

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50868 – 2013

建筑工程容许振动标准

Standard for allowable vibration of building engineering

2013 – 01 – 28 发布

2013 – 09 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

建筑工程容许振动标准

Standard for allowable vibration of building engineering

GB 50868 - 2013

主编部门:中国机械工业联合会

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2013年9月1日

中国计划出版社

2013 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1625 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《建筑工程容许振动标准》的公告

现批准《建筑工程容许振动标准》为国家标准，编号为 GB 50868—2013，自 2013 年 9 月 1 日起实施。其中，第 3.1.1、3.2.4 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2013 年 1 月 28 日

前 言

本标准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、生产和教学单位共同编制而成。

在本标准编制过程中,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。

本标准共分9章,主要包括: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。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国机械工业联合会负责日常管理,由中国机械工业集团有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,并将意见和建议寄交中国机械工业集团有限公司《建筑工程容许振动标准》管理组(地址:北京市海淀区丹棱街3号,邮政编码:100080),以便今后修订时参考。

本标准组织单位:中国机械工业勘察设计协会

本标准主编单位:中国机械工业集团有限公司

本标准参编单位:中国汽车工业工程公司

北方工程设计研究院有限公司

中国电子工程设计院

中国铁道科学研究院
合肥工业大学
上海交通大学
机械工业勘察设计研究院
隔而固(青岛)振动控制公司
国电华北电力设计院工程有限公司
中国寰球工程公司
中冶建筑研究总院有限公司
中国通用机械研究院有限公司
中船第九设计研究院
中国昆仑工程公司
海军司令部直属工作部
北京市劳动保护研究所
中国中元国际工程公司
中国联合工程公司
机械工业第六设计研究院有限公司
中国重型机械研究院有限公司
中机国际工程设计研究院有限责任公司
中国机械工业建设集团有限公司
宝钢工程技术集团有限公司
清华大学
中国航空规划建设发展有限公司
中国五洲工程设计有限公司

本标准主要起草人员:徐 建 万叶青 黎益仁 陈 骝
杨宜谦 柳炳康 陈龙珠 郑建国
尹学军 黄尽才 周建军 余东航
李永录 于跃平 杨毅萌 王永国
徐 辉 宫海军 娄 宇 凌秀美
王庭佛 张 斌 孙家麒 李 亮

陆 锋	赵 新	李亚民	王建刚
王建立	冯延雅	王 劲	徐衍林
陈 炯	燕 翔	邹 宏	马东霞
本标准主要审查人员:程耿东	茅玉泉	吴成元	张芳芭
任书考	吴邦达	高广运	张同亿

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(4)
3.1	一般规定	(4)
3.2	振动测试要求	(4)
4	精密仪器和设备	(7)
4.1	精密加工与检测设备	(7)
4.2	计量与检测仪器	(9)
4.3	光学加工及检测设备	(10)
4.4	显微镜	(11)
5	动力机器基础	(13)
5.1	压缩机基础	(13)
5.2	汽轮发电机组和重型燃气轮机基础	(13)
5.3	锻锤基础	(14)
5.4	压力机基础	(15)
5.5	破碎机和磨机基础	(16)
5.6	发动机基础	(17)
5.7	振动试验台基础	(17)
5.8	通用机械基础	(18)
5.9	纺织机基础	(19)
5.10	金属切削机床基础	(19)
5.11	振动筛和轧机基础	(20)

6	建筑物内人体舒适性和疲劳-工效降低	(21)
7	交通振动	(23)
7.1	对建筑结构的影响	(23)
7.2	对建筑物内人体舒适性的影响	(24)
8	建筑施工振动	(25)
9	声学环境振动	(27)
9.1	民用建筑	(27)
9.2	声学试验室	(28)
9.3	水声试验	(29)
	本标准用词说明	(30)
	引用标准名录	(31)
	附:条文说明	(33)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirements	(4)
3.1	General requirements	(4)
3.2	Vibration testing requirements	(4)
4	Precision instruments and equipments	(7)
4.1	Precision machining and testing equipments	(7)
4.2	Metrical and testing instruments	(9)
4.3	Optical processing and testing equipments	(10)
4.4	Microscopes	(11)
5	Foundation of dynamic machines	(13)
5.1	Foundation of compressors	(13)
5.2	Foundations of turbo generator sets and heavy duty gas turbines	(13)
5.3	Foundation of forging hammers	(14)
5.4	Foundation of presses	(15)
5.5	Foundations of crushers and mills	(16)
5.6	Foundation of engines	(17)
5.7	Foundation of vibration generator systems for test	(17)
5.8	Foundation of general machinery	(18)
5.9	Foundation of textile machines	(19)
5.10	Foundation of metal-cutting machine tools	(19)

5.11	Foundations of vibrating screens and rolling mills	(20)
6	Human comfort and fatigue-decreased proficiency in buildings	(21)
7	Traffic vibration	(23)
7.1	Effects on building structures	(23)
7.2	Effects on human comfort in buildings	(24)
8	Vibration of building construction	(25)
9	Vibration of acoustic environment	(27)
9.1	Civil buildings	(27)
9.2	Acoustic laboratories	(28)
9.3	Hydroacoustic tests	(29)
	Explanation of wording in this standard	(30)
	List of quoted standards	(31)
	Addition; Explanation of provisions	(33)

1 总 则

1.0.1 为了在建筑工程振动控制中贯彻国家的技术经济政策,以符合安全适用、经济合理、确保正常生产和满足环境要求,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于建筑工程在工业与环境振动作用下的振动控制和振动影响评价。

本标准不适用于建筑工程在地震及风振作用下的振动控制和振动影响评价,不适用于古建筑的振动控制和振动影响评价。

1.0.3 建筑工程的振动控制和振动影响评价除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

- 2.1.1 建筑振动** building vibration
建筑由动力机器、交通运输、施工作用等引起的振动。
- 2.1.2 容许振动值** allowable vibration value
受振对象的最大振动限制值。
- 2.1.3 容许振动位移** allowable vibration displacement value
受振对象的最大振动位移限制值。
- 2.1.4 容许振动速度** allowable vibration velocity value
受振对象的最大振动速度限制值。
- 2.1.5 容许振动加速度** allowable vibration acceleration value
受振对象的最大振动加速度限制值。
- 2.1.6 峰值** peak value
给定时间区间内振动最大值。
- 2.1.7 均方根值** root-mean-square value(RMS value)
对一组数据的平方和进行平均后,取其平方根。
- 2.1.8 水平振动** horizontal vibration
与地面平行的振动。
- 2.1.9 竖向振动** vertical vibration
与地面垂直的振动。
- 2.1.10 暴露时间** exposure time
暴露于振动作用下的时间。
- 2.1.11 人体舒适性** human comfort
人体对所暴露的振动环境,主观状态良好,在身体或心理上没
有感到困扰和不安的程度。

2.1.12 计权加速度级 weighted acceleration level

影响人体的与振动频率和暴露时间有关的振动加速度值,经过不同频率计权因子修正后得到的振动加速度级。

2.1.13 四次方振动剂量值 fourth power vibration dose value

以计权加速度时间历程四次方作为计算平均基础的量值。

2.2 符 号

d ——建筑工程计算或测试的振动位移;

v ——建筑工程计算或测试的振动速度;

a ——建筑工程计算或测试的振动加速度;

$[d]$ ——建筑工程的容许振动位移;

$[v]$ ——建筑工程的容许振动速度;

$[a]$ ——建筑工程的容许振动加速度;

VDV_z ——竖向四次方振动剂量值。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 建筑工程的振动控制应符合下列表达式的规定：

$$d \leq [d] \quad (3.1.1-1)$$

$$v \leq [v] \quad (3.1.1-2)$$

$$a \leq [a] \quad (3.1.1-3)$$

式中： d ——建筑工程计算或测试的振动位移；

v ——建筑工程计算或测试的振动速度；

a ——建筑工程计算或测试的振动加速度；

$[d]$ ——建筑工程的容许振动位移；

$[v]$ ——建筑工程的容许振动速度；

$[a]$ ——建筑工程的容许振动加速度。

3.1.2 建筑工程振动控制时，精密仪器及设备的容许振动值宜由设备制造厂家提供或通过试验确定；当设备制造厂家不能提供或无法试验确定时，应符合本标准的规定。

3.1.3 本标准中昼间和夜间的时间应符合当地人民政府的有关规定。当无规定时，昼间宜取 6 时至 22 时，夜间宜取 22 时至次日 6 时。

3.2 振动测试要求

I 测试方法

3.2.1 振动测试仪器的性能技术指标应符合国家现行有关标准的规定。

3.2.2 振动测试系统应根据测试对象的振动类型和振动特性的要求选取；测试系统应符合国家现行有关标准的规定，其测试仪器

应由国家认定的计量部门定期进行校准。振动测试时,测试仪器应在校准有效期内。

3.2.3 振动测试时,应根据测试对象的容许振动值采用的物理量及振动频率范围选择相应的传感器,并应符合下列规定:

1 一般情况下,宜采用加速度传感器。

2 当测试振动信号频率范围不大于 10Hz 时,宜选用位移型或速度型传感器。

3 对于宽频带冲击机器的振动测试,宜选用位移型和速度型传感器同时进行测试。

3.2.4 振动测试点应设在振动控制点上,振动传感器的测试方向应与测试对象所需测试的振动方向一致,测试过程中不得产生倾斜和附加振动。

3.2.5 除各章特别规定外,振动控制点应取基础或支承结构顶面振动最大点;振动控制方向应包括竖向和水平向两个主轴方向。

3.2.6 振动测试时,应选择多种具有代表性的工况进行测试。

II 数据分析

3.2.7 周期振动、随机振动、瞬态振动等不同类型的振动产生的信号,应采用相应的数据分析和评估方法。

3.2.8 振动测试时,振动信号的采样频率应满足奈奎斯特采样定理的要求,采样频率与截止频率的比值宜取 2.5~6.0;振动数据采集时,在信号进行模拟转换前应经过抗混滤波器处理。

3.2.9 冲击信号的幅值分析宜采用时域分析法,测试最大值分析次数不得少于 3 次。

3.2.10 稳态周期振动宜采用时域分析法,并将测试信号中所有幅值在测试区间内进行平均;测试结果亦可采用幅值谱分析的数据。每个样本数据不应少于 1024 个,并应进行加窗函数处理,频域上的总体平均次数不应少于 20 次。

3.2.11 随机信号分析时,应对随机信号的平稳性进行评估;对于平稳随机过程宜采用总体平滑的方法提高测试精度;当采用快速

傅里叶变换分析或频谱分析时,每个样本数据不应少于 1024 个,并应进行加窗函数处理,频域上的总体平均次数不应少于 32 次。

3.2.12 每个测点记录有效振动数据的次数不得少于 3 次。当 3 次测试结果与其算术平均值的相对误差在 $\pm 5\%$ 以内时,测试结果可取其平均值。

4 精密仪器和设备

4.1 精密加工与检测设备

4.1.1 精密加工设备在时域范围内的容许振动值,宜按表 4.1.1 的规定确定。

表 4.1.1 精密加工设备在时域范围内的容许振动值

设备名称	容许振动速度峰值($\mu\text{m/s}$)
$3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ 厚金属箔材轧制机	30
高精度刻线机、胶片和相纸挤压涂布机、 光导纤维拉丝机等	50
高精度机床装配台、超微粒干板涂布机	100
硬质金属毛坯压制机	200
精密自动绕线机	300

4.1.2 电子工厂、纳米实验室及物理实验室用精密仪器和设备在频域范围内 1/3 倍频程的容许振动值,宜按表 4.1.2 的规定确定。

表 4.1.2 精密仪器及设备在频域范围内 1/3 倍频程的容许振动值

仪器及设备名称	容许振动加速度 均方根值 (mm/s^2)	容许振动速度 均方根值 ($\mu\text{m/s}$)	对应频率 (Hz)
纳米研发设备	—	0.78	1~100
纳米实验设备	—	1.60	1~100
长路径激光设备、小于 $0.1\mu\text{m}$ 的超精密加工及检测设备	—	3.00	1~100
电子束曝光设备、 $0.1\mu\text{m}\sim$ $0.3\mu\text{m}$ 的超精密加工及检测设备	—	6.00	1~100

续表 4.1.2

仪器及设备名称	容许振动加速度 均方根值 (mm/s ²)	容许振动速度 均方根值 (μm/s)	对应频率 (Hz)
1μm~3μm 的精密加工及检测设备、薄膜场效应晶体管 (TFT-LCD) 及有机发光二极管 (OLED) 的阵列、彩膜加工设备	—	12.00	1~100
大于 3μm 的精密加工及检测设备, TFT-LCD 背光源组装设备	1.25	—	4~8
	—	25.00	8~100
接触式和投影式光刻机、薄膜太阳能电池加工设备	2.50	—	4~8
	—	50.00	8~100

注:当频率重叠时,应同时满足两个频率区间上的容许振动要求。

4.1.3 三坐标测量机在频域范围内的容许振动值,宜按表 4.1.3 的规定确定。

表 4.1.3 三坐标测量机在频域范围内的容许振动值

测量精度	容许振动位移 峰值(μm)	容许振动加速度 峰值(mm/s ²)	对应频率(Hz)
$1.0 \times 10^{-5} L < \epsilon \leq 1.0 \times 10^{-4} L$	4.0	—	<8
	—	10.0	8~30
	—	20.0	50~100
$1.0 \times 10^{-6} L < \epsilon \leq 1.0 \times 10^{-5} L$	2.0	—	<8
	—	5.0	8~30
	—	10.0	50~100
$\epsilon \leq 1.0 \times 10^{-6} L$	1.0	—	<8
	—	2.5	8~30
	—	5.0	50~100

