂直分量 ($h-Z$) 数据曲线, 取深度-垂直分量 ($h-Z$) 数据曲线下部小于背景场转成大于背景场的拐点所对应的深度位置。

2 根据深度-磁场垂直分量梯度 ($\frac{dZ}{dh}-h$) 曲线确定时, 取深度-磁场垂直分量梯度 ($\frac{dZ}{dh}-h$) 曲线最深的明显极值点所对应的深度位置。

B.5 记录与报告

B.5.1 现场检测记录主要记录以下内容:

- 1 桩类、桩号、桩规格尺寸;
- 2 设计的钢筋笼总长度、各节钢筋笼连接点、规格等;
- 3 钻孔位置、钻孔深度、孔径等;
- 4 检测依据的标准;
- 5 所使用的仪器名称、型号、编号;
- 6 所发现的问题记录以及处置措施;
- 7 检测人员、检测日期和检测结论。

B.5.2 检测报告应有以下内容:

- 1 工程名称;
- 2 被检桩桩号;
- 3 设计的钢筋笼总长度、各节钢筋笼连接点、规格等;
- 4 钻孔位置、钻孔深度、孔径等;
- 5 检测依据的标准;
- 6 所使用的仪器名称、型号、编号;
- 7 所发现的问题记录以及处置情况;
- 8 检测桩位平面示意图、实测桩钢筋笼长度的数据和曲线;
- 9 检测结论。

B.5.3 现场检测记录格式见 B.5.3。

表 B.5.3 磁测井法检测钻孔灌注桩钢筋笼长度现场记录

桩号		桩类	<input type="checkbox"/> 钻孔灌注桩； <input type="checkbox"/> 后压浆钻孔灌注桩； <input type="checkbox"/> 挤扩支盘灌注桩； <input type="checkbox"/>			
工程名称				委托单位		
施工单位				钢筋笼规格	Φ （直径） \times （根数） \times （总长度），单位：m。	
钻孔位置	<input type="checkbox"/> 桩侧 0.5m 以内； <input type="checkbox"/> 桩侧 0.5~1.0m 以内； <input type="checkbox"/> 桩中心；			孔深（m）		
仪器设备				型号	出厂编号	
背景磁场值（nT）				实测最大磁场值（nT）		
测孔深（m）	背景场深度段（m~m）	磁异常拐点所对应的深度（m）	实测钢筋笼长度（m）	备注		
钻孔位置示意图						
检测人			记录人			年 月 日

附录 C 地基土水平抗力系数的比例系数 m 的确定

C.0.1 桩顶处于自由状态水平力作用位置位于地面时，地基土水平抗力系数的比例系数 m 值可按下列公式确定：

$$m = (v_y \cdot H)^{5/3} / (b_0 Y_0^{5/3} (EI)^{2/3}) \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$a = (mb_0 / EI)^{1/5} \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中： m —地基土水平抗力系数的比例系数（ kN/m^4 ）；

a —桩的水平变形系数（ m^{-1} ）；

v_y —桩顶水平位移系数，由式 C.0.1-2 试算 a 。

$ah \geq 4.0$ (h 为桩的入土深度) 时，其值为 2.441；

H —作用于地面的水平力（ kN ）；

Y_0 —水平力作用点的水平位移（ m ）；

EI —桩身抗弯刚度（ $\text{kN} \cdot \text{m}^2$ ）；其中 E 为桩身材料弹性模量， I 为桩身换算截面惯性矩；

b_0 —桩身计算宽度（ m ）。对于圆形桩：桩径 $d \leq 1\text{m}$

时， $b_0 = 0.9(1.5d + 0.5)$ ；桩径 $d > 1\text{m}$ 时， $b_0 = 0.9(d + 1)$ 。对于

矩形桩：边宽 $B \leq 1\text{m}$ 时， $b_0 = 1.5B + 0.5$ ；边宽 $B > 1\text{m}$ 时，

$$b_0 = B + 1。$$

C.0.2 $ah < 2.5$ 时，式 C.0.1-1 不适用； $2.5 < ah \leq 4.0$ 时，应调整 v_y 值重新计算 m 值，此时，应按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中的规定求取 m 值。

C.0.3 应绘制水平力、水平力作用点水平位移与地基土水平抗力系数的比例系数之间的关系曲线（ $H-m$ 、 Y_0-m ）。

天津工程建设标准
电子文件仅供参阅
请以正式出版物为准

附录 D 发射至接收系统延迟时间 t_0 的测量方法

D.0.1 发射至接收系统延迟时间 t_0 的测量应按以下规定进行：

- 1 将发射、接收两柱状径向振动换能器悬于清水中相距 500mm 左右，并保持其轴线相互平行且处于同一水平高度；
- 2 逐次改变两换能器的间距，每次均调节接收信号首波波幅为一定值，测量各个间距的声时值；
- 3 以 X 轴为时间， Y 轴为距离，绘制线性回归时距曲线，其在 X 轴上的截距即为 t_0 值；

$$t = t_0 + b \cdot l \quad (\text{D.0.1})$$

式中： b —直线斜率 ($\mu\text{s}/\text{mm}$)；

l —换能器中心距 (mm)；

t —声时 (μs)；

t_0 — X 轴上的截距(μs)。

D.0.2 测量时测点数不应少于 6 个。

附录 E 试打桩与打桩监控

E.1 试打桩

E.1.1 试打桩应符合下列规定：

- 1 试打桩所在位置的工程地质条件应具有代表性。
- 2 试打桩过程中，应按桩端进入的土层逐一进行测试；当持力层较厚时，应在同一土层中进行多次测试。

E.1.2 桩端持力层的选择应根据试打桩结果承载力与贯入度的关系，结合场地岩土工程勘察报告综合判定。

E.1.3 采用试打桩判定桩的承载力时，应符合下列规定：

- 1 判定的承载力值应小于或等于试打桩时测得的桩侧和桩端静土阻力值之和与桩在地基土中的时间效应系数的乘积，并应进行复打校核。
- 2 复打至初打的休止时间应符合表 3.5.4 的规定。

E.2 桩身锤击应力监测

E.2.1 桩身锤击应力监测应符合下列规定：

- 1 被监测桩的桩型、材质应与工程桩相同；施打机械的锤型、落距和垫层材料及状况应与工程桩施工时相同。
- 2 应包括桩身锤击拉应力和锤击压应力两部分。

E.2.2 为测得桩身锤击应力的最大值，监测时应符合下列规定：

1 桩身锤击拉应力宜在预计桩端进入软土层或桩端穿过硬土层进入软夹层时测试。

2 桩身锤击压应力宜在桩端进入硬土层或桩周土阻力较大时测试。

E.2.3 最大桩身锤击拉应力可按下式计算：

$$\sigma_t = \frac{1}{2A} \left[F(t_1 + \frac{2L}{c}) - Z \cdot V(t_1 + \frac{2L}{c}) + F(t_1 + \frac{2L-2x}{c}) + Z \cdot V(t_1 + \frac{2L-2x}{c}) \right] \quad (\text{E.2.3})$$

式中 σ_t —最大桩身锤击拉应力 (kPa)；
 x —传感器安装点至计算点的距离 (m)；
 A —桩身截面面积 (m²)。

E.2.4 最大桩身锤击压应力可按下式计算：

$$\sigma_p = F_{\max} / A \quad (\text{E.2.4})$$

式中 σ_p —最大桩身锤击压应力 (kPa)；

F_{\max} —实测的最大锤击力 (kN)。

打桩过程中突然出现贯入度骤减甚至拒锤时，应考虑与桩端接触的硬层对桩身锤击压应力的放大作用。

E.2.5 桩身最大锤击应力控制值应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ94中有关规定。

E.3 锤击能量监测

E.3.1 锤击实际传递给桩的能量应按下式计算：

$$E_n = \int_0^{t_e} F \cdot V \cdot dt \quad (\text{E.3.1})$$

式中 E_n —锤击实际传递给桩的能量 (kJ) ；

t_e —采样结束的时刻 (s) 。

E.3.2 锤击最大动能宜通过测定锤芯最大运动速度确定。

E.3.3 锤击传递比应按锤击实际传递给桩的能量与锤击额定能量的比值确定；锤击效率应按实测的锤击最大动能与锤击的额定能量的比值确定。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对于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”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明必须按其它有关标准和规范执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……的要求（或规定）”。

引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 2 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》 GB 50202
- 3 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 4 《普通混凝土力学性能试验方法标准》 GB/T 50081
- 5 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 6 《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106
- 7 《基桩动测仪》 JG/T 3055
- 8 《大量程百分表》 GB 6311
- 9 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 10 《预应力混凝土空心方桩技术规程》 DB 29-213

天津工程建设标准

电子文件仅供参考

请以正式出版物为准

天津市工程建设标准

建筑基桩检测技术规程

Technical specification for testing of building
foundation piles

DB/T 29-38-2015

条文说明

2015 天津

修订说明

本规程是在《建筑基桩检测技术规程》DB 29-38-2002 的基础上修订而成的。上一版的主编单位是天津市勘察院，参编单位是天津市建筑科学研究院、天津大学建筑工程学院、天津港湾工程研究所、天津市地质工程勘察院、天津市金海技术开发公司、天津市勃登建筑工程技术发展有限公司。主要起草人为刘万恩、吴永红、崔广田、尹金凤、陆培毅、孙义、刘杰、徐满意、张宝华、冯贵银、赵志峰、曹胜敏、朱春雷。本规程修订过程中，修编组进行了广泛而深入的调查研究，总结了本市基桩检测的实际经验，同时参考了国家、行业和外省市先进技术法规、技术标准制订了本规程。

