

Building Vibration Engineering Handbook

建筑振动工程手册

(第二版)

徐 建 主编

中国建筑工业出版社

建筑振动工程手册

(第二版)

徐 建 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑振动工程手册/徐建主编. —2 版. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2016. 10
ISBN 978-7-112-19845-0

I. ①建… II. ①徐… III. ①建筑结构-结构振
动-手册 IV. ①TU311.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 222884 号

本书针对建筑工程设计、施工和勘测中的振动问题, 以现行国家和行业标准为依据, 吸收了国内外先进的科研成果和工程经验, 在理论和应用方面作了较全面的阐述。

本书共分九篇四十五章, 主要内容包括: 振动荷载与容许振动标准、各类动力机器设计、多层工业建筑振动控制、各类动力机器基础和精密仪器的隔振设计、地基动力特性测试、建筑物动力特性测试、建筑施工振动控制、交通运输振动控制、古建筑振动控制等。

本书由中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会的专家委员共同编写, 具有权威性、先进性、综合性、实用性的特点。本书内容丰富、资料齐全、结构清晰、指导性强。

本书可供从事建筑工程设计、施工、勘察和科研的人员使用, 也可供大专院校有关师生参考。

责任编辑: 刘瑞霞 王 跃 咸大庆

责任设计: 李志立

责任校对: 李欣慰 李美娜

建筑振动工程手册

(第二版)

徐 建 主 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀区三里河路 5 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 46 字数: 1147 千字

2016 年 12 月第二版 2016 年 12 月第三次印刷

定价: 118.00 元

ISBN 978-7-112-19845-0

(29380)

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)



第二版编委会

徐建	张同亿	万叶青	尹学军	陈骝
张炜	杨宜谦	陈龙珠	朱大勇	周建军
余东航	李惠	杨毅萌	杨俭	郑建国
王伟强	王贻荪			
主编:	徐建			
主审:	程耿东	潘复兰		

第二版编写分工

第一篇	徐建	万叶青	杨俭	张同亿	朱大勇	曹雪生	黄伟
第二篇	徐建	尹学军	周建军	余东航	杨毅萌	王伟强	邵晓岩
	王贻荪	刘志久					
第三篇	徐建	张同亿	王全光	王永国	曹雪生	黄伟	
第四篇	徐建	尹学军	陈骝	高星亮	周建军	李惠	胡明祎
	万叶青	杨俭	杨毅萌	谷朝红			
第五篇	郑建国	徐建	张炜	钱春宇			
第六篇	陈志鹏	王宗钢	宝志雯				
第七篇	陈龙珠						
第八篇	杨宜谦						
第九篇	徐建	张炜	郑建国	钱春宇			

第一版编委会

徐建	刘纯康	翟荣民	杨文君	杨先健
程耿东	潘复兰	徐攸在	陈龙珠	陈志鹏
李席珍	吴成元	汤来苏	王贻荪	俞渭雄
杨国泰	王跃	吴霞媛	战嘉恺	何成宏
李芳年	冯文龙	王全光	高象波	罗国澍
主 编：徐建				
主 审：程耿东 潘复兰				

第一版编写分工

第一篇	刘纯康	杨先健	徐建	杨文君	战嘉恺	茅玉泉
第二篇	刘纯康	杨文君	翟荣民	罗国澍	冯文龙	汤来苏
	吴霞媛	王贻荪				
第三篇	徐建	王全光				
第四篇	刘纯康	翟荣民	高象波	杨国泰	何成宏	吴霞媛
	俞渭雄	李芳年				
第五篇	李席珍	吴成元				
第六篇	徐攸在	王贻荪				
第七篇	陈志鹏	王宗钢	宝志雯			
第八篇	陈龙珠	王贻荪				

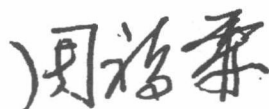
第二版序言

由中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会主任委员徐建教授主编的《建筑振动工程手册》(第一版)自2002年问世以来,在工程建设领域得到广泛应用,受到高度好评,已经成为建筑工程振动控制领域最重要的工具书,对于我国工程建设振动学科的发展和工程应用起到了积极的推动作用。

