

结构计算手册

(内部参考资料)

振动设计手册

北京市土建技术交流会

1965



振 动 設 計 手 册

主編单位：五机部第五设计院
編制单位：江苏工业学院图书馆
藏 书 章

北京市土建技术交流会主办

1965年6月 北京

前 言

为了充分利用各院已有业务建设成果，编制一些比较完整的设计参考资料，以适应广大设计人员下楼出院下现场设计的需要，北京市土建技术交流会各院的建议下，组织了这次以水电部华北电力设计院，建工部北京工业建筑设计院，五机部第五设计院为核心组的交流活动，对当前迫切需要解决的设计图表，设计手册在收集各院已有设计、计算资料的基础上，进一步组织力量，进行选编、整理、补充统一协调、编印等工作。

这一些设计图表，设计手册共分十二大类、包括荷载、静力计算图表、排架多层刚架分析图表、钢筋混凝土梁板柱断面配筋、砖石结构、木结构、钢结构、地基基础、特种结构、（烟囱、水池、水塔、煤斗、深梁、管架、挡土墙、地沟、地下结构）建筑结构防腐设计、防振设计、设备基础设计等各类设计手册。

参加编制这些图表的设计单位有：一机部第一设计院、一机部第八设计院、三机部第四设计院、四机部第十设计院、五机部第五设计院、二机部十三局、冶金部有色冶金设计总院、冶金部黑色冶金设计总院、建材部水泥玻璃设计院、（水泥院、玻璃院）水电部华北电力设计院、建工部北京工业建筑设计院、北京市建筑设计院、化工部

第一设计院、化工部橡胶设计院、纺织部设计院、307 部队、总后勤部营房设计院、一轻部北京轻工业设计院、建工部北京给水排水设计院、铁道部铁路专业设计院、煤炭部北京煤矿设计院、水电部北京勘测设计院、冶金部建筑科学研究院、以及几个外地设计单位（包括一机部第二设计院、六机部第九设计院、八机部第一设计院、八机部第二设计院、沈阳铝镁设计院、东北工业建筑设计院、鞍山焦化设计院、长沙矿山设计院、中南工业建筑设计院）等共三十二个设计院。

这些图表，手册能在短期内与大家见面，主要是由于各设计院领导的大力支持和设计院在编制中通力合作，集体努力的结果。但由于时间仓促和核心组的水平限制，难免有所错误和不足之处，希广大设计同志在使用中及时给我们提出意见，以便今后进一步修订补充。

北京市土建技术交流会
设计图表，手册编制组

于 1965 年 8 月

編 制 說 明

一、手册内容着重搜集有关各设计单位具有实用价值的调研成果；对于那些有关振动方面的基本理论和基础知识，因大部分都有专门书刊介绍，所以予以删减。

二、关于振动波的衰减计算，直到现在还未得到合理的解决，我们通常习惯沿用的高里岭公式即

$$A_L = A_0 \sqrt{\frac{L_0}{L}} e^{-\alpha(L-L_0)}$$

经过不少单位的实测验证在近距离内不能反映实际情况，误差甚大，因此我们在手册中列出了一些单位对高里岭公式的修正意见供使用参考，同时我们还列出了五机部五院由国外关于地震研究方面的技术资料中推导出的振波衰减公式，这个公式经初步的少量的运算和实测结果尚能大致吻合，但因掌握的数据不多，该公式是否完全切合实际情况还有待于今后实践的验证，为便于同志们探讨我们将公式的推导过程附录于书后请同志们指正。

三、此外尚需指出五部五院所推导的公式中， α 系数取0.01~0.02这和其他公式中所取的 α 值差别较大，亦请同志们在使用时鉴定其正确性。

目 录

一、允许极限振动	(1)
(一)一般概念	(1)
(二)设备仪表按振动敏感的等级区划	(1)
附录一：高精度刻线机的刻线精度	(4)
附录二：高精度丝杆车床的精度	(4)
附录三：三部精密所的“区域线值计量室和工厂线值计量室房屋建筑要求”	(4)
附录四：精密仪表机械的极限振幅实测资料和参考数据	(5)
附录五：线值计量仪器精度一览表	(6)
附录六：某些仪表在振动环境中受到的影响	(7)
二、惯性力的计算	(9)
(一)惯性力的分类	(9)
(二)惯性力计算	(9)
(三)通风机和其他抽气机的惯性力	(10)
表 2.1 至表 2.2 各类风机重量表	(11)
图表 2.1 至 2.7 通风机扰力计算图表	(13)

