

动載荷机器作用下的 建筑物承重結構設計 与計算规范



冶金工業出版社

蘇 聯
冶金及化学工業企業建造部
技 術 司

动載荷机器作用下的建築物 承重結構設計与計算規範

(И-200-54
МСПМХП)

中央工業建筑科学研究院編拟
冶金及化学工業企業建造部技术司
1956年5月31日同意

林守勤 錢大雄 譯
張紀平 王兆熊 校

冶金工業出版社

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАСЧЕТУ НЕСУЩИХ
КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ ПОД МАШИНЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ
НАГРУЗКАМИ

(И-200-54)
(МСНМХII)

СТР.И АРХ. (Москва—1955)

动载荷机器作用下的建筑物
承重結構設計与計算规范

林守勤 錢大雄 譯

1957 年 6 月第一版 1957 年 6 月北京第一次印刷 2,236 册

787×1092•1/32•85,000 字•印張 4 $\frac{6}{32}$ •定价 (10) 0.60 元

冶金工業出版社印刷厂印 新华書店發行 書号 0638

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

目 录

序言	4
第一章 概述	5
第一节 设计任务的内容	6
第二节 设计指示	7
第三节 基本计算原则	13
第二章 由机器产生的动荷载	13
第三章 固有振动的频率	20
第一节 一般指示	20
第二节 垂直振动频率的确定	20
第三节 水平振动频率的确定	22
第四章 动位移和弯曲力矩的幅度	25
第一节 一般指示	25
第二节 垂直振动振幅的确定	25
第三节 水平振动振幅的确定	29
第五章 减弱受动荷载机器作用的結構振动的方法	31
第一节 改变結構的刚度	31
第二节 改变楼板上机器的排列位置	32
第三节 机器的防振	32
第四节 平衡慣性力和改变机器轉数	33
附录	
附录 I 机器产生的动荷载	35
附录 II 楼板固有垂直振动频率的计算	43
附录 III 建筑物固有水平振动频率的计算	64
附录 IV 楼板受强迫垂直振动时计算位移幅度和弯矩 用的表和公式	79
附录 V 建筑物强迫水平振动振幅的计算公式	99
附录 M 计算示例	104
例一	104
例二	120

序 言

本書是作为規範出版的，它指導設計人員应如何設計与計算那些受樓板上所安机器的动荷載作用的平台及建筑物的樓板、牆壁和柱子。

本規範給除受靜荷載作用外又受动荷載作用的承重結構的强度与变形的計算定出了規則。

本規範系由冶金及化学工業企業建造部中央工業建筑科学研究院所屬的动力学實驗室制定的（技术科学碩士 E.C. 索罗欽教授編，Б.Г. 科連涅夫 教授总編）。

本規範对下列各單位与个人的意見均作了考虑：国家工業建筑設計院，国家鋼結構設計院，評閱者 И.М. 拉宾諾維奇教授和 Л.Д. 巴尔康教授。本規範曾經中央工業建筑科学研究院学术委員會結構力学小組审核同意。

本規範曾經冶金及化学工業企業建造部技术司所屬的技术規範与标准制定处（М.Ф. 科瓦尔楚克工程师）校閱。

蘇 聯 冶金及化學 工業企業建造部 技術司	動荷載機器作用下的建築 物承重結構設計與計算規範	И-200-54 МСПМХП
--------------------------------	-----------------------------	--------------------

第一章 概 述

第 1 条：本規範對如何設計和計算受靜荷載和安在樓板上的機器的動荷載作用的房屋承重結構（樓板、牆、柱）作了專門的指示。

這裡所說的機器是指下列兩類機器：

а) 往復運動類：包括金屬切削用鉋床、磨床及其他有曲柄連桿機構、搖臂機構或偏心機構的類似機床，以及沖床、壓力機、振動台、篩子、破碎機、篩分機、振動式篩子、活塞泵、紡織機、印刷機等都是。

