

城乡建设标准规范培训系列丛书

建筑工程容许振动 标准理解与应用

徐 建 主编

中国建筑工业出版社

城乡建设标准规范培训系列丛书

建筑工程容许振动标准理解与应用

徐 建 主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑工程容许振动标准理解与应用/徐建主编:—北京:中国
建筑工业出版社, 2013. 8

(城乡建设标准规范培训系列丛书)

ISBN 978-7-112-15420-3

I. ①建… II. ①徐… III. ①建筑结构-结构振动-标准-中国

IV. ①TU311.3-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 095079 号

国家标准《建筑工程容许振动标准》GB 50868—2013 已经正式颁布实施, 为了使工程技术人员尽快准确地应用该标准, 由标准主要起草人员编写了《建筑工程容许振动标准理解与应用》。本书重点介绍了标准编制原则、国内外相关标准状况、基本概念、使用方法、制订依据和适用范围, 并对标准应用中应注意的问题进行了阐述。本书不仅是规范应用的指导教材, 也是从事工程振动控制技术人员的的重要参考书。

本书可供从事工程振动控制设计、施工、产品制造的工程技术人员使用, 也可供高等院校师生参考。

责任编辑: 赵梦梅 田立平

责任设计: 赵明霞

责任校对: 张颖 刘钰

城乡建设标准规范培训系列丛书 建筑工程容许振动标准理解与应用

徐建 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17¼ 字数: 417 千字

2013 年 5 月第一版 2013 年 5 月第一次印刷

定价: 38.00 元

ISBN 978-7-112-15420-3

(24015)

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)

《建筑工程容许振动标准理解与应用》编写委员会

主 编：徐 建

编 委：万叶青 黎益仁 陈 骝 杨宜谦 柳炳康
尹学军 陈龙珠 郑建国 余东航 周建军
于跃平 王永国 杨毅萌 李永录

《建筑工程容许振动标准理解与应用》编写分工

第一章 徐 建 杨宜谦 尹学军 黄尽才

第二章 万叶青

第三章 陈 骝 俞渭雄 万叶青

第四章 徐 建 余东航 周建军 尹学军 黎益仁
万叶青 于跃平 王永国 杨毅萌 李永录
黄青青 韩腾飞

第五章 柳炳康

第六章 杨宜谦 刘鹏辉

第七章 陈龙珠 郑建国

第八章 万叶青

前 言

国家标准《建筑工程容许振动标准》GB 50868—2013 已经颁布实施，本标准是新编制的国家标准，有许多内容工程技术人员还不熟悉，为了使工程技术人员更好地掌握和应用新标准，由标准编写组主要起草人根据规范编制的背景材料、标准条文、相关国内外标准分析等编写了本书。

本书强调了实用性，按照标准的编写次序，着重介绍了标准的编制依据、基本概念、国内外相关标准情况、应用方法等，并对标准应用中应注意的问题进行了阐述。

本书主要包括：标准编写的过程和原则、振动测试的要求、精密仪器及设备容许振动标准、动力机器基础容许振动标准、建筑物内人体舒适性和疲劳-工效降低容许振动标准、交通振动容许振动标准、声学环境振动容许振动标准。

本书在编写过程中，得到了中国建筑工业出版社的大力支持，本书的编写还参考了一些作者的著作和论文，在此一并致谢！

书中不妥之处，敬请批评指正。

2013 年 4 月

目 录

第一章 概述.....	1
第一节 标准编写过程和主要内容.....	1
第二节 国内外标准概况.....	7
第二章 振动测试要求	18
第一节 测试方法	18
第二节 数据分析	24
第三章 精密仪器及设备容许振动标准	43
第一节 概述	43
第二节 精密仪器及设备容许振动标准确定方法和采用	44
第三节 精密加工设备	48
第四节 计量与检测仪器	48
第五节 显微镜	49
第六节 电子工业仪器和设备	49
第七节 光学加工及检测设备	51
第八节 三坐标测量机	56
第四章 动力机器基础容许振动标准	65
第一节 压缩机基础	65
第二节 汽轮发电机组和重型燃气轮机基础	73
第三节 锻锤基础	88
第四节 压力机基础	93
第五节 破碎机和磨机基础	99
第六节 发动机基础.....	105
第七节 振动试验台基础.....	113
第八节 通用机械基础.....	122
第九节 纺织机基础.....	124
第十节 金属切削机床基础.....	126
第十一节 振动筛和轧机基础.....	127
第五章 建筑物内人体舒适性和疲劳-工效降低容许振动标准	133
第一节 适用范围和编写依据.....	133
第二节 建筑物内人体舒适度振动容许标准.....	134
第三节 生产操作区的容许振动标准.....	138

