

备案号：52311-2016



中华人民共和国文物保护行业标准

WW/T 0069—2015

馆藏文物防震规范

Specification for seismic protection of museum collection

2015-11-26 发布

2016-1-1 实施

中华人民共和国国家文物局 发 布

目 次

前言 III

引言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 防震设计 2

 4.1 存放与放置形式 2

 4.2 基本规定 2

 4.3 性能目标 3

 4.4 地震作用效应分析 3

 4.5 安全性能验算 6

5 防震措施 8

 5.1 基本规定 8

 5.2 基本防震措施 9

 5.3 隔震与减震措施 9

6 地震应急管理 10

 6.1 地震应急预案 10

 6.2 工作原则 10

 6.3 地震效应与灾害监测系统 10

 6.4 紧急抢救保护 11

 6.5 次生灾害防御 11

 6.6 文物调查与损失评估 11

 6.7 保险 12

 6.8 保障措施 12

 6.9 培训和演习 12

附录 A （资料性附录） 浮置物体安全性验算 13

参考文献 17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国国家文物局提出。

本标准由全国文物保护标准化技术委员会（SAC/TC 289）归口。

本标准负责起草单位：上海博物馆。

本标准参加起草单位：中国航空规划设计研究总院有限公司，北京交通大学。

本标准主要起草人：吴来明、葛家琪、黄河、马伯涛、杨维国、张楠。

引 言

中国是世界上地震发生最多、地震灾害最严重的国家之一，已经造成大量馆藏文物的损毁。目前，我国博物馆建设已对馆舍防震及人员安全制定了强制性标准，但对馆藏文物防震工作尚无专项规范指导。为贯彻《中华人民共和国文物保护法》，指导国内博物馆开展馆藏文物防震工作，完善博物馆功能，提高馆藏文物防震安全性，特制定本标准。

抗震设防烈度为6度及以上地区的博物馆，应进行馆藏文物防震设计，并采取相应的防震措施。

馆藏文物防震规范

1 范围

本标准规定了馆藏文物及展柜、储藏柜、展具在地震作用下的防震设计、防震措施和地震应急管理。

本标准适用于博物馆陈列和库藏文物的防震保护，也适用于各种艺术品的防震保护。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 15763.3—2009 建筑用安全玻璃 第3部分：夹层玻璃

GB 18306 中国地震动参数区划图

GB 50011 建筑抗震设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

展柜 museum showcase

用于展示文物的相对封闭的柜子。

3.2

储藏柜 museum storage facility

用于储藏文物的柜架和相对封闭的柜子。

3.3

展具 exhibition tool

展览所涉及的各种展览器材的总称，包括展台、文物基座、展柜及储藏柜底座、卡具、支架、挂钩、吊绳等其他附件。

3.4

防震底座 seismic – protection facility

置于物体下方，用于消耗地震能量或隔断地震能量向物体传播的装置。

3.5

安全性 safety

馆藏文物在可能发生的地震作用及地震诱发振动下保持不受损害的能力。

3.6

浮置 free – standing

物体底部与支承面无固定连接的放置形式。

3.7

悬吊 suspend

物体用吊绳或挂钩悬挂在墙面上或柜体中的放置形式。

3.8

质心 mass center

质量中心，物质系统上被认为质量集中于此的一个假想点。

3.9

重心 gravity center

物体各部分所受重力的合力作用点。在物体内各部分所受重力可看作平行力的情况下，重心是一个定点，与物体所在位置和如何放置无关，且与质心的位置重合。

3.10

滑动 sliding

一个物体在另一物体上保持接触面不变地连续移动。

3.11

有限滑动 limited sliding

一个物体在另一个物体上滑动，且滑动距离在设计范围之内。

3.12

倾覆 overturning

物体颠倒，倒翻。

3.13

结构构件 structural component

组成工程结构受力部位的基本单元，如：柱、梁、撑、板等。

3.14

非结构物件 non – structural component

持久性的建筑非主受力结构构件和支撑于建筑结构的附属机电设备。

3.15

次生灾害 secondary disaster

由地震等原生灾害所诱导出来的灾害。

3.16

展台面动力放大系数 dynamic magnification factor of showcase countertop

展台面的加速度峰值与展柜底座处加速度峰值之比。

4 防震设计

4.1 存放与放置形式

4.1.1 存放形式

馆藏文物的存放形式分为两类：陈列和库藏。

4.1.2 放置形式

馆藏文物的放置形式分为四类：浮置、固定、悬吊和加装防震底座。

4.2 基本规定

4.2.1 抗震设防烈度为6度及以上的地区，馆藏文物防震设计应具有多重防线：

- a) 馆舍结构宜采用隔震及消能减震装置，降低楼层展厅地震作用效应，应遵照博物馆抗震设计相关规定进行。
- b) 博物馆建筑应采取合理的构造措施，避免非结构物件造成馆藏文物次生灾害，存放有国家一级

文物的博物馆的抗震设防类别应划定为重点设防类，应遵照博物馆抗震设计相关规定进行。

c) 展柜、储藏柜及展具应进行防震设计，并采用隔震和减震效果良好的技术措施。

d) 展柜内文物应进行防震设计，并采用适当的防震技术措施。

注：上述第 a) 项、第 b) 项不属于本规范内容。

4.2.2 存放珍贵文物的博物馆，应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强博物馆展陈防震措施，按本地区抗震设防烈度确定其地震作用及作用效应。