本次修订的主要技术内容是：取消了原规程对检测机构和检测人员的要求；继续强调静载荷试验均采用慢速维持荷载法；在基桩数量较少的情况（如少于 50 根）仍然强调需要检测 3 根；锚桩的上拔量根据近年来的实际情况做了相应调整；对高应变法用重锤、落距、锤垫材质和凯司法阻尼系数根据天津地区的实际情况给出了具体要求；补充了低应变反射波法典型曲线的实例；声波透射法给出了平测和斜测的具体要求；去掉了已经单独成为地方标准的附录：钻孔灌注桩成孔质量检测要点，新编了一个附录：磁测法检测钻孔灌注桩钢筋笼长度要点。另外，对于原规程中叙述不严谨、容易产生歧义的句子进行了修改、补充或增加。

为便于广大勘察、设计、施工、检测、科研等单位有关人员在使⤵用本规程时能够正确理解和执行条文规定，《建筑基桩检测技术规程》修编组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明和解释。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1	总则	79
2	术语和符号	80
	2.1 术语	80
3	基本规定	82
	3.1 仪器设备	82
	3.2 检测方法	82
	3.3 检测数量	84
	3.4 检测桩位的确定	84
	3.5 检测前的准备	86
	3.6 确认检测与扩大检测	86
	3.7 检测结果评价	87
4	静载荷试验	88
	4.1 一般规定	88
	4.2 单桩竖向抗压静载试验	89
	4.3 单桩竖向抗拔静载试验	91
	4.4 单桩水平静载试验	91
5	高应变法	94
	5.1 一般规定	94
	5.2 检测仪器设备	95
	5.3 检测前的准备	95
	5.4 现场检测	96

5.5	检测数据的处理和分析	96
6	低应变法	100
6.1	一般规定	100
6.3	现场检测	101
6.4	检测数据的处理和分析	101
7	声波透射法	111
7.1	一般规定	111
7.2	检测仪器设备	112
7.3	检测前的准备	112
7.5	检测数据的处理和分析	113
8	钻芯法	115
8.1	一般规定	115
8.2	检测设备	115
8.3	现场检测	115
8.4	芯样试件截取与加工	116
8.5	芯样试件抗压强度试验	117
8.6	检测数据的处理和分析	117
9	检测报告	119
9.1	一般规定	119
9.2	对不同检测方法的要求	119
附录 B	磁测井法检测钻孔灌注桩钢筋笼长度要点	120

1 总 则

1.0.1 由于天津市地处九河下稍，濒临渤海湾，特定的岩土工程地质环境决定了在建设中大量使用各种类型的桩基础，为了保证桩基础的质量，规范检测行为，需要有一个针对天津地区特点的统一的技术标准，因此，制定本规程。

1.0.2 本条的意思是，在天津市域内，建筑工程和市政工程各类基桩（包括新型桩、异型非等直径桩）都应按本规程进行检测；其它本市范围内的铁路、港口、公路等工程的基桩检测可以参照使用。

1.0.3 本条是确定基桩检测方法和检测数量时需要考虑的基本因素。如果进行基桩检测时不考虑这些因素的作用和影响，不是造成安全隐患就是形成不必要的浪费。由于各种检测方法在可靠性或经济性方面存在不同程度的局限性，多种方法配合使用时又有一定的灵活性，所以，应根据不同的检测目的（为设计或是为施工验收提供依据）、检测方法的适用范围，综合考虑各种相关因素合理选择检测方法和确定检测数量，使各种检测方法相互之间互为补充或佐证。

1.0.4 天津市的岩土工程地质环境，尤其是塘沽、汉沽、大港等地地层和土质性状，十分特殊，考虑到天津市城乡建设的百年大计，为保证基础建设的质量，在天津市辖范围内进行基桩检测，强调首先应按照本规程的规定严格实施，除此而外尚应符合现行强制性标准中的规定。对于属于推荐性标准中的要求和规定，在服从上述强制性标准的前提下可以根据实际情况考虑。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.8 桩身完整性是一个综合定性指标，并非严格的定量指标。其类别是按缺陷对桩身结构承载力的影响程度划分的。需要说明：

1 连续性包含了桩长不够的情况。在本规程所列入的检测方法中，动测方法只能估算桩长，而钻芯法可以准确测定桩长。

2 桩身截面尺寸相对变化意味着在实际判定时需要有一个相对衡量尺度。在检测中，对桩径是否减小的判断可能会参照以下条件之一：

1) 按设计桩径；

2) 根据设计桩径，并对不同成桩工艺的桩按施工验收规范考虑桩径的允许负误差；

3) 考虑充盈系数后的平均施工桩径。

在判断灌注桩是否缩径时必须有一个参考基准。以往在动测法检测并采用开挖验证时，说明动测结论与开挖结果是否符合通常是按第一个条件。但是，严格地讲，应按施工验收规范（即第二个条件）才是合理的。

2.1.9 桩身缺陷有三个指标，位置、类型（性质）和程度。不管缺陷的类型如何，动测法检测时分析的仅仅是阻抗变化。阻抗变小可能是任何一种或多种缺陷类型及其程度大小的表现。因此，仅根据阻抗变小不能判断缺陷的具体类型，如有必要，应结合地

质资料、桩型、成桩工艺和施工记录等进行综合判断。阻抗变大所对应的扩径，应在分析判定时说明，由于扩径对桩的承载力有利，所以不作为缺陷考虑。

天津工程建设标准

电子文件仅供参考

请以正式出版物为准

3 基本规定

3.1 仪器设备

3.1.1 本条有三层含义：一是在检测活动中使用的仪器仪表设备，凡是具备计量功能的，其生产厂家事先需取得计量器具生产许可证，在投入检测前应经国家或省市级质量监督检验检疫部门指定认可的计量机构检定合格；二是按规定的检定周期进行检定；三是不得使用无计量器具生产许可证的厂家、机构或个人生产的仪器仪表设备。

3.1.2 检测仪器仪表设备发生故障或损坏，其计量功能和精度有可能受到影响，故修复后在投入检测工作前必须重新检定。

3.1.3 具体应符合《电子测量仪器环境试验总纲》GB 6587.1 中 II 组的要求和规定。

3.2 检测方法

3.2.1 本条强调检测方法合理选择搭配，目的是提高检测结果的可靠性和检测过程的可操作性。表 3.2.1 所列方法是基桩检测中最常用的检测方法。对于钻孔灌注桩以及预制桩等桩型，可采用其中多种甚至全部方法进行检测；但对异型桩、组合型桩，表 3.2.1 中的部分方法就不能完全适用（如高、低应变动测法）。因此在具体选择检测方法时，应根据检测目的、内容和要求，结合各检测方法的适用范围和检测能力，考虑设计、地基条件、施工因素和工程重要性等情况确定，不允许超适用范围滥用。同时也要兼顾实施中的经济合理性，即在满足正确评价的前提下，做到快速经济。

3.2.2 本规程所述设计等级应根据《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中的有关规定确定。

3.2.3 工程桩的承载力和桩身完整性（或桩身质量）是现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 桩基验收中的主控项目，也是现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 和现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 以强制性条文形式规定的必检项目。

3.2.4 单位工程一般指桩基分项工程同条件下一次性验收单元的工程。

3.2.7 桩基检测严格来讲都是成桩之后进行检测，系事后检验，有时发现问题后的补救处理非常麻烦，费时费力，影响工期，还要投入相当大的资金。因此，对大直径钻孔灌注桩成孔后的成孔质量进行检测，及时了解孔形、孔径、孔壁垂直度和孔底沉渣等情况，以便对存在问题的桩孔在浇灌混凝土之前采取补救处理措施，这要比成桩后发现问题再进行处理简便易行，有事半功倍之效，为事先预防性检验，并体现过程控制的思想，应当大力提倡。

3.2.8 进行打桩监控可以减少桩的破损率，选择合理的入土深度，进而提高沉桩效率。

3.3 检测数量

3.3.1 ~ 3.3.2 由于基桩检测是抽样检测而且要对拟建场地内的桩基情况进行评价，所以严格规定如何确定检测数量是必要的，只有在满足抽样原则、抽样比例和检测数量的前提下，才能够对桩基作出正确的评价。

3.3.3 静载荷试验的检测数量没有考虑拟建场地内基桩数目较少的情况（例如 50 根以内），这是因为，1、静载荷试验检测的数量本来就很少，不宜再减少；2、采用最少 3 根的奇数，在出现异常情况时可以有 一个多数与少数的基本判断，而不至于出现两根试桩时的各 50% 的尴尬局面。

3.3.4 检测比例定为 5% 的原因是，天津市岩土地质条件复杂，局部变化很大，需要适当增加数量和比例，以能有效控制及合理评价。当发现桩基工程存在质量问题，需要对桩基施工质量做出总体评价时，检测比例和数量宜适当增加。

3.3.5 异型（非等直径）桩的出现适应了桩基市场的需求，但由于施工技术和施工管理的相对滞后，其施工质量存在不稳定性，在推广应用逐渐成熟的过程中，宜按成桩质量可靠性较低考虑检测数量。