(四)电机惯性力的计算·····	(20)
表 2.3 至 2.8 各类电机重量表·····	(21)
(五)部分机床的实测惯性力·····	(30)
(六)部分压空机、冷冻机标准惯性力	
数值·····	(31)
表 2.10 压空机、冷冻机标准惯性	
力表·····	(31)
表 2.11表 2.12 压缩机原始数据表之	
一、二·····	(32)
(七)牛头刨冲头惯性力的计算·····	(35)
三、振动波的传播·····	(37)
(一)振动波在土壤中传播的一般规律·····	(37)
(二)振波衰减的计算方法·····	(37)
表 3.5 地面振动水平振幅的衰减	
实测数据·····	(47)
表 3.6 地面振动垂直振幅的衰减	
实测数据·····	(48)
表 3.7 黄土亚粘土振动强度随深	
度水平振幅的衰减实测数据·····	(49)
表 3.8 黄土亚粘土振动强度随深	
度垂直振幅的衰减实测数据·····	(50)
表 3.9 压缩空气机实测资料汇编·····	(51)
表 3.10 水压机、冲床实测资料	
汇编·····	(52)
附录, 垂直周期力作用下地面振	
动计算·····	(53)

四、隔振設計	(60)
(一)一般說明.....	(60)
(二)隔振計算方法.....	(61)
(三)II204-55 規範計算公式的推導.....	(66)
(四)積極隔振基礎設計計算實例 (通風 機隔振基礎設計)	(79)
(五)通風機隔振基礎詳圖.....	(104)
表 4.3 隔振彈簧選用表	(106)
表 4.4 彈簧性能規格表	(108)
圖表4.1~4.2 彈簧計算圖表 之一、二.....	(120)
T-1 隔振器詳圖.....	(122)
(六)隔振材料特性簡介.....	(123)
隔振材料的性能表.....	(125)

一、允許极限振动

(一) 一般概念

各种精密设备和指示仪表最好安装在一个沒有外界振动干扰的基座上。但由于在我们的生活实际中这种绝对安静静止的环境是不存在的，所以各种精密设备和仪表必须克服一些微量的振动，而实际上也能克服一定微量的振动。不过直到现在设备和仪表制造部门还提不出任何能够说明安装设备和仪表理想环境的资料，因此对各种设备和仪表的允许极限振动的研究在今后的防振设计中显得特别重要，需要在今后的生产实践的基础上不断总结提高。

我们所说的允许极限振动是指不影响设备加工精度和仪表测试精度的支承结构的振动界限。在一般情况下，支承结构的允许极限振动总是大于设备仪表的加工和测试精度的。

(二) 设备仪表按振动敏感的等級区划

影响设备仪表正常使用的振动主要因素是振动速度和加速度。(H200-54)规范中关于设备按敏感程度的大概分级划的较粗使用时存在一定的问题，建议按下表分级。

设备仪器仪表按振动敏感的等级概略区分 表 1.1

等 級	級 別	极限速度 (mm/sec)	設 备 仪 器 仪 表 名 称
I	1	0.01	*一級光柵刻度机
	2	0.05	*二級光学刻度机；*百万分之一和五十万分之一克的天平；MИИ-4 型干涉显微镜；ПИУ-2 型烏氏干涉仪；6 万倍以下的电子显微镜；精度在百万分之几 μ 的光电綫紋比长仪；
	3	0.10	*十万分之一的天平；平行光管校正；MИИ-7 型立式金相显微镜 AC4 型检流計； 0.2μ 分光仪 (測角仪)；高精度的装配間；涂屏間；0 級，一級絲杆車床
II	4	0.20	*三級一般刻綫机；螺紋磨床；二級絲杆車床；絲杆磨床；座标 搪床；光学曲綫磨床；Mφ-2 型非自記式測微光度計；陀螺仪标准試驗台；投影光学計；ИЗМ-10 型測量計；
	5	0.30	齒輪磨床；內外圓磨床；平面磨床；ИК-1 型光学計；立式光学計；ИКП-1 型超光仪；
	6	0.50	万能工具显微镜；大型工具显微镜；双管显微镜；阿貝測长仪；硬度計；电位計；溫度控制仪；
	7	0.70	扭簧比較仪；臥式光学計；
	8	1.00	MA-21 动平衡机；