б) 旋轉運動類：包括有金屬切削用車床、砂輪機、磨床及其他有轉動主軸或砂輪的類似機床，以及离心机、通風機、离心泵、電機等等。

本規範所提出的設計指示與計算規則，其目的是要把因上述機器作用而在建築物承重結構內引起的振幅和動應力限制在一個允許範圍內。

設計受機器動荷載作用的建築物承重結構時，應符合設計相應結構所用的現行設計標準與技術規範的要求，但也要

中央工業建築科學研究院 擬 制	冶金及化學工業企業建造部技術司 1954年5月31日同意
--------------------	---------------------------------

考虑本规范的指示。

第一节 设计任务的内容

第 2 条. 设计任务包括下列资料:

a) 建筑物的平面图与剖面图;
6) 设备及全部有效荷载的重量及其在楼板上的分佈图;

B) 建筑物楼板上能产生惯性荷载(动荷载)的机器(有动荷载的机器)的资料, 例如:

- 1) 机器轴的转数 n_0 ;
- 2) 惯性力 R 的大小(幅度)、作用方向及作用点;
- 3) 机器支承部分的平面尺寸, 倘若机器是用机座支承的, 那么就应知道机座的尺寸;
- 4) 同类型机器的数量及平面佈置图; 同时, 在平面图上还应指出这些机器的惯性力对楼板的作用方向;

5) 根据本规范表 5, 将楼板上的机器与测量仪器, 按其对应振动的敏感性进行分类。

第 3 条: 倘若没有机器惯性力大小的资料, 那么就必須作如下的补充说明:

- a) 机器的传动机构简图;
- 6) 机器运动部分的重量;
- B) 机器旋轉部分的偏心距、偏心輪半徑、曲柄半徑或往复运动部分的行程等等。

根据这些资料再按本规范第 23—25 条的指示 求出 惯性力值及其作用点。

第二节 設計指示

第 4 条：表 1, 2 和 3 所載为动荷載 机器按 其运动部件的运动方式、动性能及轉数（頻率）的分类。

表 1

机器按其运动部件的运动方式分类

类 别	运 动 部 件 的 运 动 方 式
1	上下往复运动
2	前后往复运动
3	豎軸旋轉运动
4	橫軸旋轉运动

表 2

机器按其动性能分級

級 别	动 性 能	标准慣性力值 (公斤)
I	小	10以內
II	中	10至100
III	大	100至300
IV	特別大	300以上

註：机器按动性能的大致級別划分，參見表12（附录1）。

第 5 条：樓板上下振动与水平振动（动位移）的允許振幅大小，应以使工作人員以及对振动有敏感的机器与仪器正常工作的条件为依据，並按公式(1)或(2)計算之：

$$a_0 = \frac{v_0}{2\pi n_0}, \quad (1)$$

表 3

机器按其频率分组

组 别	机器按频率的特性	每 分 鐘 轉 数
1	低频率	400以下
2	中频率	400至2000
3	高频率	2000以上

註：1) 机器慣性力对楼板的作用，可根据表1的分类採用表10(附录1)中的簡圖来表示。

2) 在沒有本规范第2条所要求的机器慣性力数据，而且又無法获得第3条所要求的那些补充資料时，允許利用表11与表12中的估計数据(附录1)。

$$a_0 = \frac{w_0}{4\pi^2 n_0^2}, \quad (2)$$

式中 a_0 ——允許振幅(公厘)；

n_0 ——振动频率(次/秒)；

v_0 和 w_0 ——簡諧振动的允許速度(公厘/秒)与允許加速度(公厘/秒²)。

倘若沒有有关 w_0 与 v_0 允許值的資料，則频率 n_0 由1至100次/秒及振幅 a_0 不大於1公厘的 w_0 与 v_0 之極限值可按表4与表5採用。

第 6 条：同时承受靜荷載与动荷載作用的材料，其强度应以材料的耐久極限来表示。耐久極限是靜应力与动应力相加后的最大值，也就是說，材料在最大应力和(靜应力和动应力相加后的最大值)之作用下，經受任何次数的应力循环，而不致破坏。耐久極限值可按公式(3)求之：

$$\sigma_{\text{ВМН}}^{\text{H}} = k_{\text{ВМН}} \sigma_{\text{ВР}}. \quad (3)$$