采用钻芯法检验灌注桩的桩身完整性，应结合设计要求、施工记录和其它检测方法的检测结果，经过综合分析，对质量确有怀疑或质量较差的、有代表性的桩进行检测。

3.4 检测桩位的确定

3.4.1 本条的制定是基于，在检测数量、比例确定后按照一定原则事先确定桩位再进行检测，其检测结果及其分析具有代表性和

真实性，可信度高。

3.4.2 基桩检测系抽样检测，所以应当有一定的原则。如果设计或监理方有另外的抽样原则，应按设计或监理方的书面要求进行，并在检测报告中予以说明。另外，本条所述的抽样原则是有先后顺序的，应依次考虑，不应颠倒。

对于本条第一款情况的检测应为 100%，且不应包括在正常的检测数量比例之内。换句话说，就是每个检测工程的检测数量应为对施工质量有问题或有疑问的桩进行 100% 的检测，再加上 3.3 节中所规定的检测数量比例。

天津工程建设标准
电子文件仅供参考
请以正式出版物为准

3.5 检测前的准备

3.5.1 所搜集的各种资料应为委托方提供或检测机构直接搜集的各勘测设计单位的有效（有公章、有责任人签字）报告图件，设计单位的检测要求应为书面有效文本或在有效图件上文字注明。基础资料不齐全、试验检测所需数据不是书面有效文本或图件、检测场地不具备进场条件，不应组织进测。

3.5.2 检测实施方案是检测机构对建设方在技术质量、仪器设备、人员组织、检测周期以及其它多方面的承诺，应当认真编写并遵照实施。如需变更应及时与建设方协商，取得其谅解和同意。

检测实施方案宜包括以下内容：工程概况、建设方的委托要求、所选用的检测方法及依据的检验标准、抽样原则、拟投入的仪器设备、检测时间进度安排、准备提交的成果资料以及其它应当说明的事项等。

3.5.3 如果工作状态不正常，其检测结果肯定失真，因此检测机构应当建立并保存每项基桩检测工程前的仪器仪表工作状态情况记录。

3.5.4 本条第三款所指的休息时间，首先应满足桩身强度的要求，其次应根据桩侧主要土质情况确定，适当考虑桩端土质情况。

3.6 确认检测与扩大检测

3.6.1 ~ 3.6.4 这四条内容系针对检测中出现缺乏依据或难以定论的情况，规定了可行的确认检测原则。确认检测的目的是，采用更为适宜的检测方法对原检测方法发现而又不能认定的问题进行

进一步的检测，用以解决以下问题：1、桩身完整性分类的定论；2、某个被检桩可否正常使用。需要指出的是，尽管在基桩质量检测中承载力和完整性这两项内容缺一不可，但实际上桩身完整性不符合要求和单桩承载力不满足设计要求的相互独立的两个概念。有可能完整性为 I、II 类而承载力达不到设计要求；有可能竖向抗压承载力满足设计要求而完整性为 III 类或 IV 类；另外，如桩身出现水平裂缝或断裂，其完整性为 III 类或 IV 类，可能竖向抗压承载力尚满足设计要求，但是水平承载力肯定不能满足要求。因此，通过确认检测进一步查明桩基在结构安全和耐久性是否存在隐患，是十分必要的。

3.6.5 扩大检测数量应根据地质条件、设计等级、桩型、施工质量等因素合理确定，并应经有关各方确认。

3.7 检测结果评价

3.7.1 桩身完整性分为四类，与现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 保持一致，同时也符合天津市的基桩检测实际情况。基桩完整性检测中，由于使用的检测方法不同，有可能出现对同一根桩，不同检测方法得到桩身完整性的类别不一致，此时，首先应尽可能多选用几种检测方法进一步检测判断，在得不到一致判定的情况下，应取较保守的判定结果。

4 静载荷试验

4.1 一般规定

4.1.1 本条实际指出，在设计阶段因布桩需要为确定单桩承载力而做的静载荷工作才是传统意义上的载荷试验。在工程桩施工完毕后为检验施工质量和承载力是否达到设计要求而做的静载荷工作，严格说来是静载荷检测。但是，为了延续和简化起见，仍然统称静载荷试验。

4.1.2 为了得到试桩的实际极限承载力，在设计锚桩尺寸和锚筋直径数量的选择上，在选用加载装置时均应充分考虑极限承载力的最大可能，宜在一般规律和原则基础上再加 50% 的配置。例如，预估极限承载力为 1800kN，如果是锚桩反力装置，通常根据加载设备情况选用 2000kN~3000kN 的装置，为做到实际极限荷载，宜选用 3000 kN~5000kN 的装置；如果是压重平台反力装置，按照一般规定，千斤顶以上的压重不应小于 $1800 \times 1.2 \text{kN}$ 即可，但此时不应小于 $1800 \times 1.7 \text{kN} \sim 1800 \times 2.0 \text{kN}$ 。

4.1.3 静载荷试验的承载力不能满足设计要求，单从载荷试验曲线上有时很难准确判断其原因，在载荷试验前后采用低应变法检测桩身的完整性并观察载荷试验前后的桩身完整性变化情况，有助于正确分析判断由于桩身结构问题造成承载力不满足设计要求的现象。另外，亦可事先发现锚桩桩身质量问题，避免贸然试验检测。

4.2 单桩竖向抗压静载试验

4.2.1 大吨位静载试验时，往往采用多个千斤顶并联加载，由于现阶段不大可能在每个千斤顶各放一个测力传感器分别进行力的测量，一般均是在某一千斤顶上放置测力传感器，然后在观测仪器的系数输入上进行调整。当千斤顶的合力未能通过被检桩横截面的形心或合力方向不垂直时，或者各千斤顶实际受力不等，观测仪器所显示的数值并非实际桩顶受力；或者容易使桩顶、桩头部分损坏。因此，多个千斤顶的合力是否通过被检桩横截面的形心应严格计算和测量，并应保存实际测量的记录备查。

4.2.2 无论采用哪种加载装置，都应当保证整个装置的横平竖直，使竖向荷载全部作用于与水平面垂直的桩轴线方向上。根据天津市的实际情况，对于大型桩（极限承载力大于 2000 吨）宜采用锚桩横梁反力装置。

4.2.3 采用工程桩做锚桩时，应监测其上拔量，可以有效监控整个加载装置在试验过程中的变化情况，一是可以防止出现锚桩上拔超量，无法在工程中使用；二是根据上拔量可以判断试验装置是否出现倾斜现象，及早采取预防或补救措施。另外，即便是单独进行试桩，其锚桩的上拔量亦应监测。

4.2.4 静载荷试验是目前基桩检测中一项基准性的工作，更应当强调所得数据的准确与精确。

试验装置以及出力系统（千斤顶）的安放是否符合试验要求是关系到观测记录数据是否准确的一个重要原因，应当在试验过程中注意避免在竖向加载过程中产生较大的水平分力。只测定油路压力，并不能完全代表桩顶的实际受力状况，因此应优先选用直接置放于千斤顶上的测力传感器。

本条第2款所规定的对某些不能直接读取数值的电子式位移计应用机械式百分表同步校核，是考虑到静载荷试验过程中的昼夜温度变化及其它因素所引起的这类电子仪表的温度漂移和零点漂移等有可能影响到静载荷试验位移量的观测精度，因此，应用无温漂和零漂的机械式百分表予以校核。

本条第4款的规定，目的是直接得到桩顶在荷载作用下的实际沉降数值，避免由于种种原因或理由而未将测定平面安置在桩顶平面以下，从而带来非检测需要的附加沉降。

其它各款规定的目的都是为了保证试验检测数据真实、准确、可靠，使各种人为或外界的影响降到最低限度。

4.2.6 这里规定的是量测仪表的最低技术要求，在试验检测工作中不得擅自降低标准。本条第1款对于位移计的规定源于现行国家标准《大量程百分表》GB 6311中的规定。

4.2.7 本条第1款的要求，是考虑到如果试桩的桩型尺寸、成桩工艺和质量控制标准都高于工程桩，试桩的试验结果亦可能偏高，会影响设计人员布桩时的取值，有可能造成桩基的安全储备不够，因此，在这里予以强调。

本条第2款的规定，是为保证静载荷试验时的桩顶受力顺利传递到整个桩身。

4.2.8 竖向静载荷试验的加荷方法有很多种，都可以在科学试验或实验室模型试验中研究使用，检验理论假设，摸索规律。但是，在本市按本规程进行的竖向静荷载试验只能采用慢速维持荷载法，不得采用其它加荷方法。

为了更准确地确定桩的极限承载力，可以根据现场试验曲线的变化趋势和桩顶沉降的情况以及设计人员的要求，在最后1~2级按半级加荷。

4.2.10 终止试验条件中容易忽略的是第3款，往往沉降刚一超过40mm就停止试验，这样做是不符合要求的，必须区别不同的检测目的严格按照本规程的规定继续试验。

4.2.11 规定作图纵坐标最大取值的目的是，减少由于纵坐标任意取值所带来的曲线形态的人为因素变形，另外，同一场地的试桩曲线相互之间在统一纵坐标取值上具有较强的可比性，易于对照分析和比较。

4.3 单桩竖向抗拔静载试验

4.3.1 基桩在抗压试验后再做抗拔试验，其休止时间应根据桩侧最差土质按表3.5.4确定。此外，不得在抗压静载试验的同时利用锚桩进行抗拔静载试验。

经低应变法检测判定为Ⅲ、Ⅳ类的桩，桩身中、下部位有明显扩径的桩，不宜作为抗拔试验桩。对有接头的预制桩，应验算接头强度。为设计提供依据的抗拔灌注桩在施工成孔后应进行成孔质量检测。