第六章 交通振动容许振动标准	145
第一节 对建筑结构影响	145
第二节 对建筑物内人体舒适性影响	155
第七章 建筑基础施工容许振动标准	159
第一节 建筑施工振动影响评估指标的选取	159
第二节 建筑地基容许振动速度与振动频率的关系	164
第三节 建筑基础工程施工振动的主要特性	166
第八章 声学环境振动容许振动标准	176
第一节 声振特性分析	176
第二节 技术指标	184
附《建筑工程容许振动标准》GB 50868—2013	203
参考文献	267

第一章 概 述

第一节 标准编写过程和主要内容

国家标准《建筑工程容许振动标准》GB 50868—2012 是根据中华人民共和国住房和城乡建设部《关于印发〈2009 年工程建设国家标准制订、修订计划〉的通知》（建标〔2009〕88 号）的要求，由中国机械工业集团有限公司会同有关设计、科研、生产和教学共 21 个单位 36 位专家共同编制而成。

标准编制的目的是建筑工程中的振动问题越来越引起人们的重视：如果振动过大，会影响建筑结构的安全、机器设备的正常工作、仪器仪表的测量精度、工作人员的身体健康以及对环境的污染。在我国工程设计中还没有一个统一的建筑工程容许振动标准。许多情况下，设计人员由于找不到设计依据而参照国外标准或手册，而国外标准和手册的工程和测试背景与我国又有所不同，造成了设计的不准确。尽管我国现行国家标准中有多本也涉及容许振动标准，但标准的确定还存在不全面、不完善，甚至相互矛盾，如很多标准给出的容许振动标准没有明确是时域范围还是频域范围，没有明确是峰值还是均方根值，没有明确控制点位置，没有区分是隔振还是非隔振时的容许振动标准，应用时会产生很大的差异。针对目前国内建筑振动工程设计中的常见情况，编制国家标准《建筑工程容许振动标准》，尽可能全面地给出各种工况下的容许振动标准值，明确了其适用范围和取值标准，为工程设计提供可靠的依据。

在标准编制过程中，编制组开展了专题研究，进行了广泛的调查分析，总结了我国在建筑工程振动领域的科研成果，与相关标准进行了协调，比较和借鉴了国际先进标准，充分考虑了我国的经济条件和工程实践，在此基础上以多种形式征求全国有关单位的意见，经审查定稿。

一、标准制定的简要过程

本标准的编制可分为五个阶段。

第一阶段（准备及项目申报阶段）。2008 年 6 月，由主编单位中国机械工业集团有限公司针对目前我国建筑工程振动设计中容许振动标准不统一等问题开展调研，收集了目前国内外和建筑工程容许振动标准有关的标准、规范及相关资料，在此基础上进行了研究和论证，并在国内有关单位广泛征求对该标准编制的意见，大家普遍认为，该标准的编制是十分必要的，对统一我国建筑工程振动设计中的容许振动标准意义重大。2009 年 1 月，由主编单位中国机械工业集团有限公司向中华人民共和国住房和城乡建设部标准定额司提出制订标准的申请。2009 年 5 月，住房和城乡建设部以建标〔2009〕第 88 号文《2009 年

工程建设国家标准制定、修订计划》对标准的编制进行了批复。

第二阶段（初稿阶段）。2009年8月，由标准主编单位中国机械工业集团有限公司组织成立标准编制组，编制组由28个单位36名专家组成，编制组充分考虑了行业的代表性。编制组包括设计、勘察、施工、科研、教学、管理等单位，行业涉及机械、电子、兵器、电力、石油、化工、冶金、纺织、铁道、航空、船舶、军工等。2009年8月，标准主编单位以[2009]第1号文件向编制组成员单位征求对编写大纲的意见。2010年1月，以[2010]第1号文件提出编写大纲草案并初步进行了分工。2010年5月，以[2010]第2号文件确定了编写大纲，并提出各章节的负责单位及参加编写单位。2011年7月26日，在北京召开了编制组第一次工作会议，布置了标准的编写工作和编写要求。2010年8月，中国机械工业联合会以机联秘标[2010]112号文件，印发了国家标准《建筑工程容许振动标准》制订工作大纲。2011年3月，标准编制组以[2011]第1号文件印发了标准初稿（第一稿），并征求编制组意见。