注:1 本表适用于测量范围在 500mm~2000mm 的三坐标测量机;

2 ϵ 为测量精度, L 为三坐标测量机的最大量程;

3 表中 30Hz~50Hz 之间数值可采用线性插值计算。

4.2 计量与检测仪器

4.2.1 计量与检测仪器在时域范围内的容许振动值,宜按表 4.2.1 的规定确定。

表 4.2.1 计量与检测仪器在时域范围内的容许振动值

仪 器 名 称	容许振动位移 峰值(μm)	容许振动速度 峰值($\mu\text{m/s}$)
精度为 $0.03\mu\text{m}$ 光波的干涉孔径测量 仪、精度为 $0.02\mu\text{m}$ 的干涉仪、精度为 $0.01\mu\text{m}$ 的光管测角仪	—	30.0
表面粗糙度为 $0.025\mu\text{m}$ 的测量仪	—	50.0
检流计、 $0.2\mu\text{m}$ 分光镜(测角仪)	—	100.0
精度为 1×10^{-7} 的一级天平	1.5	—
精度为 $1\mu\text{m}$ 的立式(卧式)光学比较 仪、投影光学计、测量计	—	200.0
精度为 $1\times 10^{-5}\sim 5\times 10^{-7}$ 的单盘天 平和三级天平	3.0	—
接触式干涉仪	—	300.0
六级天平、分析天平、陀螺仪摇摆试验 台、陀螺仪偏角试验台、陀螺仪阻尼试 验台	4.8	—
卧式光度计、阿贝比长仪、电位计、万 能测长仪	—	500.0
台式光点反射检流计、硬度计、色谱 仪、湿度控制仪	10.0	—
卧式光学仪、扭簧比较仪、直读光谱分 析仪	—	700.0
示波检线器、动平衡机	—	1000.0

4.2.2 计量与检测仪器在频域范围内的容许振动值,宜按表 4.2.2 的规定确定。

表 4.2.2 计量与检测仪器在频域范围内的容许振动值

仪 器 名 称	容许振动位移 均方根值(μm)	容许振动速度 均方根值($\mu\text{m/s}$)	对应频率 (Hz)
原器天平、绝对重力仪、微 加速度仪	—	5.0	2~30
量块基准设备、激光波长基 准设备、2m 比长仪、喷泉时频 基准设备	—	10.0	2~30
水平准线基准、光辐射传感 器测试仪	—	20.0	2~30
激光能量基准与标准设备、 光学传递函数评价基准设备、 光谱辐射基准设备	1.8	—	5~30

4.3 光学加工及检测设备

4.3.1 光栅刻线和光学加工设备在时域范围内的容许振动值,宜按表 4.3.1 的规定确定。

表 4.3.1 光栅刻线和光学加工设备在时域范围内的容许振动值

设 备 名 称	容许振动速度峰值($\mu\text{m/s}$)
每毫米刻 6000 条线的光栅刻线机	5
每毫米刻 3600 条线的光栅刻线机	10
每毫米刻 2400 条线的光栅刻线机	20
每毫米刻 1800 条线的光栅刻线机、全息曝 光机	30
每毫米刻 1200 条线的光栅刻线机	50
每毫米刻 600 条线的光栅刻线机	100
镀膜机、环抛机	300

4.3.2 光学检测设备在频域范围内的容许振动值,宜按表 4.3.2 的规定确定。

表 4.3.2 光学检测设备在频域范围内的容许振动值

设备名称	容许振动位移 均方根值(μm)	容许振动加速度 均方根值(mm/s^2)	对应频率 (Hz)
水平干涉 检测设备	0.50	—	0.5~1
	—	0.02	1~100
垂直干涉 检测设备	0.25	—	0.5~1
	—	0.01	1~100

注:当频率重叠时,应同时满足两个频率区间上的容许振动要求。

4.4 显 微 镜

4.4.1 光学显微镜和电子显微镜在时域范围内的容许振动值,宜按表 4.4.1 的规定确定。

表 4.4.1 显微镜在时域范围内的容许振动值

显微镜类型	容许振动速度峰值($\mu\text{m/s}$)
80 万倍电子显微镜、14 万倍扫描电镜	30
6 万倍以下电子显微镜、精度为 $0.025\mu\text{m}$ 干涉显微镜	50
立体金相显微镜	100
精度为 $1\mu\text{m}$ 的万能工具显微镜	300
大型工具显微镜、双管显微镜	500

4.4.2 光学显微镜和电子显微镜在频域范围内 1/3 倍频程的容许振动值,宜按表 4.4.2 的规定确定。

表 4.4.2 显微镜在频域范围内 1/3 倍频程的容许振动值

显微镜类型	容许振动加速度 均方根值(mm/s^2)	容许振动速度 均方根值($\mu\text{m/s}$)	对应频率 (Hz)
电子显微镜[透射电子 显微镜(TEM)及扫描 电子显微镜(SEM)]	0.30	—	4~8
	—	6.00	8~100
1000 倍以下的 光学显微镜	1.25	—	4~8
	—	25.00	8~100
400 倍以下的 光学显微镜	2.50	—	4~8
	—	50.00	8~100

注：当频率重叠时，应同时满足两个频率区间上的容许振动要求。

5 动力机器基础

5.1 压缩机基础

5.1.1 当活塞式压缩机采用块式或墙式基础时,活塞式压缩机基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.1.1 的规定确定;排气压力大于 100MPa 的超高压活塞式压缩机基础的容许振动值,应由设备制造厂提供。

表 5.1.1 活塞式压缩机基础在时域范围内的容许振动值

基础类型	容许振动位移峰值(mm)	容许振动速度峰值(mm/s)
普通基础	0.2	6.3
隔振基础	—	20.0

5.1.2 工作转速大于 3000r/min 的离心式压缩机基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.1.2 的规定确定。

表 5.1.2 离心式压缩机基础在时域范围内的容许振动值

基础类型	容许振动速度峰值(mm/s)
普通基础	5.0
隔振基础	10.0

5.2 汽轮发电机组和重型燃气轮机基础

5.2.1 汽轮发电机组普通基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.2.1 的规定确定。

表 5.2.1 汽轮发电机组普通基础在时域范围内的容许振动值

机器额定转速(r/min)	容许振动位移峰值(mm)
3000	0.02
1500	0.04

注:当汽轮发电机组转速小于额定转速的 75%时,其容许振动值应取表中规定数值的 1.5 倍。

5.2.2 弹簧隔振汽轮发电机组基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.2.2 的规定确定。

表 5.2.2 弹簧隔振汽轮发电机组基础在时域范围内的容许振动值

机器额定转速(r/min)	容许振动速度均方根值(mm/s)
3000	3.8
1500	2.8

5.2.3 功率大于 3MW、转速在 3000r/min~20000r/min 范围内的发电和机械驱动的重型燃气轮机基础,在时域范围内的容许振动速度均方根值应取 4.5mm/s。

5.3 锻 锤 基 础

5.3.1 锻锤基础在时域范围内的容许振动值,应根据地基土类别、地基土承载力特征值和锻锤落下部分的公称质量,按表 5.3.1 的规定确定。

表 5.3.1 锻锤基础在时域范围内的容许振动值

地基土类别	锻锤落下部分 公称质量(t)	容许振动位移 峰值(mm)	容许振动加速度 峰值(m/s ²)
碎石土: $f_{ak}>500$ 黏性土: $f_{ak}>250$	<2	0.92~1.38	9.78~14.95
	2~5	0.80~1.20	8.50~13.00
	>5	0.64~0.96	6.80~10.40
碎石土: $300<f_{ak}\leq 500$ 粉土、砂土: $250<f_{ak}\leq 400$ 黏性土: $180<f_{ak}\leq 250$	<2	0.75~0.92	7.48~9.78
	2~5	0.65~0.80	6.50~8.50
	>5	0.52~0.64	5.20~6.80
碎石土: $180<f_{ak}\leq 300$ 粉土、砂土: $160<f_{ak}\leq 250$ 黏性土: $130<f_{ak}\leq 180$	<2	0.46~0.75	5.18~7.48
	2~5	0.40~0.65	4.50~6.50
	>5	0.32~0.52	3.60~5.20

续表 5.3.1

地基土类别	锻锤落下部分 公称质量(t)	容许振动位移 峰值(mm)	容许振动加速度 峰值(m/s^2)
粉土、砂土: $120 < f_{ak} \leq 160$ 黏性土: $80 < f_{ak} \leq 130$	< 2	0.46	5.18
	2~5	0.40	4.50
	> 5	0.32	3.60

注:1 f_{ak} 为地基土承载力特征值(kPa);

- 2 对孔隙比较大的黏性土、松散的碎石土、稍密或很湿到饱和的砂土、细、粉砂以及软塑到可塑的黏性土,容许振动位移和容许振动加速度应取表中相应地基土类别的较小值。对孔隙比较小的黏性土、密实的碎石土、砂土以及硬塑黏性土,容许振动位移和容许振动加速度应取表中相应地基土类别的较大值;
- 3 当湿陷性黄土及膨胀土采取有关措施后,可按表内相应的地基土类别选用容许振动值;
- 4 当锻锤基础与厂房柱基处在不同地基土上时,应按较差的土质选用容许振动值;
- 5 当锻锤基础和厂房柱基均为桩基时,可按桩端处的地基土类别选用容许振动值。

5.3.2 锻锤隔振基础在时域范围内的容许振动值应按下列规定确定:

1 当隔振装置间接支承在块体基础下部时,模锻锤块体基础的竖向容许振动位移峰值应取 8mm,自由锻锤块体基础的竖向容许振动位移峰值应取 5mm。

2 当隔振装置直接支承在锻锤底部时,锤身竖向容许振动位移峰值应取 20mm。

5.4 压力机基础

5.4.1 压力机基础底座处在时域范围内的容许振动位移峰值,应按表 5.4.1 的规定确定。

表 5.4.1 压力机基础底座处在时域范围内的容许振动值

机组固有频率(Hz)	容许振动位移峰值(mm)
$f_n \leq 3.6$	0.5
$3.6 < f_n \leq 6.0$	$1.8/f_n$
$6.0 < f_n \leq 15.0$	0.3
$f_n > 15.0$	$0.1 + 3/f_n$

注： f_n 为机组固有频率。

5.4.2 压力机隔振基础底座处在时域范围内的容许振动位移峰值应取 3mm；当不带有动平衡机构的高速冲床和冲剪厚板料时，压力机底座处在时域范围内的容许振动位移峰值应取 5mm。

5.5 破碎机和磨机基础

5.5.1 破碎机基础在时域范围内的容许振动值，应按表 5.5.1 的规定确定。

表 5.5.1 破碎机基础在时域范围内的容许振动值

机器额定转速(r/min)	水平容许振动位移峰值(mm)	竖向容许振动位移峰值(mm)
$n \leq 300$	0.25	—
$300 < n \leq 750$	0.20	0.15
$n > 750$	0.15	0.10

注：1 表中容许振动值仅适用于基础布置在建筑物楼层上的情况；

2 n 为机器额定转速。

5.5.2 风扇类磨机基础在时域范围内的容许振动值，应按表 5.5.2 的规定确定。

表 5.5.2 风扇类磨机基础在时域范围内的容许振动值

机器额定转速(r/min)	水平容许振动位移峰值(mm)
$n < 500$	0.20
$500 \leq n \leq 750$	0.15

注： n 为机器额定转速。

5.6 发动机基础

5.6.1 活塞式发动机基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.6.1 的规定确定。

表 5.6.1 活塞式发动机基础在时域范围内的容许振动值

基础类型	容许振动速度峰值(mm/s)
普通基础	10.0
隔振基础	20.0

注:1 对于惯性力和惯性力矩均已平衡的发动机基础、功率小于 100kW 的发动机基础,表中的容许振动值应降低 30%;

2 当地基为松散砂土、软土、饱和土和桩基时,应进行专门研究;

3 当发动机或柴油发电机组所处场地的周边有振动控制要求时,发动机基础的容许振动值应由设备制造商或工艺专业提供,或通过振动衰减计算确定。

5.6.2 活塞式发动机试验台基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.6.2 的规定确定。

表 5.6.2 活塞式发动机试验台基础在时域范围内的容许振动值

基础类型	容许振动速度峰值(mm/s)
普通基础	3.2
隔振基础	6.3

注:对于振动有特殊要求的试验台,容许振动值应由设备制造厂家或工艺专业提供。

5.7 振动试验台基础

5.7.1 电液伺服液压振动试验台基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.7.1 的规定确定。

表 5.7.1 电液伺服液压振动试验台基础在时域范围内的容许振动值

振动形式	容许振动位移峰值(mm)	容许振动位移均方根值(mm)	容许振动加速度峰值(m/s^2)	容许振动加速度均方根值(m/s^2)
稳态振动	0.1	—	1.00	—
随机振动	—	0.07	—	0.70

注:1 表中数值适用于单个作动器激振力不大于 500kN,激振频率范围不超过 200Hz,最大加速度不大于 $300m/s^2$,最大行程不大于 300mm;

