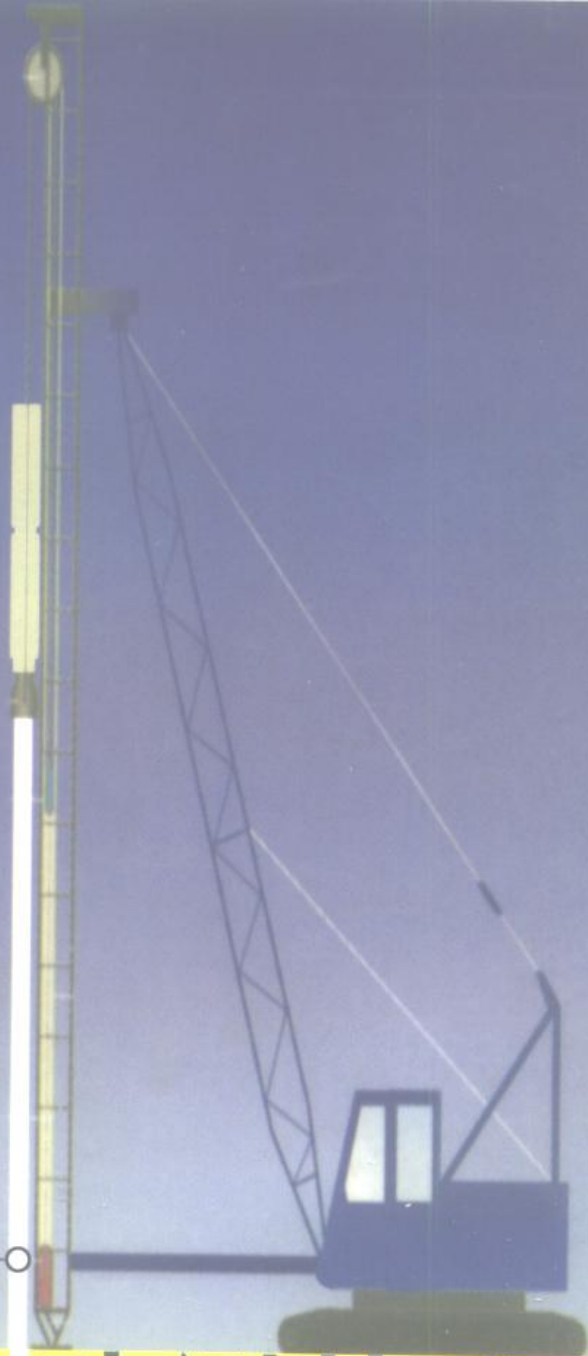
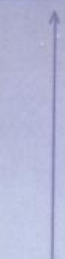
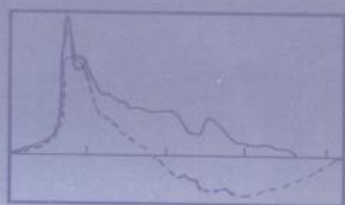


刘兴录 编著



基工程与动测技术

200问

中国建筑工程出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

桩基工程与动测技术 200 问/刘兴录编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2000

ISBN 7-112-04171-6

I. 桩… I. 刘… III. ①桩基础-基础工程-问答②桩基础-计算-问答 N. TU473-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 13783 号

桩基工程与动测技术 200 问

刘兴录 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 8 $\frac{3}{4}$ 字数: 234 千字

2000 年 5 月第一版 2000 年 5 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 14.00 元

ISBN7-112-04171-6

TU·3298 (9647)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

桩的动测技术是一门多科学交叉，知识面广的学科。本书内容以测桩人员应知应会的基本概念题为主，兼顾必要的理论公式推导和专业技术知识，以问答形式编写。包括：土工和桩基基本知识、动测原理和应力波理论、传感器和信号采集处理基础知识、高、低应变法测桩技术和声波透射法测桩技术分 8 个部分共 214 个问题，另有 87 道综合选择填空题供读者练习。