本条所附抗拔静载试验装置图只是其中一种做法，只要不违反本规程的具体规定，还可采用其它类型抗拔静载试验装置。

4.3.2 同4.2.4条的说明。

4.4 单桩水平静载试验

4.4.3 单向多循环加卸载法主要是模拟实际结构的受力形式。当需要考虑长期水平荷载作用影响时，宜采用第4章第4.2.8条所规定的慢速维持荷载法。

4.4.6 对于混凝土长桩或中长桩，随着水平荷载的增加，桩侧土体的塑性区自上而下逐渐展开扩大，最大弯矩断面下移，最后形

成桩身结构的破坏。所测水平临界荷载为桩身产生开裂前所对应的水平荷载。由于只有混凝土桩才会产生开裂，所以只有混凝土桩才有临界荷载。

4.4.9 水平承载力特征值除与桩的材料强度、截面刚度、入土深度、土质条件、桩顶水平位移允许值有关外，还与桩顶边界条件（嵌固情况和桩顶竖向荷载大小）有关。

桩顶自由的单桩水平静载试验得到的承载力和弯矩仅代表试桩条件的情况，欲得到符合实际工程桩嵌固条件下的受力特性，需将试桩结果转化，而转化的关键是求得地基土水平抗力系数的比例系数 m 值。考虑到水平荷载-位移关系的非线性且 m 值随荷载或位移的增加而减小，有必要给出 H_0-m 和 Y_0-m 曲线并按以下考虑确定 m 值：

- 1 可按设计给出的实际荷载或桩顶位移确定 m 值。
- 2 设计未作具体规定的，可取水平承载力特征值对应的 m 值。

与竖向抗压、抗拔桩不同，混凝土桩在水平荷载作用下的破坏模式一般为弯曲破坏，极限承载力由桩身强度控制。因此，在单桩水平承载力 H_a 的确定上，不采用水平极限承载力除以安全系数的方法，而是将桩身强度、开裂或允许位移等条件作为控制因素。不过，也正是因为水平承载桩的承载能力极限状态主要受桩身强度制约，通过水平静载试验给出的极限承载力和极限弯矩对强度控制设计非常必要。

抗裂要求不仅涉及到桩身强度，也涉及桩的耐久性，本条第 3 款虽然可以按照设计要求的水平允许位移确定水平承载力，但根据《混凝土结构设计规范》GB 50010，只有裂缝控制等级为三级的构件，才允许出现裂缝，而且桩所处的环境类别至少是二级以上（含二级），裂缝宽度限值为 0.2mm。因此，当裂缝控制等

级为一、二级时，水平承载力特征值就不应超过水平临界荷载。

预应力混凝土管桩和预应力混凝土空心方桩确定单桩水平承载力特征值所采用的桩顶水平允许位移数值，是依据天津市工程建设标准《预应力混凝土空心方桩技术规程》DB 29-213-2012 中第 4.2.5 条的规定。

天津工程建设标准

电子文件仅供参考

请以正式出版物为准

5 高应变法

5.1 一般规定

5.1.1 高应变动力检测是近 50 年来国内外发展起来的一项新的基桩测试手段，在我市推广应用也已有约二十年的时间，但是，由于桩土体系相互作用关系十分复杂，需要检测人员对其理论基础以及桩的受力状况、荷载传递机理等有比较充分的了解和认识，而且高应变动力检测的数学模型以及其分析计算中的假定还不能精确地反映实际桩土体系受力状态，在我市实践的经验表明，高应变动力检测分析计算过程中尚有许多不定因素，不仅需要动静对比试验数据，而且在较大程度上还要依赖检测人员的经验和分辨能力，事实上，这项检测技术仍然处在发展、完善之中，因此，高应变动力检测目前只能判定而不是确定基桩的承载力。换句话说，当对高应变检测出的承载力数值有所怀疑时，其验证手段只能是静载荷试验。此外，高应变检测要得到桩的极限承载力，必须使桩侧和桩端的土阻力充分发挥，否则得不到桩承载力的极限值，只能得到桩承载力的实测值。

高应变动力检测桩身完整性，是在判定基桩承载力同时，根据所计算出桩身完整性系数、力与速度曲线的特征以及彼此之间的相互关系分析得出的，尤其在判定桩身水平整合型缝隙、预制桩接头等缺陷时有其明显的优势。如果是按一定数量比例普查检测拟建场地内的桩身完整性，宜采用较为快捷、方便的低应变法。

高应变检测技术是从打入式预制桩发展起来的，试打桩和打桩监控是其特有功能，静载荷试验无法做到。

5.1.2 “相近条件”系指在天津市范围内同类场地土质情况下所做的动静对比验证，当然最好是有本场地的动静对比试验资料。

除了嵌入基岩的大直径桩和纯摩擦型大直径桩外，通常大直径灌注桩、扩底桩由于尺寸效应其静载试验曲线为缓变型，桩端阻力发挥所需要的位移很大；另外，在土阻力相同条件下，桩身直径增加，桩身截面阻抗（或桩的惯性）按直径的平方关系增加，锤与桩的匹配能力下降。而多数情况下高应变检测所用锤的重量有限，很难在桩顶产生较长持续时间的作用荷载，达不到使土阻力充分发挥所需的位移量。因此，不宜用高应变方法对此类桩进行竖向抗压承载力检测。本条所指大直径的含义，为桩的直径大于等于 0.8m。

5.2 检测仪器设备

5.2.3 导杆式柴油锤荷载上升时间过于缓慢，容易造成速度响应信号失真。

5.2.4 ~ 5.2.5 高应变法检测时提倡和鼓励重锤低击，桩越大越长，越应采用相对较重的锤，才有可能得到比较理想的信号，同时也有利于桩极限承载力的正确判定。

5.2.6 实测桩的贯入度可以增加分析计算的可靠度，对提高高应变动力检测精度很有帮助，应当对每一锤均进行实测。

由于落锤时对桩的冲击使桩周土产生振动，按照静载荷试验设置基准梁、基准桩的方法测量桩的贯入度会有较大误差和干扰，因此宜采用精密水准仪、激光变形仪等仪器测定。

5.3 检测前的准备

5.3.1 如果桩头制作形状不符合要求，会直接影响检测信号质

量，对检测结果分析和计算带来麻烦和误差。

5.3.2 除了桩头完好的预制桩外，一般均应对桩头进行处理和加固，从而使桩头经受 3~5 次锤击后仍然保持完好，不仅保证锤击力正常传递，更重要的是易于得到较为理想的测试信号。

5.4 现场检测

5.4.2~5.4.3 有关力和加速度传感器的安装、锤击落距、桩垫、有效锤击次数等项规定的目的都是为了保证测试信号真实、可靠、有效，从而使测得的承载力数值最大限度的反映客观实际状况。

5.4.4 出现异常信号后，应分析查找原因，排除故障后方可继续检测。在现场必须确认所采取信号的质量，如不符合本规程规定，必须重做，直到获得合格信号为止。

5.5 检测数据的处理和分析

5.5.2 内业分析计算以前应确认各锤信号的质量，选取符合要求的锤击信号进入分析计算。锤击偏心是指两侧力信号之一与力平均值的差值超过平均值的 30%。通常，锤击偏心很难避免，所以严禁用单侧力信号代替平均力信号。

5.5.3 桩底反射明显时，平均波速也可根据速度波形第一峰起升沿的起点和桩底反射峰起点间的时差与已知桩长值来确定。对桩底反射峰变宽或有水平裂缝的桩，不应根据峰与峰间的时差来确定平均波速。桩较短且锤击力波上升缓慢时，可采用低应变法确定平均波速。

5.5.4~5.5.5 通常当平均波速按实测波形改变后，测点处的原设定波速也按比例线性变化，模量则按平方关系改变。当采用应变

式传感器测力时，多数仪器未直接保存实测应变值，如有些仪器是以速度的单位存储。如果模量随波速改变后，仪器不能自动修正以速度为单位存储的力值，则应对原始实测力信号进行修正。

除了采用应变式传感器测力时，测点处混凝土的非线性造成力值明显偏高这种情况可适当减小力值，以避免计算的承载力偏高外，其它情况的比例调整都会造成实测信号的畸变，所以严禁将实测力或速度信号重新标定。

5.5.6 高应变分析计算结果的可靠程度取决于所使用的仪器、分析软件和检测人员的素质三个要素。其中，起决定作用的是具有坚实理论基础和丰富实践经验的高素质检测人员，因此，使用高应变法进行承载力分析计算前，应由具备高素质检测人员对信号做出定性检查和正确判断。

5.5.7 出现本条所述情况时，由于高应变法难以分析判定承载力和预见桩身结构破坏的可能性，故应进行确认检测，并宜采用静载荷试验方法。

5.5.8 凯司法的计算公式（式 5.5.8-1 和式 5.5.8-2）有下列三个假设前提：1. 桩身阻抗基本恒定；2. 动阻力只同桩端的质点运动速度成正比，即全部动阻力集中于桩端；3. 土阻力在 $t_1 + 2L/c$ 时刻已充分发挥。因此，凯司法只适用于中、小直径预制桩和截面较均匀的灌注桩，对于天津这样以摩擦型桩为主的地区比较适宜。但应当注意的是，在凯司法计算过程中所使用的无量纲阻尼系数 J_c 其定义为仅仅与桩端土性有关，一般随着土颗粒由粗到细逐渐增大。 J_c 取值是否合理将在很大程度上决定凯司法计算承载力的准确性，故规定应采用静动对比试验或用实测曲线拟合法反算 J_c 值，以能控制凯司法计算承载力的准确度。