4.2.3 珍贵文物应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其防震措施，同时应按批准的地震安全性评价结果且高于本地区抗震设防烈度一度的要求确定其地震作用及作用效应。

4.2.4 抗震设防烈度不低于 9 度地区的、建于抗震不利场地的、结构抗震超限的博物馆建筑中的馆藏文物，以及特别重要的馆藏文物，应进行专门的文物防震性能化设计。

4.2.5 博物馆抗震设计应依据 GB 18306、GB 50011 相关规定执行。

4.3 性能目标

4.3.1 馆藏文物在罕遇地震作用下应满足：

- a) 珍贵文物不发生倾覆；
- b) 珍贵文物可有限滑动但不受破坏；
- c) 脆弱易损文物自身不受破坏。

4.3.2 展柜、储藏柜在罕遇地震作用下应满足：

- a) 展柜不允许出现跳起或倾覆；展柜、储藏柜的柜门不应打开，储藏柜抽屉不应滑出；
- b) 展柜、储藏柜底部固定情况时，展台面动力放大系数不超过 2.4，在水平地震加速度最大值为 3 倍重力加速度的地震作用下不破坏；
- c) 展柜、储藏柜浮置或设有防震底座时，展台面动力放大系数不超过 2.0，在水平地震加速度最大值为 3 倍重力加速度的地震作用下不破坏。

4.3.3 各类展具在水平地震加速度最大值为 3 倍重力加速度的地震作用下不致文物振动过大或破坏。

4.4 地震作用效应分析

4.4.1 基本规定

4.4.1.1 馆藏文物防震分析可按如下规定进行简化：

- a) 当楼盖竖向振动卓越频率不小于 5Hz 时，可忽略楼盖竖向振动对楼盖放大系数的影响；
- b) 下列情况应考虑竖向地震对楼盖放大系数的影响，其中悬挑梁如果为悬挑板，则悬挑长度取悬挑梁长度的 1/2；
 - 1) 抗震设防烈度为 7 度 (0.1g) 的地区，当柱距不小于 24m 或悬挑梁不小于 6m；
 - 2) 抗震设防烈度为 8 度 (0.2g) 的地区，当柱距不小于 16m 或悬挑梁不小于 4m；
 - 3) 抗震设防烈度为 9 度的地区，当柱距不小于 12 m 或悬挑梁不小于 3 m。

4.4.1.2 馆藏文物防震分析可采用如下方法：

- a) 抗震设防烈度不超过 6 度地区的博物馆内馆藏文物，如文物结构形式简单，高宽比小于 3 且重量较轻，可采用经验公式法计算馆藏文物地震作用效应；
- b) 文物高宽比小于 3 时，应考虑文物与展柜动力耦合影响采用数值模拟法进行地震作用效应计算；楼盖竖向振动卓越频率小于 5 Hz 时，应计入竖向地震的影响。抗震超限的复杂博物馆结构内、建于不利场地的博物馆内馆藏文物，以及高宽比不小于 3 或单体文物质量大于 1 吨的文物，应考虑馆舍结构、展柜、馆藏文物动力耦合影响采用数值模拟法进行地震作用效应计算；

c) 珍贵文物及博物馆内重点保护文物，应采用试验分析法进行馆藏文物与展柜组合的 1:1 模型振动台试验，分析馆藏文物及展柜的地震作用效应。振动台试验的地震波输入应采用文物展柜安放处的楼（地）面地震波，通过场地地震波和博物馆结构数值模拟确定；博物馆所在地的场地地震波依据 GB 50011—2010，按照场地类别、地震分组和设防烈度选取。

注：文物结构形式简单通常指沿高度方向的尺寸变化不大、质心水平偏移较小、单位高度的重量变化不大的一般文物。

4.4.2 经验公式法

展台面上浮置文物在水平方向的地震加速度可按式（1）计算：

$$a_h = a \times D_1 \times D_2 \cdots \cdots \cdots (1)$$

式中：

- a_h ——浮置文物在水平方向的地震加速度，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；
- a ——博物馆建设场地的水平地震加速度（见表 1），单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；
- D_1 ——楼层水平动力放大系数（见表 2）；对于非规则结构的博物馆建筑，应采用有限元分析确定楼层各位置的动力放大系数；对于新建博物馆建筑，应由结构设计单位提供各楼层各位置的
水平动力放大系数；
- D_2 ——展柜水平动力放大系数（见表 3）。

表 1 水平地震加速度最大值

单位：厘米每平方秒

设防烈度	6 度	7 度	8 度	9 度
多遇地震	18	35（55）	70（110）	140
设防地震	50	100（150）	200（300）	400
罕遇地震	125	220（310）	400（510）	620
注：7、8 度时括号内数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g、0.30g 的地区，此处 g 为重力加速度。				

表 2 结构楼层水平动力放大系数

楼层数	楼层号	钢筋砼及砖混结构	钢结构
5 层	第 5 层	3.00	2.50
	第 4 层	2.50	2.20
	第 3 层	2.15	1.95
	第 2 层	1.50	1.45
4 层	第 4 层	2.85	2.40
	第 3 层	2.30	2.10
	第 2 层	1.65	1.65