随着我国工业化进程的发展,对工程振动控制技术提出了更高的要求,近些年来国内外涌现出一大批创新成果,许多国家标准也进行了修订。《建筑振动工程手册》(第二版)是在总结国内外先进科技成果和工程实践的基础上,按照现行国家标准的要求修订的,手册还补充了目前工程中急需的轨道交通振动控制与古建筑振动控制的内容,使手册的应用更加全面完整。

本手册是由中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会的专家学者共同完成,他们长期从事工程振动控制的科学研究和工程实践工作,具有丰富的经验。《建筑振动工程手册》(第二版)的修订,适应了我国工程建设的需要,手册具有权威性、适用性和学术性,手册的出版必将产生良好的社会效益和经济效益。

中国工程院院士
广州大学教授



2016年6月

第一版序言

建筑工程中的振动问题越来越引起人们的重视，工程中曾出现过不少由于振动的影响使仪器设备不能正常工作、加工测量精度不能满足要求、工作人员身体健康受到影响、动力测试结果不正确为工程应用提供不可靠数据、施工振动影响了环境和毗邻建筑等问题，甚至产生巨大的经济损失。

《建筑振动工程手册》从理论和实用上较全面地阐述了工程中的振动问题，具有较高的学术价值和应用价值。该书不同于工程振动的教科书，它主要针对工程技术人员在设计、施工、勘测等方面遇到的实际问题，提出解决问题的方法和理论依据，附有相当广泛的工程实例，对于技术人员解决工程问题具有很好的参考作用。

该书是数十位专家经验的结晶，他们具有丰富的实践经验和深厚的理论功底，许多人主编或起草过国家标准，该书反映了我国目前建筑工程振动领域的先进水平，填补了国内的空白。该书的问世一定会受到读者的欢迎，并产生良好的社会效益和经济效益。

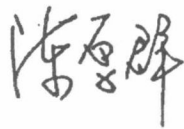
中国科学院资深院士
大连理工大学教授



2001年12月

本书是根据建筑工程中普遍存在的振动问题编写的，其内容涉及振动理论和基础资料、动力机器基础设计、多层厂房承受动力荷载时的振动设计、隔振设计、地基动力特性测试、桩与地基的动力测试、建筑物的动力检测、建筑施工引起的振动问题等，反映了我国当前建筑工程振动的实践经验和先进水平。该书的特点是紧密结合工程实践、内容丰富、实用性强，能系统地指导建筑工程振动设计、施工和测试工作，是一本在建筑工程振动领域具有较大应用价值的综合性专著。

中国工程院院士
中国水利水电科学研究院研究员



2001年12月

第二版前言

近些年来，我国在工业工程振动控制领域的科学研究和工程实践取得了突破性进展，以《工业工程振动控制关键技术研究与应用》为代表的一批科研成果达到了国际先进或国际领先水平，获得了国家科技进步奖。这些成果的涌现，实现了工业工程振动控制高端技术由从国外引进到出口的突破，提升了我国在工业工程领域的核心竞争力。

由中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会负责完成了建筑振动标准体系，使该领域标准的编制做到了系统性、全面性和有针对性，在此基础上，一大批国家标准颁布实施。

在总结我国建筑振动领域最新科研成果的基础上，我们对 2002 年出版的《建筑振动工程手册》进行了修订。修订工作是在 2002 版手册的基础上，补充了经过工程实践的新技术、新工艺、新材料，体现了最新国家标准的设计要求。根据目前工程发展的需要，还补充了轨道交通振动控制和古建筑振动控制的内容，使手册更具有先进性、完整性和实用性。手册共分九篇四十六章，主要内容包括：振动荷载与容许振动标准、动力机器基础设计、多层工业建筑振动控制、隔振设计、地基动力特性测试、建筑物动力特性测试、建筑施工振动控制、轨道交通振动控制和古建筑振动控制。