表 1 天津地区高应变法阻尼系数 J_c 参考取值

桩端土类	阻尼系数 J_c 参考取值
中粗砂	0.15~0.20

续表 1

粉细砂	0.20~0.30
粉土	0.30~0.35
粘性土	0.40~1.00

5.5.9 采用实测曲线拟合法时，土阻力的分段取值应根据该场地被测桩附近钻孔地质资料或静力触探结果，拟合分析时所选定的参数应与实际桩的受力状况吻合。由于拟合所用桩土参数的数量和类型繁多，各个参数及其相互间耦合的影响十分复杂，所拟合的结果又并非唯一解，需要通过综合比较判断进行取舍。因此，正确判断取舍条件的要点是参数取值应在岩土工程的合理范围内。

5.5.10 高应变检测的承载力有可能离差较大，为了避免可能高估承载力的危险，对极差与平均值之比超过 30%的“高值”，不应参与平均，并应进一步分析原因。

5.5.11 高应变检测桩身完整性实际上是检测桩身阻抗变化，不宜判别缺陷的性质（变径、松散、蜂窝、空洞等）。高应变方法的长处在于，1、信号能量大；2、可以对缺陷程度作定量计算；3、连续锤击可以观察缺陷的扩大和逐步闭合情况等。

但是高应变方法锤击的荷载上升时间一般不小于 2ms，因此对桩身浅部缺陷的判断存在盲区。在这种情况下，不能根据式（5.5.11-1）来判定缺陷程度，也不能定量给出缺陷的具体位置，只能根据力和速度曲线的比例失调程度来估计浅部缺陷程度，尤其是锤击力波上升非常缓慢时，还大量耦合有土阻力的影响。

5.5.12 桩身锤击拉应力是混凝土预制桩施打抗裂控制的重要指标。在深厚软土地区，打桩时侧阻和端阻虽小，但桩很长，桩锤可以正常爆发起跳，桩底反射回来的上行拉力波的头部（拉应力幅值最大）与下行传播的锤击压应力波尾部叠加，在桩身某一位产生净的拉应力。当拉应力强度超过混凝土抗拉强度时，引起

桩身开裂。开裂部位一般发生在桩的中上部，且桩越长或锤击力持续时间短，最大拉应力部位越向下移。

打桩过程中会突然出现贯入度骤减或拒锤现象，一般是遇到硬层（基岩、孤石、漂石等）。继续施打会造成桩身压应力过大，导致桩身破坏。最大压应力部位不一定出现在桩顶，而是接近桩端的部位。

天津工程建设标准

电子文件仅供参考

请以正式出版物为准

6 低应变法

6.1 一般规定

6.1.1 低应变法检测系根据桩身阻抗变化所造成测试曲线波形形态、相位以及波幅的特征来进行判断分析的，所以，该方法的长处是在正常情况下能够比较准确地判断桩身缺陷及其所在位置，但对于缺陷的性质（缩径、夹泥、裂缝、松散等）目前只能是推断分析。此外，对灌注桩而言，具体到每根桩的波速很难准确确定，只能根据场地内的平均波速来计算桩长，因此，随着所选择的平均波速与被测桩真实波速的差异大小，其计算出的桩长与实际桩长可能有较大的出入，只能作为参考；另外，波速与砼强度之间的相关关系十分复杂，不是简单的一一对应关系，故根据波速的数值只能大致估计推测砼强度等级，而且这个强度等级是平均强度概念。由于实际的桩身强度远非平均强度指标所能够评价的，所以砼强度等级的实用意义不大。

目前，可以用低应变法检测某些新型桩或异型（非等直径）桩的桩身完整性：例如，夯扩短桩等截面桩身部分的完整性，并可根据该等截面桩身底部反射信号的相位和波幅大小来判断等截面桩身与其下梨形扩大体的胶结程度；又如支盘桩从桩顶到第一支盘段的桩身完整性。

但是，低应变法不能用于基桩承载力的检测，也不适用于如水泥土搅拌桩、碎石桩、薄壁钢管桩和类似于 H 型钢桩的桩身完整性检测。

6.3 现场检测

6.3.1 处理目的是得到理想的测试信号，便于分析解释。此外，本条所列的三款处理要求都应当满足，否则，会造成信号不好或失真，容易判断错误。

6.3.2 现场检测不能手扶速度传感器进行测试。这是因为手扶传感器很难保证一点不动，而且难以保持正直，不容易得到比较理想的测试信号。

6.3.3 现场检测时，至少要采用高频锤与低频锤两种击振方式。

6.4 检测数据的处理和分析

6.4.3 对于低应变法的桩身完整性分类，历来争议较多，实际运用也有个人不同的理解和认识，有时让用户无所适从。由于目前还不可能做到对桩身完整性进行量化分析解释，因此，只能作以下较为详细的定性解释说明，帮助检测人员在定性分类时参考。

1 根据反射波波幅形态特征和有关资料进行桩身完整性判断分类，与桩的施工质量分类出发点不一样，所依据的判断目标或参数不一样，检测分类与施工质量分类之间不存在必然联系，不能将检测分类代替施工质量分类。

2 在正常情况下，I、II类桩的承载力是能够满足设计要求的（也有例外情况）。对于III类桩，尽管其桩身存在明显缺陷，但其竖向抗压承载力不一定不满足设计要求，需要采用进一步的检测方法予以确认。IV类桩由于其缺陷严重甚至断桩，所以一般来说承载力不能满足设计要求，但是也有特例，比如素混凝土桩，桩身水平裂缝至断桩，但只要裂缝宽度不大（几个毫米），其竖向抗压承载力几乎不受影响，该桩的水平承载力不能满足要

求。考虑到虽然有的建筑物按照规范不进行地震荷载验算，但是在天津地区地震作用的水平力存在，而低应变法判定为IV类断桩，又不能进一步确定断裂的角度，因此本规程主张对III、IV类桩都应进行工程处理。

3 扩径桩从检测技术角度讲属于缺陷桩，但扩径缺陷对桩的承载力和使用一般不产生不良影响。

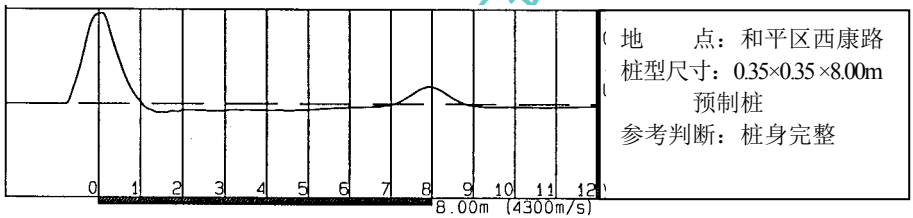
4 对于桩身缺陷程度的认识和判断，应充分考虑缺陷所在深度对缺陷反射波形形态和幅值的影响。同时，对地层从软变硬或反之所带来的测试曲线相应部位形态变化也应给予足够的重视。

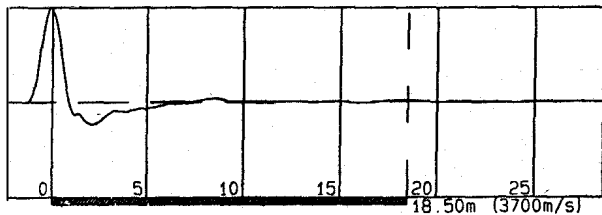
5 目前，尚没有比较合适的波速与砼强度的对照表，因为本来波速和砼强度之间就没有一个简单对应关系，但是仍然可以有一个经验范围，例如对于砼强度 C20 的混凝土，其波速就不大可能在 4000m/s 以上。

6 桩身完整性分类的类别确定还应参考施工、设计等方面的资料。例如，接桩位置、钢筋笼的长度、施工有否中断或掉入杂物等等。此外，也应考虑桩的类型（灌注桩、预制桩、夯扩短桩等）的影响。

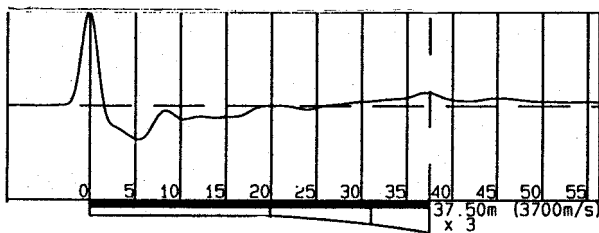
7 以下给出一些在天津市辖范围检测工作中遇到的反射波法实测曲线，作为桩身完整性分类的参考曲线。

1) I 类桩

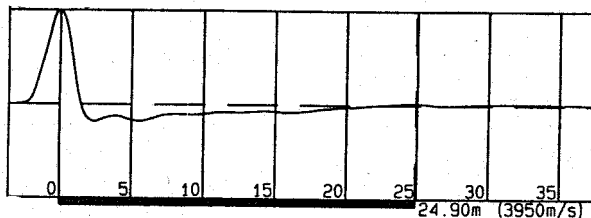




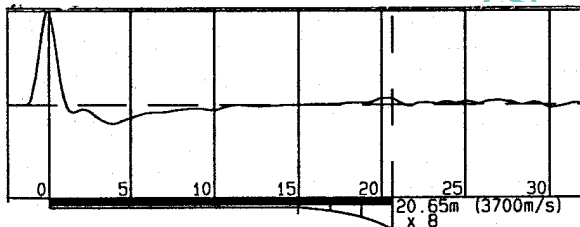
地 点: 大港石油化工厂
 桩型尺寸: 0.4×0.4×18.5m
 预制桩
 参考判断: 桩身完整, 接桩良好。