表2 结构楼层水平动力放大系数（续）

楼层数	楼层号	钢筋砼及砖混结构	钢结构
3 层	第 3 层	2. 75	2. 40
	第 2 层	1. 85	1. 85
2 层	第 2 层	2. 15	2. 00
注：结构楼层水平动力放大系数指结构楼层水平加速度最大值与地面水平加速度最大值之比。			

表3 展柜水平动力放大系数

放置形式		固定			浮置		
展柜高度 mm		1500	1900	2300	1500	1900	2300
展柜平面尺寸 mm	700 × 700	1. 50	1. 55	1. 60	1. 05	1. 05	1. 10
	800 × 800	1. 55	1. 60	1. 65	1. 20	1. 20	1. 15
	900 × 900	1. 60	1. 65	1. 85	1. 25	1. 25	1. 35
	1000 × 1000	1. 65	1. 75	2. 10	1. 25	1. 30	1. 50
注 1：展柜尺寸位于本表所列范围之内，可线性插值计算； 注 2：本表适应于楼层水平振动卓越频率小于 10Hz 的情况；当楼层水平振动卓越频率大于 10Hz 时，需要做进一步分析； 注 3：此表仅为展柜水平动力放大系数；对于竖向动力放大系数，现阶段缺乏详细的研究资料，如需考虑竖向动力放大效应，应进行专门研究； 注 4：本表仅适用于未采取减隔震措施的展柜； 注 5：当展柜尺寸不在本表范围时，应另行研究。							

4.4.3 数值模拟法

当不符合经验公式法应用范畴时，应采用数值模拟法计算馆藏文物地震作用效应，并应符合如下规定：

- a) 数值模拟法分析模型的建立、必要的简化计算与处理，应符合地震作用下展柜、馆藏文物的实际受力状况；数值模拟法应考虑馆舍结构、展柜和馆藏文物动力耦合响应，相互之间连接、接触的模拟应有可靠依据；
- b) 所有数值模拟计算结果，应经分析判断确认其合理、有效后方可应用。

4.4.4 试验分析法

采用试验分析法分析馆藏文物地震作用效应时，应符合如下规定：

- a) 在试验进行前，应制定试验方案；试验方案应包括试验目的、文物防震试件选取、展柜模型制

作，以及试验实施和评估等所有必要的说明；

- b) 为制定试验方案，应预先进行数值模拟分析，确定试验模型安全性能的可能临界区域和相应极限状态；
- c) 展柜展具等应采用与博物馆拟用相同的加工工艺；
- d) 按试验结果确定设计值时，应考虑试验数量的影响；
- e) 应适当考虑试验条件和实际条件差异的影响，包括尺寸效应、时间效应、试件的边界条件、加载制度、环境条件和工艺条件等影响。

4.5 安全性能验算

4.5.1 基本规定

安全性能验算应遵守以下基本规定：

- a) 展柜、储藏柜应考虑馆舍结构、展柜（储藏柜）、馆藏文物动力耦合影响进行地震作用效应设计验算，保证 3 倍重力加速度下受力构件处于基本弹性；
- b) 馆藏文物应按 4.3 性能目标进行防震设计。

4.5.2 底座浮置

4.5.2.1 滑动验算

当物体（文物、展柜、储藏柜等）底座为浮置状态时，可按照式（2）和式（3）进行滑动判别：

- a) 当竖向地震可忽略时，浮置物体的滑动判别式为：

$$a_{h0} \leq \frac{\mu_0 g}{k_s} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值，以向右为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；当采用经验公式方法计算文物水平地震加速度时， $a_{h0} = a_h$ （ a_h 见式（1））；当采用经验公式法计算展柜水平地震加速度时， $a_{h0} = a \times D_1$ ；

μ_0 ——浮置物体（文物、展柜、储藏柜等）与支承面之间的静摩擦系数；

g ——重力加速度，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

k_s ——抗滑动安全系数，取值 1.2 ~ 1.6，当防震设防等级高时取大值。

- b) 当竖向地震不可忽略时，浮置物体的滑动判别式为：

$$a_{h0} \leq \frac{\mu_0 (g - 0.65 a_{v0})}{k_s} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值，以向右为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；当采用经验公式方法计算文物水平地震加速度时， $a_{h0} = a_h$ （ a_h 见式（1））；当采用经验公式法计算展柜水平地震加速度时， $a_{h0} = a \times D_1$ ；

μ_0 ——浮置物体（文物、展柜、储藏柜等）与支承面之间的静摩擦系数；

g ——重力加速度，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

a_{v0} ——竖向地震加速度最大值，以向下为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

k_s ——抗滑动安全系数，取值 1.2 ~ 1.6，当防震设防等级高时取大值。

不发生滑动的水平加速度最大值 a_{h0} 可由表 4 确定，计算依据参见附录 A。

表4 不发生滑动的水平加速度最大值

单位：厘米每平方秒

μ_0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
a_{h0}	31	61	92	123	153	184	215	245	276	306	337	368