第三阶段（征求意见稿阶段）。2011年3月，标准编制组以[2011]第2号文件将编制组意见印发各章节编写负责人，并要求按照反馈意见进行修改，形成初稿（第二稿）。2011年5月15日，召开了有23人参加的标准各章节编写负责人会议，对初稿（第二稿）进行逐条讨论，形成了征求意见稿（第一稿）。2011年8月，编制组以[2011]第4号文件，将征求意见稿（第一稿）印发全体编制组成员进行审校和把关，在此基础上形成征求意见稿（第二稿）。2011年9月，编制组以[2011]第5号文件，将征求意见稿以书面和网络的形式在全国公开征求意见，共发出征求意见稿书面材料146份，最后19家单位27人反馈了意见。

第四阶段（送审稿阶段）。2011年11月13日，编制组召开了有22人参加的各章节负责人工作会议，参会人员对反馈意见进行了认真讨论，对征求意见稿的内容做了修改和完善，形成了送审稿（第一稿）。2011年12月，将送审稿（第一稿）再次印发各章节负责人进行审校把关，2012年3月经过再次修改，形成了最终的送审稿。

2012年4月6日，中国机械工业联合会委托中国机械工业勘察设计协会在北京召开了标准审查会，中华人民共和国住房和城乡建设部标准定额司、中国机械工业勘察设计协会的有关领导参加了会议，会议成立了由大连理工大学程耿东院士、北方工程设计研究院有限公司茅玉泉教授级高工为组长的审查组（见审查会会议纪要）。

第五阶段（报批稿阶段）。编制组在认真研究审查会专家提出意见的基础上，对标准的送审稿按照《工程建设标准编写办法》的要求进行修改，形成报批稿（第一稿）。4月26日～28日，编制组在青岛召开了报批稿（第一稿）的讨论会，对标准进行了逐条讨论，经过多次修改，完成了标准的报批稿。

二、标准主要内容

1. 标准的主要章节

标准共分9章，主要内容包括：总则、术语和符号、基本规定、精密仪器和设备、动力机器基础、建筑物内人体舒适性和疲劳-工效降低、交通振动、建筑施工振动、声学环

境振动的容许振动标准。

2. 标准的基本规定

一般情况下精密仪器及设备采用的容许振动标准,应由设备制造厂家提供,或由技术人员研究提出,或通过试验确定;当设备制造厂家和技术人员不能提供且无法进行试验时,按本标准采用。标准对振动测试方法和振动控制点的位置,特别对测试仪器、测试系统、振动频率范围等作了明确规定,明确了数据分析的方法,避免了由于数据分析方法的差异而对最终结果产生影响。本标准中将测试方法、评价指标和容许振动标准形成了一个完整的评价体系。

3. 精密仪器及设备的容许振动标准

本标准根据现行相关国家标准、ISO 国际标准、通用标准曲线以及设备制造商提供的仪器设备标准,结合长期的试验研究结果,对常用精密仪器及设备进行了重新分类和补充,划分为精密加工设备、计量与检测仪器、显微镜、电子工业仪器与设备、光学加工及检测设备、三坐标测量机共6类,针对各类精密仪器和设备,明确了时域或频域范围,峰值或均方根值的取值方法,其中有部分精密仪器和设备的容许振动标准是首次提出来的。

4. 动力机器基础的容许振动标准

动力机器基础的种类很多,根据现有国家和行业标准统计,本标准划分为11类,即:压缩机基础、汽轮发电机组和重型燃气轮机基础、锻锤基础、压力机基础、破碎机和磨机基础、发动机基础、振动试验台基础、通用机械基础、纺织机基础、金属切削机床基础、冶金振动筛和轧机基础。动力机器基础设计的目的是要把基础的振动控制在容许范围内,以满足机器正常运转、保证操作人员正常工作和身体健康、对周围建(构)筑物和仪器设备没有不良影响。目前,国内外关于动力机器基础相关标准很多,一些标准是从某一侧面来考量的,不够全面。本标准的制定是在研究国内外大量标准的基础上,结合我国现有的科研成果和设计方法,经过反复对比分析,较全面的考量了振动影响的各种因素,提出的指标更加合理和适用。