式中 $\sigma_{\text{ВМН}}^{\text{H}}$ ——材料耐久極限(标准值)；

$\sigma_{\text{ВР}}$ ——材料在靜荷載下之强度極限(暫時强度)；

表 4

振动对工作人员的影响性質与幅度不大於 1 公厘的簡諧位移
的速度及加速度的关系

振动对工作人员的影响性質	振动的極限加速度 w_0 (公厘/秒 ²)	振动的極限速度 v_0 (公厘/秒)
	頻率為 1—10 次/秒	頻率為 10—100 次/秒
1. 無感觉	10	0.16
2. 微感觉	40	0.64
3. 明显感觉	125	2.0
4. 强烈感觉 (妨碍工作)	400	6.4
5. 長期作用下是有害的	1000	16
6. 絕對有害的	1000 以上	16 以上

表 5

机器与仪器按其対基座振动的敏感性划分的等級
(幅度不大於 1 公厘的簡諧位移)

等級	对振动的敏感程度	底座的振动極限速度 v_0 (公厘/秒)
I	高度敏感	0.1
II	中度敏感	1.0
III	低度敏感	4.0
IV	不敏感	4.0 以上

註：机器与仪器对振动敏感的等級由工艺师确定。倘若没有此类資料时，允許利用表 13 給予概略指示（附录 1）。

$$k_{\text{БВН}} = \frac{1+s}{1+\alpha_0 \mu s} \text{——耐久系数,}$$

在 $\frac{1+s}{1+\alpha_0\mu s}$ 式中:

$s \geq 0$ —— 动应力 (内力) 与静应力 (内力) 的比,

α_0 —— 在对称应力循环下, 材料强度极限与材料疲劳极限的比 (表 6);

$\mu \geq 1$ —— 結構構件連接处的应力集中系数 (整体結構的 $\mu=1$)。

倘若連接構件是由 Cr.3 号鋼制成的, 則可採取下列的 μ 值:

焊縫經加工的对焊接 1.1

焊縫不經加工, 但縫的根部作了补焊的斜縫对焊接 1.4

(作用力与焊縫斜交)

鉚接 1.4

焊縫經加工的側面受力焊縫焊接 (焊边的比是 1:1.5) 1.7

同上, 但焊縫不經加工 2.2

焊縫經過加工之端面受力焊縫焊接 2.3

同上, 但焊縫不經加工 3.1

材料耐久極限的計算值按公式 (4) 求之:

$$\sigma_{BMR} = k_{BMR} \rho [\sigma] \cdot \quad (4)$$

当按照極限状态計算时, $[\sigma]$ 值等於按“建筑法規”求得的計算强度值。

ρ 值可按表 6 採用。

第 7 条: 材料吸收振动能的能力用吸收系数 ψ 来表示。所謂吸收系数就是一个振动循环內被吸收后不能返廻的功与在同一循环內最大彈力功的比。吸收系数值等於固有振动的阻尼对数縮減率 δ 的二倍。若將吸收系数除以 2π , 則得出非彈性阻力系数 r :-

表 6

 α_0 与 ρ 系数值

材 料	系 数	
	α_0	ρ
压延鋼	3.0	2.0
鋼筋混凝土:		
鋼筋	3.5	1.7
混凝土	3.0	1.0
磚砌体	3.0	1.0
木材	4.0	1.5

$$r = \frac{\phi}{2\pi} = \frac{\delta}{\pi} \quad (5)$$

各种材料在弯曲振动时的非彈性阻力系数 r 的值按表 7 採用。

表 7

系 数 r 值

材 料	机器作用时的系数 r	
	在 I 級与 II 級动性能机器作用下	在 III 級与 IV 級动性能机器作用下
鋼筋混凝土.....	0.050	0.100
磚砌体.....	0.040	0.080
木材.....	0.030	0.050
压延鋼.....	0.010	0.025