注：接触面静摩擦系数位于本表所列范围之内，可线性插值计算。

4.5.2.2 倾覆验算

水平地震作用下，近似为刚体的物体（文物、展柜、储藏柜等）可按照式（4）和式（5）进行倾覆的判别：

a) 当竖向地震可忽略时，浮置物体的倾覆判别式为：

$$a_{h0} \leq \frac{g}{k_0(h/b)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值，以向右为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；当采用经验公式方法计算文物水平地震加速度时， $a_{h0} = a_h$ （ a_h 见式（1））；当采用经验公式法计算展柜水平地震加速度时， $a_{h0} = a \times D_1$ ；

g ——重力加速度，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

k_0 ——抗倾覆安全系数，建议取值 1.2 ~ 1.6，当防震设防等级高时取大值；

h/b ——浮置物体（文物、展柜、储藏柜等）的高宽比；当浮置物体的质量密度沿高度变化较大时，式中浮置物体高度 h 用 2 倍的 h_c 代替， h_c 为物体质心至支承面的垂直距离。

b) 当竖向地震不可忽略时，浮置物体的倾覆判别式为：

$$a_{h0} \leq \frac{g - 0.65a_{v0}}{k_0(h/b)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值，以向右为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；当采用经验公式方法计算文物水平地震加速度时， $a_{h0} = a_h$ （ a_h 见式（1））；当采用经验公式法计算展柜水平地震加速度时， $a_{h0} = a \times D_1$ ；

g ——重力加速度，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

a_{v0} ——竖向地震加速度最大值，以向下为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

k_0 ——抗倾覆安全系数，建议取值 1.2 ~ 1.6，当防震设防等级高时取大值；

h/b ——浮置物体（文物、展柜、储藏柜等）的高宽比；当浮置物体的质量密度沿高度变化较大时，式中浮置物体高度 h 用 2 倍的 h_c 代替， h_c 为物体质心至支承面的垂直距离。

不发生倾覆的水平加速度最大值 a_{h0} 可由表 5 确定，计算依据参见附录 A。

表 5 不发生倾覆的水平加速度最大值

单位：厘米每平方秒

h_c/b	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
a_{h0}	306	279	255	236	219	204	175	153	136	123	111	102
注： h_c 为物体质心至支承面的垂直距离， b 为物体短边长度；当 h_c/b 位于本表所列范围之内，可线性插值计算。												

4.5.3 底座有防震装置

当文物、展柜、储藏柜底座有防震装置时：

- a) 防震装置有限滑动的滑移量限值，应以使用条件下文物、展柜、储藏柜、展具、防震装置不与其他物件相碰撞为原则确定；
- b) 展柜、储藏柜与防震装置之间应设置可靠的连接装置。

5 防震措施

5.1 基本规定

5.1.1 抗震设防烈度 6 度及以上地区的馆藏文物，应优先采取基本防震措施；抗震设防烈度 6 度及以上地区的馆藏珍贵文物、抗震设防烈度 7 度及以上地区的馆藏文物和馆舍未采取减隔震技术措施的馆藏文物，宜选用隔震和减震措施。

5.1.2 防震措施应满足如下基本要求：

- a) 珍贵文物、雕塑等大型文物放置位置，宜通过进行文物与馆舍结构耦合振动的地震作用效应分析确定，避免安放于地震作用效应大的区域；
- b) 文物应放置于稳定的台（地）面；
- c) 应避免文物与展柜、展具、储藏柜、结构构件、非结构物件等的碰撞，也应避免文物之间的碰撞；
- d) 储藏室中所有浮置的雕塑等大型文物，在接触点和文物底部应采用可靠的缓冲与固定措施；
- e) 防震措施所用材料应不释放有害气体，与文物接触的防震措施材料应对文物无损害影响；
- f) 采用展具增加文物强度和刚度时，应尽量避免改变文物本身的物理、机械、化学等性质。

5.1.3 展柜应满足如下防震构造要求：

- a) 展柜的结构和制作材料应具有足够的抗震强度和刚度；
- b) 展柜应使用夹层玻璃，应依据 GB 15763.3—2009 相关规定执行；
- c) 展柜的部件（如：展板、灯具、嵌板、格栅等）应安全固定，避免因其掉落带来次生灾害；
- d) 展柜门应时刻保持锁闭状态，开放性展柜应有适当措施预防文物跌出；
- e) 浮置于展厅地面的展柜，应在罕遇地震作用下不会倾覆；
- f) 展柜与展厅地面或墙面固定时，地面或墙面应具有足够的结构强度和刚度，固定连接件在罕遇地震作用下应处于弹性状态。

5.1.4 储藏柜应满足如下防震构造要求：

- a) 储藏柜的结构和制作材料应具有足够的抗震强度和刚度；
- b) 浮置的储藏柜，应在罕遇地震作用下不会倾覆；

- c) 储藏柜与库房地面、墙面或屋顶面固定时，地面、墙面、屋顶面应具有足够的结构强度和刚度，固定连接件在罕遇地震作用下应处于弹性状态；
- d) 储藏柜之间应保持合适的间隔距离，以避免地震时储藏柜间相互碰撞；相互依靠放置的储藏柜应有可靠的连接措施；上下叠放的储藏柜之间应采取可靠的连接措施，避免叠放柜发生滑落、倾覆；
- e) 储藏柜中裸置文物摆放不应过于密集，应保持合适的间隔距离，以避免文物间相互碰撞；裸置文物不应上下叠放；裸置文物底部应放置垫衬材料，文物间也应有垫衬材料防护；
- f) 文物宜放置于文物包装盒（囊匣）中保存；文物囊匣叠放不应超过2层；
- g) 库房中的密集柜应采取适当的防震措施；
- h) 储藏柜的柜门、抽屉应保持锁闭状态；柜门、抽屉等活动构件宜安装自锁保护装置；开放性储藏柜应有适当措施预防文物跌出。