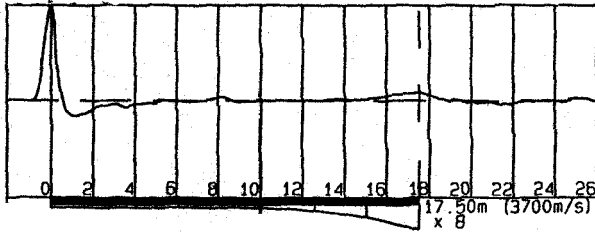
地 点: 津南区大站
 桩型尺寸: $\phi 1.0 \times 37.5$ m
 钻孔灌注桩
 参考判断: 桩身完整, 55~80m轻微扩径



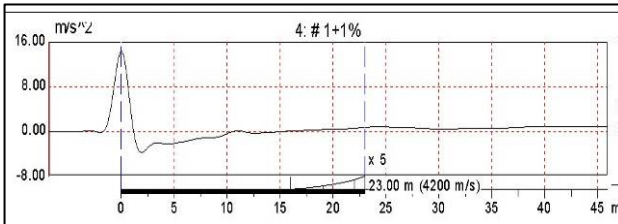
地 点: 保税区海滨十五路
 桩型尺寸: $\phi 0.6 \times 24.9$ m
 钻孔灌注桩
 参考判断: 桩身完整



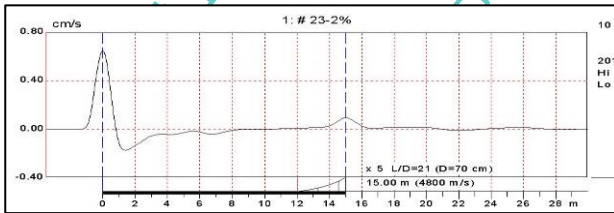
地 点: 河东区卫国道
 桩型尺寸: $\phi 0.6 \times 20.65$ m
 钻孔灌注桩
 参考判断: 桩身完整, 40m处有轻微扩径



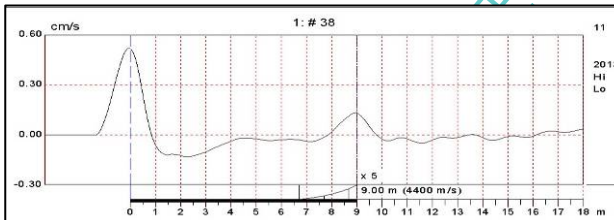
地 点: 河西区土城
 桩型尺寸: $0.35 \times 0.35 \times 17.5\text{m}$
 空心预制桩
 参考判断: 桩身完整, 8.5m
 处有轻微的接桩反应



地 点: 中新生态城
 桩型尺寸: $\Phi 0.40 \times 23.00\text{m}$
 预应力管桩
 参考判断: 桩身完整。

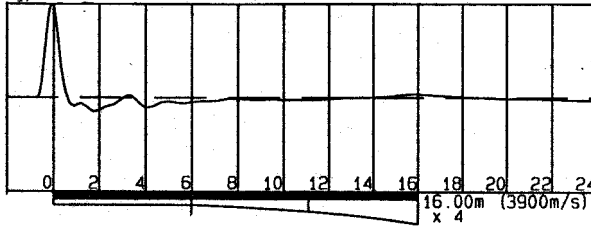


地 点: 南疆港
 桩型尺寸: $\Phi 0.40 \times 15.00\text{m}$
 预应力管桩
 参考判断: 桩身完整, 接
 桩良好

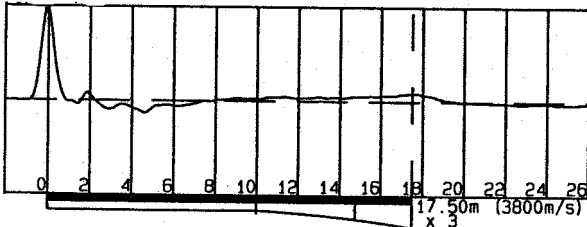


地 点: 宝坻
 桩型尺寸: $\Phi 0.40 \times 9.00\text{m}$
 预应力管桩
 参考判断: 桩身完整,
 接桩良好

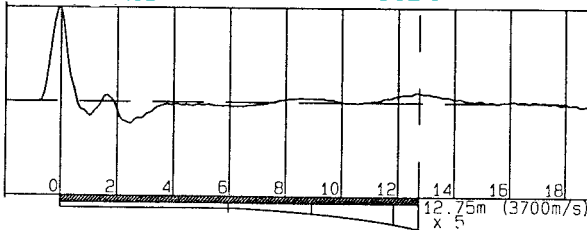
2) II类桩



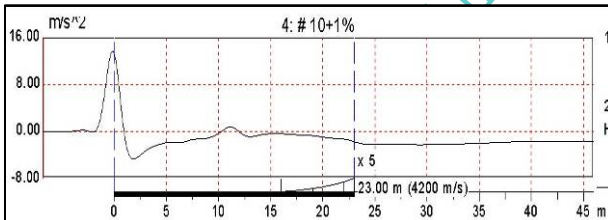
地 点: 河西区紫金山路
 桩型尺寸: 0.35×0.35×16.0m
 预制桩
 参考判断: 桩身基本完整



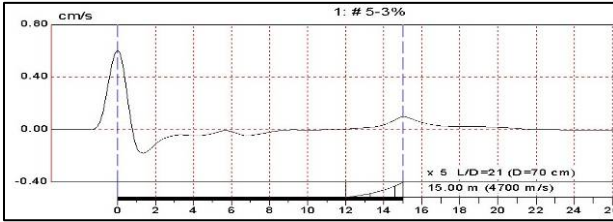
地 点: 河西区南北大街
 桩型尺寸: 0.35×0.35×17.5m
 预制桩
 参考判断: 1.9m处轻微缺陷



地 点: 河西区友谊路
 延长线
 桩型尺寸: ϕ 0.45×17.5m
 振动沉管灌注桩
 参考判断: 1.7m处轻微缺陷

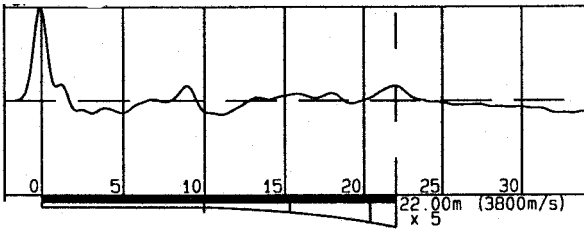


地 点: 中新生态城
 桩型尺寸: ϕ 0.40×23.0m
 预应力管桩
 参考判断: 桩身基本完整

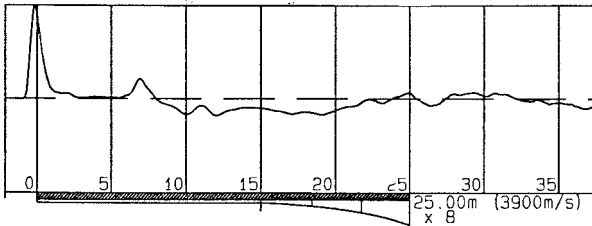


地 点：南疆港
 桩型尺寸：Φ0.40×15.00m
 预应力管桩
 参考判断：桩身基本完整

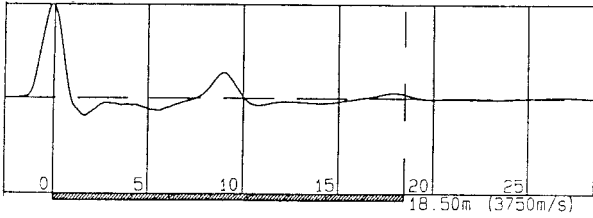
3) III类桩



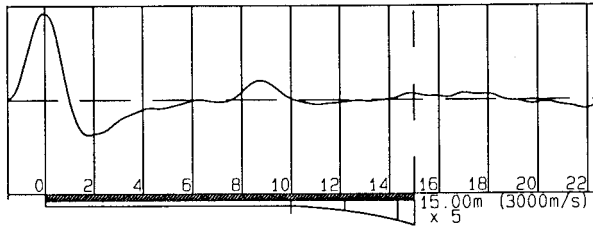
地 点：滨海新区塘沽解放路
 桩型尺寸：φ0.6×26.0m
 钻孔灌注桩
 参考判断：8m处明显缺陷



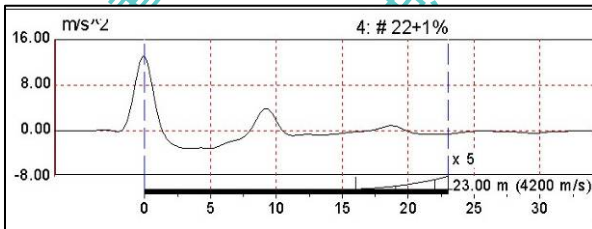
地 点：开发区第十大街
 桩型尺寸：0.35×0.35×25.0m
 预制桩
 参考判断：7m处明显裂缝，
 11m可见接桩反映



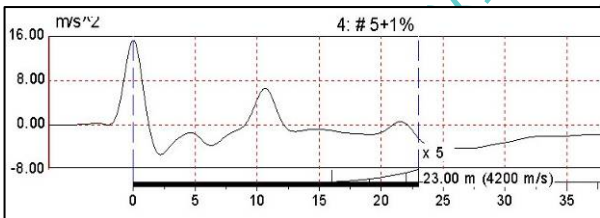
地点: 大港石油化工厂
 桩型尺寸: 0.4×0.4×18.5m
 预制桩
 参考判断: 8.5m 处明显接桩不良