2 振动测试频率不宜大于 100Hz。

5.7.2 电动振动试验台基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.7.2 的规定确定。

表 5.7.2 电动振动试验台基础在时域范围内的容许振动值

激振力(kN)	容许振动速度峰值(mm/s)	容许振动加速度峰值(m/s ²)
≤6.0	6.3	0.5
>6.0	10.0	0.8

注:电动振动试验台最大激振力不大于 200kN,激振频率不超过 2000Hz,最大加速度不大于 1000m/s²,最大行程不大于 55mm。

5.7.3 振动试验台基础的振动控制点宜取基础中点和作动器底座附近,以及基础的四个角点处。

5.8 通用机械基础

5.8.1 通用机械基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.8.1 的规定确定。

表 5.8.1 通用机械基础在时域范围内的容许振动值

机械类别及分类		容许振动速度峰值(mm/s)	
		普通基础	隔振基础
泵	功率≤75kW	3.0	7.0
	功率>75kW	5.0	10.0
风机	功率≤15kW	3.0	7.0
	15kW<功率<75kW	5.0	10.0
	功率≥75kW	6.3	12.0
离心机、分离机、膨胀机		5.0	10.0
电机	轴心高度<315mm	3.0	—
	轴心高度≥315mm	5.0	—

注:表中数值适用于块体式基础和隔振基础或刚性台座,不适用于设置在楼面或平台上的通用机械。

5.8.2 当通用机械转速低于 600r/min 时,基础在时域范围内的容许振动位移峰值应取 0.1mm。

5.8.3 汽动给水泵与电动给水泵组基础在时域范围内的容许振动值,应按表 5.8.3 的规定确定。

表 5.8.3 汽动给水泵与电动给水泵组基础在时域范围内的容许振动值

基础类型	容许振动速度均方根值(mm/s)
普通基础	2.3
隔振基础	3.5

5.9 纺织机基础

5.9.1 振动频率不大于 60Hz 的有梭纺织机基础,在时域范围内的水平和竖向容许振动位移峰值应取 0.08mm。

5.9.2 振动频率不大于 60Hz 的剑杆纺织机基础,在时域范围内的水平和竖向容许振动位移峰值应取 0.05mm。

5.10 金属切削机床基础

5.10.1 金属切削机床基础在频域范围内 1/3 倍频程的竖向容许振动值,应按表 5.10.1 的规定确定;当金属切削机床对基础振动有特殊要求时,应按国家现行有关标准的规定确定。

表 5.10.1 金属切削机床基础在频域范围内 1/3 倍频程的
竖向容许振动值

金属切削机床 精度等级	竖向容许振动速度 均方根值(mm/s)	对应频率(Hz)
I	0.07	3~100
II	0.10	
III	0.20	
IV	0.30	
V	0.50	
VI	1.00	

注:金属切削机床的精度等级应按现行国家标准《金属切削机床 精度分级》GB/T 25372 的规定确定。

5.10.2 金属切削机床基础在频域范围内 $1/3$ 倍频程的水平容许振动值,应取表 5.10.1 中相应数值的 75%。

5.11 振动筛和轧机基础

5.11.1 冶金工业用的直线型振动筛、圆振动筛和共振筛,在时域范围内的水平及竖向容许振动速度峰值应取 10.0mm/s 。

5.11.2 冶金工业用的各类轧机,在时域范围内的水平及竖向容许振动加速度峰值应取 1.0m/s^2 。

6 建筑物内人体舒适性和疲劳-工效降低

6.0.1 建筑物内人体舒适性的容许振动计权加速度级,宜按表 6.0.1 的规定确定。

表 6.0.1 建筑物内人体舒适性的容许振动计权加速度级(dB)

地 点	时段	连续振动、间歇振动和 重复性冲击振动			每天只发生数次的 冲击振动		
		水平向	竖 向	混合向	水平向	竖 向	混合向
医院手术室 和振动要求 严格的工作区	昼间	71	74	71	71	74	71
	夜间						
住宅区	昼间	77	80	77	101	104	101
	夜间	74	77	74	74	77	74
办公室	昼间	83	86	83	107	110	107
	夜间						
车间办公区	昼间	89	92	89	110	113	110
	夜间						

注:1 本表适用于建筑物内人体承受 1Hz~80Hz 全身振动对工作、学习、睡眠等活动不受干扰的人体舒适性;

2 当建筑物内使用者和居住者以站姿、坐姿、卧姿方式活动,活动姿势相对定时,应采用水平向或竖向数值;当活动姿势不固定时,应采用混合向数值。

6.0.2 生产操作区容许振动计权加速度级包括不同方向的人体全身振动舒适性降低界限容许振动计权加速度级、疲劳-工效降低界限的容许振动计权加速度级。生产操作区容许振动计权加速度级宜按表 6.0.2 的规定确定。

表 6.0.2 生产操作区容许振动计权加速度级(dB)

界 限		暴 露 时 间								
		24h	16h	8h	4h	2.5h	1h	25min	16min	1min
舒适性	竖 向	95	98	102	105	109	113	117	118	121
降低界限	水平向	90	95	97	101	104	108	112	113	116
疲劳-工效	竖 向	105	108	112	115	119	123	127	128	130
降低界限	水平向	100	105	107	111	114	118	122	123	126

注:本表适用于人体承受 1Hz~80Hz 全身振动,并通过主要支承面将振动作用于
立姿、坐姿和斜靠姿的操作人员。

7 交通 振 动

7.1 对建筑结构的影响

7.1.1 交通振动对建筑结构影响评价的频率范围应为 1Hz~100Hz,应评价下列位置和参数:

1 建筑物顶层楼面中心位置处水平向两个主轴方向的振动速度峰值及其对应的频率。

2 建筑物基础处竖向和水平向两个主轴方向的振动速度峰值及其对应的频率。

注:本章所称交通,是指公路、铁路和城市轨道交通的通称。

7.1.2 交通振动对建筑结构影响在时域范围内的容许振动值,宜按表 7.1.2 的规定采用。

表 7.1.2 交通振动对建筑结构影响在时域范围内的容许振动值

建筑物类型	顶层楼面处容许振动 速度峰值(mm/s)	基础处容许振动 速度峰值(mm/s)		
	1Hz~100Hz	1Hz~10Hz	50Hz	100Hz
工业建筑、公共建筑	10.0	5.0	10.0	12.5
居住建筑	5.0	2.0	5.0	7.0
对振动敏感、具有 保护价值、不能划归 上述两类的建筑	2.5	1.0	2.5	3.0

注:1 表中容许振动值应按频率线性插值确定;

2 当无法在基础处评价时,评价位置可取最底层主要承重外墙的底部。

7.1.3 对于未达到国家现行抗震设防标准的城市旧房和镇(乡)村未经正规设计自行建造的房屋,宜按表 7.1.2 中居住建筑的 70%确定。

7.2 对建筑物内人体舒适性的影响

7.2.1 交通振动对建筑物内人体舒适性影响的评价频率范围应为 1Hz~80Hz,评价位置应取建筑物室内地面中央或室内地面振动敏感处。

7.2.2 交通引起的振动对建筑物内人体舒适性影响的评价,应附加采用竖向四次方振动剂量值,竖向四次方振动剂量值应按下式计算:

$$VDV_z = \left\{ \int_0^T [a_{zw}(t)]^4 dt \right\}^{\frac{1}{4}} \quad (7.2.2)$$

式中:VDV_z——竖向四次方振动剂量值(m/s^{1.75});

$a_{zw}(t)$ ——按现行国家标准《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规定的基本频率计权 W_k 进行计权的瞬时竖向加速度(m/s²);

T ——昼间或夜间时间长度(s);

t ——时间。

7.2.3 交通振动对建筑物内人体舒适性影响的容许振动值,宜按表 7.2.3 的规定确定。

表 7.2.3 交通振动对建筑物内人体舒适性影响的容许振动值

建筑物类型	时间	容许竖向四次方振动剂量值(m/s ^{1.75})
居住建筑	昼间	0.2
	夜间	0.1
办公建筑	昼间	0.4
车间办公区	昼间	0.8

8 建筑施工振动

8.0.1 建筑施工振动对建筑结构影响评价的频率范围应为1Hz~100Hz;建筑结构基础和顶层楼面的振动速度时域信号测试应取竖向和水平向两个主轴方向,评价指标应取三者峰值的最大值及其对应的振动频率。

注:本章的建筑施工是指打桩、地基处理等。

8.0.2 当采用锤击和振动法打桩、振冲法处理地基时,打桩、振冲等基础施工对建筑结构影响在时域范围内的容许振动值,宜按表8.0.2-1的规定确定;当采用强夯处理地基时,强夯施工对建筑结构影响在时域范围内的容许振动值,宜按表8.0.2-2的规定确定。岩土爆破施工对建筑结构影响的容许振动值,应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722的要求。

**表 8.0.2-1 打桩、振冲等基础施工对建筑结构影响
在时域范围内的容许振动值**

建筑物类型	顶层楼面处容许振动 速度峰值(mm/s)	基础处容许振动 速度峰值(mm/s)		
	1Hz~100Hz	1Hz~10Hz	50Hz	100Hz
工业建筑、公共建筑	12.0	6.0	12.0	15.0
居住建筑	6.0	3.0	6.0	8.0
对振动敏感、具有保护 价值、不能划归 上述两类的建筑	3.0	1.5	3.0	4.0

注:表中容许振动值按频率线性插值确定。

表 8.0.2-2 强夯施工对建筑结构影响在时域范围内的容许振动值

建筑物类型	顶层楼面容许振动 速度峰值(mm/s)	基础容许振动 速度峰值(mm/s)	
	1Hz~50Hz	1Hz~10Hz	50Hz
工业建筑、公共建筑	24.0	12.0	24.0
居住建筑	12.0	5.0	12.0
对振动敏感、具有保护 价值、不能划归 上述两类的建筑	6.0	3.0	6.0

注：表中容许振动值按频率线性插值确定。

8.0.3 对于未达到国家现行抗震设防标准的城市旧房和镇(乡)村未经正规设计自行建造的房屋的容许振动值,宜按表 8.0.2-1 或表 8.0.2-2 中居住建筑的 70%确定。

8.0.4 当打桩根数少于 10 根时,建筑物容许振动值,可在表 8.0.2-1 中规定值的基础上适当提高,但不应超过表 8.0.2-2 中相应的数值。

8.0.5 对于处于施工期的建筑结构,当混凝土、砂浆的强度低于设计要求的 50%时,应避免遭受施工振动影响;当混凝土、砂浆的强度达到设计要求的 50%~70%时,其容许振动值不宜超过表 8.0.2-1 或表 8.0.2-2 中数值的 70%。

9 声学环境振动

9.1 民用建筑

9.1.1 噪声敏感建筑物内房间的声学环境功能区类别,宜根据房间类别、时段和建筑物内噪声排放限值按表 9.1.1 的规定确定。

表 9.1.1 噪声敏感建筑物内房间的声学环境功能区类别

房间类别	A 类房间		B 类房间		声学环境 功能区类别
时 段	昼间	夜间	昼间	夜间	
噪声排放限值 dB(A)	40	30	40	30	0
	40	30	45	35	1
	45	35	50	40	2、3、4

注:1 A 类房间是指以睡眠为主要目的,需要保证夜间安静的房间,包括住宅卧室、医院病房、宾馆客房等;

2 B 类房间是指主要在昼间使用,需要保证思考与精神集中,正常讲话不被干扰的房间,包括学校教室、会议室、办公室、住宅中卧室以外的其他房间等。

9.1.2 根据建筑物内房间的声学环境要求,民用建筑室内在频域范围内的容许振动值,A 类房间容许振动加速度均方根值宜按表 9.1.2-1 的规定确定,B 类房间容许振动加速度均方根值宜按表 9.1.2-2 的规定确定。

表 9.1.2-1 A 类房间容许振动加速度均方根值(mm/s²)

功能区类别	时段	倍频程中心频率(Hz)			
		31.5	63	125	250、500
0、1	昼间	20.0	6.0	3.5	2.5
	夜间	9.5	2.5	1.0	0.8
2、3、4	昼间	30.0	9.5	5.5	4.0
	夜间	13.5	4.0	2.0	1.5

表 9.1.2-2 B 类房间容许振动加速度均方根值 (mm/s^2)

功能区类别	时段	倍频程中心频率(Hz)			
		31.5	63	125	250、500
0	昼间	20.0	6.0	3.5	2.5
	夜间	9.5	2.5	1.0	0.8
1	昼间	30.0	9.5	5.5	4.0
	夜间	13.5	3.5	2.0	1.5
2、3、4	昼间	42.5	15.0	8.5	7.5
	夜间	20.0	6.0	3.5	2.5

9.1.3 振动测试时,应采用多点测试统计平均方法,振动测试方向应与结构楼板或墙面的垂直方向一致,同一构件上的测试点应等距离均匀布置。对于板构件的振动测试,测点数量不应少于 5 个,振动评价应取各个测点的平均值。

9.2 声学试验室

9.2.1 当声学试验室本底噪声不低于 20dB(A),且不大于 50dB(A)时,在频域范围内的声学试验室容许振动加速度均方根值宜按表 9.2.1 的规定确定。

表 9.2.1 声学试验室容许振动加速度均方根值 (mm/s^2)