(1) 压缩机基础

压缩机基础的设计除了我国现行《动力机器基础设计规范》GB 50040—1996 和《隔振设计规范》GB 50463—2008 外,在人员感知方面,有《动力设备基础》(AC 1351, 3R-04)、《动力设备基础 第1部分:往复式设备基础》BS CP 2012—1 等;在机器正常运行方面,有《在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动》GB/T 6075 系列等;在对建筑物影响方面,有《机械振动与冲击 建筑物的振动 振动测量及其对建筑物影响的评价指南》GB/T 14124—2009、《建筑物振动的评价与测量 第2部分:地面产生振动的破坏等级》BS 7385—2、《动力设备基础 第1部分:往复式设备基础》BS CP2012—1、《结构振动 第3部分:振动对结构的影响》DIN 4150—3。本标准的制定综合考虑了各种因素。

(2) 汽轮发电机组与重型燃气轮机基础

其容许振动值的确定,主要考虑以下因素:

1) 汽轮发电机组基础的容许振动标准和计算相关规定是根据现行国家标准《动力机

器基础设计规范》GB 50040—1996 的规定确定。我国《动力机器基础设计规范》的总体要求概括来说,就是在机器额定转速的 $\pm 25\%$ 频率范围内,扰力值取机器转子重量的 0.2 倍,对汽轮发电机基础进行强迫振动响应分析,基础的容许振动值采用容许振动位移控制,位移峰值不大于 $20\mu\text{m}$ 。我国《动力机器基础设计规范》颁布实施至今已有十几年,大量的工程实践证明《动力机器基础设计规范》是可靠的、适用的。

国外主要国家和汽轮机制造厂家均采用 ISO 标准。机器动扰力的取值规定参照 ISO 1940—1—2003《机械振动 恒态(刚性)转子平衡品质要求 第 1 部分:规范与平衡允差的检验》GB/T 9239.1—2006。基础的容许振动限值规定参照 ISO 10816—2《在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第 2 部分:50MW 以上陆地安装的大型汽轮发电机组》GB/T 6075.2—2002。ISO 标准采用 4 个评价区域对机器振动进行评价。

综合比较动扰力和振动位移限值,我国《动力机器基础设计规范》的振动控制要求与 ISO 标准平衡等级 G6.3 相当,而比 ISO 标准推荐采用的平衡等级 G2.5 要严格得多。

2) 由于目前我国现行规范没有弹簧隔振汽轮发电机组基础的振动限值规定,简单套用我国《动力机器基础设计规范》的规定不尽合理。本标准的容许振动值参考了 ISO 10816—2《在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第 2 部分:50MW 以上陆地安装的大型汽轮发电机组》GB/T 6075.2—2002,该标准被国内外主要汽轮发电机制造商和弹簧制造商所认可,并在国内外工程中普遍使用。

在 ISO 标准中,弹簧隔振汽轮发电机组基础与非隔振基础的振动控制要求没有区别。本标准弹簧隔振基础的振动控制限值比普通基础有所放松,当平衡等级取 ISO 标准推荐的 G2.5 时,弹簧隔振汽轮发电机组基础的振动限值与我国《动力机器基础设计规范》普通基础相比,放大约 1.1 倍。

(3) 锻锤基础

锻锤未安装隔振装置时锻锤基础的容许振动位移和容许振动加速度,是根据现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040—96 确定的。锻锤安装隔振装置时,锻锤隔振基础的容许振动位移参照现行国家标准《隔振设计规范》GB 50463—2008。为了保证自由锻锤在块体基础下安装隔振装置后能够正常工作,标准对隔振后锻锤设备和块体基础的位移设定了限制,目的是为了保证不会因为位移太大(对锻锤而言,主要是竖向位移)而影响锻锤正常工作。标准所给出的容许振动位移值,是指锻锤或块体基础离开静态零位移点的单向最大值。

(4) 压力机基础

压力机基础容许振动位移是根据现行国家标准《隔振设计规范》GB 50463—2008 的原则确定,标准分为非隔振和隔振两种情况,更便于进行控制。同时,因为实际上隔振后很多压力机在底座处的竖向振动位移超过 1mm 仍能够正常工作,所以该容许振动位移数值调整为 3mm,使之更加合理。对于隔振的情况,无论压力机支承于块体基础或钢梁上,或是直接支承在隔振器上,控制点都是压力机底座处。