本书可供从事桩的动测技术、桩基设计和监理等人员参考，也可供大专院校的岩土工程方面学生学习。

序

桩基是高层建筑、桥梁、港口和近海工程等采用的主要基础型式之一。随着工程的需要和技术的进步，大直径，特长桩的使用日益增多，新的桩型和新的施工工艺也不断涌现。桩基是埋入地下的隐蔽工程，其质量较难控制，特别是就地灌注桩，更易出现影响桩基安全使用的各种质量问题。单桩的极限承载能力，迄今也还不能像结构工程那样，单纯通过理论计算予以确定，因为桩的承载力与桩型、桩材、成桩工艺以及地层土特性等众多复杂的因素有关。因此，在较重大的工程，要求通过一定数量的静荷载压桩试验来确定桩的承载力，作为设计的依据。但静荷载压桩既费时又较昂贵，且在有些情况下难以实现（如特大直径的桩）。随着近海油田的开发，近海工程桩基的承载力确定和质量控制，迫切要求除静荷载试验之外，提供一种新的检测方法。通过动力测桩法评估承载力的方法，早已在工程应用，如众多的各种打桩公式，但精确度都不能令人满意，提供的结果仅可供参考。本世纪70年代以来，由于微型计算机和数值分析法的发展，基于波动理论的桩基动测法日益受到重视，并得到很快发展。我国自70年代开始建造渤海油田平台，以唐念慈教授为首的科研组也开始了动力测桩技术的研究和开发。到90年代，我国从事动力测桩工作的单位已超过800家，同时也试制和生产了一些动力测桩的专用设备和分析软件。

桩的动测法是通过振动波在桩中传递的实测信号

特性的采集、处理和分析来评估桩的完整性(质量)和承载力,因而它是一种间接检测方法。检测人员应对岩土工程、桩基工程、波动理论等相关知识有所了解;应掌握测试仪表的性能、信号采集、处理和分析技术;还必须要有一定的工程实际经验。建设部为了逐步规范和提高动力测桩的实用技术和水平,于1994年、1996年和1998年举行了三次全国性“桩动测单位资质考核”。通过考核,发现目前参加桩动测工作中有一部分人对桩基工程较熟谙,而对测试技术原理未较好理解;而有一部分人则对测试技术较熟谙,但未较好了解工程实际;这当然和他们原先从事的工作专业性有关。

本书作者自80年代以来,一直从事桩动测技术的研究和开发工作,并积极参与工程实践,积累了丰富的经验。结合我国现用的各种动测法(含声波透射法),针对应用动测法时,技术人员应掌握的各方面的相关知识,工作可能遇到的问题和实例,用问答的形式编写了《桩基工程与动测技术200问》一书。内容广泛,简明实用,对从事动力测桩的技术人员是一本非常实用的手册性质的工具书,也是一本很好的专业性科普书,对提高我国的桩动测技术水平有所裨益。

动测法评估桩的完整性的技术比较成熟,但用以评估桩的承载力还需继续深入和完善,特别是用低应变法评估桩的承载力,目前还存在着争议。因此,必须指出,桩的动测法是静荷载试验的补充,不应也不能完全代替静荷载试验。

中国工程院院士
铁道部科学研究院研究员

周镜

1998年2月

前 言

桩动测是一门新技术，它涉及的知识面很广，如振动理论、应力波基础、行波理论、传感器特性、测试技术、计算机和土力学知识等，要求测桩人员具有较全面和较高的理论水平。

桩的动测主要功能是判别桩身结构完整性和对单桩承载力的评价。桩、土参数的假定和合理分布、实测波形识别等和人的经验有关，测桩人员务必看懂和会分析工程地质报告，有一定岩土工程和桩静力特性方面知识，了解各种桩型的施工工艺和易发生的质量问题。