* 水平振动較垂直振动要求严格

按上表划分的允许极限振动的分级如下 表 1.2

等级 (M-200-54)	级别	允许极限速度 mm/sec	允许极限振幅 (μ)					
			5Hz	10	15	20	25	30Hz
I	1	0.01	0.3	0.2	0.1	0.08	0.06	0.05
	2	0.05	1.6	0.8	0.5	0.4	0.3	0.3
	3	0.10	3.2	1.6	1.0	0.8	0.6	0.5
II	4	0.20	6.4	3.2	2.0	1.6	1.3	1.1
	5	0.30	9.6	4.8	3.2	2.4	1.9	1.6
	6	0.50	16.0	8.0	5.3	4.0	3.2	2.7
	7	0.70	22.4	11.2	7.4	5.6	4.5	3.7
	8	1.00	32.0	16.0	10.6	8.0	6.4	5.3

允许极限振幅按下式计算:

$$a_0 = \frac{V_0}{2\pi n_0} \quad (1.1)$$

或

$$a_0 = \frac{\omega_0}{4\pi^2 n_0^2} \quad (1.2)$$

式中 a_0 —— 允许极限振幅 (毫米)

n_0 —— 振动频率 (次/秒)

V_0 —— 简谐振动允许速度 (毫米/秒)

ω_0 —— 简谐振动允许加速度 (毫米/秒²)

振动的振幅 Z_0 不应超过设备和仪器仪表正常工作条件的允许振幅 a_0 值。

$$Z_0 \leq a_0 \quad (1.3)$$

倘若振动的振幅 Z_0 等于各种不同频率 n_i 相应的振幅

Z_i 的总和。那末按公式 (1.1) 计算允许振幅 a_0 值时频率 n_0 按 (1.4) 式计算。

$$n_0 = \frac{\sum Z_i n_i}{Z_0} \quad (1.4)$$

式中 n_i 当为周期振动时，为干扰频率；

当为冲击振动时，取基础的自振频率。

附录一：高精度刻线机的刻线精度

一级：1 毫米长度上刻 1700 条分度线，其误差不大于 0.025 微米的自动长刻线机及精度为 $0.2''$ 的圆刻度机；

二级：长直刻线机精度为 1 微米。圆刻度机的精度 $1''$ ；

三级：其精度约为 10—30 微米。

附录二：高精度丝杆车床的精度

表 1.3

等 级	計 量 长 度 mm	絲杆累积公差 (μ) (按 ГYH22-2)
0	25	2
	100	3
	300	5
1	25	5
	100	6
	300	9
2	25	9
	100	12
	300	15

附录三：三部精密所的“区域线值计量室和工厂线值计量室房屋建筑要求”。

建议：区域计量室和工厂计量室的地面振动要求 $0.5 \sim 1.0 \mu$ ；刻线机振幅的要求 $0.2 \sim 0.5 \mu$ ；精密总装振幅的要求 $1.0 \sim 3.0 \mu$ ；精密装配台 $2.0 \sim 5.0 \mu$ 。

附录四：精密仪表机械的极限振幅实测资料和参考数据
表 1.4

序号	名称	极 限 值		备 註
		振幅 (μ)	速度 (mm/sec)	
1	МИИ-4干涉显微镜		0.03	以上均为五院的实测数据 前五项是测点在仪器上的数据，后面的都是地面振幅。 所有仪器都放置在木制的普通工作台上，实测过程中可以看出工作台上的振幅总是大于地面振幅，如果在设计时能将木制工作合改为混凝土工作合刚度较大，可以不必致将振幅放大以致影响工作。 (上) (代表垂直振幅) (-) (代表水平振幅)
2	立式光学比较仪		0.06	
3	测微光度计		0.07	
4	检流计		0.03	
5	ИЗМ-10 测长仪		0.14	
7	金相显微镜	0.45 (上)		
6	万能工具显微镜	6.5 (上)		
8	小型工具显微镜	0.8 (上)		
9	大型工具显微镜	1.6 (上)		
10	投影仪	1.2 (上)		
11	双管显微镜	2.7 (上)		
12	立式测长仪	3.7 (上)		
13	光学比较仪 (一)	1.7 (-)		
14	光学比较仪 (二)	0.8 (-)		
15	测微光度计	0.1 (-)		
16	振谱仪	0.43 (上)		
		0.1 (-)		
17	A-21 动平衡机	8.2		