本底噪声 dB(A)	倍频程中心频率(Hz)			
	31.5	63	125	250、500
20	6.5	3.0	1.8	1.5
25	11.0	5.0	3.0	2.5
30	20.0	8.5	5.5	4.5
35	35.0	15.0	10.0	8.5
40	60.0	25.0	17.0	15.0
45	100.0	45.0	30.0	25.0
50	100.0	85.0	50.0	45.0

9.2.2 振动测试应符合本标准第 9.1.3 条的规定。

9.3 水 声 试 验

9.3.1 振动测试及评价的倍频程中心频率宜取 400Hz~1000Hz。

9.3.2 消声水池的侧壁和底板,在频域范围内与测试面垂直方向的容许振动加速度均方根值宜取 0.015mm/s^2 。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对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:

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:

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:

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,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《爆破安全规程》GB 6722

《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

《金属切削机床 精度分级》GB/T 25372

中华人民共和国国家标准

建筑工程容许振动标准

GB 50868 - 2013

条文说明

制 订 说 明

《建筑工程容许振动标准》GB/T 50868—2013,经住房和城乡建设部 2013 年 1 月 28 日以第 1625 号公告批准发布。

本标准制订过程中,编制组进行了大量的调查研究和科学试验工作,总结了我国工程振动领域的实践经验,参照了国外先进技术法规和技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能够准确理解和执行条文规定,《建筑工程容许振动标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总 则	(39)
2 术语和符号	(40)
2.1 术语	(40)
2.2 符号	(40)
3 基本规定	(41)
3.1 一般规定	(41)
3.2 振动测试要求	(41)
4 精密仪器和设备	(46)
4.1 精密加工与检测设备	(46)
4.2 计量与检测仪器	(48)
4.3 光学加工及检测设备	(48)
4.4 显微镜	(49)
5 动力机器基础	(50)
5.1 压缩机基础	(50)
5.2 汽轮发电机组和重型燃气轮机基础	(50)
5.3 锻锤基础	(53)
5.4 压力机基础	(54)
5.5 破碎机和磨机基础	(54)
5.6 发动机基础	(54)
5.7 振动试验台基础	(56)
5.8 通用机械基础	(58)
5.9 纺织机基础	(60)
5.10 金属切削机床基础	(61)
5.11 振动筛和轧机基础	(62)

6	建筑物内人体舒适性和疲劳-工效降低	(63)
7	交通振动	(72)
7.1	对建筑结构的影响	(72)
7.2	对建筑物内人体舒适性的影响	(73)
8	建筑施工振动	(75)
9	声学环境振动	(77)
9.1	民用建筑	(77)
9.2	声学试验室	(80)
9.3	水声试验	(80)

1 总 则

1.0.1 本条是编写本标准的宗旨。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,会危害建筑物的安全,影响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,还会对环境造成污染。本标准编写的目的是统一我国建筑振动的容许振动标准,为工程设计提供可靠依据。本标准的实施对于减少振动影响、改善振动环境将起到积极的作用。

1.0.2 本条规定了标准的适用范围,适用于建筑工程中有振动控制要求的工程设计,对于地震、风振作用和古建筑按国家现行有关标准执行。

2 术语和符号

2.1 术 语

本节所列术语均按现行国家标准《机械振动、冲击与状态监测 词汇》GB/T 2298、《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ 83 的有关规定,并结合本标准的专用名词而编写。

2.2 符 号

本节列出本标准采用的主要符号,并给出解释。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 本条给出了建筑结构振动设计的表达式。

3.1.2 本条强调了精密仪器及设备容许振动值的确定宜由设备制造厂家提供或通过试验确定,这样更符合每种仪器设备的实际情况。当无法提供资料或不能进行试验时,应按本标准采用。

3.1.3 本条给出了昼间和夜间的划分方法。

3.2 振动测试要求

I 测试方法

3.2.1 本条对振动测试仪器的性能提出要求。

3.2.2 振动测试系统应根据被测试对象的振动类型和振动特性来选取。振动类型包括周期振动、随机振动和瞬态振动等,振动特性是指频率范围、振幅大小、持续时间和振动方向等。对振动测试仪器设备的标定,在我国有较为系统的标准体系。测试仪器应按照国家现行相关标准的要求,定期进行标定或校准。为了确保测试结果的可靠,应确保振动测试系统在校准的有效期内。

3.2.3 不同测试频段应采用不同的物理量指标。对于低频段信号,特别是 1Hz 以下的振动,振动加速度信号较小,如果采用加速度测试,容易产生较大的测试误差,因此规定低频段微振动测试应当采用位移或速度参量;而对于高频振动,位移和速度信号较弱,需用加速度参量来描述。

分别以位移(1.0mm)、速度(1.0mm/s)、加速度(1.0m/s²)为基准比较 0.1Hz、1Hz、10Hz 和 100Hz 的数量级关系,见表 1~表 3。测量系统难免会有干扰信号,如果数量级太小,真实信号就

会被噪声所淹没,即便使用信噪比很高的仪器也无法避免这类误差。由于冲击振动包含的频率成分非常丰富,最好同时测试振动位移和加速度信号。建议在有条件的情况下,测试中可以同时记录位移、速度和加速度三个物理量信号,必要时还可以进行分段测试。

表 1 以位移为基准的数量级关系

频率(Hz)	0.1	1	10	100
位移(mm)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
速度(mm/s)	0.6300	6.2800	62.8300	628.3200
加速度(m/s ²)	0.0004	0.0395	3.9500	394.7800

表 2 以速度为基准的数量级关系

频率(Hz)	0.1	1	10	100
位移(mm)	1.5915	0.1592	0.0159	0.0016
速度(mm/s)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
加速度(m/s ²)	0.0006	0.0063	0.0628	0.6283

表 3 以加速度为基准的数量级关系

频率(Hz)	0.1	1	10	100
位移(mm)	2533.0300	25.3300	0.2500	0.0025
速度(mm/s)	1591.5500	159.1500	15.9200	1.5900
加速度(m/s ²)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

3.2.4 振动传感器安装时,其测试方向应与测试对象的振动方向一致。对于杆件振动,应是横杆件截面平面内两个相互垂直的方向;对于平板结构,应为板平面的法线方向。测试时,尚应根据具体要求考虑测试方向。传感器安装应当满足现行有关国家标准的要求。

3.2.5 本条给出了振动控制点和控制方向的规定;当各章有特殊

要求时,按各章规定执行。

3.2.6 振动设备运行往往有多种工况,振动测试时需要选择能反映实际情况的典型工况测试。

II 数据分析

3.2.7 在建筑工程振动中,常见的三种振动形式为:周期振动(旋转机械、往复机械等的运行等)、随机振动(汽车、拖拉机、火车等陆用车辆的行驶等)和瞬态冲击(如锻锤、压力机、打桩等操作等)。不同的振动信号,在数据分析时采用的方法不尽相同,需要区别对待。

3.2.8 本条规定采样频率在信号进行模拟转换前需经过抗混滤波器处理,是为了提高测试信号的准确性,避免频率混淆现象发生。本标准中的许多指标与振动频率有关,如果出现频率混淆现象,则振动测试的结果就失去意义。

3.2.9 冲击信号在频域表现为能量分布在较宽频带的振动特性;在时域内,具有较高的瞬时峰值,评判冲击作用的大小关键在于冲击最大值和持续的时间。脉冲冲击的持续时间通常为 $0.5\text{ms} \sim 25\text{ms}$,振动加速度值一般为 $10\text{m/s}^2 \sim 250\text{m/s}^2$ 。就锻锤而言,锻打工作时,冲击作用时间非常短,多在 10ms 以内,打击工件过程中,许多砧座下基础最大振动加速度值都在 20m/s^2 以上。

冲击振动测试时,无论是冲击激励本身,还是测试系统特性都可能会有一定的误差。如锻锤在锻打时,打击能量一定,锻打同一工件的情况下,锻打工件的形状和温度都会影响打击振动的响应。普通接触式加速度传感器在测试瞬时冲击时,往往会有一些误差,特别是对于矩形脉冲,有些传感器测试误差可达 20% 以上。

根据最大冲击作用数据分析要求,确保数据准确可靠,在自由振动测试中,要求铁锤自由下落冲击测试记录时段不应少于 3 次。

图 1 为锻锤隔振基础在一个锻打过程中的基础振动响应曲线。

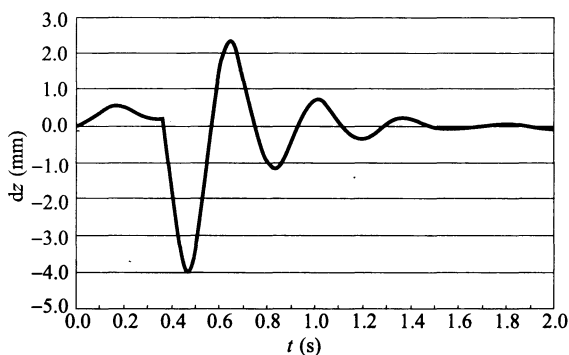


图 1 锻锤隔振基础动力响应

3.2.10、3.2.11 每个样本的记录长度是根据数据分析的要求决定的。对于采用快速傅里叶变换(FFT)分析的数据,每个数据帧应为 2^n 个。最常用的数据量为 512、1024 和 2048 等。为了确保分析精度,本标准建议取不少于 1024 个点。

测试误差通常是难免的。测试误差包括系统误差、随机误差和过失误差。

系统误差主要依靠系统标定和测试仪器的内在质量来保证,同时也要验证振动测试方法的准确性和精确度。在测试过程中,测试人员对测试参数档位的设置要正确。对于过失误差,则需要加强测试人员的责任心和进行必要的校核检查工作。而这两条要求在频谱分析中的总体平均次数是为了减少信号的随机误差。

在一些现行标准中规定了不同的随机数据样本总体平滑数量的要求,常用的平滑段数有 20、32、40、100。对于随机数据而言,不论取多少段平均,随机误差总是存在的,即使取了 100 段数据平均,也存在 10% 的随机误差可能性。随机误差与总体平滑数量的关系见表 4。

表 4 随机数据的统计误差

平滑段数	10	20	32	40	100
统计误差	0.316	0.224	0.177	0.158	0.100

随着总体平滑数量的增加,测试和分析工作量也急剧增加。考虑到测试的现实条件以及信号本身的特点,制订相应的数据平滑段数要求;同时,提出了进一步测试要求,以确保数据精度。

对于稳态周期振动,如果数据中的随机信号或噪声干扰部分的振动能量不超过总能量的 10%,采用 20 段数据平滑,其统计精度可达 95%以上。

对于周期或随机振动,在振动信号分析之前,应当先对数据进行周期性或稳态性检验,只有符合周期性或稳态性条件,才能运用相应的数据分析方法分析数据。

此外,对于周期或随机振动,本标准绝大多数指标适用于波峰因数小于或等于 9 的情形。当波峰因数大于 9 时,应当按照特定的评价指标分析评估,或进行专项研究。

3.2.12 本条的要求参照了国际和国内振动测试标准的规定。当 3 次测试结果与其算术平均值的相对误差小于 5%时,通常可以避免人为的过失误差,也可以判断出较大的系统误差,同时也能够提高统计精度,减小随机误差。如果满足 3 次测试结果与其算术平均值的相对误差在 5%以内,并以其算术平均值作为最终结果,则其测试精度可以达到 95%以上。本标准规定了每个测点记录有效振动数据的次数不得少于 3 次,是为了确保振动测试数据的可靠和精确。

4 精密仪器和设备

4.1 精密加工与检测设备

4.1.1 本条给出了部分以时域示值的精密加工设备的容许振动值,并明确是以时域的峰值表示。

4.1.2 本标准规定的容许振动值有如下特点:

(1)由于精密仪器与设备本身是一个多自由度的复杂弹性系统,自身具有多个固有振动频率及阻尼比,当外界振动频率与某个固有振动频率一致时,系统产生共振,会影响其正常工作。而对于外界环境振动,经大量实例及研究结果证明,是一种平稳随机振动过程,本身含有丰富的简谐振动频率,为了确保仪器及设备的正常工作,对外界环境中存在各种不同频率的振动幅值进行限制,以减弱因共振等产生振动影响的做法是较为科学的。因此,本条规定的容许振动值均采用频域表达。

(2)频域采用 $1/3$ 倍频程中心频率的幅值表示,这是因为对于随机振动频谱,采用 $1/3$ 倍频程带宽的能量来描述随机振动幅值大小是合适的,同时,设备制造提供的容许振动值也基本采用 $1/3$ 倍频程的中心频率值表示。

(3)由于随机振动能量分布在较宽的频率范围内,用峰值描述难以反映随机振动的特性,采用均方根值有利于数据的检验及比对,因此本条规定的容许振动值采用频域均方根值。

(4)由于普通的精密仪器与设备对于 4Hz 以下频段的振动不敏感,因此不考虑其振动影响;对于 $4\text{Hz}\sim 8\text{Hz}$ 频段,则反映为对振动加速度敏感,因此采用振动加速度作为控制指标。但对于控制精度较高的集成电路、激光装置、纳米加工等,其研发、加工与试验用仪器及设备的自身即带有空气弹簧隔振装置,而它们的固有

振动频率往往在 $1\text{Hz}\sim 3\text{Hz}$, 为了降低这些频段的振动响应, 将容许振动值的频段范围延至 1Hz , 也即提高了对低频段的振动限值要求。

