

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2013年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》（建标〔2013〕6号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 舒适度要求；5 行走激励；6 有节奏运动；7 室内设备振动；8 室外振动；9 连廊和室内天桥；10 检测与评估；11 楼盖减振措施。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由中国电子工程设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国电子工程设计院有限公司（地址：北京市海淀区西四环北路160号玲珑天地B座，邮政编码：100142）。

本标准主编单位：中国电子工程设计院有限公司

本标准参编单位：中国建筑科学研究院有限公司

北京市建筑设计研究院

中国中元国际工程公司

清华大学

东南大学

同济大学

哈尔滨工业大学

北京交通大学

昆明理工大学

山东建筑大学

中国建筑设计研究院

华南理工大学

华东建筑设计研究院有限公司

中国恩菲工程技术有限公司

中电投工程研究检测评定中心

本标准主要起草人员： 娄宇 吕佐超 黄健 任庆英  
黄小坤 潘鹏 张志强 童乐为  
陈隽 宋志刚 韩小雷 束伟农  
张同亿 李惠 杨庆山 傅传国  
田炜 翟传明 左中杰 付国顺  
张文勇 秦敬伟 王建

本标准主要审查人员： 李爱群 杨宜谦 王昌兴 王立军  
丁大益 金伟良 冯远 李庆钢  
陈志强

## 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	6
3.1	一般规定	6
3.2	作用和作用组合	6
4	舒适度要求	9
4.1	一般规定	9
4.2	舒适度限值	10
5	行走激励	12
5.1	一般规定	12
5.2	荷载	12
5.3	竖向振动加速度	13
6	有节奏运动	15
6.1	一般规定	15
6.2	荷载	15
6.3	竖向振动加速度	16
7	室内设备振动	19
7.1	一般规定	19
7.2	荷载	19
7.3	竖向振动加速度	20
8	室外振动	21
8.1	一般规定	21
8.2	荷载	21

8.3 竖向振动加速度 .....	22
9 连廊和室内天桥 .....	23
9.1 一般规定 .....	23
9.2 荷载 .....	23
9.3 振动加速度 .....	26
10 检测与评估 .....	28
10.1 一般规定 .....	28
10.2 检测 .....	28
10.3 评估 .....	29
11 楼盖减振措施 .....	30
附录 A 楼盖竖向自振频率计算 .....	32
附录 B 钢-混凝土组合楼盖振动有效重量计算 .....	33
附录 C 行走激励下楼盖竖向振动加速度计算的反应谱法 .....	36
本标准用词说明 .....	39
引用标准名录 .....	40

# Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	6
3.1	General Requirements	6
3.2	Loads and Combination of Loads	6
4	Acceptance Criteria for Human Comfort	9
4.1	General Requirements	9
4.2	Recommended Criteria for Human Comfort	10
5	Design for Walking Excitation	12
5.1	General Requirements	12
5.2	Loads	12
5.3	Vertical Vibration Acceleration	13
6	Design for Rhythmic Excitation	15
6.1	General Requirements	15
6.2	Loads	15
6.3	Vertical Vibration Acceleration	16
7	Design for Equipment Vibrations	19
7.1	General Requirements	19
7.2	Loads	19
7.3	Vertical Vibration Acceleration	20
8	Design for Outside Structural Vibrations	21
8.1	General Requirements	21
8.2	Loads	21

8.3	Vertical Vibration Acceleration .....	22
9	Design for Corridors and Footbridges-indoor .....	23
9.1	General Requirements .....	23
9.2	Loads .....	23
9.3	Vibration Acceleration .....	26
10	Detections and Assessments .....	28
10.1	General Requirements .....	28
10.2	Detections .....	28
10.3	Assessments .....	29
11	Requirements of Vibration Reduction .....	30
Appendix A	Calculation of Vertical Natural Frequency of Floor .....	32
Appendix B	Calculation of Effective Vibration Weights for Steel Concrete Composite Floor System ...	33
Appendix C	Acceleration Response Spectrum Method for Predicting Floor Vibration Due to Walking Load .....	36
	Explanation of Wording in This Standard .....	39
	List of Quoted Standards .....	40

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范建筑楼盖结构振动舒适度设计、检测和评估，合理选择相关技术、参数和计算方法，做到安全适用、技术先进、经济合理，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于建筑楼盖结构振动舒适度设计、检测和评估。

**1.0.3** 建筑楼盖结构振动舒适度设计、检测和评估除应符合本标准外，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 楼盖 floor system

在房屋楼层间用以承受各种楼面作用的楼板、次梁和主梁等所组成的部件总称。

#### 2.1.2 舒适度 comfort

人们对客观环境从生理与心理方面所感受到的满意程度而进行的综合评价。

#### 2.1.3 荷载频率 load frequency

荷载在单位时间内完成周期性变化的次数。

#### 2.1.4 有效均布活荷载 effective distributed live loads

用于舒适度计算的楼盖活荷载。

#### 2.1.5 人群荷载 crowd loads

按人群密度确定的均布荷载。

#### 2.1.6 动力因子 dynamic coefficient

第  $i$  阶动荷载幅值与人体重量的比值。

#### 2.1.7 行走激励 walk inexcitation

由人行走引起建筑楼盖振动的激励荷载。

#### 2.1.8 有节奏运动 rhythmic excitation

随着一定韵律多人参与的有规律的活动，包括舞厅、演出舞台上的跳舞或其他有节奏活动、演唱会看台上观众随音乐进行的有节奏活动、体育比赛时看台上观众给运动员加油时的有节奏活动、健身房内有氧健身操或有氧健身操与器械健身同时进行的有节奏活动、体育场馆的场地上运动员的有节奏活动等。