5.1.5 展具应满足如下防震构造要求：

- a) 应足够承受文物的重量和地震预计产生的作用力，不对文物造成额外的压力、负重及损伤；
- b) 应保证文物处于稳定的状态；
- c) 应按照文物防震要求，根据物物质地和造型制作展具；展具与文物间宜放置垫衬材料。

5.1.6 文物包装盒（囊匣）应满足如下防震构造要求：

- a) 应具有足够的强度和刚度，能够承担地震预计产生的作用力；
- b) 文物包装盒（囊匣）内文物与文物之间应采取防碰撞措施；
- c) 文物包装盒（囊匣）应保持锁闭状态。

5.1.7 非结构物件应与结构构件可靠连接，且应具有足够的强度和刚度，稳定耐久。

5.2 基本防震措施

5.2.1 降低重心

根据文物造型和防震需求，以降低文物重心的方法达到文物防震的目的，如：在文物内部增加重量、增加底面积等方式。使用该类方法应避免压重对文物的损害。

5.2.2 固定安置

根据文物造型和防震需求，将文物固定于基础上的方法达到文物抗震的目的，如：粘、吸、捆、卡、支、包等方法。使用该类方法应避免加固方法或加固材料对文物的损害。

5.2.3 滑动位移

根据文物造型和防震需求，通过文物、展柜、储藏柜的有限滑动和位移减小水平方向的地震响应。使用该类方法应避免文物在滑动时与其它文物、展柜、展具等碰撞。

5.2.4 隔离垫层

采用减震、吸震或缓冲材料将文物与底座隔开，避免地震能量完全传递到文物，减小文物的地震响应。使用该类方法应避免隔离材料对文物的污染和影响。

5.2.5 悬吊

针对悬吊的文物，应采取合适的悬吊装置和悬吊材料，确保文物稳定性，防止文物在地震中摇晃、脱落和损害。

5.3 隔震与减震措施

5.3.1 楼面减隔震（隔震地板）

在楼（地）面设置房间整体减隔震装置，减少文物地震响应，如隔震地板。

隔震地板由活动地板、活动地板支架、浮滑器、位移控制器、防震控制器等组成，以此来减小地

震及结构振动对地板上浮置物的振动。

5.3.2 隔震装置

5.3.2.1 概述

在展柜、储藏柜底部或在展台设置隔震装置，减小文物地震响应。隔震装置主要有：橡胶隔震装置、机械式隔震装置等。

5.3.2.2 橡胶隔震

将橡胶垫置于物体（文物、展柜、储藏柜等）下方，利用橡胶竖向受压承载力高、水平变形能力大、水平刚度小、反复荷载耐疲劳能力好的特性，达到隔震的目的。橡胶隔震适用于大型雕塑等质量大的文物，以及展柜和储藏柜，不适用于质量小的文物。橡胶垫只能隔离水平地震作用，不能应对竖向地震作用以及环境振动。

5.3.2.3 机械式隔震

使用弹簧、滚珠、滑轮及其组合件等组成运动装置，通过装置的运动减小地震波的输入。机械式隔震装置适用于较为重要以及脆弱文物以及不适用基本防震措施防护的文物；隔震装置在安装前应进行理论与试验验证，以及性能检测，定型研究后方可实施，以确保文物安全。

5.3.3 减震装置

5.3.3.1 概述

在展柜和储藏柜合适的空间内设置消能减震、调谐减震等装置，耗散地震能量，减小文物地震响应。

5.3.3.2 消能减震

在展柜的适当部位设置消能减震元件，增加展柜阻尼，降低地震作用下展柜的地震响应。

5.3.3.3 调谐减震

在展柜的适当部位设置调谐减震装置，通过调整调谐减震装置的频率和阻尼，降低地震作用下展柜的地震响应。

5.3.4 隔震及减震装置设计要求

隔震及减震装置设计时应符合下列要求：

- a) 应根据文物、展柜、储藏柜预期的竖向承载力和变形控制指标、水平减震系数和地震动响应控制要求，进行考虑馆舍、展具、文物动力耦合效应的地震作用效应分析，设定适当的隔震及减震装置的性能参数；
- b) 隔震装置和消能部件的性能参数应经试验确定；
- c) 隔震装置和消能部件的设置部位，应便于检查和替换；
- d) 设计文件上应注明对隔震装置和消能部件的性能要求，安装前应按规定进行检测，确保性能符合要求。

6 地震应急管理

6.1 地震应急预案

博物馆应依据《国家地震应急预案》、《中华人民共和国防震减灾法》、《破坏性地震应急条例》、《国家突发公共事件总体应急预案》，结合单位自身的具体情况，制定地震应急处置预案。