本条明确了电子工厂、纳米实验室及物理实验室用精密仪器与设备以频域的 $1/3$ 倍频程均方根值作为容许振动标准的限值, 且不同频段以不同的物理量示值。

4.1.3 通常大中型三坐标测量机, 特别是大型悬臂式测量机容易受到环境振动影响。由于设备与被测工件较大, 测量机布置位置相对固定, 需要安装在专门的地基基础上, 对基础振动有一定要求。当测量机对测量精度有特殊要求时, 需要根据设备的具体要求专门设计地基基础, 或采取必要的减振和隔振措施。

根据三坐标测量机厂家提供的测量机对环境振动的要求, 以及对三坐标测量机测试结构系统的动力分析发现, 三坐标测量机的一阶固有频率多在 $10\text{Hz}\sim 30\text{Hz}$ 范围内, 在此区间的环境振动容易引起测试机构共振, 影响测量精度。在通常情况下, 只要确保 $8\text{Hz}\sim 100\text{Hz}$ 范围内的基础振动符合设备使用条件, 就能保证测量精度不受振动影响。而多数三坐标测量机要求的频率范围是 $0.5\text{Hz}\sim 100\text{Hz}$, 在这个频率区间内控制好环境振动, 应该更能确保三坐标测量精度, 这样的要求也更加保险。测量值应取平均幅值, 测量的波峰因数应小于 6。

由于三坐标测量机的型式种类非常多, 不同厂家不同机型的容许振动限值也不一样。根据数十台三坐标测量机的技术条件, 在确保 80% 保证率的前提下, 提出了三坐标基础的容许振动限值。对于少数有特殊要求的三坐标测量机, 则需要根据具体设备的要求设计基础。

位移限值主要用于低频振动控制, 加速度限值用于高频振动控制。对于 $10\text{Hz}\sim 30\text{Hz}$ 范围的振动要求较严格一些。当频率大于 100Hz 时, 振动控制相对容易一些, 有些较低精度三坐标测量机的振动要求可以达到 300mm/s^2 。考虑到本标准其他章节的限

值条件,容许振动加速度值均控制在 $200\text{mm/s}^2 \sim 300\text{mm/s}^2$ 。在实际应用中,可以根据具体测量机的要求对技术指标作适当调整。图 2 是三坐标测量机对环境振动的要求。

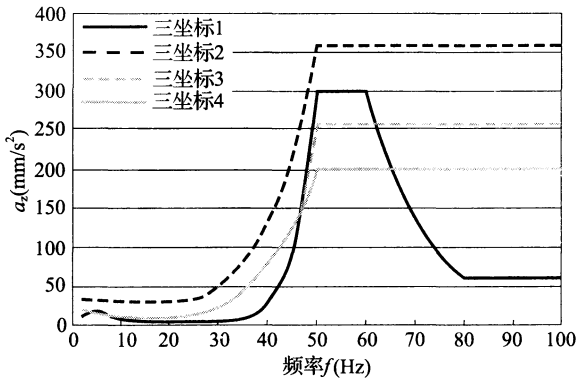


图 2 三坐标测量机的容许振动值

4.2 计量与检测仪器

4.2.1 本条给出了部分以时域示值的计量与检测仪器的容许振动值,并明确是以时域的峰值表示。

4.2.2 本条给出了部分以频域示值的计量与检测仪器的容许振动值,并以频域的均方根值作为容许振动标准的限值,且不同频段以不同的物理量示值。

4.3 光学加工及检测设备

4.3.1 光栅刻线机、全息曝光机、镀膜机、环抛机均为光学加工的典型设备。光栅刻线设备的工艺有其特殊性,在防止外界振动对刻划有影响的情况下,其自身的内部设备要产生振动,振动的幅值现在无法准确定量,表 4.3.1 中的振动标准应为静态时的控制标准。

4.3.2 光学检测设备在频域范围内的容许振动值是长期工程实

测资料的经验总结,特别是近年来发展很快的空间光学部件检测和整机检测实测资料经验总结。空间光学设备的检测,一般光路长度达到十几米甚至几十米,分成水平检测和垂直检测两种,水平检测的基础一般细长,测点需沿长度方向均匀布置,并不少于 3 个,以保证测试结果的代表性和可靠性。

4.4 显 微 镜

4.4.1、4.4.2 显微镜在各行业的应用非常广泛,而且新产品发展很快,各个厂商生产的各类型号显微镜的容许振动标准也各不相同,无法确切地进行统计。表 4.4.1 和表 4.4.2 中列出的是目前较常使用的光学显微镜和电子显微镜的容许振动标准。实际使用中,应更多地依据生产厂商提出的容许振动标准进行设计。两个表分别明确一部分显微镜以时域峰值作为容许振动标准的限值,而另一部分显微镜以频域的 $1/3$ 倍频程均方根值作为容许振动标准的限值,且不同频段以不同的物理量示值。

5 动力机器基础

5.1 压缩机基础

5.1.1 压缩机基础动力计算的最终目的是要把基础的振动控制在容许范围内,使机器正常运转、工人正常操作、对周围建(构)筑物及仪表无不良影响。

(1)压缩机基础的振动应在满足本条规定容许振动值的同时,满足为防止引起机器损坏或为保证设备的正常运行、由机器制造厂家提出的对基础振动的限值。

(2)本节中规定的振幅均对应于振动位移峰值,振动速度均对应于速度峰值。若制造厂家提出的振动位移限值是振幅峰-峰值,则应除以 2 转化为振幅峰值。

(3)本条规定主要针对量大面广的往复活塞式压缩机基础。在设计中还会遇到其他类似的机器基础,其容许振动限值也可参照本条执行。

(4)对于超高压压缩机,由于气体压力很高,为保证机器和管道安全工作,对振动限值的要求比较严格,故规定应由设备制造厂提供。

5.1.2 工作转速大于 3000r/min 的离心式压缩机基础一般为刚架式基础,也有个别为墙式基础,其振动限值均要满足本条规定。符合多自由度体系假定的空间刚架式基础顶面的振动最大点通常是在基础顶面的扰力作用点或梁中点。

5.2 汽轮发电机组和重型燃气轮机基础

5.2.1 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 的有关规定

确定的。

总体要求概括来说,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 $20\mu\text{m}$ 。

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现行国家标准《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 (ISO 1940—1:2003)。机器扰力的计算公式为:

$$P_{gi} = W_{gi} \cdot \frac{G\Omega^2}{g\omega} \quad (1)$$

$$G = e\omega \quad (2)$$

式中: P_{gi} ——工作转速时作用在基础第 i 点的扰力值(kN);

W_{gi} ——作用在基础第 i 点的机器转子重力(kN);

G ——衡量转子平衡质量等级的参数(mm/s),由设备厂家提供,ISO 标准建议采用 2.5mm/s 的平衡等级;

e ——转动质量的偏心距,等于转动轴与转动质量质心间的距离(mm);

ω ——机器设计的额定运转速度时的角速度(rad/s);

Ω ——计算不平衡力的转速时的角速度(rad/s);

g ——重力加速度。

当平衡等级 G 取 2.5、机器工作频率为 50Hz 时,动扰力约为转子重量的 0.08 倍;当平衡等级 G 取 6.3 时,动扰力约为转子重量的 0.2 倍。

基础容许振动限值规定参照现行国家标准《机械振动 在非旋转部件上测量和评价机器的振动 第 2 部分:50MW 以上,额定转速 1500r/min、1800r/min、3000r/min、3600r/min 陆地安装的大型汽轮机和发电机》GB/T 6075.2—2012 (ISO 10816—2:2009)。ISO 标准采用四个评价区域对机器振动进行评价:

区域 A:新投产的机器,振动通常宜在此区域内。

区域 B:通常认为振动在此区域内的机器,可不受限制地长期运行。

区域 C:通常认为振动在此区域内的机器,不适宜长期连续运行。一般来说,在有适当机会采取补救措施之前,机器在这种状态下可运行有限的一段时间。

区域 D:振动在此区域内一般认为其烈度足以引起机器损坏。

表 5 为汽轮发电机组轴承座振动速度评价区域边界的推荐值。

表 5 汽轮发电机组轴承座振动速度评价区域边界的推荐值表

区 域 边 界	轴转速(r/min)	
	1500 或 1800	3000 或 3600
	振动速度均方根值(mm/s)	
A/B	2.8	3.8
B/C	5.3	7.5
C/D	8.5	11.8

注:这些数值相应于在额定转速、稳定工况下在推荐的测量位置上用于所有轴承的径向振动测量和推力轴承的轴向振动测量。

汽轮发电机基础的振动波形是基于单个正弦曲线组成,振动位移峰值与振动速度均方根值之间存在简单的变换关系,振动位移与振动速度可采用以下公式进行替换:

$$A = 225V/f_m \quad (3)$$

式中: A——基础的振动位移峰值(μm);

V——基础的振动速度均方根值(mm/s);

f_m ——机器的运行频率(Hz)。

新建机组工作频率为 50Hz,振动速度均方根限值为 3.8mm/s,转换为振动位移峰值约 0.017mm。

综合比较动扰力和振动位移限值,现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 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。

5.2.2 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, 所以本条的容许振动值是参考现行国家标准《机械振动 在非旋转部件上测量和评价机器的振动 第 2 部分: 50MW 以上, 额定转速 1500r/min、1800r/min、3000r/min、3600r/min 陆地安装的大型汽轮机和发电机》GB/T 6075.2(ISO 10816—2) 的有关规定制订的, 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。基于第 5.2.1 条的条文说明, 实际上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现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 普通基础相比, 放大约 1.1 倍。

5.2.3 对于功率在 3MW 以上、转速范围在 3000r/m~20000r/m 之间、用于发电和机械驱动的重型燃气轮机, 目前国内规范没有明确规定, 其容许振动值是参考现行国家标准《在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第 4 部分: 不包括航空器类的燃气轮机驱动装置》GB/T 6075.4—2001(ISO 10816—4:1998) 制订的。

5.3 锻锤基础

5.3.1 本条规定是指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。

5.3.2 本条规定了安装隔振装置时锻锤基础的容许振动位移, 是为了保证自由锻锤在安装隔振装置后能够正常工作。同时, 为了避免误导锻锤使用者对自由锻锤的砧座单独进行隔振, 本标准明确为“当隔振装置直接支承在锻锤底部时”。本条标准限制隔振后锻锤设备和块体基础位移大小的目的是为了保证不会因为位移太大而影响锻锤正常工作。

本条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。

5.4 压力机基础

5.4.1、5.4.2 限制压力机设备和其基础位移大小的目的是为了
保证不会因为位移太大而影响压力机正常工作。

压力机基础容许振动位移区分为非隔振和隔振两种情况,分别作出规定是为了便于进行控制。因为隔振后很多压力机在底座处的竖向振动位移超过 1mm 仍能正常工作,所以该容许振动位移数值规定为 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,还是直接支承在隔振器上,控制点都是压力机底座处。

本条所给出的容许振动位移值是指压力机或块体基础离开静态零位移点的单向最大值。

5.5 破碎机和磨机基础

5.5.1、5.5.2 这两条是根据现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB 50040 和现行行业标准《火力发电厂土建结构设计技术规范》DL 5022 的设计原则确定的。

5.6 发动机基础

5.6.1 活塞式发动机自身的振动评级有现行国家标准《在非旋转部件上测量和评价机器的振动 第 6 部分:功率大于 100kW 的往复式机器》GB/T 6075.6 和《中小功率柴油机 振动测量及评级》GB/T 7184 等,都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。当需要与振动速度有效值作比较时,可近似取表 5.6.1 中

数值的 $1/3 \sim 1/2$ 换算。无论峰值和均方根值,现代测振仪器都很容易直接测得。发动机基础的容许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。发动机基础也包括与其配套并设置在同一基础上的发电机组基础。发电机组基础的容许振动值参考了现行国家标准《往复式内燃机驱动的交流发电机组 第 9 部分:机械振动的测量和评价》GB/T 2820.9 (ISO 8528—9)。由于发动机的功率大小和平衡性能相差很大,对平衡好的或功率小的发动机,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。表 5.6.1 中的数值提高后仍小于或大大小于柔性支承的机器自身的容许振动指标,对机器运行是安全的。

表 5.6.1 中的容许振动值仅针对发动机基础所处场地的一般情况,而实际工程会有各种不同的环境振动要求。这些要求反映到发动机基础的容许振动值上,有的工艺专业或用户会提出,有的则需设计人员根据项目要求,通过振动衰减计算和经验去确定。基础或隔振基础设计时,容许振动值宜留有余地。

5.6.2 发动机试验室的试验台基础是一种特殊的发动机基础,它紧靠控制室,地面振动衰减有限。为了避免振动对控制室操作人员、仪器、试验精度可能产生的不利影响,振动控制应比普通基础严格。现在采用的容许振动速度峰值 3.2mm/s ,经地面振动传播衰减后,控制室的控制台处地面振动速度峰值可控制在 1mm/s 左右,低转速发动机还会略大些,试验操作人员只有不大的振动感觉。试验台基础隔振以后,容许振动值控制也比普通基础严格很多,主要是考虑试验台的重要性和隔振器的耐久性要求。从现有的试验台看,此指标不难实现。有些对振动有特殊要求的试验室,如振动噪声试验室,试验台基础的容许振动值应由工艺专业根据试验要求确定并提供。