#### 2.1.9 振动有效重量 effective vibration weights

舒适度计算中，楼盖上某点参与振动的楼盖重量。



### 2.1.10 峰值加速度 peak acceleration

楼盖振动时，结构加速度响应最大值。

### 2.1.11 连廊 corridor

连接于两幢或几幢建筑之间的走廊，分为封闭式和不封闭式两种。

### 2.1.12 室内天桥 footbridges-indoor

位于建筑物内部的步行桥。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 作用

$F(t)$  ——人行走的荷载；

$F_c$  ——舒适度设计采用的荷载；

$F_p$  ——楼盖结构共振时行走产生的作用力；

$G_k$  ——永久荷载的标准值；

$m_m$  ——旋转部件的总质量；

$p(t)$  ——单位面积的竖向人行激励荷载；

$p_0$  ——行走产生的作用力；

$P_b$  ——连廊和室内天桥上单个行人行走时产生的竖向作用力；

$P_{bl}$  ——连廊和室内天桥上单个行人行走时产生的横向作用力；

$P_i(t)$  ——第  $i$  阶荷载频率对应的有节奏运动荷载；

$p_L(t)$  ——单位面积的横向人行激励荷载；

$P_m$  ——机器扰力；

$P_m(t)$  ——风机、水泵和电机的竖向动力荷载；

$P_p$  ——行人重量；

$P_{ri}$  ——第  $i$  阶荷载频率对应的有节奏运动的荷载幅值；

$Q_p$  ——有节奏运动的人群荷载；

$Q_q$  ——有效均布活荷载；

$Q_{qb}$  ——连廊和室内天桥的活荷载。

### 2.2.2 作用效应

- $a_p$  —— 竖向振动峰值加速度；  
[ $a_p$ ] —— 竖向振动峰值加速度限值；  
 $a_{p'}$  —— 有限元计算的不利振动点处竖向振动峰值加速度；  
 $a_{pi}$  —— 第  $i$  阶荷载频率对应的峰值加速度；  
 $a_{pm}$  —— 有效最大加速度；  
[ $a_{pm}$ ] —— 有效最大加速度限值；  
 $f_1$  —— 第一阶竖向自振频率；  
[ $f_1$ ] —— 第一阶竖向自振频率限值；  
 $\bar{f}_1$  —— 第一阶荷载频率；  
 $f_{L1}$  —— 第一阶横向自振频率；  
[ $f_{L1}$ ] —— 第一阶横向自振频率限值；  
 $\bar{f}_{s1}$  —— 第一阶竖向人群荷载频率；  
 $\bar{f}_{s2}$  —— 第二阶竖向人群荷载频率；  
 $\bar{f}_{sL}$  —— 横向人群荷载频率；  
 $W$  —— 楼盖结构振动有效重量。

### 2.2.3 计算参数

- $A$  —— 连廊或室内天桥的桥面面积；  
 $e_m$  —— 旋转部件总质量对转动中心的当量偏心距；  
 $g$  —— 重力加速度；  
 $M_1$  —— 第一阶竖向模态质量；  
 $M_{L1}$  —— 第一阶横向模态质量；  
 $N$  —— 连廊或室内天桥的行人总数量；  
 $n_m$  —— 机器转速；  
 $r'$  —— 等效人群密度；  
 $t$  —— 时间；  
 $\xi$  —— 阻尼比；  
 $\omega_m$  —— 机器的工作圆周频率；  
 $\varphi_i$  —— 第  $i$  阶荷载频率对应的相位角；

$\mu_i$ ——第  $i$  阶荷载频率对应的动力放大系数。

#### 2.2.4 其他

$K_r$ ——系数；

$\gamma_i$ ——第  $i$  阶荷载频率对应的动力因子；

$\psi$ ——竖向荷载折减系数；

$\psi_L$ ——横向荷载折减系数；

$\sigma_a$ ——竖向振动响应的标准差；

$\sigma_{aL}$ ——横向振动响应的标准差。

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 建筑楼盖结构振动舒适度设计时，楼盖应满足国家现行有关标准的承载力、正常使用状态要求。

**3.1.2** 建筑楼盖结构振动舒适度设计、检测和评估时，应取得下列资料：

1 建筑物的建筑图、结构图；

2 设备振动较大时，应取得楼盖上设备的平面布置图、设备名称及其底座尺寸，以及设备的扰力及作用方向、扰频、位置及自重等；

3 室外有强振源时，其振动荷载应由实测确定；

4 引起楼盖振动的典型荷载工况。

**3.1.3** 舒适度计算时，楼盖采用钢筋混凝土楼盖和钢-混凝土组合楼盖时，混凝土的弹性模量可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定数值分别放大 1.20 倍和 1.35 倍。

**3.1.4** 结构布置规则的建筑楼盖的竖向自振频率可按本标准附录 A 计算。复杂建筑楼盖的竖向自振频率宜采用有限元分析计算。

**3.1.5** 为提高楼盖振动舒适度，可采用提高刚度、增加阻尼、调整振源位置或采取减振、隔振措施等方法。

### 3.2 作用和作用组合

**3.2.1** 舒适度设计时，计算楼盖自振频率和振动加速度采用的荷载应符合本节的规定。

**3.2.2** 永久荷载应包括楼盖自重、面层、吊挂、固定隔墙等实际使用时楼盖上的荷载。当楼盖、面层、吊挂、固定隔墙等荷载

不能确定时，宜取其自重的下限值。

### 3.2.3 有效均布活荷载可按表 3.2.3 取值。

表 3.2.3 有效均布活荷载

楼盖使用类别	有效均布活荷载 (kN/m <sup>2</sup> )
手术室、教室、办公室、会议室、医院门诊室、剧场、影院、礼堂	0.5
住宅、宿舍、旅馆、酒店、医院病房、餐厅、食堂	0.3
托儿所、幼儿园、展览厅、公共交通等候大厅、商场	0.2

### 3.2.4 有节奏运动的人群荷载可按表 3.2.4 取值。

表 3.2.4 有节奏运动的人群荷载

楼盖使用类别	人群荷载 (kN/m <sup>2</sup> )
舞厅、演出舞台	0.60
看台	1.50
仅进行有氧健身操的健身房	0.20
同时进行有氧健身操和器械健身的健身房	0.12
室内运动场地	0.12

注：看台是指演唱会和体育场馆的看台，包括有固定座位和无固定座位两种。

### 3.2.5 舒适度设计时荷载应按下列公式计算：

#### 1 行走激励和设备振动为主的楼盖结构

$$F_c = G_k + Q_q \quad (3.2.5-1)$$

#### 2 有节奏运动为主的楼盖结构

$$F_c = G_k + Q_q + Q_p \quad (3.2.5-2)$$

#### 3 连廊和室内天桥

$$F_c = G_k + Q_{qb} \quad (3.2.5-3)$$

式中： $F_c$ ——舒适度设计采用的荷载 (kN/m<sup>2</sup>)；

$G_k$ ——永久荷载的标准值 (kN/m<sup>2</sup>)；

$Q_q$  ——有效均布活荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )，可按本标准表 3.2.3 取值；

$Q_p$  ——有节奏运动的人群荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )，可按本标准表 3.2.4 取值；

$Q_{qb}$  ——连廊和室内天桥的活荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )，可取  $0.35\text{kN}/\text{m}^2$ 。

## 4 舒适度要求

### 4.1 一般规定

4.1.1 建筑楼盖的竖向振动加速度应符合下列规定:

1 行走激励和室内设备振动为主的楼盖结构、连廊和室内天桥

$$a_p \leq [a_p] \quad (4.1.1-1)$$

式中:  $a_p$  —— 竖向振动峰值加速度 ( $\text{m/s}^2$ );

$[a_p]$  —— 竖向振动峰值加速度限值 ( $\text{m/s}^2$ )。

2 有节奏运动为主的楼盖结构

$$a_{pm} \leq [a_{pm}] \quad (4.1.1-2)$$

式中:  $a_{pm}$  —— 有效最大加速度 ( $\text{m/s}^2$ );

$[a_{pm}]$  —— 有效最大加速度限值 ( $\text{m/s}^2$ )。

4.1.2 连廊和室内天桥的横向振动加速度应符合下列规定:

$$a_{pl} \leq [a_{pl}] \quad (4.1.2)$$

式中:  $a_{pl}$  —— 横向振动峰值加速度 ( $\text{m/s}^2$ );

$[a_{pl}]$  —— 横向振动峰值加速度限值 ( $\text{m/s}^2$ )。

4.1.3 建筑楼盖的自振频率宜符合下列规定:

1 竖向自振频率

$$f_1 \geq [f_1] \quad (4.1.3-1)$$

式中:  $f_1$  —— 第一阶竖向自振频率 (Hz);

$[f_1]$  —— 第一阶竖向自振频率限值 (Hz)。

2 连廊和室内天桥的横向自振频率

$$f_{l1} \geq [f_{l1}] \quad (4.1.3-2)$$

式中:  $f_{l1}$  —— 第一阶横向自振频率 (Hz);

$[f_{l1}]$  —— 第一阶横向自振频率限值 (Hz)。

## 4.2 舒适度限值

4.2.1 以行走激励为主的楼盖结构，第一阶竖向自振频率不宜低于 3Hz，竖向振动峰值加速度不应大于表 4.2.1 规定的限值。

表 4.2.1 竖向振动峰值加速度限值

楼盖使用类别	峰值加速度限值 ( $\text{m/s}^2$ )
手术室	0.025
住宅、医院病房、办公室、会议室、医院门诊室、教室、宿舍、旅馆、酒店、托儿所、幼儿园	0.050
商场、餐厅、公共交通等候大厅、剧场、影院、礼堂、展览厅	0.150

4.2.2 有节奏运动为主的楼盖结构，在正常使用时楼盖的第一阶竖向自振频率不宜低于 4Hz，竖向振动有效最大加速度不应大于表 4.2.2 规定的限值。

表 4.2.2 竖向振动有效最大加速度限值

楼盖使用类别	有效最大加速度限值 ( $\text{m/s}^2$ )
舞厅、演出舞台、看台、室内运动场地、仅进行有氧健身操的健身房	0.50
同时进行有氧健身操和器械健身的健身房	0.20

注：看台是指演唱会和体育场馆的看台，包括无固定座位和有固定座位。

4.2.3 车间办公室、安装娱乐振动设备、生产操作区的楼盖结构，正常使用时楼盖的第一阶竖向自振频率不宜低于 3Hz，竖向振动峰值加速度不应大于表 4.2.3 中规定的限值。

表 4.2.3 竖向振动峰值加速度限值

楼盖使用类别	峰值加速度限值 ( $\text{m/s}^2$ )
车间办公室	0.20
安装娱乐振动设备	0.35
生产操作区	0.40



4.2.4 连廊和室内天桥的第一阶横向自振频率不宜小于1.2Hz，振动峰值加速度不应大于表4.2.4规定的限值。

表 4.2.4 连廊和室内天桥的振动峰值加速度限值

楼盖使用类别	峰值加速度限值 (m/s <sup>2</sup> )	
	竖向	横向
封闭连廊和室内天桥	0.15	0.10
不封闭连廊	0.50	0.10

住房和城乡建设部信息公开  
浏览专用

## 5 行走激励

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 行走激励为主的楼盖结构可按单人行走激励计算楼盖的振动响应。

**5.1.2** 对于布置规则、质量分布均匀和边界条件简单的楼盖结构，可将楼盖简化为单自由度体系，仅考虑楼盖的第一阶竖向自振频率，计算行走激励下楼盖最不利振动点的峰值加速度。

**5.1.3** 复杂楼盖结构应采用有限元法计算楼盖峰值加速度，且应考虑楼盖高阶模态的影响。

### 5.2 荷载

**5.2.1** 行走激励荷载可按下列式计算：

$$F(t) = \sum_{i=1}^3 \gamma_i P_p \cos(2\pi i \bar{f}_1 t + \varphi_i) \quad (5.2.1)$$

式中： $F(t)$ ——人行走激励荷载 (kN)；

$P_p$ ——行人重量 (kN)，可取 0.7kN；

$\gamma_i$ ——第  $i$  阶荷载频率对应的动力因子，宜按本标准表 5.2.2 取值；

$\bar{f}_1$ ——第一阶荷载频率 (Hz)，可按本标准第 5.2.3 条采用；

$t$ ——时间 (s)；

$\varphi_i$ ——第  $i$  阶荷载频率对应的相位角，宜按本标准表 5.2.2 取值。

**5.2.2** 行走激励的动力因子和相位角可按表 5.2.2 取值。

表 5.2.2 行走激励的动力因子和相位角

荷载频率阶数 $i$	1	2	3
$\gamma_i$	0.5	0.2	0.1
$\varphi_i$	0	$\pi/2$	$\pi/2$

5.2.3  $\bar{f}_1$  可按下式确定:

$$\bar{f}_1 = \begin{cases} 1.6 & \frac{f_1}{n} < 1.6 \\ \frac{f_1}{n} & 1.6 \leq \frac{f_1}{n} \leq 2.2 \\ 2.2 & \frac{f_1}{n} > 2.2 \end{cases} \quad (5.2.3)$$

式中:  $n$  —— 整数, 可取 1、2、3。

### 5.3 竖向振动加速度

5.3.1 楼盖可简化为单自由度体系时, 行走引起的楼盖振动峰值加速度可按下列公式近似计算:

$$a_p = \frac{F_p}{\xi W} g \quad (5.3.1-1)$$

$$F_p = p_0 e^{-0.35 f_1} \quad (5.3.1-2)$$

式中:  $a_p$  —— 竖向振动峰值加速度 ( $m/s^2$ );

$F_p$  —— 楼盖结构共振时行走产生的作用力 (kN);

$p_0$  —— 行走产生的作用力 (kN), 楼盖结构取 0.29kN;

$f_1$  —— 第一阶竖向自振频率 (Hz);

$\xi$  —— 阻尼比, 可按本标准表 5.3.2 采用;

$W$  —— 振动有效重量 (kN), 其中, 钢-混凝土组合楼盖的振动有效重量可按本标准附录 B 计算;

$g$  —— 重力加速度 ( $m/s^2$ ), 可取  $9.8m/s^2$ 。

5.3.2 舒适度计算时, 行走激励为主的建筑楼盖阻尼比可按表 5.3.2 取值。

表 5.3.2 行走激励为主的楼盖阻尼比

楼盖使用类别	钢-混凝土组合楼盖	混凝土楼盖
手术室	0.02~0.04	0.05
办公室、住宅、宿舍、旅馆、酒店、医院病房	0.02~0.05	0.05
教室、会议室、医院门诊室、托儿所、幼儿园、剧场、影院、礼堂、展览厅、公共交通等候大厅、商场、餐厅、食堂	0.02	0.05