《建筑振动工程手册》的修订，得到中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会专家委员的大力支持，中国工程院院士、广州大学周福霖教授为本书写了序言。在手册修订中，参考了一些作者的科研成果和著作论文，在此一并致谢。

本书不妥之处，请予以批评指正。

第一版前言

随着工程建筑的发展,工程中的振动问题越来越引起人们的关注,如工业建筑中振动对设备加工和仪器测量精度的影响、高层建筑中动力设备对建筑物的影响、振动对人体健康的影响、隔振技术及其应用、地基和建筑物的动力测试、建筑施工产生的振动对周围环境和建筑物的影响等,都给工程技术人员提出许多新的课题。虽然这些问题在我国一些标准规范中已有规定,也有一些先进的研究成果可供采用,但系统地阐述建筑工程振动的综合性专著在我国还是空白。本书编写的目的是向广大工程技术人员较全面地阐述建筑工程振动的理论和应用,对于工程技术人员正确地应用国家有关标准,及时掌握国内外先进科技成果;对于科研人员正确地把握研究方向,提高研究成果的实用性,具有一定的意义。

本书共分八篇三十八章,主要内容包括:振动理论、振动的影响及允许振动值、动力设备的扰力、各类动力机器基础的设计、多层厂房承受动力荷载时的振动设计、建筑物和动力设备的隔振设计、地基动力特性测试、基桩与地基的动力检测、建筑物的动力测试、建筑施工中的振动问题等。

建筑工程振动是结构工程学和动力学的交叉学科,涉及的知识面很广,本书紧紧把握知识的深度和广度,紧密结合工程需要。本书具有以下特点:

1. 权威性:本书由中国工程建设标准化协会建筑振动专业委员会组织编写,编委均为委员会的委员和顾问,绝大多数编委是国家标准和行业标准的主编或主要起草人,长期从事建筑工程的设计、勘察、施工和科研工作,是建筑振动某方面研究的专家,在国内具有一定的影响。

2. 先进性:本书的内容来自国家和行业标准及其背景材料、经过省部级鉴定的科研资料、经过工程实践并经过专家论证的先进工程经验。许多成果达到国际和国内先进水平,一些成果获得国家 and 省部级科技进步奖。

3. 综合性:本书的内容涉及建筑工程振动的各个方面,这在国内外同类书籍中还是首次。

4. 实用性:本书的内容紧密结合工程需要,所附大量的实例均来自实际工程。

本书编写过程中得到了大连理工大学钱令希资深院士、中国水利水电科学研究院陈厚群院士、中国建筑科学研究院周锡元院士、中国科学院计算所崔俊芝院士的大力支持,钱令希院士和陈厚群院士还为本书写了序言,此外本书还参考了一些作者的著作和论文,在此一并致谢。

本书不当之处,请批评指正。

目 录

第一篇 振动荷载与容许振动标准

第一章 振动荷载	3
第一节 振动荷载分类	3
第二节 振动荷载确定方法	8
第三节 旋转式机器	11
第四节 往复式机器	15
第五节 冲击式机器	26
第六节 冶金机械	32
第七节 矿山机械	36
第八节 轻纺机械	45
第九节 金属切削机床	47
第十节 振动试验台	48
第十一节 人行振动	54
第十二节 轨道交通	57
第十三节 桩工机械	58
第二章 容许振动标准	61
第一节 振动的影响	61
第二节 振动测试要求	63
第三节 精密仪器及设备	65
第四节 动力机器基础	68
第五节 建筑物内人体舒适性和疲劳-工效降低	73
第六节 交通振动	74
第七节 建筑施工振动	75
第八节 声学环境振动	76

第二篇 动力机器基础设计

第一章 概述	81
第一节 基础的形式	81
第二节 设计要求	81
第三节 机器基础设计步骤	83
第四节 机器基础设计要点	84
第二章 地基主要动力特性参数	86