5.7 振动试验台基础

5.7.1 电液伺服液压振动试验台基础容许振动值的确定主要考虑以下几个原则：

(1)电液伺服液压振动试验台是一种以液压源为动力,伺服阀驱动,通过电控系统形成闭环控制的振动试验系统(见图 3)。激振力较大,试验精度也相对较高。此类振动试验台属于强力振动设备。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,如果振动过大可能会危及房屋安全,也会影响周边环境;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。

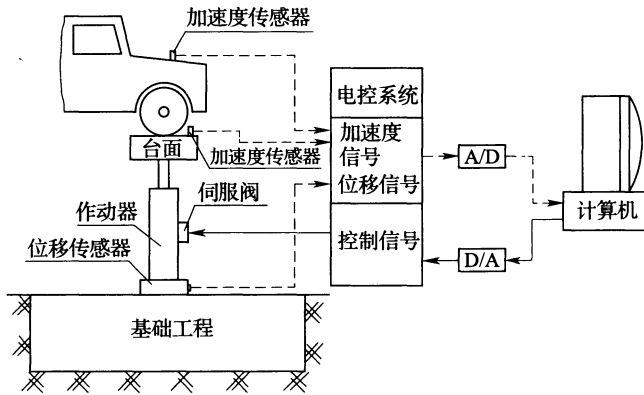


图 3 电液伺服振动台原理框图

电液伺服液压振动试验台模拟的激振波形种类很多,包括稳态激励、随机激励、脉冲激励等。可以产生低频振动激励,激振频率可以达到或者接近 0。根据大量数据统计,国内外电液伺服液压振动试验台主要试验频率区间是在 0~200Hz,并以 1.0Hz~30Hz 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±150mm。

(2)振动控制指标的物理量包括振动位移和加速度。位移控制低频振动,通常在不大于 10Hz 的频率范围内,应以位移限制为主;加速度主要控制高频振动,对于大于 20Hz 的振动激励,需要考虑振动加速度指标。

(3)本标准同时给出了振动位移和加速度的限制指标,其限值曲线见图 4 所示。这些技术指标是根据一些设备厂家提供的数据资料,振动台的试验精度要求,以及试验机地基基础设计分析和现场振动实测数据的经验积累结果而确定的。振动试验台的容许界限是按照正弦周期信号振幅大小为准。如果振动测试或者分析过程中,信号为非单频或非周期信号时,可按照采取幅值等效的方法来评估。亦即根据振动信号的均方根或者有效值乘以 $\sqrt{2}$,就可以得到等效正弦信号的幅值。对于冲击激励的试验,应以振动响应的最大值作为技术指标,控制基础振动响应。

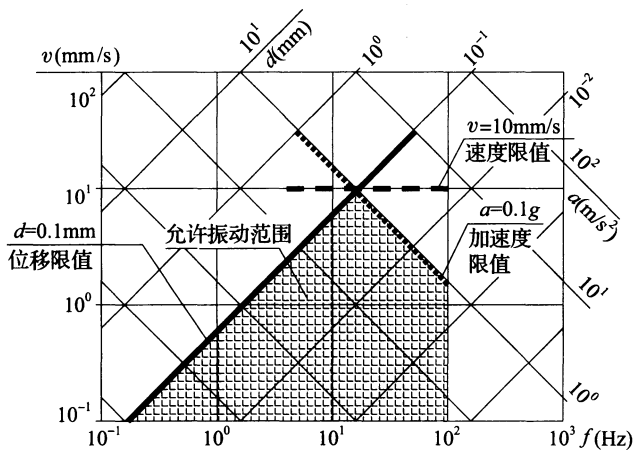


图 4 电液伺服试验台基础容许振动幅值

5.7.2 电动振动试验台基础在时域范围内容许振动值的确定主要考虑以下因素：

电动振动试验台多用于高频、大加速度振动试验。相对而言,激振力小一些。频率范围多为 5Hz~2000Hz,有些厂家称其产品激振频率能够达到 3Hz 或者更低,考虑到电动振动台的振动位移量较小,多在 50mm 以下,低频振动的激振力往往比较小,可以不考虑。电动振动台设备下需要安装隔振器,根据现有设备隔振的效果来看,对于大于 10Hz 以上的激振力,隔振效率可达 80% 以上,做得好的可以达到 90% 以上。在制订指标时,根据实际工程案例和分析实测结果,并参考其他规范的规定,选取了折中的数值。

5.7.3 基础中点为竖向振动和水平振动的控制点,角点是为了控制基础回转和水平振动而设置的,作动器底座的测点主要是用于控制环境振动对试验的影响。

5.8 通用机械基础

5.8.1、5.8.2 这两条提出了容许振动的数值及取值规则。容许振动值是根据两个原则确定的: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影响。保证机器本身的正常运转,主要依据现行国家标准《机械振动 在非旋转部件上测量评价机器的振动 第 3 部分:额定功率大于 15kW,额定转速在 120r/min 至 15000r/min 之间的在现场测量的工业机器》GB/T 6075.3—2011 中表 A1、A2 和旋转泵、离心机、风机、膨胀机振动限值对应标准:《泵的振动测量与评价方法》JB/T 8097、《离心机 分离机 机械振动测试方法》GB/T 10895、《通风机振动检测及其限值》JB/T 8689(《一般用途离心式鼓风机》JB/T 7258)及《增压透平膨胀机 技术条件》JB/T 6894。这些标准均以振动速度有效值作为振动烈度的评价物理量。设备基础的容许振动值应低于设备自身的振动值,但建筑设计习惯采用振动速度幅值作为容许振动值,为此按单谐波进行了有效值与幅值的转换,并以机器振动评级的 B 级上限值作参照,确定动力设备基础的容

许振动值。鉴于操作工人很少需要站在机器基础上操作,考虑地面振动衰减后,除有振动要求的建筑物和特殊场合外,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影响。而当振动设备基础的厂房周边有振动控制要求,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变为由相关建筑物功能的振动要求控制,情况就很复杂,本标准现难以作出具体规定。项目设计中,设计人员应综合考虑后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。

基础顶面控制点处的振动速度还参照了国家现行标准《动力机器基础设计规范》GB 50040、《离心式压缩机基础设计规定》HG 20555 及实际调研的结果,包括对几十台风机及十余台泵等进行的现场运行或出厂运转试验,以及现有此类设备基础的振动状况调查。由于此类设备振动源均为旋转运动部件初始不平衡、装配误差及使用过程中磨损、腐蚀等因素形成的不确定扰力,总体说来,同一种设备的功率和振动大小相差很大。振动较小的通用机械,尤其中小型水泵、电机和大多数通风机等,基础设计只要宏观判定不共振,一般无需动力计算,按设备制造厂提供的参考基础图设计即可。但大型设备和工作环境恶劣的设备,则会产生较大振动,基础设计需做动力计算,尤其是可能产生共振的设备基础。大型、低转速风机等设备的基础,为控制刚性连接的管道振动不致过大及地面振动衰减对周边环境的影响,当转速低于 600r/min 时,还需增加位移控制。因此,有必要对容许振动值进行适当分级。20 世纪 80 年代以来,动力设备采用隔振已逐步普遍,尤其工业与民用建筑中的水泵、风机等。隔振以后,隔振基础上的振动比不隔振会增大很多,但这种增大的振动对被隔振设备是无害的。基础隔振后,要求对连接管道采用柔性接头,不会使管道等附属部件造成损害。对厂房和周边环境的振动影响,通过隔振已完全消除,更无须考虑。根据风机、水泵等的多年使用经验,本标准取用

了较大的容许振动值。但风机、水泵等设备隔振后,管道也需同时采取隔振措施,才不至于使管道振动影响建筑物内工作环境超标。电机为各种动力机器的驱动机,它自身对振动并不敏感,参照现行国家标准《往复式内燃机驱动的交流发电机组 第9部分:机械振动的测量与评价》GB/T 2820.9,对隔振以后的电机可不提出容许振动要求,按相关使用机器的容许振动值控制就可以了。

潜液泵、往复泵等目前尚无设备振动限值标准,往复泵为曲柄连杆式机器,自身存在很大的惯性力,与本节设备非同一类型,本标准暂未列入。

5.8.3 汽动给水泵与电动给水泵基础的容许振动值在国内规范中没有明确规定,实际工程中一般借鉴高频离心式压缩机的规定,容许振动速度峰值为5mm/s。考虑到汽动给水泵与电动给水泵是火力发电厂重要的辅助机器,本条依据现行国家标准《在非旋转部件上测量和评价机器的机械振动 第3部分:额定功率大于15MW 额定转速在120r/min至15000r/min之间的在现场测量的工业机器》GB/T 6075.3—2011(ISO 10816—3:2009)制订了容许振动限值,相对更为严格。考虑到标准的一致性,本标准采用容许振动速度均方根值,若转换为振动速度峰值(对于简谐振动,振动速度峰值与振动速度均方根值存在 $\sqrt{2}$ 倍的关系),则普通基础的振动速度峰值为3.25mm/s,隔振基础的振动速度峰值为4.95mm/s。

5.9 纺织机基础

5.9.1 通过对国内几十家已建并在生产的多层织造厂房的测试普查,发现有两家厂房结构出现很大裂缝,有影响结构安全的危险;有少数几家厂房的竖向、水平向的振幅较大,影响到纺织机的正常生产,如飞梭增加、断头率提高、平车频繁、易损件更换率偏高等;多数厂房的振动属正常范围。为了确保厂房结构的安全、确保生产人员的生理健康和满足工艺生产的正常技术条件,需制订纺

织机基础的振动限制,从而控制织造厂房的水平向和竖向的振动量,确保厂房的振动满足上述三方面的要求。通过对上述几十家厂房的实际测试,并对大量的测试结果进行整理、比较和分析,对振动频率不大于 60Hz 的国产有梭纺织机的水平振动和竖向振动,其容许振动位移幅值统一取 0.08mm。采用该限值,对测试的几十家厂房,其振动合格率达 93.75%。

5.9.2 当今纺织机发展日新月异,尤其是国外纺织机型号不断翻新,其先进程度较高,采用了高科技的技术手段,特别是电子设备,我们对此类灵敏度要求较高的设备的允许振动限量未做专门研究,根据对国内多家现有进口的振动频率不大于 60Hz 的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。

5.10 金属切削机床基础

5.10.1、5.10.2 本条规定了金属切削机床的适用范围和容许振动值,说明如下:

(1)适用范围:

本节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。

本标准中的金属切削机床的精度等级参考了现行国家标准《金属切削机床 通用技术条件》GB/T 9061 和《金属切削机床 精度分级》GB/T 25372。

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影响,为了保证金属切削机床的加工精度,在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。

(2)容许振动值:

本标准没有涉及基础和机床的隔振,如果机床所处的环境振动较大,可以在基础的设计中采取合适的隔振措施,也可以在机床底座和基础之间安装隔振器。

本标准中的金属切削机床基础的振动测量方法应按现行国家标准《金属切削机床 振动测量方法》GB/T 16768 和《城市区域环境振动测量方法》GB 10071 执行,同时考虑了一般振动测量仪器优先选用的振动频率范围。对于 3Hz 以下的振动,以大地脉动为主,而且一般振动测量仪器的误差较大。故本标准中金属切削机床基础的振动测量参数为 3Hz~100Hz 频率范围振动速度的均方根值(RMS)。

5.11 振动筛和轧机基础

5.11.1 冶金工业振动筛多放置在框架结构的平台上,其振动会对整个框架结构建筑物产生明显影响。为避免振动筛振动对建筑物造成危害,本条规定是根据现有规范、标准以及对若干振动筛的振动测试统计分析得出的。

5.11.2 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。从实际测试轧机的振动结果来看,轧机基础的最大振动加速度均在 $0.2 \text{ m/s}^2 \sim 0.8 \text{ m/s}^2$ 之间,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,本条确定了振动加速度限值。

6 建筑物内人体舒适性和疲劳-工效降低

6.0.1 为防止建筑物周边或建筑物内振动源对室内使用者和居住者的干扰,满足建筑物内人体舒适性要求,制订本条规定。

建筑物内振动对人体的影响属于全身振动,本条适用于频率范围为 1Hz~80Hz 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。

容许振动标准采用 1/3 倍频程分析法,用分布在 1/3 倍频段的加速度值(m/s^2)或速度值(m/s)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(dB)表示振动限值。

采用 1/3 倍频程分析法,用加速度值或速度值表示振动限值时,建筑物内人体舒适性的容许振动加速度和容许振动速度值可按表 6 采用。

表 6 建筑物内人体舒适性的容许振动加速度和容许振动速度值

1/3 倍频程中心频率(Hz)	容许振动加速度均方根值 (m/s^2)			容许振动速度均方根值 (m/s)		
	竖向	水平向	混合向	竖向	水平向	混合向
1	1.00×10^{-2}	3.60×10^{-3}	3.60×10^{-3}	1.59×10^{-3}	5.73×10^{-4}	5.73×10^{-4}
1.25	8.90×10^{-3}	3.60×10^{-3}	3.60×10^{-3}	1.13×10^{-3}	4.58×10^{-4}	4.58×10^{-4}
1.6	8.00×10^{-3}	3.60×10^{-3}	3.60×10^{-3}	7.96×10^{-4}	3.58×10^{-4}	3.58×10^{-4}
2	7.00×10^{-3}	3.60×10^{-3}	3.60×10^{-3}	5.57×10^{-4}	2.87×10^{-4}	2.87×10^{-4}
2.5	6.30×10^{-3}	4.51×10^{-3}	3.72×10^{-3}	4.01×10^{-4}	2.87×10^{-4}	2.37×10^{-4}
3.15	5.70×10^{-3}	5.68×10^{-3}	3.87×10^{-3}	2.88×10^{-4}	2.87×10^{-4}	1.95×10^{-4}
4	5.00×10^{-3}	7.21×10^{-3}	4.07×10^{-3}	1.99×10^{-4}	2.87×10^{-4}	1.62×10^{-4}
5	5.00×10^{-3}	9.02×10^{-3}	4.30×10^{-3}	1.59×10^{-4}	2.87×10^{-4}	1.36×10^{-4}
6.3	5.00×10^{-3}	1.14×10^{-2}	4.60×10^{-3}	1.26×10^{-4}	2.87×10^{-4}	1.16×10^{-4}