5.3.3 行走激励下楼盖结构的振动加速度也可按本标准附录 C 计算。

5.3.4 当楼盖结构布置复杂时，行走激励下楼盖竖向振动加速度宜采用时程分析方法计算，并应符合下列规定：

1 应根据结构边界条件、实际受力情况进行适当简化，建立符合实际情况的有限元计算模型；

2 根据楼盖竖向自振频率的计算结果，合理选择楼盖不利振动点和行走激励的第一阶荷载频率  $f_1$ ；

3 时程分析采用本标准第 5.2.1 条的荷载函数，且荷载函数时长不宜少于 15s，积分时间步长不宜大于  $1/(72 \bar{f}_1)$ ；

4 各不利振动点的竖向振动峰值加速度按下式计算：

$$a_p = 0.5a'_p \quad (5.3.4)$$

式中： $a'_p$ ——有限元计算的不利振动点处竖向振动峰值加速度 ( $m/s^2$ )。

## 6 有节奏运动

### 6.1 一般规定

6.1.1 用于跳舞、演唱会、体育比赛、健身操的楼盖结构，在结构设计时应进行楼盖振动舒适度设计。

6.1.2 当建筑中有舞厅、健身房等有节奏运动区域时，除应对有节奏运动区域进行楼盖振动舒适度设计外，尚应考虑有节奏运动对相邻楼盖使用功能的影响。

6.1.3 舞厅、演出舞台、健身房等建筑楼盖，宜采用梁式楼盖。

### 6.2 荷载

6.2.1 有节奏运动的荷载可按实测数据确定。

6.2.2 无实测数据时，有节奏运动的荷载可按下列公式计算：

$$P_i(t) = \gamma_i Q_p \cos(2\pi i \bar{f}_1 t) \quad (6.2.2)$$

式中： $P_i(t)$ ——第  $i$  阶荷载频率对应的有节奏运动荷载 ( $\text{kN/m}^2$ )；

$\bar{f}_1$ ——第一阶荷载频率 (Hz)，可按本标准第 6.2.3 条采用；

$\gamma_i$ ——第  $i$  阶荷载频率对应的动力因子，可按表 6.2.4 采用；

$Q_p$ ——有节奏运动的人群荷载 ( $\text{kN/m}^2$ )，可按本标准表 3.2.4 取值。

6.2.3 有节奏运动的第一阶荷载频率可按下列公式确定。

1 跳舞、在演唱会和体育馆看台上观众有节奏活动的第一阶荷载频率可按下列公式确定：

$$\bar{f}_1 = \begin{cases} 1.5 & \frac{f_1}{n} < 1.5 \\ \frac{f_1}{n} & 1.5 \leq \frac{f_1}{n} \leq 3.0 \\ 3.0 & \frac{f_1}{n} > 3.0 \end{cases} \quad (6.2.3-1)$$

2 健身操、室内体育活动的第1阶荷载频率可按式确定：

$$\bar{f}_1 = \begin{cases} 2.00 & \frac{f_1}{n} < 2.00 \\ \frac{f_1}{n} & 2.00 \leq \frac{f_1}{n} \leq 2.75 \\ 2.75 & \frac{f_1}{n} > 2.75 \end{cases} \quad (6.2.3-2)$$

6.2.4 有节奏运动的动力因子可按表 6.2.4 取值。

表 6.2.4 有节奏运动的动力因子

有节奏运动	动力因子 $\gamma_i$		
	第1阶	第2阶	第3阶
跳舞	0.50	—	—
观众在看台上的活动	0.25 (0.40)	0.05 (0.15)	—
健身操、室内体育活动	1.50	0.60	0.10

注：1 看台是指演唱会和体育场馆的看台。无固定座位的看台取括号内数值。

2 同时进行健身操和器械健身时，动力因子可按健身操取值。

### 6.3 竖向振动加速度

6.3.1 有节奏运动时，结构布置规则的楼盖振动有效最大加速度可按式计算：

$$a_{pm} = (\sum a_{pi}^{1.5})^{1/5} \quad (6.3.1)$$

式中： $a_{pm}$  ——有效最大加速度 ( $m/s^2$ )；

$a_{pi}$  ——第  $i$  阶荷载频率对应的峰值加速度 ( $m/s^2$ )，可按本标准第 6.3.2 条计算。

**6.3.2** 有节奏运动时，结构布置规则的楼盖振动峰值加速度  $a_{pi}$  按下列公式计算：

$$a_{pi} = \frac{P_{ri}}{F_c} g \quad (6.3.2-1)$$

$$P_{ri} = K_r \gamma_i \mu_i (i\bar{f}_1)^2 Q_{pk} \quad (6.3.2-2)$$

$$\mu_i = \frac{1}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{i\bar{f}_1}{f_1}\right)^2\right]^2 + \left(2\xi \frac{i\bar{f}_1}{f_1}\right)^2}} \quad (6.3.2-3)$$

式中： $a_{pi}$  ——第  $i$  阶荷载频率对应的峰值加速度 ( $\text{m/s}^2$ )；  
 $P_{ri}$  ——第  $i$  阶荷载频率对应的有节奏运动的荷载幅值 ( $\text{kN/m}^2$ )；  
 $F_c$  ——舒适度设计采用的荷载 ( $\text{kN/m}^2$ )；  
 $K_r$  ——系数，可按本标准表 6.3.2 取值；  
 $\mu_i$  ——第  $i$  阶荷载频率对应的动力放大系数；  
 $Q_{pk}$  ——有节奏运动的人群荷载 ( $\text{kN/m}^2$ )；  
 $\xi$  ——阻尼比，可按本标准第 6.3.3 条取值；  
 $f_1$  ——第一阶竖向自振频率 (Hz)。

**表 6.3.2 系数  $K_r$**

楼盖类型	单向板	等边双向板	悬挑板
$K_r$	1.3	1.6	1.5

**6.3.3** 舒适度计算时，有节奏运动为主的钢-混凝土组合楼盖和混凝土楼盖的阻尼比可取 0.06。

**6.3.4** 当楼盖结构布置复杂时，有节奏运动引起的楼盖竖向振动加速度宜采用时程分析方法计算，并应符合下列规定：

1 应根据结构边界条件、实际受力情况进行适当简化，建立符合实际情况的有限元计算模型；

2 应根据楼盖竖向自振频率的计算结果，合理选择楼盖不利振动点和有节奏运动的第一阶荷载频率；

3 按有节奏运动的类型，可按本标准第 6.2.2 条的规定构建第  $i$  阶荷载频率对应的有节奏运动荷载函数，且荷载函数时长不宜少于 15s，积分时间步长不宜大于  $1/(72\bar{f}_1)$ ；

4 计算第  $i$  阶荷载频率对应的峰值加速度  $a_{pi}$ ，并按本标准第 6.3.1 条的规定计算各不利振动点的有效最大加速度。



## 7 室内设备振动

### 7.1 一般规定

7.1.1 当娱乐设备振动较大时，商业综合体等大型公共建筑楼盖应进行设备振动舒适度分析，舒适度要求应满足相应使用类别的楼盖振动限值。

7.1.2 当室内动力设备或生产设备振动较大时，车间办公室和生产操作区应进行室内设备引起的楼盖竖向振动舒适度分析。

7.1.3 当动力设备对楼盖振动影响较大时，宜采用设备隔振技术。

7.1.4 当设备隔振采用隔振垫和弹簧吊架系统时，隔振垫和弹簧吊架系统的自振频率不宜高于8Hz，不应高于10Hz，且应远离楼盖自振频率范围。当弹簧吊架采用拉簧时，应避免弹簧自身谐振，且应设置保护装置。