任何桩动测方法都是把桩、土简化为一定的数学模型和物理假定基础上进行参数测定和分析，有的模型过于粗糙、简单，物理假定不尽合理，有的方法还处于研究探索之中。总体上看，目前动力试桩精度还较低，加上短时间内测桩队伍急剧增长，工程中错判误判实例不断。《桩基工程与动测技术 200 问》一书以更有针对性的问答形式编写，力求突出基本概念和本人多年测桩经验，兼顾必要的数学方程推导，期望成为测桩人员一本有益读物。

中国工程院院士周镜教授非常关心本书的出版，并为本书写了序，编写过程得到徐慧研究员、李德庆和吴庆曾教授等人帮助，徐慧为本书审核人，提出许多修改意见

和建议，在此表示衷心感谢。

限于作者的水平，书中疏漏和错误或不当之处，请读者不吝指正。

目 录

第 1 部分 土工基本知识

1. 建筑地基勘察报告中，地基土的主要指标及其含义是什么？ (1)
2. 建筑地基土是如何分类的？ (6)
3. 如何判定砂性土的密实度和粘性土的软硬状态？ (7)
4. 什么是软土和淤泥？ (7)
5. 什么是可液化地基土？ (8)
6. 什么是土的触变现象？ (8)
7. 什么是土的动弹性常数？ (8)

第 2 部分 桩基工程基本知识

8. 什么是基础、地基和桩基？ (10)
9. 采用桩基础有什么优点？ (10)
10. 采用桩基的原则是什么？ (12)
11. 设计桩基应具备哪些条件？ (12)
12. 桩是如何分类的？ (13)
13. 灌注桩有哪些优缺点？ (15)
14. 打入式桩有哪些主要打桩设备？ (16)
15. 预制桩有哪些主要的接桩方法？ (17)
16. 沉管灌注桩有哪些主要沉管设备？ (17)
17. 泥浆护壁灌注桩有哪些主要成孔设备？ (19)
18. 干作业钻孔灌注桩有哪些成孔设备？ (20)
19. 什么是正、反循环清孔法？ (20)

20. 钢筋混凝土预制桩施工过程中容易发生哪些质量问题? (23)
21. 沉管灌注桩容易发生哪些质量问题? (24)
22. 泥浆护壁灌注桩容易发生哪些质量问题? (25)
23. 人工挖孔灌注桩容易发生哪些质量问题? (27)
24. 什么是单桩极限承载力? (28)
25. 我国现行规范规定, 桩静荷载试验方法是什么? (29)
26. 我国有关规范对桩静荷载试验的加荷分级、沉降相对稳定标准和极限承载力确定方法的规定是什么? (29)
27. 建筑地基基础设计规范 (GBJ7—89) 中, 单桩承载力设计值、标准值和地基承载力基本值、标准值的含义是什么? (31)
28. 建筑桩基技术规范 (JGJ94—94) 关于桩的承载力是如何规定的? (32)
29. 单桩极限承载力标准值 Q_{uk} 是如何确定的? (33)
30. 单桩静荷载试验有哪几种破坏模式? (34)
31. 影响单桩承载力的主要因素是什么? (35)
32. 桩、土的荷载传递机理是什么? (36)
33. 如何通过现场试验得到桩的侧、端阻力? (37)
34. 影响桩、土荷载传递的因素有哪些? (38)
35. 什么是极限状态设计法? (39)
36. 什么是桩基概率极限状态设计法? (40)
37. 桩基失效概率和可靠度指标的关系如何? (41)
38. 桩基定值设计法 (安全系数法) 和概率极限状态设计法的主要区别是什么? (44)
39. 桩施工完后, 为什么要经过休止时间方可进行静、动试桩? 置于不同土层桩的休止时间是多少? (45)

- 40. 静荷载试桩为什么要规定沉降稳定标准? (46)
- 41. 静荷载试桩沉降稳定标准不一样对承载力的结果有什么影响? (47)
- 42. 静荷载试桩“压坏”后能否当作工程桩使用? (47)
- 43. 桩端置于相同持力层的桩、长径比 (L/d) 很小和长径比很大的桩, 两者在承载力达极限状态下, 何者的端阻力发挥较充分? (47)
- 44. 现行有关规范如何检验桩身混凝土强度? (48)
- 45. 竖向荷载作用下, 桩侧阻力和端阻力发挥的前提条件是什么? 松砂、粘性土、结构性强的黄土中的桩, 发挥其侧阻力所需桩土相对位移, 何者最大, 何者最小? (48)