(5) 发动机基础

活塞式发动机自身的振动评级多个国家已有标准,均采用振动速度均方根值作为振动

评级和验收的衡量指标。考虑到与机器自身振动评级呼应,且振动速度与振动能量和振动产生的内应力直接对应,以及建筑行业采用峰值的习惯,本标准采用了时域内振动速度峰值作为发动机基础的容许振动值。该振动值是按与机器振动评级B的上限值对应的振动烈度值并留有余地确定的。由于发动机的功率大小和平衡性能相差很大,对平衡性能好或功率小的发动机,设计时容许振动值宜控制得严一些。发动机基础隔振后,不存在振动对地基和周围环境的影响,且隔振基础的振动更接近于设备自身的振动,故发动机隔振基础的容许振动值可以比地基上的基础大幅提高。

(6) 振动试验台基础

电液伺服液压振动试验台是以液压源为动力,伺服阀驱动,通过电控系统形成闭环控制的振动试验系统,属于强力振动设备。在进行振动试验时,一方面,试验台作动器的推力较大,运动过程中可能会引起地基的振动响应。另一方面,外部环境振动过大,也会影响振动台的试验精度。因此,在地基基础设计时,除了要减少振动对周围环境的影响和避免对附近建筑安全的影响外,还要避免环境振动对试验精度的影响。根据大量数据统计,国内外电液伺服振动试验台主要试验频率区间是在 $0\sim 200\text{Hz}$,并以 $1\sim 30\text{Hz}$ 的激励为主。绝大多数振动试验台作动器的行程为 300mm ,振动试验的位移振幅控制范围为 $\pm 150\text{mm}$ 。

(7) 通用机械基础

容许振动值的确定主要考虑以下原则:一是应保证机器本身的正常运转;二是动力设备基础振动所产生的振动波,通过地面振动传播衰减后,对工业建筑物和操作工人不产生有害的影响。本标准采用的机器基础容许振动值,对工业建筑物和操作工人均不会产生有害的影响。而当振动设备基础的厂房周边有振动要求,或当风机、水泵等基础设置在其他建筑物地面或地下室时,基础的容许振动值实际应由相关建筑物功能的防振要求控制。项目设计中,设计人应综合考虑确定容许振动值和基础设计方案。还应特别注意振动固体传声和管道振动对楼盖的影响。

(8) 纺织机基础

目前纺织机型号不断升级进步,已采用了电子设备等新兴技术手段,其先进程度较高,但对灵敏度要求较高的设备容许振动值标准却未作专门规定。根据对国内多家现有进口剑杆纺织机的生产车间进行实测结果来看,其振动幅值一般在 0.05mm 范围以内,未发现振动对生产有异常现象,故确定 0.05mm 为其振动限值。

(9) 金属切削机床基础

本标准适用于一般用途的金属切削机床,当金属切削机床对基础的振动有特殊要求时,需要根据具体要求专门设计基础。金属切削机床的基础是指金属切削机床安装处的混凝土基础或金属切削机床坐落处的地坪面。金属切削机床安装处基础的振动对金属切削机床的加工精度会产生一定的影响,为了保证金属切削机床的加工精度,基础的设计中应根据不同精度金属切削机床基础的振动限值,考虑环境振动的传递影响,采取合适的结构形式或隔振措施。

(10) 冶金振动筛和轧机基础

冶金工业热轧、冷轧等各类轧机的基础一般都是采用墙式或大块式基础，基础的水平和竖向刚度较大，在冲击力作用下，基础振动速度和位移较小。根据实际测试的轧机振动结果，轧机基础的最大振动加速度均在 $0.2 \sim 0.8 \text{ m/s}^2$ ，且冶金企业多位于 7 度或 7 度以上设防地区。从抗震角度考虑并根据现场振动测试分析，确定了振动加速度限值。

5. 生产操作区的容许振动标准

标准主要考虑了在动力机械附近工作的操作人员受全身振动影响时，建筑物内以及振动机械附近，生产操作区的操作人员通过支撑面传递到整个身体的振动。即通过站立人双脚、就座人臀部或斜靠人背部的支撑表面传递到人体的振动。适用于生产操作区立姿、坐姿和斜靠姿的人。当生产操作区的操作人员承受全身振动的影响时，根据振动强度、频率、方向和持续时间，将振动控制界限划分为舒适性降低界限、疲劳-工效降低界限。

标准适用于频率范围为 $1 \sim 80 \text{ Hz}$ 的周期振动、随机振动或具有分布频谱的非周期性振动，也适用于其能量在此频带范围内的连续冲击型振动。低于 1 Hz 的振动会出现许多传递形式，并产生一些与较高频率完全不同的影响，不能简单地通过振动的强度、频率和持续时间来解释。高于 80 Hz 的振动，感觉和影响主要取决于作用点的局部条件，目前还没有建立 80 Hz 以上的、关于人的整体振动标准。