### 7.2 荷载

7.2.1 设备的动力荷载宜采用设备制造厂提供的数据，数据应包括下列内容：

- 1 扰力和扰力矩的方向、幅值和频率；
- 2 扰力作用点；
- 3 工作转速。

7.2.2 当设备制造厂不能提供动力荷载时，可按本节要求计算动力荷载，计算时应具备下列资料：

- 1 动力机器型号、转速、规格和外形尺寸；
- 2 动力机器质量和质心位置；
- 3 动力机器运动部件质量及其分布位置；
- 4 动力机器的传动方式、运动方向和有关尺寸。

7.2.3 风机、水泵和电机的竖向动力荷载，可按下列公式计算：

$$P_m(t) = P_m \sin(\omega_m t) \quad (7.2.3-1)$$

$$P_m = m_m e_m \omega_m^2 \quad (7.2.3-2)$$

$$\omega_m = 0.105 n_m \quad (7.2.3-3)$$

式中： $P_m(t)$ ——风机、水泵和电机的竖向动力荷载 (N)；

$P_m$ ——机器扰力 (N)；

$m_m$ ——旋转部件的总质量 (kg)；

$e_m$ ——旋转部件总质量对转动中心的当量偏心距 (m)；

$\omega_m$ ——机器的工作圆周频率 (rad/s)；

$n_m$ ——机器转速 (r/min)。

### 7.3 竖向振动加速度

7.3.1 设备荷载引起的楼盖竖向振动加速度宜采用时程分析计算方法。

7.3.2 计算设备荷载引起的本层楼盖竖向振动加速度时，计算模型可仅取本层楼盖进行分析。计算设备荷载引起的其他楼层楼盖竖向振动加速度时，计算模型宜取整体结构进行分析。

## 8 室外振动

### 8.1 一般规定

- 8.1.1** 当室外振动较大且建筑距离室外振源较近时，应进行楼盖竖向振动舒适度设计。
- 8.1.2** 室外振动的荷载宜采用现场类比实测与有限元模型动力计算相结合的方法确定。

### 8.2 荷载

**8.2.1** 室外振动引起的建筑物基底振动，应选择与建筑物周围振源状况、主要振源距离、建筑体量、类型、基础深度、基础形式、地基土性质类似的既有建筑物实测确定。

**8.2.2** 测量室外振动引起的建筑物基底振动时，应按现行国家标准《城市区域环境振动测量方法》GB 10071 的规定执行，并应符合下列规定：

1 测点应布置于建筑物四角及中部的柱、墙底部位置，测点数不应少于 5 个，各测点同步测量竖向加速度时程；

2 应在有室外振动但无其他显著振动干扰源时进行 60s 试采样，统计各测点加速度的均方根值，当相邻测点加速度的均方根值之比超过 2 时，应在该两个测点之间增加新的测点；

3 传感器频带应包含 0.8Hz~100Hz，采样频率不应低于 256Hz；

4 测量时测点周围受到局部人为振动激励时间不得超过总测量时间的 5%。

**8.2.3** 公路交通引起的建筑物基底振动的现场测量，应在交通较为繁忙时段、车速较高时段及重载货车通过时段分别进行。每个测点连续测量时间不少于 1000s。铁路交通或城市轨道交通引

起的建筑物基底振动的现场测量，应在列车通过时进行，每个测点连续测量不应少于 20 趟列车。

### 8.3 竖向振动加速度

**8.3.1** 室外振动引起的楼盖竖向振动加速度宜采用时程分析方法。计算模型宜采用整楼进行分析，荷载采用实测振动波输入柱、墙底部。有实测结果的柱、墙底部应按实测结果输入，无实测结果的柱、墙底部应采用实测结果的线性内插值。

**8.3.2** 当主要振动影响为施工或公路交通时，应以 1s 为时间段长度，计算各时间段 1s 内各时间点竖向振动加速度的均方根值，并应选取柱底、墙底均方根值最大的连续 60s 计算。主要振动影响为铁路交通或城市轨道交通时，应选取柱底、墙底竖向振动加速度均方根值最大的 1 趟列车计算。时程分析中采用的时间步长应与荷载测量采样的时间步长相同。

## 9 连廊和室内天桥

### 9.1 一般规定

9.1.1 不封闭连廊和室内天桥的舒适度设计应包括竖向振动和横向振动舒适度设计，封闭连廊可仅进行竖向振动舒适度设计。

9.1.2 连廊和室内天桥跨度较大时，宜采用减振措施减小振动加速度。

### 9.2 荷载

9.2.1 连廊和室内天桥的人群荷载应包括人群竖向荷载和人群横向荷载。

9.2.2 连廊和室内天桥单位面积的人群竖向荷载激励应按式(9.2.2-1)和式(9.2.2-2)计算，单位面积的人群横向荷载激励应按式(9.2.2-3)计算。

$$p_1(t) = P_b r' \psi \cos(2\pi \bar{f}_{s1} t) \quad (9.2.2-1)$$

$$p_2(t) = P_b r' \psi \cos(2\pi \bar{f}_{s2} t) \quad (9.2.2-2)$$

$$p_L(t) = P_{bL} r' \psi_L \cos(2\pi \bar{f}_{sL} t) \quad (9.2.2-3)$$

式中： $p_1(t)$ ——第一阶竖向人群荷载频率对应的单位面积人群竖向荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$p_2(t)$ ——第二阶竖向人群荷载频率对应的单位面积人群竖向荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$p_L(t)$ ——单位面积的人群横向荷载 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$P_b$ ——连廊和室内天桥上单个行人行走时产生的竖向作用力 ( $\text{kN}$ )，可取  $0.28\text{kN}$ ；

$P_{bL}$ ——连廊和室内天桥上单个行人行走时产生的横向作用力 ( $\text{kN}$ )，可取  $0.035\text{kN}$ ；

$\bar{f}_{s1}$  ——第一阶竖向人群荷载频率 (Hz), 可按本标准表 9.2.3 取值;

$\bar{f}_{s2}$  ——第二阶竖向人群荷载频率 (Hz), 可按本标准表 9.2.3 取值;

$\bar{f}_{s1}$  ——横向人群荷载频率 (Hz), 可按本标准表 9.2.3 取值;

$r'$  ——等效人群密度, 应符合本标准第 9.2.4 条的规定;

$\phi$  ——竖向荷载折减系数, 应符合本标准第 9.2.5 条的规定;

$\phi_L$  ——横向荷载折减系数, 应符合本标准第 9.2.6 条的规定。

### 9.2.3 走廊和室内天桥的人群荷载频率可按下列公式确定。

1  $\bar{f}_{s1}$  可按下式确定:

$$\bar{f}_{s1} = \begin{cases} 1.25 & \frac{f_1}{n} < 1.25 \\ \frac{f_1}{n} & 1.25 \leq \frac{f_1}{n} \leq 2.50 \\ 2.50 & \frac{f_1}{n} > 2.50 \end{cases} \quad (9.2.3-1)$$

2  $\bar{f}_{s2}$  可按下式确定:

$$\bar{f}_{s2} = 2\bar{f}_{s1} \quad (9.2.3-2)$$

3  $\bar{f}_{sL}$  可按下式确定:

$$\bar{f}_{sL} = \begin{cases} 0.50 & \frac{f_{L1}}{n} < 0.50 \\ \frac{f_{L1}}{n} & 0.50 \leq \frac{f_{L1}}{n} \leq 1.20 \\ 1.20 & \frac{f_{L1}}{n} > 1.20 \end{cases} \quad (9.2.3-3)$$