附录五：綫值計量仪器精度一覽表

表 1.5

用途	順序	仪 器 名 称	精 度
測 长 用	1	ПИУ-2 型烏氏干涉仪	0.05 μ
	2	0.2 μ 投影光学計	0.2 μ
	3	1.0 μ 投影光学計	1.0 μ
	4	絕對光波干涉仪	0.05 μ
	5	臥式光学比較仪	1.0 μ
	6	立式光学比較仪	1.0 μ
	7	ИЗМ-10M 測长仪	1.0 μ
	8	立式阿貝測长比較仪	1.5 μ
	9	臥式阿貝測长比較仪	1.5 μ
	10	万能測长仪	1.0 μ
	11	大型投影仪 (БП 型)	5.0 μ
	12	大型工具显微鏡 (БМИ 型)	5.0 μ
	13	ИКП-1 型超光仪	0.2 μ
	14	万能显微鏡	1.0 μ
	15	ИЗВ-1 型立式光学測长仪	1.0 μ
測 表 面 光 洁 度 用	1	МИИ-1 型林尼克干涉显微鏡	0.03 μ
	2	МИИ-4 型林尼克干涉显微鏡	0.06 μ
	3	МИС-4 型双管显微鏡	0.2 μ
	4	ИЗП-5 型輪廓測定仪	0.1 μ
	5	蔡氏双管显微鏡	0.2 μ
	6	大型干涉显微鏡	5.0 μ
	7	М4-49 光学比較仪	0.2 μ
	8	КВ-4 型基歇夫輪廓測定仪	0.05 μ

附录六：某些仪表在振动环境中受到的影响

表 1.6

仪表名称	使用简介	不能允许情况	正常运用情况
1	2	3	4
图康显微硬度试验机	用装在仪器上的显微镜观察受试材料的压陷情况并测量其深度	基本频率为10周/秒时,场地振动为 15μ ,仪表在荷重小于100克时就不能用了	振动减到 0.81μ 时仪表在荷重小到只有10克时还能使用
藤托里欧斯—威克分析天平	分析精度最小为10微克	振动干扰平均 1.65μ 在仪表中引起的零点变动和误差对于称量是小质量来说是太大了	平均振幅降到 0.407μ 天平就可以用于小质量的测量
卡尔蔡斯干涉显微镜	测定表面光洁度,它可以测出表面 $0.03\sim 2.01\mu$ 的凹陷量	当干扰振幅为 0.208μ 时,映象线条变得模糊了	除了在很小的扰动的时间内,仪表是不能使用的
瓦茨光学显微自动准直仪	仪器的精度误差为0.01秒(弧度单位)	当干扰振幅平均为 0.173μ 时就使反映十字丝的映象模糊了	干扰振幅不能超过 0.103μ

接上表

1	2	3	4
合劳—豪勃逊 “泰里紹夫”	測定表面光洁度的电子仪器能測定 0.0508μ 的表 面凹凸度	当处于平均有 0.236μ 的扰动 环境中,就不可 避免地要减小它 的效用	只有在相当平静时 間内仪表才能使用
里茲—諾斯腊普 反射电流計		干扰振幅为 0.226μ 将引起 光綫束 1mm 的 偏移,造成校正 零点的困难	干扰振幅降低至 0.064μ 且相应之 标尺亦作调整后, 仪器可以应用
汉斯标准气压計		干扰振幅平均为 1.37μ 时,仪器 不能应用	减少至平均为 0.506μ 时仪器可 以得滿意讀数
梅特勒分析天平	利用恒等荷重原 理的单盘天平,每 一分格为 0.05mg	当受到 0.221μ 振幅时将产生 0.2mg 的誤差	除非扰动振幅进一 步减小,不能作精 密測量

二、慣性力的計算

各种机器在运转过程中，由于运动部件的不平衡因而产生周期性扰力或称为慣性力，该力的大小与运动部件的重量，偏心率、频率、方向等数值有密切的关系，故在计算慣性力时，有关数据的采用应尽可能符合实际情况，因此在编写本节时，收集目前各有关单位对部分设备慣性力的调查和试验实测资料，供设计工作中参考。

(一) 慣性力的分类

产生慣性力按其运动部件一般的运动方式可以分为三类。

1. 旋转运动：主要的由于在设备内旋转部件不平衡产生的干扰力如电机、通风机、部分机床等。

2. 曲柄连杆运动：主要的由于在设备的传动部分旋转而带动部件作往复运动，同时产生不平衡的干扰力如压缩、冷冻机等。

3. 冲击运动：主要的由于在设备内部件冲击所产生的干扰力如鍛锤、冲床、牛头鉋等。

(二) 慣性力計算

对验算由于动力荷载所引起的构件强度时，慣性力值应按计算值采用

$$P = KR \quad (2.1)$$