续表 6

1/3 倍频 程中心频 率(Hz)	容许振动加速度均方根值 (m/s^2)			容许振动速度均方根值 (m/s)		
	竖向	水平向	混合向	竖向	水平向	混合向
8	5.00×10^{-3}	1.44×10^{-2}	5.00×10^{-3}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
10	6.30×10^{-3}	1.80×10^{-2}	6.30×10^{-3}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
12.5	7.81×10^{-3}	2.25×10^{-2}	7.80×10^{-3}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
16	1.00×10^{-2}	2.89×10^{-2}	1.00×10^{-2}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
20	1.25×10^{-2}	3.61×10^{-2}	1.25×10^{-2}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
25	1.56×10^{-2}	4.51×10^{-2}	1.56×10^{-2}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
31.5	1.97×10^{-2}	5.68×10^{-2}	1.97×10^{-2}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
40	2.50×10^{-2}	7.21×10^{-2}	2.50×10^{-2}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
50	3.13×10^{-2}	9.02×10^{-2}	3.13×10^{-2}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
63	3.94×10^{-2}	1.14×10^{-1}	3.94×10^{-2}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}
80	5.00×10^{-2}	1.44×10^{-1}	5.00×10^{-2}	9.95×10^{-5}	2.87×10^{-4}	9.95×10^{-5}

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,采用水平向或竖向数值;当人在建筑物内站立、躺卧姿势不固定时,采用混合向曲线。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,故竖向振动是影响的主要因素。

对于不同使用功能的建筑物和不同性质的振动,由于使用要求和使用人群的不同,振动可忍性有很大变化,具体取值取决于社会背景、文化因素、心理状态及对居住的妨碍程度。

表 7 给出了建筑物内人体舒适性容许振动修正系数(倍乘因子),对振动容许值进行调整。根据不同情况,以表 6 中人最敏感频率范围容许振动加速度值为基准,按表 7 中修正系数(倍乘因子)对加速度进行调整,再按振动加速度级的计算方法进行计算,得出不同使用功能建筑物和不同性质振动的计权加速度级容许值,即本条规定的建筑物内人体舒适性振动计权加速度级容许值,

表 6.0.1 中数值为不得超过的限值。

表 7 建筑物内人体舒适性容许振动修正系数

地 点	时段	连续振动、间歇振动和 重复性冲击	每天只发生数次的 冲击振动
医院手术室和振动 要求严格的工作区	昼间	1	1
	夜间		
住宅	昼间	2	30
	夜间	1, 4	1, 4
办公室	昼间	4	60
	夜间		
车间办公区	昼间	8	90
	夜间		

振动测点应布置于建筑物室内地面中央人经常活动处，或室内地面振动敏感处。测量时拾振器应平稳地安放在平坦、坚实的地面上，拾振器的灵敏度主轴方向应与地面的垂直方向一致。

6.0.2 本条主要考虑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承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。

振动对人体的作用取决于 4 个参数：振动强度、频率、方向和暴露时间。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。

本条适用于频率范围为 1Hz~80Hz 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 1Hz 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 80Hz 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 80Hz 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(m/s^2)表示振动限值;也可采用振动计权分析法,采用单一参数振动计权加速度级(dB)表示振动限值。

采用 1/3 倍频程分析法时,需将振动做频谱分析,给出每个频段(或 1/3 倍频段)的加速度值,将这些数值与容许加速度值对应比较,有任何一组值超过限值,则认为该振动环境超过劳动保护标准。

在振动作业环境中,可取使操作人员注意力转移、工作效率降低时的振动界限为疲劳-工效降低界限,保持人体生理和心理舒适性的振动限值为舒适性降低界限,生产操作区竖向和水平向的疲劳-工效降低界限的容许振动加速度值可按表 8 和表 9 采用。舒适性降低界限的容许加速度值,可取表 8 和表 9 中加速度值除以 3.15。

表 8 竖向振动的疲劳-工效降低的容许加速度值 (m/s^2)

1/3 倍频程 中心频率 (Hz)	暴 露 时 间								
	24h	16h	8h	4h	2.5h	1h	25min	16min	1min
1.00	0.280	0.425	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
1.25	0.250	0.375	0.56	0.95	1.26	2.12	3.15	3.75	5.00
1.6	0.224	0.335	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
2.0	0.200	0.300	0.45	0.75	1.00	1.70	2.50	3.00	4.00
2.5	0.180	0.265	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.10
3.15	0.160	0.285	0.355	0.60	0.80	1.32	2.00	2.35	3.15
4.0	0.140	0.212	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
5.0	0.140	0.212	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
6.3	0.140	0.212	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
8.0	0.140	0.212	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80

续表 8

1/3 倍频程 中心频率 (Hz)	暴 露 时 间								
	24h	16h	8h	4h	2.5h	1h	25min	16min	1min
10.0	0.180	0.265	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
12.5	0.224	0.335	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
16.0	0.280	0.425	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
20.0	0.355	0.530	0.80	1.32	1.80	3.00	4.50	5.30	7.10
25.0	0.450	0.670	1.00	1.70	2.24	3.75	5.60	6.70	9.00
31.5	0.560	0.850	1.25	2.12	2.80	4.75	7.10	8.50	11.2
40.0	0.710	1.060	1.60	2.65	3.55	6.00	9.00	10.6	14.0
50.0	0.900	1.320	2.00	3.35	4.50	7.50	11.20	13.2	18.0
63.0	1.120	1.700	2.50	4.25	5.60	9.50	14.00	17.0	22.4
80.0	1.400	2.120	3.15	5.30	7.10	11.80	18.00	21.2	28.0

注:本表界限值指分布在 1/3 倍频带内的振动均方根值。

表 9 水平振动的疲劳-工效降低的容许加速度值 (m/s^2)

1/3 倍频程 中心频率 (Hz)	暴 露 时 间								
	24h	16h	8h	4h	2.5h	1h	25min	16min	1min
1.00	0.100	0.150	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
1.25	0.100	0.150	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
1.6	0.100	0.150	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
2.0	0.100	0.150	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.00
2.5	0.125	0.190	0.280	0.450	0.63	1.06	1.6	1.9	2.50
3.15	0.160	0.235	0.355	0.56	0.8	1.32	2.0	2.36	3.15
4.0	0.200	0.300	0.45	0.71	1.0	1.70	2.5	3.0	4.00
5.0	0.250	0.375	0.56	0.90	1.25	2.12	3.15	3.75	5.00
6.3	0.315	0.475	0.71	1.12	1.6	2.65	4.0	4.75	6.30

续表 9

1/3 倍频程 中心频率 (Hz)	暴 露 时 间								
	24h	16h	8h	4h	2.5h	1h	25min	16min	1min
8.0	0.40	0.60	0.90	1.40	2.0	3.35	5.0	6.0	8.00
10.0	0.50	0.75	1.12	1.80	2.5	4.25	6.3	7.5	10.0
12.5	0.63	0.95	1.40	2.24	3.15	5.30	8.0	9.5	12.5
16.0	0.80	1.18	1.80	2.80	4.0	6.70	10.0	11.8	16.0
20.0	1.00	1.50	2.24	3.55	5.0	8.50	12.5	15	20.0
25.0	1.25	1.90	2.80	4.50	6.3	10.6	16.0	19	25.0
31.5	1.60	2.36	3.55	5.6	8.0	13.2	20.0	23.6	31.5
40.0	2.00	3.00	4.50	7.1	10.0	17.0	25.0	30	40.0
50.0	2.50	3.75	5.60	9.0	12.5	21.2	31.5	37.5	50.0
63.0	3.15	4.75	7.10	11.2	16.0	26.5	40.0	45.7	63.0
80.0	4.00	6.00	9.00	14.0	20.0	33.5	50.0	60	80.0

注：本表界限值指分布在 1/3 倍频带内的振动加速度均方根值。

容许振动标准也可采用振动计权分析法,采用该法时,直接用仪器测得振动计权加速度级,然后与本条规定的数值进行比较,超过表中限值,则认为该振动环境超过劳动保护标准。

本条的振动级是经过计权因子计权后的加速度级。

振动加速度级按下式定义：

$$VAL = 20 \lg \frac{a}{a_0} \quad (4)$$

式中：VAL——振动加速度级(dB)；

a_0 ——基准加速度,取 $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ；

a ——实测或计算的振动加速度有效值(m/s^2)。

振动加速度级和振动加速度有效值之间的关系见图 5。

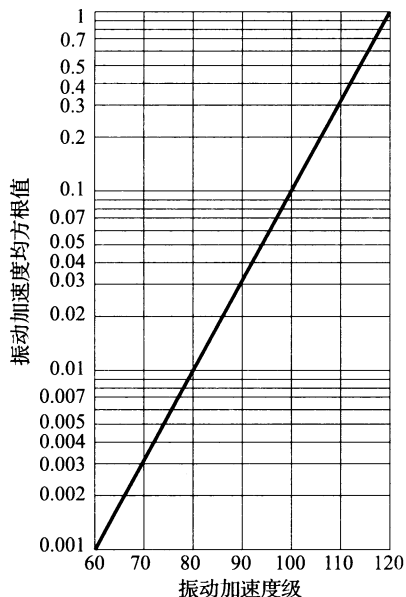


图 5 振动加速度级和振动加速度均方根值之间的关系
振动计权加速度级按下式定义：

$$VL = 10 \lg \sum 10^{(VAL_i + a_i)/10} \quad (5)$$

式中: VL ——振动计权加速度级(dB),简称振动级或振级;

VAL_i ——每个频带的振动加速度级(dB);

a_i ——每个频带的计权因子,见表 10。

表 10 竖向与水平振动计权因子

1/3 倍频程中心频率 (Hz)	计权因子 (dB)	
	竖向振动	水平振动
1.0	-6.33	0.10
1.25	-6.29	0.07
1.6	-6.12	-0.28
2.0	-5.49	-1.01

续表 10

1/3 倍频程中心频率 (Hz)	计权因子(dB)	
	竖向振动	水平振动
2.5	-4.01	-2.20
3.15	-1.90	-3.85
4.0	-0.29	-5.82
5.0	0.33	-7.76
6.3	0.46	-9.81
8.0	0.31	-11.93
10.0	-0.10	-13.91
12.5	-0.89	-15.87
16.0	-2.28	-18.03
20.0	-3.93	-19.99
25.0	-5.80	-21.94
31.5	-7.86	-23.98
40.0	-10.05	-26.13
50.0	-12.19	-28.22
63.0	-14.61	-30.60
80.0	-17.56	-33.53

本条的振动计权加速度级计算采用现行国家标准《机械振动与冲击 人体暴露于全身振动的评价 第2部分:建筑物内的振动(1Hz~80Hz)》GB/T 13441.2 规定的频率计权因子。振动加速度级计算时取基准加速度为 10^{-6} m/s^2 。

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。

当某一振动环境的振动能量全部集中在一个 1/3 倍频程内,两种方法得到的评价结果完全一致。当某一振动环境的频谱为一

宽带谱,具有一个与之相适应的 $1/3$ 倍频程谱,采用计权法的振动加速度级可能比最灵敏频带内的 $1/3$ 倍频程级高 13dB,产生的加速度比用 $1/3$ 倍频程分析法的容许值低 4 倍。显然,这种情况下计权法过于保守。由于计权法偏于保守,对于劳动保护是有利的。

7 交通 振 动

7.1 对建筑结构的影响

7.1.1~7.1.3 国外一些标准,如德国标准《Structural vibration. Part 3: Effects of vibration on structures》DIN 4150—3:1999、英国标准《Evaluation and measurement for vibration in buildings. Part 2: Guide to damage levels from groundborne vibration》BS 7385—2:1993、瑞士标准《Les ébranlements. Effet des ébranlements sur les constructions》SN 640 312a:1992 均给出了振动对建筑物结构影响的测量方法和容许值。

在考虑了我国建筑结构实际情况的前提下,本节条文的建筑物分类方法依据 DIN 4150—3:1999;容许值主要参考了 DIN 4150—3:1999,适当参考了 BS 7385—2:1993 和 SN 640 312a:1992。