式中： $f_1$ ——第一阶竖向自振频率（Hz）；  
 $f_{1L}$ ——第一阶横向自振频率（Hz）。

9.2.4 等效人群密度应按下列式确定：

$$r' = \frac{10.8 \sqrt{\xi N}}{A} \quad (9.2.4)$$

式中： $\xi$ ——阻尼比，按本标准表 9.2.7 取值；  
 $A$ ——连廊或室内天桥的桥面面积（ $\text{m}^2$ ）；  
 $N$ ——连廊或室内天桥的行人总数量，可取  $N=0.5A$ 。

9.2.5 竖向荷载折减系数应按下列式确定：

$$\psi = \begin{cases} 0 & \bar{f}_{s1} \leq 1.25 \\ \frac{\bar{f}_{s1} - 1.25}{1.7 - 1.25} & 1.25 < \bar{f}_{s1} \leq 1.7 \\ 1 & 1.7 < \bar{f}_{s1} \leq 2.1 \\ 1 - \frac{\bar{f}_{s1} - 2.1}{2.3 - 2.1} & 2.1 < \bar{f}_{s1} \leq 2.25 \\ 0.25 & 2.25 < \bar{f}_{s1} \leq 2.5 \\ 0.25 & 2.5 < \bar{f}_{s2} \leq 4.2 \\ 0.25 \left( 1 - \frac{\bar{f}_{s2} - 4.2}{4.6 - 4.2} \right) & 4.2 < \bar{f}_{s2} \leq 4.6 \\ 0 & \bar{f}_{s2} > 4.6 \end{cases} \quad (9.2.5)$$

9.2.6 横向荷载折减系数应按下列式确定：

$$\psi_L = \begin{cases} 0 & \bar{f}_{sL} \leq 0.5 \\ \frac{\bar{f}_{sL} - 0.5}{0.7 - 0.5} & 0.5 < \bar{f}_{sL} \leq 0.7 \\ 1 & 0.7 < \bar{f}_{sL} \leq 1.0 \\ 1 - \frac{\bar{f}_{sL} - 1.0}{1.2 - 1.0} & 1.0 < \bar{f}_{sL} \leq 1.2 \\ 0 & \bar{f}_{sL} > 1.2 \end{cases} \quad (9.2.6)$$

9.2.7 连廊和人行天桥的阻尼比可按表 9.2.7 取值。

表 9.2.7 连廊和室内天桥的阻尼比

楼盖类别	钢楼盖	钢-混凝土组合楼盖	混凝土楼盖
阻尼比	0.005	0.01	0.02

### 9.3 振动加速度

9.3.1 体形规则的连廊和室内天桥的振动加速度计算可采用简化计算方法；复杂连廊和室内天桥宜采用有限元计算方法。

9.3.2 连廊和室内天桥结构形式类似于梁桥，且第一阶竖向自振频率在 1.25Hz~2.50Hz 时，连廊和室内天桥的竖向振动峰值加速度可按下列公式计算：

$$a_v = 3.92\sigma_a \quad (9.3.2-1)$$

$$\sigma_a = \sqrt{k_1 \xi^{k_2} \frac{0.0177A}{M_1^2}} \quad (9.3.2-2)$$

$$k_1 = -0.07 f_1^2 + 0.6 f_1 + 0.075 \quad (9.3.2-3)$$

$$k_2 = 0.003 f_1^2 - 0.04 f_1 - 1 \quad (9.3.2-4)$$

式中： $\sigma_a$ ——竖向振动加速度的标准差；

$f_1$ ——第一阶竖向自振频率（Hz）；

$M_1$ ——第一阶竖向模态质量（t）。

9.3.3 连廊和室内天桥结构形式类似于梁桥，且第一阶横向自振频率在 0.50Hz~1.30Hz 时，连廊和室内天桥的横向振动峰值加速度可按下列公式计算：

$$a_{pL} = 3.77 \sigma_{aL} \quad (9.3.3-1)$$

$$\sigma_{aL} = \sqrt{k_3 \xi^{k_4} \frac{0.969A}{M_{L1}^2}} \quad (9.3.3-2)$$

$$k_3 = -0.08 f_{L1}^2 + 0.50 f_{L1} + 0.085 \quad (9.3.3-3)$$

$$k_4 = 0.005 f_{L1}^2 - 0.06 f_{L1} - 1.005 \quad (9.3.3-4)$$

式中： $a_{pL}$ ——横向振动峰值加速度（m/s<sup>2</sup>）；

$\sigma_{aL}$ ——横向振动加速度的标准差；



$f_{L1}$  —— 第一阶横向自振频率 (Hz);

$M_{L1}$  —— 第一阶横向模态质量 (t)。

**9.3.4** 有限元计算方法应符合下列规定:

1 有限元计算模型应根据结构实际受力情况建立并进行恰当简化, 确保计算结果符合实际情况。

2 有限元分析应采用时程分析法, 荷载函数时长不宜小于 15s。积分时间步长, 对于竖向振动不宜大于  $1/(72 f_1)$ , 横向振动不宜大于  $1/(72 f_{L1})$ 。

住房和城乡建设部信息中心  
浏览专用

## 10 检测与评估

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 本章适用于建筑楼盖结构竖向以及连廊和室内天桥横向振动舒适度的检测与评估，振动包括频率范围为 1Hz~80Hz 的连续振动和重复性冲击振动。

**10.1.2** 检测系统各组成部分的检定或校准，应按国家现行相关标准执行，检定或校准周期宜为 1 年，并应在检定或校准有效期内使用。

### 10.2 检测

**10.2.1** 测点应布置于振动敏感处，且楼面平坦、坚实。每一测点布置的传感器应与测试振动方向一致。

**10.2.2** 采集数据前应对检测系统安装、连接以及参数设置进行检查，避免回路干扰，确保检测系统处于正常工作状态。

**10.2.3** 检测过程中，应保持建筑内外部振源处于正常工作状态，避免突发振源的干扰。应根据建筑楼盖使用类别，采集典型工况的数据。

**10.2.4** 传感器宜采用加速度型传感器，其频率范围宜为 0.8Hz~100Hz，动态范围不应小于 80dB。

**10.2.5** 放大器应采用带低通滤波功能的多通道放大器，其振幅一致性偏差应小于 3%，相位一致性偏差应小于 0.1ms。

**10.2.6** 采集仪应采用多通道，其动态范围不应小于 80dB，并应具有抗混叠滤波功能。数据采集与分析软件应具有多通道显示功能及频谱分析功能。

**10.2.7** 连续振动的采样时间不宜少于 1000s，测量铁路或城市轨道交通振动时，不宜少于 20 趟列车，冲击振动采集不应少于

10 次。

**10.2.8** 采样频率不应低于 256Hz。

**10.2.9** 检测数据处理前应去除零点漂移，并应对照原始记录去除突发振源的干扰数据。

**10.2.10** 检测报告应包括下列内容：

- 1 检测任务名称、要求；
- 2 检测仪器；
- 3 测点布置；
- 4 检测工况、次数和时间；
- 5 建筑内设备运行情况；
- 6 检测数据的分析方法；
- 7 检测结果应包括：楼盖的自振频率、阻尼比、时域和频域曲线、振动峰值加速度等。