第一节 地基土的刚度及刚度系数	86
第二节 地基土的阻尼比	89
第三节 地基土的参振质量	90
第四节 桩基的刚度与阻尼	90
第五节 桩基的参振质量	94
第三章 活塞式压缩机基础	96
第一节 基础的特点与设计要求	96
第二节 地基处理与基础布置	98
第三节 基础的构造	99
第四节 基础的计算	102
第五节 基础的施工要求	121
第四章 旋转式机器基础	123
第一节 汽轮发电机基础	123
第二节 透平压缩机基础	145
第三节 电动机、风机、水泵基础	153
第五章 冲击式机器基础	158
第一节 锻锤基础	158
第二节 落锤基础	169
第六章 破碎机基础	176
第一节 基础的特点与形式	176
第二节 选型原则与设计要求	176
第三节 基础的计算	179
第四节 构造与施工要求	181
第七章 压力机基础	182
第一节 基础的特点与选型原则	182
第二节 设计要求	184
第三节 基础的计算	186
第四节 基础的构造与施工要求	191
第八章 金属切削机床基础	194
第一节 基础的特点与布置要求	194
第二节 选型原则与设计要求	197
第三节 基础构造与安装要求	202
第四节 基础的设计	204
第五节 设计实例	206
第九章 动力机器基础弹性半空间理论及其应用	210
第一节 动力弹性半空间理论解答的一般表达式	210
第二节 机器基础振动分析的等效集总参数法	211
第三节 块体机器基础振动分析的复合集总参数模型	215

第三篇 多层工业建筑振动控制

第一章 多层厂房抗微振设计	225
第一节 概述	225
第二节 多层厂房结构选型及振动特性	230
第三节 多层厂房楼盖微振简化计算	235
第四节 多层厂房微振有限元分析	249
第五节 多层厂房抗微振构造措施	252
第二章 多层厂房楼盖承受机器水平动荷载的设计	254
第一节 概述	254
第二节 多层厂房水平振动计算	254
第三节 结构选型和构造措施	261
第三章 多层厂房楼盖承受机器竖向动荷载的设计	263
第一节 概述	263
第二节 多层厂房竖向振动分析的有限元法	263
第三节 多层厂房竖向振动分析的简化算法	269
第四节 结构造型和构造措施	280

第四篇 隔振设计

第一章 概述	283
第一节 振源	283
第二节 隔振措施	284
第三节 隔振方式与设计原则	286
第四节 隔振体系计算步骤	287
第二章 隔振体系	290
第一节 主动隔振的计算	290
第二节 被动隔振的计算	295
第三节 任意点处的振动线位移与隔振器的变形	298
第三章 隔振材料和隔振器	299
第一节 概述	299
第二节 钢螺旋圆柱弹簧	299
第三节 橡胶弹簧	304
第四节 空气弹簧	312
第五节 组合隔振器	330
第四章 动力机器隔振基础设计	333
第一节 旋转式机器隔振基础	333
第二节 冲击式机器隔振基础	353
第三节 金属切削机床隔振设计	363
第五章 精密设备和仪器的隔振设计	378

第一节 概述	378
第二节 设计资料	379
第三节 隔振设计方案	381
第四节 隔振设计	383
第六章 智能隔振设计	389
第一节 概述	389
第二节 模糊控制器	389
第三节 自适应模糊控制	392
第五篇 地基动力特性测试	
第一章 地基的动力特性	401
第一节 地基土的静力和动力关系	401
第二节 地基刚度系数	402
第三节 地基土的阻尼	407
第四节 地基土的惯性作用	410
第五节 地基土的振动压密	410
第六节 地基土的能量吸收	411
第七节 地基土的振动模量	413
第二章 地基动力特性原位测试	414
第一节 模型基础动力参数测试	414
第二节 振动衰减测试	439
第三节 地脉动测试	443
第四节 波速测试	449
第五节 循环荷载板测试	464
第三章 地基动力特性室内试验	468
第一节 概述	468
第二节 动三轴试验	469
第三节 共振柱试验	477
第四节 空心圆柱动扭剪试验	480
第四章 测试仪器设备	488
第一节 概述	488
第二节 激振设备	489
第三节 振动传感器	494
第四节 动测仪测量系统	502
第五节 传感器及测量仪器校准	508
第五章 基桩的动力检测	511
第一节 基桩低应变动力检测	511
第二节 基桩超声波法检测	523
第三节 基桩高应变动力检测	530