6.2 工作原则

博物馆应在保证人的生命安全的前提下，将文物的损失降到最低。

6.3 地震效应与灾害监测系统

宜建设博物馆地震效应与灾害监测系统，收集国家及本省市地震局的相关地震信息，以及周边地

区地震信息；监测并存储地震作用下博物馆及馆藏文物的地震响应；分析历次地震下文物的动力响应和安全状态，以便实现文物防震安全保护。

6.4 紧急抢救保护

6.4.1 地震后应调查博物馆建筑的受损状况，若受损严重被评估为危房，应将文物紧急撤柜、撤架、包装进箱，从博物馆转移到安全区域。

6.4.2 应稳固所有存在不稳定因素的文物。

6.4.3 将受损文物及其部件收集、标识，安置到安全区域，尽早对受损文物进行加固、整形、粘接、补配等保护处理。

6.5 次生灾害防御

6.5.1 由地震引发的次生灾害有火灾、水灾、泥石流、滑坡、有毒有害物质污染等，也包括因断电无法维持博物馆恒温恒湿系统正常运行引起的文物劣变、因断电导致安防报警系统无法正常工作引起的盗窃与破坏等。

6.5.2 地震发生后，应立即处理已发生的次生灾害并预防可能发生的次生灾害，将文物安置于安全的区域，并对已经由于次生灾害受损的文物进行紧急抢救保护。应对博物馆进行实时监控，特别是对文物周围环境的控制。

6.6 文物调查与损失评估

6.6.1 地震后应及时调查文物的受损状况，评估文物损失，按表 6 并不限于表中内容填写《震后文物状况调查表》。

表 6 震后文物状况调查表

文物名称			
文物编号		收藏单位	
文物位置		文物级别	
文物材质		文物年代	
地震前文物完残状况			
地震后文物状况			
地震前置放地点			
地震后保存环境			
应急保护措施			
建议保护措施			
调查人		部门	
调查日期			
备注			

6.6.2 对于受损文物，应拍照详细记录文物的受损状况，附于《震后文物状况调查表》后。在条件允许的情况下，也宜对受损文物进行摄像。

6.7 保险

对于参保文物，应根据文物的受损状况，与保险公司协商理赔事宜。

6.8 保障措施

博物馆应具有下列保障措施：

- a) 应急供电系统；
- b) 应急供气装置；
- c) 应急工具箱，见表7并不限于表中工具；
- d) 专门的应急部门与应急队伍。

表7 应急工具箱工具列表

搜救工具	用途
皮手套	清理碎片
安全帽	防止砸伤
撬棍，撬斧，断线钳，防爆铲	打开堵塞的门与通道
逃生梯，绳子	应对堵塞的楼梯
手提式扩音器，电池式 AM/FM 无线电通信设备，双向民用波段无线电通信设备，电池	通讯
手电筒，发电机，便携式灯，拖线板，应急照明	应对断电
可调管钳	打开供气开关
急救箱，防护面具	个人防护
规格材，胶合板	支撑塌陷区域
文物抢救工具	用途
照相机，胶卷，摄像机	照相与摄像
垫衬材料，无酸纸，塑料包装，网带，捆扎带，泡沫塑料，各种大小的聚乙烯袋子	文物紧急包装
加垫衬的手推车，箱子，盒子	文物紧急运输
记号笔，《地震文物状况调查表》	调查记录
螺丝刀	展柜、储藏柜开启

6.9 培训和演习

6.9.1 对于博物馆应急部门的成员以及相关人士，应组织防震业务知识及技能的培训。

6.9.2 博物馆应根据地震应急预案和自身实际情况开展不同形式和规模的地震应急演练。

附录 A

(资料性附录)

浮置物体安全性验算

A.1 质量与外形尺寸

A.1.1 物体质量与外形尺寸

对于形体较为规则的物体（文物、展柜、储藏柜等），主要参数包括质量（ m ）、底边宽度（ b ）、高度（ h ）等；对于形体较为复杂的物体，宜区分块确定文物的质量（ m_i ）、高度（ h_i ）等。

A.1.2 物体质心

根据物体的质量与外形尺寸，确定质心，并得出质心至支承面的垂直距离（ h_c ）。

a) 对于质量均匀、形状规则对称的文物， h_c 按式（A.1）计算。

$$h_c = 0.5h \quad \text{..... (A.1)}$$

式中：

h_c ——物体质心至支承面的垂直距离，单位为厘米（cm）；

h ——物体高度，单位为厘米（cm）。

b) 对于质量不均匀或形状不对称的物体， h_c 按式（A.2）计算。

$$h_c = \sum m_i h_{ci} / \sum m_i \quad \text{..... (A.2)}$$

式中：

h_c ——物体质心至支承面的垂直距离，单位为厘米（cm）；

m_i ——某质点 i 的质量，单位为千克（kg）；

h_{ci} ——某质点 i 至支承面的垂直距离，单位为厘米（cm）。

A.2 浮置物体安全性判别理论假设

A.2.1 地震波沿平行浮置物体底面短边情况传播更不利，只需考虑短边所在竖直面内的平面安全计算。

A.2.2 需考虑竖向地震作用时，按单一频率考虑，底部水平地震加速度按式（A.3）计算：

$$a_h = a_{h0} \sin(\omega_h t + \varphi_h) \quad \text{..... (A.3)}$$

式中：

a_h ——浮置文物在水平方向的地震加速度，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值，以向右为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；当采用经验公式方法计算文物水平地震加速度时， $a_{h0} = a_h$ ；当采用经验公式法计算展柜水平地震加速度时， $a_{h0} = a \times D_1$ ；