容许振动标准可采用 $1/3$ 倍频程分析法，用分布在 $1/3$ 倍频段的加速度值表示振动限值；也可采用振动计权分析法，用单一参数振动计权加速度级表示振动限值。采用计权法单一数值表征振动环境是一种近似方法，一般情况下，由于振动频谱不会和频率计权网络性状相同或相似，且频带一般不会很宽，振动计权分析法与 $1/3$ 倍频程分析法两种方法衡量结果差别不大。

6. 建筑物内人体舒适性的容许振动标准

建筑物内振动对人体的影响属于全身振动，本标准适用于频率范围为 $1 \sim 80 \text{ Hz}$ 的周期振动、随机振动或具有分布频谱的非周期性振动，也适用于其能量在此频带范围内的连续冲击型振动。建筑物内使用者和居住者以站姿、坐姿、卧姿多种方式活动：当人在建筑物内活动姿势相对固定时，采用水平向或竖向轴数值；当人在建筑物内站立、躺卧，姿势不固定时，采用混合轴曲线。考虑到使用者工作、生活主要是在建筑物室内地面或楼面上，竖向振动是影响的主要因素。

7. 交通振动的容许振动标准

交通运输（公路、铁路、城市轨道交通）引起的地表振动属于间歇性长期振动，这种振动与其他工业振动特征有所不同。交通振动对建筑结构影响的容许振动值，国内目前没有同类国家标准，本章的编制，主要参考了德国标准 DIN 4150-3、英国标准 BS 7385、瑞士标准 SN 640 312a，并结合了我国的大量工程实践。交通振动对建筑物内人体舒适性影响的容许振动值，主要参照 ISO 2631-2 和英国标准 BS 6472-1，根据对比分析，采用四次方振动剂量法更适合评价交通引起的间歇性长期振动对建筑物内人体舒适性的影响。

8. 建筑施工振动的容许振动标准

标准对打桩、地基处理和岩土爆破等施工振动对建筑结构影响的容许振动标准做出规

定,是在参考国内外相关科技文献资料结合标准编制组成员工程经验基础上提出来的。标准制定中,考虑了施工振动对建筑结构影响的累积效应:当振动作用次数较少、作用时间较短时,容许振动值可以适当提高。这是我国首次全面提出对建筑地基基础工程施工振动影响进行评估的标准。

9. 声学环境振动的容许振动标准

噪声的产生源于振动,是社会环境中的一个大问题。世界各国都制定了许多噪声标准以控制噪声污染。同时,国内外也有制订振动评价和限制的标准规范,用于振动控制、结构安全以及劳动保护等方面,振动和噪声指标是各自独立的,目前还没有一个通过限制结构振动来控制噪声的标准。本标准参照国内外有关标准资料,综合考虑了振动噪声的辐射作用、室内混响、噪声叠加和听觉计权等方面的因素,提出了民用建筑、声学试验室和水声试验室的容许振动标准。

10. 标准编制中存在的问题和今后发展方向

(1) 标准中提出的容许振动标准,还局限于目前常用的仪器与设备,一些先进的新型仪器设备由于缺乏试验数据,尚未纳入标准中。

(2) 随着测试仪器的先进化和评价方法的科学化,要探索研究振动控制最合理的评价体系。

(3) 标准中没有包括地震和风振作用下建筑工程的容许振动标准,也没有包括振动环境中古建筑的容许振动标准。

第二节 国内外标准概况

一、引言

随着工业化的发展,人们逐渐认识到建筑物一定会受到振动。在设计时,必须要考虑到结构的完整性、建筑的服务功能以及与环境的适应性,同时还要考虑到对历史建筑的保护。

交通(含公路、铁路和城市轨道交通)、施工(含基础挖掘、隧道开凿、打桩、强夯、爆破等)、工业、地震引起的振动通过大地和建筑结构(墙、柱和楼板)传播到附近的建筑物,这些振动源的特征不同:连续或不完全连续振动,如工业类;永久性的间歇振动,如交通类;有限持续时间的(非永久性的、独立的或偶发的)振动,如施工类。人们对不同振源的感受是不同的。

人体全身振动的感知阈值在制订环境振动和建筑物室内振动标准时很重要。而精密仪器设备、精密加工、地震学、火山学更关注低于感知阈值的振动,而引起建筑物损伤的振动水平一般要远高于人体振动感知阈值。