第 3 部分 动测原理与应力波理论

- 46. 目前国内、外有哪些常用的桩动测方法? (49)
- 47. 静、动试桩有哪些主要功能? (49)
- 48. 什么是设计性和检验性试桩? (50)
- 49. 什么是高、低应变法动力试桩? (50)
- 50. 高应变动力试桩和静荷载试桩的根本区别是什么? (51)
- 51. 桩动测法有哪些优点? (52)
- 52. 国外有关规范、文献对桩动测法是如何规定的? (53)
- 53. 国内有关规范、规程对桩动测法是如何规定的? (56)
- 54. 国内、外有关规范或规程关于桩动测法抽检桩数有何规定? (58)
- 55. 一维波动方程是如何建立的? (59)
- 56. 什么是波动与振动? (60)

57. 什么是一维波动方程的波动解? (60)
58. 什么是一维波动方程的振动解? (61)
59. 应力波沿细长杆是如何传播的? (62)
60. 工程桩的抽样方法是什么? 根据抽检结果
能否对整体工程进行评价? (64)
61. 桩身质点运动速度和应力波传播速度有
什么区别? (64)
62. 桩身结构完整性和承载力检测, 对激振能量
有什么要求? (65)
63. 动力试桩如何确定应力波在桩中的平均
波速? 要准确测定波速应具备什么条件? (65)
64. 动力试桩能否检验实际施工的桩长? (66)
65. 能否用实测的波速评定桩身混凝土的强度
等级? (66)
66. 桩顶受锤击后, 下行的应力波遇到何种情况
会产生上行的压缩波或拉伸波? (67)
67. 怎样求出自由杆(图 3-5)一端受激励后,
其另一端在不同时刻的速度波? (67)
68. 已知混凝土质量密度 $\rho=2450\text{kg/m}^3$, 实测
应力波波速 $C=3600\text{m/s}$, 试求混凝土的弹
性模量是多少? (68)
69. 一均质自由杆, 长度为 L , A 端受激励,
产生一方形速度波, 幅值 $V=1.0\text{m/s}$, 如何
绘出杆两端 A 、 D 和中点 B 从 $0\sim 6L/C$ 之
间的速度和位移时程曲线(忽略一切阻尼)? (68)
70. 一维杆的纵波波速 C , 动态力频率 f 和波长 λ
三者之间有什么关系? 波长 λ 满足什么条件才
符合一维杆理论? (68)
71. 桩身结构完整性检测目的是什么? 目前我国
有哪几种检测方法? (70)

72. 灌注桩直径 1.0m, 纵波波速 $C=3500\text{m/s}$, 混凝土重度 $\gamma=240\text{kN/m}^3$, 如何求出桩的力学阻抗? (71)
73. 钢管桩外径 0.8m, 内径 0.76m, 材料质量密度 $\rho=7800\text{kg/m}^3$, 纵波波速 $C=5120\text{m/s}$, 如何求出材料的弹性模量和桩的力学阻抗? (71)
74. 同一根钢筋混凝土桩, 用高应变法、低应变法和声波透射法检测的波速是否一致? 为什么? (71)
75. 一根长 9.0m 的桩, 其稳态激振实测导纳曲线如图 3-9 所示, 如何求出波速、实测导纳和动刚度? (72)
76. 如何求出一混凝土杆 (图 3-10) 下端固定上端受一半正弦脉冲力作用后杆中最大应力及传播深度? (73)
77. 如何根据实测波形求出杆件的振动参数? (74)
78. 如何计算质量-弹簧体系的自振频率? (75)
79. 简谐振动的位移、速度和加速度之间有什么关系? (76)
80. 什么是简谐振动的峰值、有效值和平均绝对值? (78)
81. 为什么用动力试桩法评价单桩承载力时要强调静、动对比试验? (79)
82. 钢材、混凝土、岩石和土的应力-应变关系是什么样的? (80)
83. 动力试桩利用哪些土的本构关系? (82)
84. 怎样绘出一自由杆, 上端受激励, 传感器安装于上、下端和 ΔL 处的速度反射波? (83)
85. 怎样绘出下端固定的自由杆, 上端受激励, 传感