### 10.3 评 估

**10.3.1** 建筑楼盖结构振动舒适度评估应收集下列材料：

- 1 建筑物的建筑、结构施工图；
- 2 建筑内部振源布置及设备重量、工作频率等；
- 3 建筑外部振源布置；
- 4 新建建筑，宜提供地脉动检测报告；
- 5 既有建筑，应提供建筑振动现状的检测报告。

**10.3.2** 新建建筑振动舒适度计算，应符合本标准第 5 章～第 9 章的规定，并与本标准第 4 章的规定对比，评估其是否满足振动舒适度要求。

**10.3.3** 既有建筑振动舒适度，应根据检测报告中的实测数据与本标准第 4 章的规定对比，评估其是否满足振动舒适度要求。

## 11 楼盖减振措施

**11.0.1** 提高楼盖的刚度可采用增大构件截面、增设构件支点、施加体外预应力等方法。

**11.0.2** 增加楼盖的阻尼可采用下列措施：

- 1 增设隔墙、吊顶或面层等非结构构件；
- 2 设置调频质量阻尼器。

**11.0.3** 当设备振动影响楼盖舒适度时，宜采用调整振源、防止共振、减振或隔振等措施。

**11.0.4** 当设备采用隔振基础时，应符合下列规定：

1 隔振基础的周边及底部均应留隔振缝，缝宽宜为30mm~50mm；缝宽超过50mm时，应设置不影响隔振基础正常工作的保护构造。

2 隔振基础上与设备连接的刚性管道均应在隔振基础与楼、地面之间设置柔性接头。当柔性管道接头的柔度偏小时，应根据接头位置计入其对隔振基础振动的不利影响。

**11.0.5** 当可能发生振动的管道穿越墙和楼板等结构构件时，应在管道周边预留不小于50mm间隙且不应直接固定在结构构件上。管道安装完毕后应采用柔性材料嵌填缝隙。

**11.0.6** 连廊和室内天桥可采用增加刚度、增加非结构构件、设置调频质量阻尼器等措施提高舒适度。

**11.0.7** 连廊和室内天桥设置调频质量阻尼器应符合下列规定：

1 当仅减小结构某一阶振型的振动时，可设置一种调频质量阻尼器，且宜安装于期望控制振型的峰值点附近；当结构以多振型振动时，需根据减振要求确定调频质量阻尼器的种类、数量和安装位置。

2 应对调频质量阻尼器的质量、频率和阻尼等参数进行测试

试，并与设计参数进行对比，要求质量误差应为 $\pm 1\%$ ，频率误差应为 $\pm 2\%$ ，阻尼误差应为 $\pm 10\%$ 。

3 结构振动控制体系的力学模型应反映结构和调频质量阻尼器的实际受力状态及其相互作用，主体结构可以采用杆系模型或简化模型。采用时程分析法时，结构振动控制体系的力学模型应包括调频质量阻尼器的力学模型，不应将其简化为等效作用力。

4 调频质量阻尼器周围应有安全净空及检修空间，以利于调频质量阻尼器的检查和维护。安装完成后，应使调频质量阻尼器处于平衡位置，弹簧元件、阻尼元件应处于中位，吊索和橡胶支座应不承受水平荷载或无水平变位。

5 结构建成后，应根据实测结果修正结构分析模型，重新计算调频质量阻尼器参数。调频比误差超过 $5\%$ 时，应对调频质量阻尼器进行修改，使实际调频比达到最优值。

## 附录 A 楼盖竖向自振频率计算

**A.0.1** 均布荷载作用下，梁式楼盖的第一阶竖向自振频率可按式计算：

$$f_1 = \frac{C_f}{\sqrt{\Delta}} \quad (\text{A.0.1})$$

式中： $f_1$ ——第一阶竖向自振频率 (Hz)；

$\Delta$ ——梁式楼盖的最大竖向变形 (mm)；

$C_f$ ——梁式楼盖的频率系数，可取 18~20。

**A.0.2** 当无梁楼盖双向不少于 5 跨、各跨跨度相差不大于 10% 时，均布荷载作用下无梁楼盖的第一阶竖向自振频率可按式计算：

$$f_1 = \frac{C_{nf}}{\sqrt{\Delta_{nb}}} \quad (\text{A.0.2})$$

式中： $\Delta_{nb}$ ——无梁楼盖的最大变形 (mm)；

$C_{nf}$ ——无梁楼盖的频率系数，可按表 A.0.2 取值。

表 A.0.2 无梁楼盖的频率系数  $C_{nf}$

无梁楼盖	边跨板	非边跨板
有边梁	19	16
无边梁	18	16

## 附录 B 钢-混凝土组合楼盖振动有效重量计算

**B.0.1** 均布荷载作用下，钢-混凝土组合楼盖振动有效重量可采用下列公式计算：

$$W = \frac{\Delta_j W_j + \Delta_g W_g}{\Delta_j + \Delta_g} \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$W_j = \delta F_{jk} B_{Ej} L_j \quad (\text{B.0.1-2})$$

$$W_g = \delta F_{gk} B_{Eg} L_g \quad (\text{B.0.1-3})$$

$$B_{Ej} = C_j \left( \frac{D_s}{I_j / S_j} \right)^{0.25} L_j \quad (\text{B.0.1-4})$$

$$B_{Eg} = C_g \left( \frac{I_j / S_j}{I_g / L_j} \right)^{0.25} L_g \quad (\text{B.0.1-5})$$

$$D_s = \frac{h_0^3 E_c}{8.89 E_s} \quad (\text{B.0.1-6})$$

式中： $W_j$ ——次梁上的振动有效重量 (kN)；

$W_g$ ——主梁上的振动有效重量 (kN)；

$\Delta_j$ ——次梁板带的最大挠度 (m)；

$\Delta_g$ ——主梁板带的最大挠度 (m)；

$\delta$ ——系数，连续梁时取 1.5，其他取 1.0；

$F_{jk}$ ——次梁板带上的荷载 (kN/m)，可按本标准第 3.2.5 条取值；

$B_{Ej}$ ——次梁板带有效宽度 (m) (图 B.0.1)，当所计算的板格有相邻板格时， $B_{Ej}$  不应超过相邻板格主梁跨度之和的 2/3；

$L_j$ ——次梁跨度 (m)；

$F_{gk}$ ——主梁板带上的荷载 (kN/m)；

$B_{Eg}$ ——主梁板带有效宽度 (m) (图 B.0.1)，当所计算的板格有相邻板格时， $B_{Eg}$  不应超过相邻板格次梁跨度之和的 2/3；

- $L_g$  —— 主梁跨度 (m);  
 $C_j$  —— 楼盖受弯连续性影响系数, 计算板格为内板格可取 2.0, 边板格可取 1.0;  
 $D_s$  —— 主梁板带单位宽度截面惯性矩 ( $m^4$ );  
 $I_j$  —— 按组合梁计算的次梁惯性矩 ( $m^4$ );  
 $S_j$  —— 次梁间距 (m);  
 $C_g$  —— 主次梁连接节点影响系数, 次梁与主梁铰接时可取 1.8, 其他可取 1.6;  
 $I_g$  —— 按组合梁计算的主梁惯性矩 ( $m^4$ );  
 $h_0$  —— 组合楼板有效高度 (m);  
 $E_s$  —— 钢材的弹性模量 ( $kN/m^2$ ), 应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 取值;  
 $E_c$  —— 混凝土的弹性模量 ( $kN/m^2$ ), 应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值。

