

机 修 手 册

试 用 本

设备基础的设计与施工

设 备 的 吊 装

哈 尔 滨 电 机 厂
哈 尔 滨 锅 炉 厂 编

机 械 工 业 出 版 社



78.14

411

机械制造工厂
机械动力设备修理技术手册

设备基础的设计与施工
设备的吊装

试用本

哈尔滨电机厂 编
哈尔滨锅炉厂



本手册共分五篇。第一篇：修理技术准备；第二篇：修理工艺；第三篇：设备的安装与保养；第四篇：动力设备的修理；第五篇：电气设备的修理。

第三篇共分四章，分别阐述设备基础的设计与施工，设备的吊装，设备的安装，设备的润滑等。

本分册是第三篇的第一章和第二章。第一章阐述设备基础的设计与施工的有关问题，重点是介绍中小型机床基础的设计计算，列举了设计实例，最后还谈到基础修理的一般问题。第二章介绍了设备吊装中的常用工具和吊装方法，着重谈了人字架吊装和抱杆吊装等半机械化方法，还扼要叙述了安全工作。应当说明，本分册所涉及的范围，只限于机械制造工厂依靠自身力量进行的小规模基建的工程。

本书可供机械制造工厂的机修人员参考。

设备基础的设计与施工 设备的吊装 试用本

哈尔滨电机厂 编
哈尔滨锅炉厂

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可登记证字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{4}$ ，印张 $3 \frac{8}{4}$ ，字数 122 千字
1974 年 4 月北京第一版·1974 年 4 月北京第一次印刷

印数 00,001—82,000·定价 0.33 元

*

统一书号 15033·4212

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

我们要进行大规模的建设，
但是我国还是一个很穷的国家，
这是一个矛盾。全面地持久地厉行节约，就是解决这个矛盾的一个方法。

目 次

设备基础的设计与施工

(哈尔滨电机厂)

一、设备基础的设计	7
(一) 设备基础设计的一般要求	7
(二) 设备基础设计的基本依据	2
(三) 设备基础的地基	2
1. 基础地基的强度	3
2. 基础地基的弹性	5
3. 基础地基的刚性	6
(四) 设备基础常用的混凝土标号	6
(五) 常用设备基础的设计	7
1. 金属切削机床基础的设计	7
2. 锻锤基础的设计	9
3. 设备基础的参考设计	14
二、设备基础的施工	16
(一) 设备基础施工的一般要求	16
1. 施工的一般程序和材料预算	16
2. 设备基础施工的允差	18
3. 基础的强度要求	19
(二) 设备基础的常用材料	19
1. 水泥	19
2. 钢筋	20
3. 砂、石和水	20
(三) 混凝土的配合比例及施工方法	21
1. 混凝土的配合比例	21
2. 混凝土的搅和方法	22
3. 混凝土的养生期和拆模板期	22
4. 钢筋的配置	23
三、混凝土基础的修理	25

设备的吊装

(哈尔滨锅炉厂)

一、设备吊装用绳索	27
(一) 麻绳	27
1. 白棕麻绳的规格	27
2. 麻绳的强度计算	27
3. 使用麻绳的注意事项	27
(二) 焊接链条	28
1. 焊接链条的规格	28
2. 焊接链条的强度计算	28
3. 使用焊接链条的注意事项	29
(三) 钢丝绳	30
1. 钢丝绳的分类及规格	30
2. 钢丝绳的计算与选择	34
3. 钢丝绳的接头法	36
4. 使用钢丝绳的注意事项	43
(四) 结绳法	44
二、设备吊装用工具	47
(一) 滑车	47
1. 滑轮及滑车的规格	47
2. 滑车的计算	53
3. 使用滑车的注意事项	60
(二) 滚杠	60
1. 水平作用力的计算	60
2. 使用滚杠的注意事项	60
(三) 手拉葫芦	61
(四) 千斤顶	62
1. 齿条式千斤顶	62
2. 螺旋千斤顶	62
3. 油压千斤顶	63
4. 使用千斤顶的注意事项	63
(五) 卷扬机与绞盘	65
1. 卷扬机的规格	65