結構中吸收系数与应力的关系，根据机器的动性能，可用系数 r 的微分近似地算得。

對於由兩種具有系数 r_1 与 r_2 的材料組成的組合截面梁其总的系数 r 按下式求之：

$$r = \frac{r_1 D_1 + r_2 D_2}{D_1 + D_2}, \quad (6)$$

式中： D_1 与 D_2 ——組成部份对中性軸的刚度(整体截面的組合梁只有一条中性軸；而非整体截面的組合樑則每一組或部份均有自己的中性軸)。

第 8 条：對於有动荷載的机器，最好採用整体式楼板。下面有鋼梁的木楼板与鋪板，最好只限用於第一級动性能的机器（表 2）。

第 9 条：对 I 等与 II 等振动敏感性的机器、机床与仪器（表 5），以及在按生产要求只允許有極微振动的場合下，最好採用鋼筋混凝土整体式楼板。

註：作澆灌接合的裝配式鋼筋混凝土楼板屬於整体式楼板。

第 10 条：机器与楼板的联系分为兩種：

a) 剛性联系，即机器用支架与楼板相联或不用支架直接支承在楼板上。

б) 柔性联系，即在机器与楼板之間襯以柔韌的物件——隔振垫，其目的是減少机器对楼板的动力影响（積極防振）或把靜置的机器或仪器与振动的楼板隔开（消極防振）。

机器与楼板的上述联系中，每一种都有兩種不同的安裝机器的方法：

a) 直接裝在楼板或隔振垫上；

б) 用机座（混凝土垫枕，鋼框架等）間接支承在楼板或隔振垫上。

註：支承在隔振垫上的机座的尺寸，除应滿足一般要求外，还应具有保証防振所需要的足够的重量。

第 11 条：建筑物楼板上的有动荷載的机器必須安置在

远离Ⅰ等与Ⅱ等振动敏感性的机床与仪器（表5）的地方，例如把它们安置在建筑物相对的两侧与不同的楼层。

若有动荷载的机器（柴油机、空气压缩机、锻锤等）是装在建筑物以外的单独基础上的，那么最好将基础建在尽可能远离装有Ⅰ等与Ⅱ等振动敏感性的机床与仪器的建筑物的地方。如果不可能离得很远，则应将这些机器装在隔振垫上。

第三节 基本计算原则

第12条：静荷载（结构重量，有效荷载，包括机器重量等等）和动荷载（机器运动部份的惯性力）使结构中产生与静荷载和动荷载相应的内应力和位移（由于构件的变形而产生的）。由静荷载引起的内应力与位移，可用一般计算方法求出，而由动荷载引起的内应力与位移，则应按本规范中的指示计算之。

第13条：在计算过程中，应保证同时承受静荷载与动荷载的结构的重力能力，并使结构因动荷载引起的位移限制在一个范围内，在这个范围内，振动对工艺过程，对在建筑物内工作的人员都应当是无害的。

註：不论动荷载所产生的位移如何，静荷载产生的位移应满足现行标准与技术规范的要求。

第14条：同时承受静荷载与动荷载的结构，其构件的重力能力应根据本规范第15条指示中对静力强度和静稳定性的要求以及本规范第16条指示中对耐久强度的要求进行验算。

註：本规范不考虑对受压构件作动稳定性的验算。

第15条：同时承受静荷载与动荷载的结构，其构件的静力强度与静稳定性是否合乎要求，应根据相当的结构设计

标准与技术规范中的指示加以驗算。在驗算过程，对动荷载所起的作用应作如下考虑：

a) 計算水平受弯構件时，应在由計算靜荷载产生的弯矩 M_0 中加入由計算动荷载产生的同号弯矩 M_d 。（ M_0 按本规范第 43 条的指示計算）：

$$M_0 + M_d \leq M, \quad (7)$$

式中： M ——允許計算弯矩，是假定在荷载的靜作用下，根据結構的材料，按設計标准与技术规范求得的；当按極限状态計算时， M 值应按計算强度确定，此时为了求公式（7）中的各个值，应根据“建筑法規”計算相应的过载系数与工作条件系数。