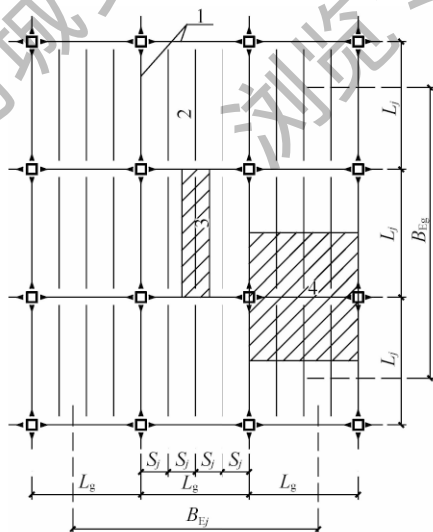


图 B.0.1 组合楼盖板格及板带有效宽度  
 1—主梁; 2—次梁; 3—次梁板带; 4—主梁板带



**B.0.2** 均布荷载作用下，当钢-混凝土组合楼盖只有一个方向布置钢梁时，楼盖振动有效重量可按本标准式（B.0.1-2）计算。

**B.0.3** 当混凝土翼板的有效宽度小于钢梁跨度的40%时，计算组合梁刚度时混凝土厚度应只计算压型钢板以上的混凝土，否则应计组合楼盖上混凝土的总厚度。

住房城乡建设部信息中心  
浏览专用

## 附录 C 行走激励下楼盖竖向振动 加速度计算的反应谱法

**C.0.1** 楼盖自振频率为 1Hz~10Hz 时，行走激励下的楼盖竖向振动加速度可采用加速度反应谱法计算。

**C.0.2** 单人行走荷载作用下楼盖的 10s 均方根加速度反应谱表达式 (C.0.2-1) 和曲线 (图 C.0.2) 的形状参数和阻尼调整应符合下列规定：

1 形状参数应符合下列规定：

- 1) 直线上升段，频率 1.0Hz~1.5Hz；
- 2) 第一平台段，频率 1.5Hz~2.5Hz；
- 3) 直线下降段，频率 2.5Hz~3.0Hz；
- 4) 第二平台段，频率 3.0Hz~5.0Hz；
- 5) 曲线下降段，频率 5.0Hz~10.0Hz。

$$\alpha(f, \xi) = \begin{cases} 0 & 0 < f \leq 1.0 \\ \frac{f-1.0}{0.5} \alpha_{\text{rms}}(\xi) & 1.0 < f \leq 1.5 \\ \alpha_{\text{rms}}(\xi) & 1.5 < f \leq 2.5 \\ \frac{f-2.5}{0.5} (\alpha_{\text{rms}}^{\text{sub}}(\xi) - \alpha_{\text{rms}}(\xi)) + \alpha_{\text{rms}}(\xi) & 2.5 < f \leq 3.0 \\ \alpha_{\text{rms}}^{\text{sub}}(\xi) & 3.0 < f \leq 5.0 \\ \left(\frac{5}{f}\right)^{1.48} \alpha_{\text{rms}}^{\text{sub}}(\xi) & 5.0 < f \leq 10.0 \end{cases} \quad (\text{C.0.2-1})$$

式中： $\alpha(f, \xi)$  —— 单人步行荷载作用下楼盖竖向振动的 10s 均方根加速度系数；

$f$  —— 楼盖的竖向振动频率 (Hz)；

- $\alpha_{\text{rms}}(\xi)$  —— 第一平台段取值；  
 $\alpha_{\text{rms}}^{\text{sub}}(\xi)$  —— 第二平台段取值；  
 $\xi$  —— 楼盖的阻尼比。

2 第一、二平台段的取值应按下列公式确定：

$$\alpha_{\text{rms}}(\xi) = 0.23 \xi^{-0.76} \quad (\text{C.0.2-2})$$

$$\alpha_{\text{rms}}^{\text{sub}}(\xi) = 0.13 \xi^{-0.70} \quad (\text{C.0.2-3})$$

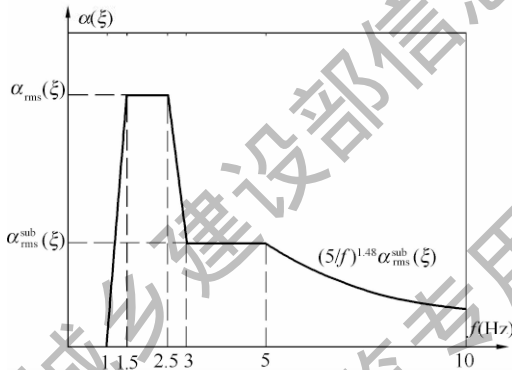


图 C.0.2 单人行走激励下的 10s 均方根加速度反应谱曲线

**C.0.3** 可按下列步骤采用反应谱方法计算楼盖的竖向振动加速度：

1 运用有限元方法或实测得到楼盖频率  $f_j$  及振型质量  $M_j$ ，其中下标  $j$  表示楼板两个方向第  $j$  阶振型。

2 按公式 (C.0.2-1) 计算每阶振型对应的 10s 加速度均方根反应谱值。

3 按下式计算第  $j$  阶振型对应的 10s 加速度均方根值响应：

$$a_{j\text{rms}} = (1 - e^{-0.1L}) \Phi_{wj} \Phi_{j\alpha}(f, \xi) \frac{P_D}{M_j} \quad (\text{C.0.3-1})$$

式中： $L$  —— 行走方向上楼板的跨度 (m)；

$\Phi_{wj}$  —— 行走路线对应的第  $j$  阶振型最大值；

$\Phi_j$  —— 楼盖响应验算点处第  $j$  阶振型值；

$P_p$  ——行人体重 (kN), 可取 0.7kN;

$M_j$  ——楼盖第  $j$  阶振型质量 (kg)。

4 取各阶振型对应的 10s 加速度均方根值的最大值作为均方根加速度响应  $a_{\text{rms}}$  ;

5 峰值加速度应按下式计算:

$$a_p = 2 a_{\text{rms}} \quad (\text{C. 0. 3-2})$$

式中:  $a_p$  ——竖向振动峰值加速度 ( $\text{m/s}^2$ )。

## 本标准用词说明

1 为了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，正常情况下均这样做的：  
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

- 1 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 2 《钢结构设计标准》GB 50017
- 3 《城市区域环境振动测量方法》GB 10071