

21 世纪高等教育土木工程系列规划教材

土动力学基础

高彦斌 费涵昌 编



机械工业出版社

《土动力学基础》是一本介绍土动力学基础知识的教材。本书系统介绍了土动力学的基本原理、测试技术及相关工程问题的分析方法。主要包括：动力学中的两个基本理论——质量—弹簧体系的振动理论及波动理论；土的动力性质及测试方法，包括现场波速测试及应用、动荷载作用下土的剪切变形和强度特性、土动力试验方法；土动力学的几个经典问题的分析方法，包括动力机器基础的振动、地震地面运动及地震作用，砂土的液化。为便于学习，每章均设置了例题、思考题和习题。

本书可作为高等学校土木工程专业和地质工程专业本科生或研究生的教学用书，也可供其他相关专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

土动力学基础/高彦斌，费涵昌编. —北京：机械工业出版社，2019.2
21 世纪高等教育土木工程系列规划教材
ISBN 978-7-111-61847-8

I. ①土… II. ①高… ②费… III. ①土动力学-高等学校-教材
IV. ①TU435

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 012217 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：马军平 责任编辑：马军平

责任校对：刘志文 封面设计：张 静

责任印制：郜 敏

河北鑫兆源印刷有限公司印刷

2019 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·17 印张·417 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-61847-8

定价：49.00 元

电话服务

客服电话：010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

网络服务

机 工 官 网：www.cmpbook.com

机 工 官 博：weibo.com/cmp1952

金 书 网：www.golden-book.com

机工教育服务网：www.cmpedu.com

前言

天地万物无不处于运动之中。土动力学是土力学的一个分支，着重研究动荷载作用下土的动力特性以及相关工程问题。与静荷载作用下不同的是，无论是土的动力特性还是相关工程问题，均与动荷载的类型及特征密切相关。另外，在弹性力学的基础上，土动力学采用了工程动力学中的一些分析方法和测试技术，如振动理论、弹性波理论和谱分析方法，动三轴试验和模型基础振动试验等。这些都导致土动力学涉及的研究内容、方法及成果的复杂性远远高于只考虑静荷载作用的土力学。作为一本介绍土动力学基础知识的教材，本书参考了关于地震工程、砂土液化和基础振动等方面的经典著作与规范标准，着重介绍土动力学的基本理论、方法和技术。

全书共 8 章，每一章均强调基本概念、理论与技术、应用的统一。第 1 章绪论介绍了土动力学的基本概念、研究方法和研究内容；第 2 章和第 3 章分别介绍了质量—弹簧体系的振动理论及弹性波理论，这是其后各章的理论基础；第 4 章介绍了土体振动和波动分析中需要的一个重要参数——弹性波波速的测试方法及应用，包括钻孔波速法、面波法和折射波法，考虑到桩基低应变测试应用的广泛性，该方法也在本章予以介绍；第 5 章介绍了土的动力性质，包括循环荷载作用下的动力特性、土动力室内试验方法（共振柱、动三轴、动单剪等）、常用动力本构模型及动强度；第 6 章涉及动力机器基础分析，介绍了弹性半空间理论方法、集总参数系统法，以及模型基础振动试验与数据分析，是振动理论的应用；第 7 章涉及地震工程，是波动理论和谱分析方法的应用，介绍了地震地面运动的特征和分析方法，地震作用分析及土工结构抗震分析方法；第 8 章涉及地震砂土液化问题，是一类与土的动强度有关的工程问题，介绍了地震砂土液化的试验方法、评价方法及处理措施。为了加强教学效果，各章均附有例题、思考题与习题。本书带 * 号的章节，授课教师可根据实际情况选讲。

感谢同济大学地下建筑工程系吴晓峰老师、王天龙老师，物理系王浩老师对教材编写给予的宝贵建议和意见，感谢参与书稿编辑的同济大学地质工程专业的同学，这里不一一列出，最后感谢机械工业出版社对本书的出版所做的高质量编辑工作。

限于作者水平，书中不妥之处欢迎广大读者批评指正；对本书的改进意见，也欢迎交流（邮箱：yanbin_gao@tongji.edu.cn）。

编 者

目 录

前 言

第 1 章 绪论	1
1.1 动力学中的动力效应.....	1
1.2 动荷载特征及分类.....	2
1.3 动荷载作用下土的力学特性及相关问题.....	4
1.4 土动力学的研究内容.....	5
思考题与习题	6
第 2 章 振动理论	7
2.1 简谐振动	8
2.2 质量—弹簧系统的自由振动	10
2.3 质量—弹簧—阻尼系统的自由振动	12
2.4 质量—弹簧—阻尼系统的稳态强迫振动	16
2.5 基座运动引起的质量—弹簧—阻尼系统的振动	22
2.6* 双自由度质量—弹簧系统的自由振动	25
2.7* 双自由度质量—弹簧系统的强迫振动	29
2.8* 多自由度系统的振动	32
2.9 复杂荷载的处理	35
思考题与习题.....	37
第 3 章 波在弹性介质中的传播	39
3.1 波在弹性杆件中的传播	39
3.2 弹性无限介质中的体波	48
3.3 饱和土中的体波	54
3.4 弹性半无限空间中的面波	55
3.5 表面点振源产生的波场与地表振动	58
3.6 振动的屏蔽	61
思考题与习题.....	65
第 4 章 现场波速测试及应用	66
4.1 钻孔波速法	66
4.2 面波法	73
4.3 折射法	76
4.4 桩基质量检测低应变反射法	81

思考题与习题	85
第 5 章 土的动力性质	86
5.1 循环荷载作用下土的基本特征	86
5.2 土动力室内试验	91
5.3* 线性黏—弹性模型	99
5.4* 等效线性黏—弹性模型	101
5.5 双线性模型	107
5.6 土的初始剪切模量 G_0	108
5.7* 剪切模量 G 和阻尼比 D 的非线性	115
5.8 动荷载作用下土的破坏	119
5.9* 冲击荷载作用下土的动强度	124
5.10* 循环荷载作用下土的动强度	127
思考题与习题	131
第 6 章 动力机器基础的振动	133
6.1 动力机器基础的振动类型与设计的要求	133
6.2 基础振动分析——弹性半空间理论法	136
6.3 基础振动分析——集总参数系统法	145
6.4 弹性半空间理论解的实用化	152
6.5 地基刚度系数	161
6.6 桩基的集总参数	169
6.7* 基础的滑移—摇摆耦合振动	172
6.8* 冲击式机器基础的振动	176
6.9* 块体模型基础激振试验	178
思考题与习题	190
第 7 章 地震地面运动及地震作用	191
7.1 地震波、震级及地震烈度	191
7.2 覆盖（土）层对地面运动的影响	200
7.3* 水平自由场地地震动反应分析	206
7.4 地震反应谱与地震作用力	213
7.5 地震作用下地基的稳定性	221
7.6 地震作用下挡墙的动土压力	225
7.7 地震作用下边坡的稳定性	228
思考题与习题	230
第 8 章 砂土的液化	231
8.1 砂土液化现象及影响因素	231
8.2 砂土液化室内试验方法	233
8.3* 液化剪应力和孔压增长	243
8.4 砂土液化判别方法	247
8.5* 液化场地的处理与加固	256
思考题与习题	260
参考文献	261