- 器安装于上、下端和 ΔL 处的速度反射波? (84)
86. 打桩时应力波是如何传播的? (85)

第 4 部分 传感器、信号量测、采集与处理

87. 动力试桩所使用的传感器常用特性参数
有哪些? 哪些参数需定时标定? (88)
88. 计量方面的名词主要有哪些? 其含义
是什么? (88)
89. 信号方面的名词主要有哪些? 其含义
是什么? (89)
90. 时域波形分析方面的术语主要有哪些?
其含义是什么? (90)
91. 桩动测技术有哪些主要计量单位? (90)
92. 目前有哪些习用的非法定计量单位? 它与
法定计量单位如何换算? (92)
93. 什么是测量方法和测量系统? (93)
94. 测桩仪器的主要性能指标有哪些? (94)
95. 测桩传感器的主要性能指标有哪些? (94)
96. 什么是一次仪表、二次仪表和测试元件? (96)
97. 什么是采样保持和 A/D 转换? (96)
98. 什么是采样定理和信号混叠? (97)
99. 采样频率、采样时间和频率分辨率之间有
什么关系? (98)
100. 何谓振动频谱? (99)
101. 周期振动和非周期振动是什么样的频谱? (99)
102. 测桩信号谱分析为什么要用功率谱和
能量谱? (101)
103. 信号分析时什么是截断渗漏效应? 如何
减小其影响? (102)
104. 什么是随机振动和冲击振动? (102)

- 105. 什么是自振频率、主频率和基本频率? (103)
- 106. 什么是集总参数系统和分布参数系统? (103)
- 107. 频谱分析获得的主频率是否就是系统的
自振频率? (103)
- 108. 目前测桩所用的传感器及其频响如何? (104)
- 109. 冲击振动对传感器频响有什么要求? (105)
- 110. 什么是传感器的标定? (106)
- 111. 传感器的安装对测桩信号有什么影响? (107)

第 5 部分 低应变法测桩技术

- 112. 应力波反射法的数学力学模型是什么? (109)
- 113. 应力波反射法测桩的基本原理是什么? (110)
- 114. 如何用反射波的相位判断桩身阻抗变化? (110)
- 115. 应力波反射法有几种形式的力锤? 各有
什么特点? (112)
- 116. 敲击力力谱成分对检测桩身缺陷有什么
影响? (114)
- 117. 如何绘制桩身阻抗变化的应力波反射法
的时域波形? (114)
- 118. 如何判定应力波反射波形的优劣? (117)
- 119. 何谓桩的动刚度? 用什么方法得到?
受哪些因素影响? (118)
- 120. 如图 5-15 所示的桩, 用应力波反射法检测桩身
结构完整性, 其速度响应波形如何绘出? (119)
- 121. 什么是机械阻抗和机械导纳? (119)
- 122. 稳态激振机械阻抗法测桩的原理是什么? (121)
- 123. 瞬态激振机械阻抗法测桩的原理是什么? (122)
- 124. 为什么导纳曲线两谐振峰间频差是判断
桩身阻抗变化位置的依据? (124)
- 125. 桩和桩周土阻尼对导纳曲线有什么影响? (126)