6) 在計算受压受弯的構件与垂直受压構件时，应在計算靜荷载中加上垂直計算动荷载（按本规范第 24 条的指示計算）和靜作用在楼板平面內的水平力（按本规范第 45 条的指示計算）。

第 16 条：受弯構件的耐久强度是否达到要求，可按公式（8）加以驗算：

$$M'_0 + M_d \leq M_{\text{BLH}} \quad (8)$$

式中 M'_0 ——由标准靜荷载产生的弯矩，根据相应於設計标准与技术规范指示的一般規則求得；

M_d ——由計算动荷载产生的同号弯矩，根据本规范第 43 条的指示求得，

M_{BLH} ——根据材料耐久極限計算值 σ_{BLH} （公式 4）計算的極限計算弯矩。材料耐久極限是用計算荷载靜作用的公式求得的。因此，對於本规范第 6 条指示計算的系数 k_{BLH} ，此时 γ 值应

等於 $\frac{M}{A}$

註：在按照極限狀態計算時，應根據“建築法規”的要求，加入相應的工作條件係數。

受壓受彎構件與受壓構件的耐久強度是否達到要求，可按照驗算靜力強度的公式來驗算，但還要按第15條6項的規定計入動荷載的作用；此時求得的內力（應力）不應超過在假定荷載靜作用下根據材料耐久極限計算值 $\sigma_{\text{БВН}}$ [見公式（4）] 確定的極限允許內力（應力）。

第17條：對於承載第四級動性能機器的鋼筋混凝土結構，當 $M_0 > M'_c$ 時，由於動應力的正負符號的變化，需要附加配筋，以承受反弓的應力；在這種情況下，附加的鋼筋應根據附加條件的要求（公式9），作耐久度的驗算。

$$M_0 - M'_c \leq V_{\text{БВН}} \quad (9)$$

第18條：動力位移的幅度 z_0 不應超出使工作人員以及機器、機床、測量儀器等能正常工作的條件所允許的 a_0 值：

$$z_0 \leq a_0 \quad (10)$$

a_0 值根據本規範第5條確定，而 z_0 值則根據本規範第43條與第46條的指示求之。

倘若動力位移的幅度 z_0 等於與各種不同頻率 n_i 相應的位移幅度 z_i 的總和，那麼在按公式（1）與（2）計算允許幅度 a_0 時，可以把頻率 n_0 看作是等於：

如果 a_0 用速度來計算的話

$$n_0 = \frac{\sum z_i n_i}{z_0} \quad (11)$$

如果 a_0 用加速度來計算的話，

則
$$n_0 = \sqrt{\frac{\sum n_i^3}{n_0}} \quad (12)$$

第 19 条：在驗算結構的承重能力時，可以不考慮由下列機器產生的動荷載：

- a) 第一級動性能的機器（表 2）；
- б) 墊有隔振墊的第一級及第二級動性能的機器。

在驗算樓板各構件的承重能力時，還可以不考慮下列各機器產生的動荷載：

- в) 屬於第二級動性能的低頻率與高頻率的機器（表 3）；
- г) 任何級動性能的機器，假若除支柱動位移外，樓板各構件（梁、板）的計算垂直振幅（動力位移）不超過構件跨度的 $1/40000$ 的話。

在驗算建築物的柱與牆以及機器平台的柱的承重能力時，除本條 a 和 б 兩項中所指示的外，還可以不考慮下列機器產生的動荷載：

- д) 屬於第二級動性能的中頻率與高頻率的機器；
- е) 第一類運動方式（表 1）的所有各級動性能機器，如果作用於柱（牆）上的垂直動荷載的總和不超過作用於這個柱（牆）上的靜荷載總和的 2% 的話；

ж) 在二、三、四類運動方式的各級動性能機器，如果樓層柱（牆）的上下兩端的水平動位移差不超過樓層高度 $1/40000$ 的話；

и) 第二、三、四類運動方式的中頻率與高頻率的各種動性能的機器，如果樓層柱（牆）上下兩端由水平動力的靜作用所產生的水平位移的差不超過樓層高度 $1/40000$ 的話。

第 20 条：如果樓板上所承載的是如下一些機器，那麼可