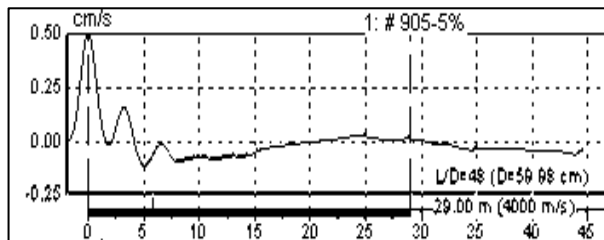
地点: 静海县梁头
 桩型尺寸: $\phi 0.6 \times 15m$
 钻孔灌注桩
 参考判断: 8.8m 处明显缺陷



地点: 中新生态城
 桩型尺寸: $\Phi 0.40 \times 23.00m$
 预应力管桩
 参考判断: 9m 处明显缺陷

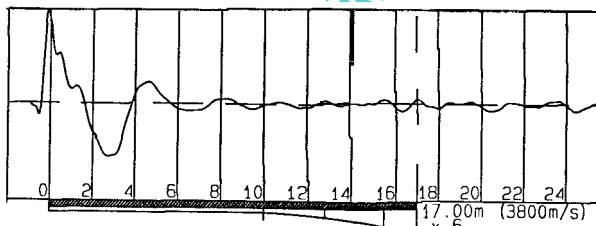


地点: 中新生态城
 桩型尺寸: $\Phi 0.40 \times 23.00m$
 预应力管桩
 参考判断: 接桩反应明显

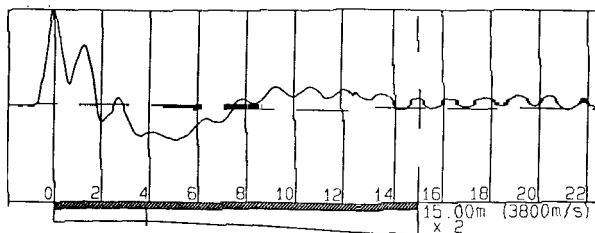


地点：某经济服务中心
 桩型尺寸： $\Phi 0.60 \times 29.00\text{m}$
 钻孔灌注桩
 参考判断：2.8m 明显缺陷
 验证情况：在 2.8m~3.5m 处有两道裂缝

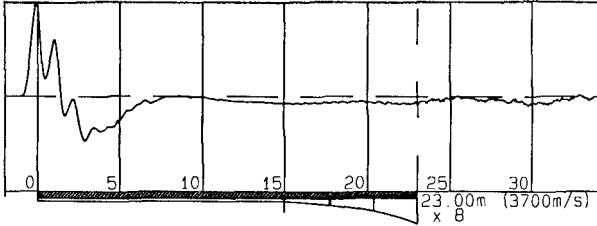
4) IV类桩



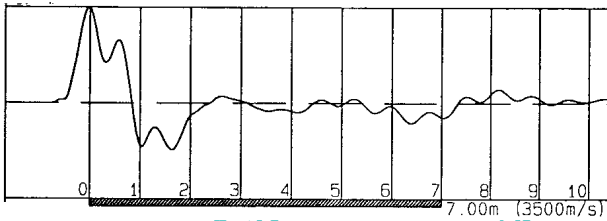
地点：河西区图书馆旁
 桩型尺寸： $0.35 \times 0.35 \times 17.5\text{m}$
 空心预制桩
 参考判断：0.5m 处严重缺陷
 验证情况：开挖至 0.38m 处，桩身断裂。



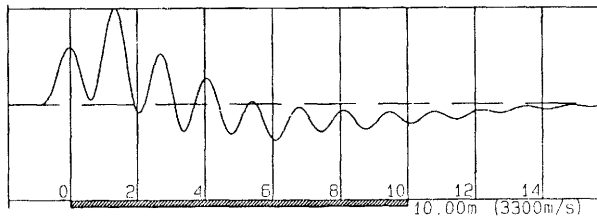
地点：开发区第五大街
 桩型尺寸： $\phi 0.45 \times 15.0\text{m}$
 振动沉管灌注桩
 参考判断：1.5m 处断裂
 验证情况：开挖至 1.2m 处发现断裂，延伸到 1.5m



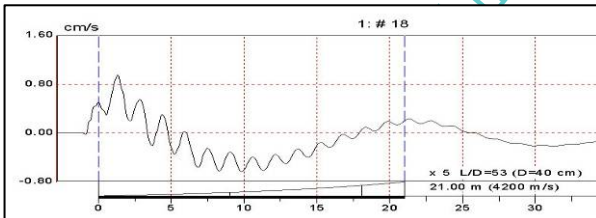
地 点：塘沽区河北路
 桩型尺寸： $\phi 0.45 \times 23.0\text{m}$
 振动沉管灌注桩
 参考判断：1.0m处严重缺陷
 验证情况：



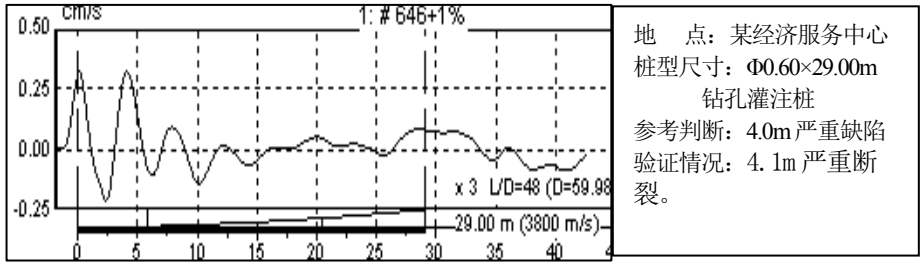
地 点：红桥区西青道
 桩型尺寸： $\phi 0.42 \times 7.0\text{m}$
 夯扩短桩
 参考判断：0.6m处严重缺陷
 验证情况：开挖可见0.6~
 0.7m断裂并夹泥



地 点：河北区中山路
 桩型尺寸： $\phi 0.43 \times 10.0\text{m}$
 CFG桩
 参考判断：浅部断裂
 验证情况：开挖可见0.6m
 处桩已断



地 点：南疆港
 桩型尺寸： $\Phi 0.50 \times 21.0\text{m}$
 预应力管桩
 参考判断：1m严重缺陷



以上参考曲线及相应的判断由天津市勘察院、天津市地质工程勘察院、天津大学土木工程检测中心等单位提供。此次修编新增加曲线和相应的判断由天津市勘察院提供。图幅大小为原图的70%。

7 声波透射法

7.1 一般规定

7.1.1 桩径较小时，由于声波换能器与声测管的声耦合会引起较大的相对测试误差，所以作出本条有关桩径的规定。

7.1.2 声波透射法要求各声测管绑扎（或焊接）在钢筋笼上，彼此平行安置，以便于用桩顶测得的管间距代表在桩身任一深度位置之间的水平距离，从而进行波速等各种测试数据的计算和分析。但由于施工等种种原因，使得检测前声测管之间出现局部不平行等现象，测试计算数据就会明显偏离正常值。如果能够确定声测管的倾斜情况（倾角、倾斜方向等），或可对其发射换能器和接受换能器之间的实际距离进行逐点修正，并重新计算各声测数据。倘若不能确认实际倾斜情况，无法进行合理修正，则不能将检测数据用于评价桩身完整性。

当声测管倾斜到一定程度而导致发射或接受换能器无法顺利下放时，不应勉强或强力冲击下放，仅提供可测深度范围内的桩身完整性情况。

作为检测方，应提前进入施工现场，观察并指导施工人员安放并固定声测管，避免出现由于种种意外而导致的声测管彼此之间不平行的状况。

7.2 检测仪器设备

7.2.2 采用径向振动水平面无指向性换能器是为满足振幅测试需要，以便于相对比较。柱状径向振动换能器有圆管式和增压式两种，增压式换能器因其增压管沿轴向有两条缝，在 360° 水平方向上表面振幅不均匀，有指向性，故不宜采用。

有效工作面轴向长度系指发射及接收压电元件的长度。

7.3 检测前的准备

7.3.1 声测管在桩中的位置，应基本等分桩的圆周。此外，在三管以上的声测管埋设过程中，应注意使声测管间相互平行，且距离尽可能相等，从而减少测距变化对声测精度的影响。

钢质声测管的连接接头形式一般采用外套管焊接连接；声波透射法检测多数情况是开挖前在地面检测，故规定声测管应出露“检测工作面”的高度，意指实际应将声测管接至地面以上连同桩的混凝土浇筑一起。

尽管塑料管的声能透过率要比钢管高出许多，但考虑到塑料的温度变形系数较大，受地下混凝土固化过程中热胀冷缩影响较大，容易导致混凝土与塑料管局部脱开，造成误判；此外，钢管可代替部分主筋，还可作为以后桩底压浆的通道，且安装较为方便。综合考虑，采用钢管或钢质波纹管作声测管为宜。当然，在能够保证塑料管与混凝土良好粘结的前提下，也可使用声能透过率较高的塑料管。