ω_h ——水平向地震频率，单位为弧度每秒（ rad/s ）；

t ——时间，单位为秒（s）；

φ_h ——水平向地震的初始相位角，单位为弧度（rad）。

竖向地震加速度由式（A.4）计算：

$$a_v = a_{v0} \sin(\omega_v t + \varphi_v) \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

式中:

a_v ——浮置文物竖向地震加速度, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2);

a_{v0} ——浮置文物竖向地震加速度最大值, 以向下为正向, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2);

ω_v ——竖向地震频率, 单位为弧度每秒 (rad/s);

t ——时间, 单位为秒 (s);

φ_v ——竖向地震的初始相位角, 单位为弧度 (rad)。

偏安全考虑, 两者同时作用时, 假定水平地震与竖向地震同时达到各自最大值 a_{h0} 及 a_{v0} , 并形成不利组合。设加速度向下、向右为正。

A.2.3 仅考虑浮置物体底面与其基座两点接触, 静摩擦系数 μ_0 , 定义已知量 b 、 h , 物体质量为 m , 计算简图见图 A.1。

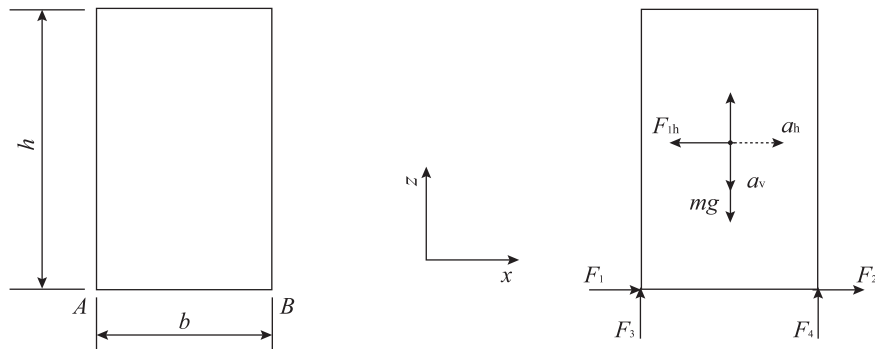


图 A.1 浮置物体计算简图

A.3 安全稳性能验算

A.3.1 滑动验算

当被评价物体的水平惯性力不大于底面静摩擦力时, 该物体保持静止。

只有水平地震作用时, 水平惯性力最大值 $F_{1h} = ma_{h0}$, 最大静摩擦力为 $\mu_0 mg$, 考虑物体抗滑动安全系数 k_s , 底面水平力不大于静摩擦力需满足: $k_s ma_{h0} \leq \mu_0 mg$, 整理可得式 (A.5)。

$$a_{h0} \leq \frac{\mu_0 g}{k_s} \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中:

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值, 以向右为正向, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2); 当采用经验公式方法计算文物水平地震加速度时, $a_{h0} = a_h$; 当采用经验公式法计算展柜水平地震加速度时, $a_{h0} = a \times D_1$;

μ_0 ——浮置物体 (文物、展柜、储藏柜等) 与支承面之间的静摩擦系数;

g ——重力加速度, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2);

k_s ——抗滑动安全系数, 建议取值 1.2 ~ 1.6, 当防震设防等级高时取大值。

当竖向地震作用 (加速度) 不可忽略时, 水平惯性力最大值仍取 $F_{1h} = ma_{h0}$, 计入竖向加速度对摩擦力的不利作用, 最大静摩擦力为 $\mu_0 m(g - 0.65a_{v0})$, 底面水平力不大于静摩擦力需满足: $k_s ma_{h0} \leq \mu_0 m(g - 0.65a_{v0})$, 整理可得式 (A.6):

$$a_{h0} \leq \frac{\mu_0 (g - 0.65a_{v0})}{k_s} \dots\dots\dots (\text{A.6})$$

式中：

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值，以向右为正向，当采用经验公式方法计算文物水平地震加速度时， $a_{h0} = a_h$ ；当采用经验公式法计算展柜水平地震加速度时， $a_{h0} = a \times D_1$ ；

μ_0 ——浮置物体（文物、展柜、储藏柜等）与支承面之间的静摩擦系数；

g ——重力加速度，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

a_{v0} ——竖向地震加速度最大值，以向下为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

k_s ——抗滑动安全系数，建议取值 1.2 ~ 1.6，当防震设防等级高时取大值。

A.3.2 倾覆验算

假定物体质量沿高度分布均匀，设浮置物体 $\tan\alpha = h/b$ ，文物旋转角度为 θ ，旋转后角度为 α_0 ，且 $\tan\alpha_0 = h_0/b_0$ ，分析简图如图 A.2 所示。