第四节	凯斯法检测桩的承载力	531
第五节	波形拟合法检测桩的承载力	538
第六节	静动法检测桩的承载力	541
第六篇 建筑物动力特性测试		
第一章	测试方法与要求	549
第一节	建筑物动力特性测试的目的	549
第二节	测试方法——脉动法	550
第三节	试验的特点与对仪器设备的要求	556
第四节	传感器布置的原则	556
第二章	试验数据的分析处理	561
第一节	随机数据分析	561
第二节	从数据分析估计结构物的动态特性	564
第三节	平移振动信号的识别	566
第四节	扭转振动信号的识别	567
第五节	耦联振动的分解	570
第六节	扭转振动对响应信号的幅值的影响及其他	572
第七节	几种特殊情况下的振动信号分析	574
第三章	建筑物的动力特性	580
第一节	高层建筑物的动力特性	580
第二节	工业厂房的动力特性	584
第三节	塔桅建筑的动力特性	586
第七篇 建筑施工振动控制		
第一章	建筑施工振动危害及其评估方法	593
第一节	振动对地基土的影响	593
第二节	振动对建筑结构的影响	596
第三节	施工振动危害评价指标	597
第二章	岩土工程爆破引起的振动	601
第一节	岩土爆破特性	601
第二节	爆破振动信号的特征	602
第三节	岩土爆破振动效应及其控制	604
第三章	桩基施工引起的振动问题	608
第一节	概述	608
第二节	锤击法沉桩引起的地基振动	609
第三节	振动法沉桩引起的地基振动	612
第四节	沉桩振动问题的防治	616
第四章	地基处理施工引起的振动问题	619
第一节	地基处理工程概况	619

第二节	强夯法处理地基引起的振动问题·····	620
第三节	振冲法处理地基引起的振动问题·····	629

第八篇 交通运输振动控制

第一章	轨道交通振动的影响·····	635
第一节	概述·····	635
第二节	振动对人的影响·····	636
第三节	人体全身振动感知阈值·····	638
第四节	地传噪声的影响·····	647
第五节	振动对建筑结构的影响·····	653
第六节	振动对敏感设备的影响·····	654
第二章	激励机理·····	656
第一节	准静态机理·····	656
第二节	参数激励机理·····	656
第三节	钢轨不连续机理·····	658
第四节	轮轨粗糙度机理·····	658
第五节	波速机理·····	659
第六节	横向激励机理·····	660
第七节	其他机理·····	662
第三章	振动传播·····	663
第一节	大地中弹性波的传播·····	663
第二节	兰姆问题·····	665
第四章	振动预测模型·····	668
第一节	模型的概念·····	668
第二节	模型的分类·····	669
第三节	现有的主要模型·····	672
第五章	振动数值模拟·····	682
第一节	概述·····	682
第二节	移动荷载作用下的弹性介质的理论研究·····	682
第三节	数值方法·····	685
第四节	模拟维数·····	686
第六章	振动控制·····	687
第一节	振源控制·····	687
第二节	振动传播路径控制·····	691
第三节	建筑物振动控制·····	692

第九篇 古建筑振动控制

第一章	振动对古建筑的影响·····	697
第一节	交通振动影响·····	697

第二节 机械装备振动影响·····	698
第三节 人行振动影响·····	698
第二章 古建筑容许振动标准·····	699
第三章 古建筑结构振动评估·····	702
第四章 工业振源振动量化与传播·····	703
第一节 地面振动速度·····	703
第二节 地面振动频率·····	706
第五章 古建筑动力特性和响应·····	707
第一节 概述·····	707
第二节 古建筑砖石结构·····	707
第三节 古建筑木结构·····	710
第六章 古建筑弹性波波速及动力特性测试·····	714
第一节 古建筑物弹性波波速测试·····	714
第二节 古建筑动力特性测试·····	715
第七章 防振措施·····	717
参考文献·····	719

第一篇

振动荷载与容许振动标准