126. 用机械阻抗法测桩为什么动刚度
 $K_d = \frac{2\pi f}{V/F}$? (128)
127. 为什么瞬态激振机械阻抗法的信号经多次
 平均可以消除干扰? (131)
128. 什么是相干函数, 它有什么用途? (132)
129. 如何根据速度导纳曲线判断桩身结构
 的完整性? (133)
130. 机械阻抗法桩身结构完整性的判据
 是什么? (134)
131. 稳态激振和瞬态激振机械阻抗法相比
 较有哪些优缺点? (135)
132. 反射波法和瞬态激振机械阻抗法量测响
 应信号的传感器应如何安装? (135)
133. 应力波反射法的浅层缺陷波形有什么
 特征? (136)
134. 什么是测桩盲区? (137)
135. 有哪些原因不易检测到桩身缺陷和如何
 解决? (137)
136. 用应力波反射法检测大直径桩应注意
 哪些问题? (138)
137. 用低应变法检测桩身结构完整性时如何把握激
 振技术? (139)
138. 应力波反射法产生振荡波形的原因是什么?
 有哪些消除方法? (140)
139. 什么是应力波到达时间法? (141)
140. 1994 年全国第一批桩动测方法单位资质
 考核应力波反射法检测结果如何? (142)
141. 目前应力波反射法能检测多大长径比
 (L/d) 的桩? (148)

142. 目前桩动测法能否判断缺陷性质?	(148)
143. 如何用动测法判断桩身阻抗变化的大小?	(149)
144. 用波形拟合法判断桩身扩颈或缩颈的大小 有哪些例子?	(150)
145. 应力波反射法和瞬态机械阻抗法的工程 桩检测有哪些实例?	(152)
146. 稳态机械阻抗法的工程桩检测有哪些实例? ...	(159)
147. 用机械阻抗法推算单桩承载力的基本原理 是什么?	(163)
148. 单桩容许沉降量如何取值?	(166)
149. 动参数法测桩的原理是什么?	(167)
150. 球击法测桩的原理是什么?	(170)
151. 水电效应法测桩的原理是什么?	(171)
152. 全国第一批桩动测单位资质考核低应变 承载力的结果如何?	(173)
153. 低应变法推算单桩承载力目前还存在哪些 问题?	(176)

第 6 部分 高应变法测桩技术

154. 何谓高应变动力试桩?	(178)
155. 高应变法测桩目前有哪些方法? 量测哪些 参数? 得到哪些成果?	(178)
156. 动力打桩公式法的数学模型和估算单桩 承载力的原理是什么?	(179)
157. 打桩公式如何在工程中应用?	(180)
158. 波形拟合法和 Case 法是如何实测力和速度 信号的?	(182)
159. 用应变式传感器量测冲击力的准确性如何? ...	(183)
160. Case 法的数学模型是什么?	(184)
161. Case 法有哪些基本假定?	(186)

162. Case 法检测单桩承载力的原理是什么? (186)
163. Case 阻尼系数 J_c 的含义是什么? 如何较准确确定 J_c 值? (187)
164. 高应变动力试桩的传感器安装应注意哪些问题? (188)
165. 如何判定高应变信号的优劣? (188)
166. 如何确定高应变动力试桩的平均波速? (189)
167. 为什么反射波到来之前, 测点处的力和速度成比例关系? (190)
168. 上、下行波计算公式如何导得? (191)
169. 应力波沿杆件传播遇阻抗变化而产生的反射波对测点的力和速度波有什么影响? (192)
170. 应力波传播过程遇桩侧土阻力产生什么样的反射波? 它对实测力和速度波形有什么影响? (192)
171. 检测点离锤击点距离很远, 对承载力分析有无影响? (193)
172. 高应变动力试桩应如何选用加速度计? (194)
173. 高应变动力试桩截面完整系数 β 的含义是什么? (194)
174. 把传感器安装在送桩器上进行动力试桩是否可行? (195)
175. 已知一根预应力管桩的实测力和速度波形(图 6-10), 如何计算在 t_1 和 t_2 时刻的上、下行波? (195)
176. 什么是打桩锤效率、打桩系统效率和能量传递比? (196)
177. 如何根据混凝土桩实测波形(图 6-11)判断哪些波形异常? 其原因是什么? (197)
178. 如何根据波形特征(图 6-12), 分析土