2. 使用卷扬机的注意事项	67
3. 绞盘	68
(六) 吊钩与吊环	69
1. 吊钩及吊环规格	69
2. 使用吊钩的注意事项	69
三、设备吊装用架	75
(一) 三脚架	75
(二) 龙门架	77
(三) 抱杆	77
1. 木抱杆	77
2. 管式抱杆	80
3. 桁架式抱杆	82
4. 抱杆的计算	83
5. 人字抱杆	86
6. 锚栓	87
四、设备的吊装方法	90
(一) 半机械化运输方法	90
1. 滚杠运输法	90
2. 滚杠或滑行装卸法	91
(二) 机械化吊装方法	91
1. 桥式起重机	100
2. 汽车起重机	100
3. 履带式起重机	100
4. 轮胎起重机	100
5. 桥式起重机的扩大使用方法	101
(三) 半机械化吊装方法	103
1. 抱杆吊装法	103
2. 人字架吊装法	104
3. 吊装桥式起重机的几种方法	105
五、设备吊装的安全工作	110
1. 起重施工的一般守则	110
2. 利用现场构筑物起吊的要求	111
3. 高空作业的要求	112

设备基础的设计与施工

哈尔滨电机厂

一、设备基础的设计

工厂中绝大多数的设备需要安装在相应的基础之上，因为设备与所加工的工件有一定的重量和动力，工作时还将产生一定的振动，若无一定体积的基础来承受负荷并吸收其振动，必将影响设备本身的精度和寿命，影响产品的质量，严重者甚至使厂房的结构遭到破坏。因此，正确合理地设计设备基础是非常重要的。

设备的基础可以分为两种主要类型：一种是块型基础，这类基础应用最为广泛，适合安装各种类型的机器设备；另一种是构架式基础，一般用来安装高频率的设备，如功率不大的透平发电机组，电动发电机组。大型鼓风机的基础可根据工程上的具体要求选用。本章所介绍的基础设计均为块型基础。

（一）设备基础设计的一般要求

在设计设备基础时，应考虑到以下基本要求：

1) 任何一种设备的基础必须同该种设备的底座相适应，并能保证所安装的设备牢固可靠；

2) 具有足够的强度与刚性，避免设备产生剧烈的振动，保证设备的振动不致影响其本身的精度和寿命，并不致影响产品的质量，对邻近的设备和建筑物也不造成不良的影响；

3) 具有稳定性和耐久性，防止地下水及有害液体的侵蚀，保证基础不产生变形或局部沉陷。当基础建造在有可能遭受化学液体、油液或侵蚀性水分影响的环境时，基础应该加防护层。例如，在基础表面涂上防酸、防油的水泥砂浆或涂玛蹄脂油（由45~50%煤沥青、25~30%煤焦油和25~30%细黄砂组成），并设排液、集液沟槽；

4) 设备和基础的总重心与基础底面积的形心必须力求位于同一垂直线上。当地基的计算强度 $P \leq 1.5$ 公斤/厘米²时，其偏心值不得大于在重心偏

移方向一面基础底边长度的30%；当 $P > 1.5$ 公斤/厘米²时，则不得大于5%。
金属切削机床基础的偏心值不作规定。

偏心距离可按下式计算：

$$C_x = \frac{\sum(Q_i x_i)}{\sum Q_i}, \quad C_y = \frac{\sum(Q_i y_i)}{\sum Q_i} \quad (1)$$