许多国家的经验表明,只要居住建筑的振动稍微超过人的感知水平时,就会引起居住者产生不满(这与噪声有明显区别)。人对建筑物内振动的反应很复杂,人对振动的感知有时并非来自振动本身,而是来自振动的二次影响,例如,结构噪声;家具、窗户、装饰

物和建筑附属设施发出的嘎嘎声；视觉影响（如叶子的摆动、室内物品的移动、悬挂物体的晃动）所引起的。人对振动的反应多种多样，包括睡眠障碍、危害精细活动、烦恼、烦躁和恐惧。

大量实验室实验研究结果表明，振动感知阈值的个体间差异和个体内差异较大，个体间差异约为2:1。个体觉察振动的敏感性受许多内部和外部因素的影响：振动大小、频率和持续时间、姿势（坐、站、卧）、方向（竖向、水平向、旋转）、接振位置（手、座椅、脚、背）、活动（休息、阅读、视觉）、振动发生的频繁程度、环境噪声、环境温度、环境湿度等。

二、振动测试标准

振动测试涉及传感器的选择、安装固定、采样频率、截止频率、数据分析处理、人体全身振动计权网络等。

相关国内外标准有：

(1) 国际标准 ISO 5348: 1998 Mechanical vibration and shock-Mechanical mounting of accelerometers 被我国等同采用为《机械振动与冲击 加速度计的机械安装》GB/T 14412—2005。

(2) 国际标准 ISO 4866: 2010 Mechanical vibration and shock-Vibration of fixed structures-Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures, 其前一版本 ISO 4866: 1990 (Mechanical vibration and shock-Vibration of buildings-Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings、ISO 4866: 1990/Amd 1: 1994、ISO 4866: 1990/Amd 2: 1996) 被我国等同采用为《机械振动与冲击 建筑物的振动 振动测量及其对建筑物影响的评价指南》GB/T 14124—2009。

(3) 国际标准 ISO 8041: 2005 Human response to vibration-Measuring instrumentation。

(4) 国际标准 ISO 10815: 1996 Mechanical vibration-Measurement of vibration generated internally in railway tunnels by the passage of trains 被我国等同采用为《机械振动 列车通过时引起铁路隧道内部振动的测量》GB/T 19846—2005。

(5) 国际标准 ISO 2631—1: 1997 Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1: General requirements. ISO 2631—1: 1997/Amd 1: 2010 被我国等同采用为《机械振动与冲击 人体暴露于全身振动的评价 第1部分：一般要求》GB/T 13441.1—2007。

(6) 英国标准 BS 6841: 1987 Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock。

(7) 德国标准 DIN 45669—1: 2010: Measurement of vibration immission-Part 1: Vibration meters- Requirements and tests。

(8) 德国标准 DIN 45669—2: 2005: Measurement of vibration immission-Part 2:

Measuring method。

(9) 德国标准 DIN 4150—1: 2001 Vibrations in buildings-Part 1: Prediction of vibration parameters。

(10) 日本标准 JIS C1510—1995 Vibration level meters。

(11) 中国标准《人体对振动的响应 测量仪器》GB/T 23716—2009。

(12) 中国标准《城市区域环境振动测量方法》GB 10071—88。

(13) 中国标准《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》GB/T 50355—2005。

(14) 中国行业标准《城市轨道交通引起建筑物振动与二次辐射噪声限值及其测量方法标准》JGJ/T 170—2009。

(15) 中国行业标准《铁路环境振动测量》TB/T 3152—2007。

(16) 中国地方标准《城市轨道交通（地下段）列车运行引起的住宅室内振动与结构噪声限值及测量方法》DB31/T 470—2009。

三、精密仪器和设备容许振动标准

随着工业化和城市化进程、公共交通的发展、仪器分辨能力的提高，环境振动对科研单位、高等院校、精密加工工厂的精密仪器和振动敏感设备的影响越来越大，涉及的主要技术领域有电子工业、纳米技术、计量等。

相关国内外标准有：

(1) 国际标准 ISO/TS 10811—1: 2000 Mechanical vibration and shock-Vibration and shock in buildings with sensitive equipment-Part 1: Measurement and Evaluation 被我国等同采用为《机械振动与冲击 装有敏感设备建筑物内的振动与冲击 第1部分 测量与评价》GB/T 23717.1—2009。