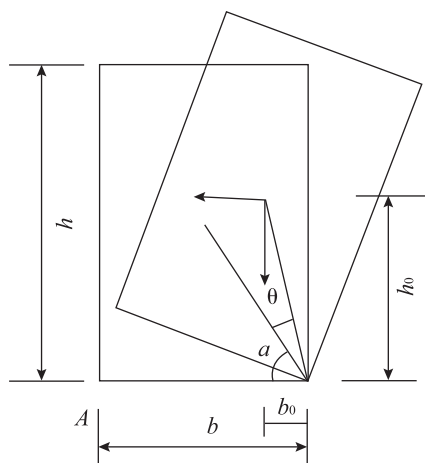


图 A.2 浮置物体抗倾覆分析简图

为保证浮置物体不发生倾覆，浮置物体旋转后角度应满足 $\alpha_0 = \alpha + \theta \leq 90^\circ$ ，抗倾覆力矩 $M_{\text{抗}}$ 应大于倾覆力矩 M ，即 $(mg - F_{lv})b_0 + F_{lh}h_0 \geq 0$ ，则浮置物体旋转角度应满足式 (A.7)：

$$\theta \leq \arctan((0.65a_{v0} - g)/a_{h0}) - \arctan(h/b) \leq 90^\circ - \arctan(h/b) \cdots \cdots (A.7)$$

式中：

θ ——文物旋转角度，单位为度（°）；

a_{v0} ——竖向地震加速度最大值，以向下为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

g ——重力加速度，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值，以向右为正向，单位为厘米每平方秒（ cm/s^2 ）；

h ——浮置物体高度，单位为厘米（cm）；

b ——浮置物体底边宽度，单位为厘米（cm）。

由于式 (A.7) 中浮置物体旋转角度 θ 计算及监测难度较大，理论公式难于实施，偏于保守进行简化，本规范将浮置物体不摇晃作为不发生倾覆的判别条件，即：需满足竖向反力 F_3 、 F_4 均不小于 0。对图 A.1 所示的 A 点取矩，可得式 (A.8)。

$$F_{lh} \times h/2 + F_4 \times b = F_{lv} \times b/2 + mg \times h/2 \cdots \cdots (A.8)$$

式中：

F_{lh} ——水平惯性力最大值， $F_{lh} = ma_{h0}$ ；

h ——浮置物体高度，单位为厘米（cm）；

F_4 ——转动中心点 A 点的竖向反力, 单位同 F_{lv} ;

b ——浮置物体底边宽度, 单位为厘米 (cm);

F_{lv} ——竖向惯性力最大值, $F_{lv} = ma_{v0}$;

m ——物体 (文物、展柜、储藏柜等) 的质量, 单位为千克 (kg);

g ——重力加速度, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2)。

只有水平地震作用时, 计入浮置物体抗倾覆安全系数 k_0 , 由 $F_4 \geq 0$, 得: $k_0 ma_{h0} h \leq mg \times b$, 整理可得式 (A.9)。

$$a_{h0} \leq \frac{g}{k_0(h/b)} \dots\dots\dots (\text{A.9})$$

式中:

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值, 以向右为正向, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2);

g ——重力加速度, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2);

k_0 ——抗倾覆安全系数, 建议取值 1.2 ~ 1.6, 当抗震设防等级高时取大值;

h/b ——浮置物体 (文物、展柜、储藏柜等) 的高宽比; 当浮置物体的质量密度沿高度变化较大时, 式中浮置物体高度 h 用 2 倍的 h_c 代替。

当竖向地震作用 (加速度) 不可忽略时, 由 $F_4 \geq 0$ 得: $k_0 a_{h0} h \leq (g - 0.65a_{v0})b$, 整理可得式 (A.10)。

$$a_{h0} \leq \frac{g - 0.65a_{v0}}{k_0(h/b)} \dots\dots\dots (\text{A.10})$$

式中:

a_{h0} ——浮置物体水平向地震加速度最大值, 以向右为正向, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2);

g ——重力加速度, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2);

a_{v0} ——竖向地震加速度最大值, 以向下为正向, 单位为厘米每平方秒 (cm/s^2);

k_0 ——抗倾覆安全系数, 建议取值 1.2 ~ 1.6, 当抗震设防等级高时取大值;

h/b ——浮置物体 (文物、展柜、储藏柜等) 的高宽比; 当浮置物体的质量密度沿高度变化较大时, 式中浮置物体高度 h 用 2 倍的 h_c 代替。

参 考 文 献

- [1] 《国家地震应急预案》，国务院办公厅，2012. 8
 - [2] 《中华人民共和国防震减灾法》，2009. 5
 - [3] 《破坏性地震应急条例》，中华人民共和国国务院，1995. 4
 - [4] 《国家突发公共事件总体应急预案》，中华人民共和国国务院，2006. 1
-

中华人民共和国文物保护行业标准
馆藏文物防震规范
Specification for seismic protection of museum collection
WW/T 0069—2015

*

中华人民共和国国家文物局主编
文物出版社出版发行
北京市东城区东直门内北小街2号楼
<http://www.wenwu.com>
E-mail: web@wenwu.com

北京鹏润伟业印刷有限公司印刷
新华书店经销

*

开本：880 毫米 × 1230 毫米 1/16

印张：1.5

2016 年 3 月第 1 版 2016 年 3 月第 1 次印刷

统一书号：115010 · 1853 定价：24.00 元

WW/T 0069 — 2015

统一书号：115010 · 1853
定价：24.00 元