式中 x_i, y_i ——某已知单独构件和相应基础部分的总重心对于基础底面形心沿 x 或 y 轴方向的偏移距离(米)；

Q_i ——某已知构件和相应基础部分的重量之和(吨)；

C_x, C_y ——设备和基础的总重心对于基础底面形心沿 x 或 y 轴方向的偏心距离(米)。

5) 大型设备安装后，大约每年需进行一次精平调整。小修时设备要进行局部解体，有些部位因工件变换而需重新调整，因此应留出相应的工作坑道和操作场地；

6) 根据产品的工艺和使用方便来决定基础的标高。还应保证铁屑与烟尘排除方便。单独的电气设备应尽可能设在厂房的墙柱之间，以节省生产面积，但不应接近暖风机、排水道，交通道等；

7) 大型机床的基础在机床安装前需要进行预压。预压的重量为自重和允许加工件最大重量总和的1.25倍。预压物可用钢材、砂子或小石子。预压物应均匀地压在基础上，以保证基础均匀下沉。预压工作应进行到基础不再继续下沉为止；

8) 必须坚持节约的原则，最大限度地节省材料和人工费用；

9) 隔振装置的设计与计算，可按“动力机械和易震设备隔振设计及计算规程”进行。

(二) 设备基础设计的基本依据

1) 设备说明书，其上提供了设备的性能，主要技术数据，以及有关电气、管道等辅助设备的布置和固定条件；

2) 负载于设备基础上的所有的静、动负荷的数值；

3) 设备安装地点的工艺平面布置图，建造基础场地的地质构造、水文情况及其土壤的类型成分和性质，其数据取自工厂设计时的地质勘测资料。

(三) 设备基础的地基

大多数设备的基础都是建造在地基上，不同类型，不同性质的地基对设

备的基础将产生不同的影响。因此,在进行基础设计的时候,首先要了解地基的强度、弹性和刚性。

1. 基础地基的强度

在设计基础时,要检验基础下面地基的强度,看能否满足设备基础的要求。

设备基础下面地基的强度 P_j , 可用下式计算

$$P_j = \alpha P \quad (\text{公斤/厘米}^2) \quad (2)$$

式中 α —— 减缩系数, 对于受冲击负荷者为 $0.4 \sim 0.5$; 对于高速透平机组取 0.8 ; 对于低速运转的因加速振动很小, α 可取为 1 ;

P —— 地基的计算强度 (公斤/厘米²)。

地基的计算强度与地基的结构和基础的埋置深度有关。

(1) 粘土类、砂土类和大块石类地基的计算强度 根据地基的埋置深度, 分两种情况加以说明。

第一种情况 —— 基础的埋置深度为 $1.5 \sim 2$ 米时;

1) 基础的宽度为 $0.6 \sim 1$ 米时, 地基的计算强度分别按表 1~3 选取;

表 1 粘土类 (非大孔性土) 地基的计算强度 (P)

(公斤/厘米²)

土 壤 类 别	孔 隙 比 (ϵ)	地 基 土 的 状 况	
		坚 硬 的	可 塑 的
粘质砂土	0.5	3.0	3.0
	0.7	2.5	2.0
砂质粘土	0.5	3.0	2.5
	0.7	2.5	1.8
	1.1	2.0	1.0
粘 土	0.5	6.0	4.0
	0.6	5.0	3.0
	0.8	3.0	2.0
	1.1	2.5	1.0

注 1. 土壤的孔隙体积与其矿物部分体积之比, 称为孔隙比 (一般由地质勘测提供)。

孔隙比大于 1.0 者称为淤泥;

2. 当孔隙比 (ϵ) 为中间数值时, 粘土类土壤 (非大孔性土) 的计算强度允许按直线插入法求得。

表2 砂土类地基的计算强度 (P)(公斤/厘米²)

土 壤 类 别		地 基 土 的 状 况	
		密 实 的	中 密 的
砾砂和粗砂 (与含水量无关)		4.5	3.5
中 砂 (与含水量无关)		3.5	2.5
细砂	稍湿的	3.0	2.0
	很湿的和饱和的	2.5	1.5
粉砂	稍湿的	2.5	2.0
	很湿的	2.0	1.5
	饱和的	1.5	1.0