(2) 国际标准 ISO/TS 10811—2: 2000 Mechanical vibration and shock-Vibration and shock in buildings with sensitive equipment-Part 2: Classification 被我国等同采用为《机械振动与冲击 装有敏感设备建筑物内的振动与冲击 第2部分：分级》GB/T 23717.2—2009。

(3) 国际标准 ISO 8569—1996 Mechanical vibration and shock-Measurement and evaluation of shock and vibration effects on sensitive equipment in buildings 被我国等同采用《机械振动与冲击 振动与冲击对建筑物内敏感设备影响的测量和评价》GB/T 14125—2008。

(4) 美国环境科学技术学会标准 IEST—RP—CC012.2 Considerations in Cleanroom Design, Institute of Environmental Sciences and Technology, 2007。

(5) 美国联邦交通管理局（FTA）指导手册 Office of Planning and Environment, Federal Transit Administration. Transit Noise and Vibration Impact Assessment. FTA—VA—90—1003—06, 2006。

(6) 中国标准《隔振设计规范》GB 50463—2008。

(7) 中国标准《多层厂房楼盖抗微振设计规范》GB 50190—93。

四、动力机器基础容许振动标准

1. 引言

动力机器的正常运行，必须解决机器与基础的振动问题。

解决机器与基础的振动，首先要确定振动的根源，其次要确定振动的判据，即振动容许值。

对于作回转运动的动力机器的主动隔振，振动源自机器转子残余不平衡量在作回转运动时产生的离心力。这个离心力通过轴承传给轴承座，再通过轴承座传给基础，最后通过基础传给周围环境；对于作回转运动的动力机器的被动隔振，振动源自周围环境的振动，例如远处施工爆破在地面激发的水平加速度经过基础框架的放大传给机器。

基础是为机器服务的，基础设计必须满足一定的条件，才能保证机器正常工作。基础必须具有足够的刚度和惯性质量，基础的固有频率应该对机器的激振频率有一定的避开裕量，如果不满足，则必须采取有效措施保证基础的振动符合振动判据。

20 世纪 70~90 年代，国内的电力土建专家们悉心编制了《动力机器基础设计规范》GB 50040—96、《火力发电厂土建结构设计技术规程》以及《火力发电厂辅助机器基础隔振设计规程》等标准，基本上满足了当时电力土建结构设计的需要。

改革开放以后，随着我国工程技术人员对从国外引进的机器的工程设计的学习和研究，西方发达国家的标准和国际标准逐渐引入中国，通过吸收和转化，逐渐形成的我国的标准，从设计、动平衡、测试、构造等各方面对基础设计进行指导和规范。

1964 年，德国率先颁发了以振动速度作为基础振动评估的标准 VDI 2056；1974 年，国际标准协会 ISO 颁布了相同评估数据的基础振动评估标准 ISO 2372。1995 年，将基础振动评估标准 VDI 2056 与 ISO 2372 更新为 ISO 10816 系列，用于汽轮发电机组、工业汽轮机驱动机组、燃气轮机机组、水轮发电机组、功率 100kW 以上往复式机器，以及电动机驱动的叶片泵组非旋转部件（轴承座壳体）振动控制评估。1986 年，ISO 颁发了基础扰力有关的机器刚性转子动平衡等级标准 ISO 1940/1；1998 年，又颁发了挠性转子动平衡等级标准 ISO 11342；1996 年，颁发了用于汽轮发电机组、工业汽轮机驱动机组、燃气轮机机组等机器轴振系列标准 ISO 7919 系列标准；1988 年，德国颁发了有关汽轮发电机组柔性结构基础设计的基础标准 DIN 4024, Part 1；1991 年，德国又颁发了有关工业汽轮机驱动机组刚性基础设计的基础标准 DIN 4024, Part 2。

有了机器转子动平衡等级、基础设计与振动评估三方面的标准，又有了大型有限元分析计算程序，在基础设计方面，欧洲汽轮发电机组基础设计，特别对弹簧阻尼支承的汽轮发电机组基础设计，已经形成一套成熟、完善的体系。同样，美国与日本的制造厂家对刚性基础设计，也有一整套成熟并完善的体系。如美国的大型汽轮发电机基座设计指南：ASCE (American Society of Civil Engineers) Report-Design of Large Steam Turbine-Generator Foundations, 1987 年初版，最新版为 2012 年。

国际标准组织没有对回转机器基础振动直接制订标准。但是欧洲的土建工程师们都公认机器非旋转部件上测量振动的标准，就是基础振动的标准，即振动判据。我国有很多进