表 7.1.2 中的“对振动敏感、具有保护价值、不能划归上述两类的建筑”是指未核定为文物保护单位的不可移动,具有历史、艺术、科学价值且需要保护的古建筑、古文化遗址、古墓葬、石窟寺、石刻、壁画、近现代史迹和代表性建筑等,主要包括住房和城乡建设部与国家文物局公布的中国历史文化名镇、中国历史文化名村,文化部和国家文物局公布的中国历史文化名街,省、自治区、直辖市和副省级市、地级市人民政府核定公布的优秀近代建筑、优秀历史建筑、历史文化街区、历史风貌保护区、旧城风貌区,民政部公布的全国重点烈士纪念建筑物保护单位等。

经验表明,如果不超过限值,建筑物不会发生损坏。超过限值较小,不一定会导致建筑物损坏;如果超过限值较大,应考虑用结构动应力来评价。对于多层框架结构,结构动应力可以由垂直杆

件端部的相对位移来确定。

7.2 对建筑物内人体舒适性的影响

7.2.1 ~ 7.2.3 国际标准《Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 2: Continuous and shock-induced vibrations in buildings(1Hz to 80Hz)》ISO 2631—2:1989 给出了建筑物内人体舒适性的振动容许值。但是在其替代版本 ISO 2631—2:2003 中删除了振动容许值。

国际标准《Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1: General requirements》ISO 2631—1:1997, 英国标准《Guide to measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock》BS 6841:1987、《Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings (1Hz to 80Hz)》BS 6472:1984 指出,以计权振动加速度均方根植为基础评价方法在以下三种情况会低估振动影响:波峰因数大于 9 (ISO 2631—1:1997)或大于 6 (BS 6841:1987);波峰因数不大于 9 (或 6),但包含有间歇振动、偶然性冲击振动;瞬态振动。上述情况,应采用四次方振动剂量值 (VDV) 等方法替代基本评价方法评价。即使不属于上述情况,有怀疑时,应采用 VDV 等方法补充评价。英国标准《Guide to evaluation of human exposure to vibration in buildings. Part1: Vibration sources other than blasting》BS 6472—1:2008 不区分振动特征,只推荐采用 VDV 法,抛弃了基本评价方法。VDV 法与基本评价方法相比,由于使用加速度时间历程的四次方而不是平方作为计算平均的基础,所以 VDV 法对峰值更为敏感。同时 VDV 法考虑了振动暴露时间对人体舒适性的影响。

BS 6472:1984、BS 6841:1987、ISO 2631—2:1989 和 ISO 2631—1:1997 提出了 VDV 的概念和定义。《Guide to evaluation of human exposure to vibration in building(1Hz to 80Hz)》BS 6472:1992 首次

给出了振动对建筑物内人体舒适性影响的 VDV 容许值,并特别介绍了铁路环境振动 VDV 的估算例子。BS 6472—1:2008 替代了 BS 6472:1992 中除爆破之外的振源部分,抛弃了基本评价方法,只采用 VDV 法评价,同时对 VDV 容许值进行了补充和修改。

由于交通振动的间歇性和长期性,我国现行的相关环境振动标准采用以计权加速度均方根值为基础的基本评价方法可能会低估振动对人体舒适性的影响,因此交通振动对建筑物内人体舒适性影响的评价应附加 1Hz~80Hz 竖向 VDV 法。以后可考虑按照 BS 6472—1:2008 的做法,采用 VDV 法替代基本评价方法。

数据处理中应按照现行国家标准《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(等同采用 ISO 2631—1:1997)规定的基本频率计权 W_k 对竖向加速度进行计权(1Hz~80Hz)。本节条文的建筑物分类方法和容许值依据 BS 6472—1:2008。

8 建筑施工振动

8.0.1 本章主要为了防止建筑施工振动对建筑结构产生损伤,不适用于室内生产条件和人体舒适性的评估。主要涵盖民用与工业建筑,不包括古代建筑。另外,对室内外非结构性构件和各类悬挂物体等,由于其特性及受支承或约束的方式具有较强的不确定性,故其受施工振动的安全性评估不得套用本章规定。

根据理论研究和工程实践,建筑结构附加动应力与地基基础振动速度的相关性良好。因此,本章采用振动速度作为由施工引起的振动对建筑结构影响的评价物理量,并将地基基础和顶层楼面处各自实测的三个振动速度分量峰值的最大值 V 作为容许振动评价指标。评价中所涉及的振动频率是指该最大值在相应振动速度分量时域信号上的标称频率,其值可按图 6 所示取为 $1/T_0$ 。

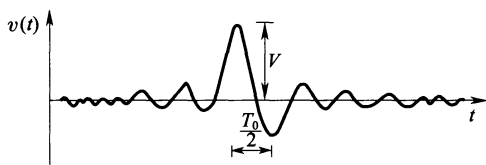


图 6 振动速度分量时域信号

8.0.2 表 8.0.2-1 和表 8.0.2-2 中的数据是根据国内及德国等国外相关科技文献资料和编者工程经验而提出的,其中工业建筑、公共建筑和居住建筑是指符合设计和施工质量相关技术标准的普通建筑。在每个具体工程中,为尽可能地避免建筑结构因沿高度存在振动放大效应而损伤,地基基础处和顶层楼面处的振动速度峰值均不得超过各自的容许振动值。为保持与现行相关的国家标准一致,岩土爆破振动测试与影响评价应符合现行国家标准《爆破

安全规程》GB 6722 的规定。

8.0.3 城市旧房是指设计建造时未考虑抗震要求或低于现行抗震设防标准的既有建筑,而镇(乡)村自建房屋绝大多数是未经正式设计、施工质量未受正规监督的,其整体性以及抵抗场地建筑施工振动的性能相对较差,因而应该降低它们的容许振动速度峰值。

8.0.4 振动对建筑结构的影响具有累积效应。当振动作用次数较少、时间较短时,容许振动速度峰值可适当提高,但同时应该加强对受振建筑结构实际安全状况的观察。

8.0.5 本条是为了防止新浇混凝土和砌体砂浆在强度明显低于设计强度的情况下受振损伤,从而降低建筑构件的承载力和耐久性。对普通混凝土和砌体砂浆,在可施工气候环境条件下,浇筑后1天~2天内,应尽量避免遭受较为强烈的振动。

9 声学环境振动

9.1 民用建筑

9.1.1 建筑分类方法参照现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096,按区域的使用功能特点和环境质量要求,环境功能区分为以下五种类型:

0 类声学环境功能区:指康复疗养等特别需要安静的区域。

1 类声学环境功能区:指以居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研设计、行政办公为主要功能,需要保持安静的区域。

2 类声学环境功能区:指以商业金融、集市贸易为主要功能,或者居住、商业、工业混杂,需要维护住宅安静的区域。

3 类声学环境功能区:指以工业生产、仓储物流为主要功能,需要防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域。

4 类声学环境功能区:指交通干线两侧一定距离之内,需要防止交通噪声对周围环境产生严重影响的区域。

本节主要是针对由建筑物的结构体系传播振动引起的噪声,或由结构承重构件自身振动产生的噪声问题。承重结构构件包括钢筋混凝土或钢结构梁、板、柱和剪力墙等。提出的相应的振动容许值是为了控制由结构振动造成的噪声。而建筑维护装饰构件,如门、窗、隔断、填充墙、幕墙、吊顶等,在风荷载作用下或由温度变化引起的噪声,以及机械设备的振动噪声和室外环境噪声等问题不包含在此项中。

由结构振动产生的噪声的频率主要是在 20Hz 以上的振动成分。而当振动频率超过 500Hz 时,建筑结构构件对振动传播的衰减较快,可以忽略。因此建筑工程的声环境振动问题分析通常限于 31.5Hz~500Hz 的频率范围内。

关于建筑工程振动引发噪声问题,由于结构构件振动特性、安全要求舒适性条件等限制,不允许过大的振动。在满足上述条件的前提下,结构振动所能产生的噪声是有限的。因此,对于噪声较大的工业建筑和人群密集嘈杂的商业区等可以不考虑此类振动噪声问题。

9.1.2 振动评价有许多物理指标,如速度、加速度以及振动级等。按照现行国家标准《社会生活环境噪声排放标准》GB 22337 和《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 的规定,在社会生活噪声排放源位于噪声敏感建筑物内的情况下,噪声通过建筑物结构传播至噪声敏感建筑物室内时,噪声敏感建筑物室内噪声排放限值不得超过本标准表 9.1.1 的规定。

应当指出:振动级 VL_z (dB) 为按照人体计权的振动评价,虽然简单明了,但由于振动级的计权是根据人体全身振动感受得到的数据,与通过人耳听觉感受的噪声计权不同,它们计权的趋势刚好相反,所以振动级不适用于噪声评价的场合。

振动速度与声压是成正比的,当采用声压级描述声环境时,以振动速度为技术指标是合适的。

本条中噪声评价采用了 A 声级。A 声级的 A 计权曲线反映的是人的听觉特性。根据分析,采用加速度频响特性更加接近人的听觉感受,因此本标准中采用了振动加速度物理指标。

本条适用的建筑物室内振动噪声具有一定的随机特性,在振动测试和振动评价时都采用了具有统计意义的技术指标和参数,本章采用的是频域内的振动加速度均方根值。

对于本条中规定的几类建筑物室内噪声要求,根据现行国家标准《社会生活环境噪声排放标准》GB 22337 和《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 的规定,噪声限值见表 11。

声振特性非常复杂,有许多不确定因素。在声振特性分析中,主要包含了声辐射、指向特性、室内混响、叠加特性、计权特性等内容。为了解决工程问题,在许可精度要求的前提下,需要运用必要的简化处理。

表 11 结构传播固定设备室内噪声排放限值(倍频带声压级)(dB)

噪声敏感建筑物 声环境所处 功能区类别	时段	倍频程中心 频率(Hz) 房间类型	室内噪声倍频带声压级限值				
			31.5	63	125	250	500
0	昼间	A、B类房间	76	59	48	39	34
	夜间	A、B类房间	69	51	39	30	24
1	昼间	A类房间	76	59	48	39	34
		B类房间	79	63	52	44	38
	夜间	A类房间	69	51	39	30	24
		B类房间	72	55	43	35	29
2、3、4	昼间	A类房间	79	63	52	44	38
		B类房间	82	67	56	49	43
	夜间	A类房间	72	55	43	35	29
		B类房间	76	59	48	39	34

注:对于在噪声测量期间发生非稳态噪声(如电梯噪声等)的情况,最大声级超过限值的幅度不得高于 10dB(A)。

可以运用理论和数值分析方法估算结构构件振动的声辐射,考虑到结构振动和室内噪声具有随机性,结合振动噪声试验并运用统计计算可以得到有价值的结果。

在普通居住环境的室内,声的混响是不可避免的。分析表明:当室内平均吸声系数为 0.05 时,混响声压级增加 9dB;当吸声系数为 0.25 时,声压级增加 6dB。此外,居民生活区域内,不能避免室外环境噪声的影响,这些噪声通过门窗和有声桥的地方会传播到室内,与室内振动噪声叠加起来。当室外噪声已经达到容许值时,如果结构振动产生较大噪声,就很有可能超限。考虑一种极端的情况,当室外环境噪声与固体噪声相当,都分别达到容许噪声值时,两个噪声叠加起来,声压级大约会增加 3dB。

经过上述分析,参考了国内外有关标准资料和本标准中相关条文的要求,本条规定了相应的振动容许值。对比测试结果和数

值分析结果,容许振动指标的误差范围可以控制在 $-6\text{dB}\sim+3\text{dB}$ 之间。从均值上看,是有利于安全舒适的。

9.1.3 结构墙、板构件可视为连续弹性体,理论上具有无穷振型。在振动过程中各点的振幅不同,往往具有随机性,因此测试中采用多点测试统计平均方法。振动测试方向应与结构楼板或墙面的垂直方向(法向)一致,同一构件上的测试点应等间隔均匀布置。对于板构件的振动测试,测点数量不应少于5个,振动评价应按照几个测点的算术平均值计算。

9.2 声学试验室

9.2.1 消声室的本底噪声要求通常由用户根据使用条件确定。对于消声室,本底噪声的声压级应当低于有效测试范围内最小信号声压级的 $10\text{dB}\sim15\text{dB}$ 。多数情况下,用户是按照A声级指标提出的要求,因此本条的容许振动限值依然按照A声级,分别提出在 $31.5\text{Hz}\sim500\text{Hz}$ 倍频程中心频率所对应的不同噪声级的振动加速度限值要求。

对于消声室等声学试验室,由于设置吸声材料能有效地削弱室内噪声反射和混响,所以在消声室等试验室内可仅考虑与背景噪声的叠加问题,亦即可以适当提高振动指标。本标准按照声压级提高 3dB 的原则来计算振动加速度值。

9.3 水声试验

9.3.1、9.3.2 通常情况,水声频率较高。对于高频振动,结构体系在传播振动过程中衰减较快,一般对水下噪声影响会迅速降低。国家现行标准《消声水池声学特性校准规范》JJF 1146中规定:“消声水池的频率范围可以从几千赫兹甚至几百赫兹到兆赫兹的频段”。该规范对于消声水池本底噪声的要求为:“一般情况下消声水池内本底噪声的声压谱级应不大于零级海况下的海洋噪声声压谱级(在 1kHz 频率处为 44dB),或应小于利用消声水池测量时的

测量信噪比不低于规定值。”

据调查,通常的消声水池频率下限都在 400Hz 以上,而对于 1000Hz 以上的振动,在土中和结构体系中衰减较快,可以忽略。因此,振动测试及评价的倍频程中心频率取 400Hz~1000Hz 的范围是切实可行的。