声测管在随钢筋笼下沉时，如果管内不注水，中空，当管底与接头密封不好时，泥浆或砂浆在很大的内外压差作用下会渗入

管内，导致声测管全部或部分报废。而及时注入清水，则会有效地防止这一现象的出现。

7.5 检测数据的处理和分析

7.5.5 在桩身缺陷的边缘，实测声时将发生突变，桩身存在缺陷的测点对应声时-深度曲线上的突变点。经声时差加权后的 *PSD* 判据图更能突出桩身存在缺陷的测点，并在一定程度上减小了声测管平行度差或混凝土不均匀等非缺陷因素对数据分析判断的影响。

7.5.7 接收信号的能量与接收信号的幅值之间存在着正相关关系，可以将约定的某一足够长时间段内的声波信号时域曲线的绝对值对时间积分后得到的结果（或约定的某一足够长时间段内的声波信号时域曲线的平均幅值）作为能量指标。接收信号的能量反映了声波在混凝土介质中的各个声传播路径上能量总体衰减情况，是测区混凝土质量的全面、综合反映，也是波形畸变程度的量化指标。

7.5.8 混凝土内存在缺陷，会使测试的声速、波幅、频率发生明显变化（降低），但三个声学参数单独用于缺陷判断，则各有其优点和局限性。声速相对于波幅和频率来说，受测试操作人员的经验影响较小，数据的稳定性和重复性较好，但缺点是变化幅度和范围不大，对缺陷反应不敏感。用频率判别缺陷的优点是变化幅度大，但如果测试技术不熟练，容易出现测试误差。波幅对缺陷反映十分敏感，但受仪器、基桩混凝土质量影响较大，造成不同桩之间的测试可比性降低，此外，测试精度相对较低。所以，用声波透射方法判断基桩桩身完整性时，应综合分析判断，并参

考其它资料和检测手段（如低应变法），不可仅根据单一判据下结论。

天津工程建设标准

电子文件仅供参考

请以正式出版物为准

8 钻芯法

8.1 一般规定

8.1.1 钻芯法检测的主要目的有以下四点：

- 1 检测桩身混凝土质量状况，如桩身混凝土胶结状况、有无气孔、离析、松散或断桩；桩身混凝土强度是否符合设计要求；
- 2 桩底沉渣是否符合设计或规范的要求；
- 3 判定或鉴别桩底持力层岩土性状；
- 4 施工记录桩长是否正确。

8.2 检测设备

8.2.1~8.2.2 本条对钻芯机械设备参数的规定是防止用性能较差的钻机钻具，影响钻芯取样的质量。

8.2.3 规定采用外径不小于 101mm 的金刚石钻头，是为了保证钻芯质量和芯样试件直径不致小于骨料最大粒径的 2 倍。如果芯样过小，容易折断磨损，会影响桩身混凝土完整性的评价。

8.3 现场检测

8.3.1 为准确确定桩的中心点，桩头宜开挖裸露。

8.3.2 灌注桩在浇筑混凝土时有可能出现浇捣不匀，不同深度或同一深度的不同位置混凝土浇捣质量可能不均，因此，合理布置

钻芯孔位，方能客观反映桩身的实际状况。

8.3.3~8.3.5 对钻机安装操作的要求，其目的是保证钻孔的垂直度和芯样的采取率，从而完整、正确地评价桩身全长混凝土完整性和桩底持力层状况。

8.3.6 钻至桩底，应减压、慢速钻进，如遇钻具突降，应立即停钻，及时量取机上余尺，准确记录孔深等数据，以便检测桩底沉渣或虚土厚度。

8.3.8 桩身混凝土芯样的描述包括混凝土钻进深度，芯样连续性、完整性、胶结情况、表面光滑情况、断口吻合程度、芯样是否为柱状、骨料大小分布情况，气孔、蜂窝、麻面、沟槽、离析、破碎、夹泥、松散的情况，以及取样编号和取样位置。

持力层的描述包括持力层钻进深度，岩土名称、芯样颜色、结构构造、裂隙发育程度、坚硬及风化程度，以及取样编号和取样位置。

8.3.9 及时测量钻孔斜与否，可以防止钻孔偏离桩体，避免钻芯提前中止；同时也可检验桩身是否倾斜。

8.3.10 应先拍彩色照片，后截取芯样试件。

8.3.11 回灌补孔的灌浆材料可采用树脂类或微膨胀水泥类的细骨料混凝土。

8.4 芯样试件截取与加工

8.4.1 芯样试件的截取应能客观反映桩身混凝土的实际状况，综合考虑多种因素考虑，每孔按上、中、下三个部位截取芯样试件。当混凝土芯样均匀性较差时，应增加取样数量。

芯样试件要求完整，不应有缺损，否则应说明缺损情况。

所有芯样试件应标明其取样深度或标高。

8.4.4 钻芯过程中，由于钻机振动、钻具摆动等，致使芯样的直径在各个方向不十分均匀，所以只能采用平均直径表示，但因直径对芯样试验结果影响较大，为使截面面积误差控制在 0.1% 范围内，故平均直径应精确至 0.5mm。

考虑到芯样垂直受压的均匀性，对芯样垂直度进行规定。

8.4.5 不同高径比的芯样试件换算成标准高径比芯样试件强度时，需要乘以相应的修正系数。为了避免修正系数影响试验结果的准确性，规定芯样试件高径比为 1，因此，芯样试件高度小于 $0.95d$ （ d 为芯样试件平均直径）或大于 $1.05d$ 时不能用来进行抗压强度试验。

在国家混凝土标准中，芯样试件直径不宜小于骨料最大粒径的 3~4 倍，考虑到现场灌注桩的实际情况，在本条中规定表观不得小于 2 倍，实际上是指任何情况下不得小于骨料最大粒径的 2 倍，否则试件强度的离散性较大，这样的芯样在压碎后检查粒径发现直径小于骨料最大粒径的 2 倍，并且强度值异常偏高时，该结果不应再参与统计计算，应按异常值处理。

8.5 芯样试件抗压强度试验

8.5.1 芯样试件抗压破坏时的最大压力值与混凝土标准试件明显不同，芯样试件抗压强度试验时应合理选择压力机的量程和加载速率，以保证试验精度。

8.6 检测数据的处理和分析

8.6.1 混凝土芯样试件的强度值不等于在施工现场取样、成型、同条件养护试块的抗压强度，也不等于标准养护 28d 的试块抗压

强度。国内各地的试验结果表明，目前尚不能采用一个统一的换算系数来反映芯样强度与立方体强度的差异，因此不对芯样强度进行修正。

混凝土芯样试件抗压强度的离散性比标准试件大得多，取平均值是一种简单实用的方法。但当一组三个试件芯样强度出现最大值与最小值的差值和平均值相比超过 30%时，应取最小值为该桩该深度处的混凝土芯样试件抗压强度代表值。

8.6.3 桩底持力层的判定或鉴别应有岩土工程地质专业人员参与，并应符合《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

9 检测报告

9.1 一般规定

9.1.1 应根据不同检测方法，例如静载荷（竖向抗压、竖向抗拔、水平）试验、高应变法、低应变法、声波透射法、钻芯法等检测的特性、检测目的和检测作业条件，详细叙述确定主体（哪个机构或单位）、确定原则（随机或是均匀分布抑或根据结构特点等）、确定时间（是施工前确定、施工后确定或是基坑开挖后确定）。

9.1.2 对异常情况的出现过程应做简要叙述，同时分析其可能的原因，并从检测角度提出应采取的措施，供有关方面参考。

9.2 对不同检测方法的要求

9.2.1 在报告中图示或列出本条所规定的内容，便于有关部门对检测活动过程中的技术质量进行监督和检查，也可以与检测方案核对，有利于检测的质量控制。

9.2.2 国内生产的某些型号的仪器，在分析计算过程中不能显示或最后出图时不能打印本条所要求的各项参数，给报告图件的审核带来困难，这类仪器在实际工作中不应使用。

附录 B 磁测井法检测钻孔灌注桩钢筋笼长度要点

B.1 适用范围

磁测井方法是由地球物理探测手段发展而来，它是以磁性体磁场的空间分布理论为基础，研究磁性体周围的磁场变化特征和分布规律，从而对磁性体空间分布性状作出分析判断。

钢筋笼、含有钢筋的建构筑物以及其他铁磁性物体均是铁磁性物质，在其周围均形成很强的磁异常。这是进行检测的地球物理前提条件。在测井中，每一个观测点所测得的磁场分量（无论是水平分量或是垂直分量）均是各种物质磁异常叠加的结果。

对于以研究钢筋笼长度为目的的磁测井法，钢筋笼形成的磁异常是检测的主要对象，而其他铁磁性物体等的磁异常均是检测时的干扰因素。如果干扰磁异常接近钢筋笼磁异常或比其更强时，目标磁异常被干扰磁异常掩盖，就不能用此种方法来确定钢筋笼长度。

B.2 仪器设备

仪器测量范围 $-99999\text{nT}\sim+99999\text{nT}$ 能够满足我国任何一个地区的磁测工作要求。磁敏元件转向差小于 300 nT 是保证磁测工作精度的最低要求。

B.4 检测数据的分析与判定

B.4.1 区域背景磁场值可从区域地磁图上查得，第四系一般无磁性或极弱磁性。钢筋笼长度检测的背景场应通过现场实测获得。现场检测时，施工现场堆放的各种建筑金属材料都会影响对于背景场的判断，因此现场检测的背景场值应为孔底无钢筋笼段的实测场值。

B.4.3 磁场深度-垂直分量（H-Z）数据曲线拐点位置所对应的深度应为钢筋笼底端埋深，结合有关资料可确定钢筋笼长度。

天津工程建设标准

电子文件仅供参考
请以正式出版物为准