表3 大块碎石类土地基的计算强度

土 壤 类 别	P (公斤/厘米 ²)
孔隙为砂填充的碎石或卵石	6.0
角砾或圆砾 (由结晶岩碎块生成的)	5.0
角砾或圆砾 (由沉积岩碎块生成的)	3.0

2) 基础的宽度等于和大于5米时, 对于砂类 (不包括粉砂和大块碎石类土壤) 的计算强度可按表1~3列出的数值增加50%; 对于粉砂和粘土类土, 可增加20%;

3) 基础的宽度介于1~5米之间时, 土壤的计算强度可根据第一项的数值和第二项的数值采用直线插入法来确定。

第二种情况——基础的埋置深度小于1.5米或大于2米时, 可根据表1~3列出的数值乘以系数 m 来确定。 m 等于:

1) 当 $H < 1.5$ 米时,

$$m = 0.5 + 0.0033H \quad (3)$$

2) 当 $H > 2$ 米时,

$$m = 1 + \frac{\gamma_0}{P} [K(H - 200) - h] \quad (4)$$

式中 H ——基础的埋置深度(厘米);

h ——天然地面标高和基础底面标高之差(厘米);

γ_0 ——位于基础底面以下的地基土壤单位体积重量的平均值 (公斤/

厘米³), 可从有关资料查得;

P ——根据表1~3所采用的地基的计算强度(公斤/厘米²);

K ——系数, 按表4选取。

表4 系数 K

基础底面以下土 的 类 别	K
砂类和大块碎石类土	2.5
粘质砂土和砂质粘土	2.0
粘 土	1.5

(2) 岩石类地基的计算强度 它与基础的埋置深度和宽度无关, 可按下式确定:

$$P = K P_0 \quad (5)$$

式中 P_0 ——饱和状态下单轴受压时的土壤极限强度(公斤/厘米²), 其具体数值可从勘测设计资料中选取;

K ——根据土工试验, 按单轴抗压极限强度所确定的匀质系数, 在计算一般工业结构物时, 可取0.17。

2. 基础地基的弹性

地基的弹性一般用地基土壤的弹性均匀压缩系数 C_z , 弹性非均匀压缩系数 C_φ 及弹性均匀剪切系数 C_x 来表示。

其关系是: $C_\varphi = 2C_z$ (吨/米³)

$$C_x = 0.7C_z \text{ (吨/米}^3\text{)}$$

C_z 的计算值由土工试验测定。当无试验资料可查时, 对于基础底面积 $F > 10$ 米² 者, 可根据土壤的计算强度 P 值从表5中选取 (C_φ 、 C_x 的相当数值同时列于表5)。

表 5

土壤的计算强度 P (公斤/厘米 ²)	C_z ① (吨/米 ³)	C_φ (吨/米 ³)	C_x (吨/米 ³)
1	2000	4000	1400
2	4000	8000	2800
3	5000	10000	3500
4	6000	12000	4200
5	7000	14000	4900

① C_z 的中间值可按直线插入法确定。当基础底面积 $F < 10$ 米² 时, 则表5所列的

C_z 值需乘以 $\sqrt{\frac{10}{F}}$ 增大之, C_φ 、 C_x 亦相应增大。

3. 基础地基的刚性

地基的刚性系数计算值 K_z 、 K_x 及 K_φ 按下列公式求得:

(1) 在弹性均匀压缩时:

$$K_z = C_z F \text{ (吨/米)} \quad (6)$$

(2) 当基础底部对水平轴线弹性回转 (非均匀压缩) 时:

$$K_\varphi = C_\varphi J \text{ (吨/米)} \quad (7)$$

(3) 在弹性均匀剪切时:

$$K_x = C_x F \text{ (吨/米)} \quad (8)$$

式中 F —— 基础底面积 (米²);

J —— 基础底面积的惯性矩 (米⁴).

(四) 设备基础常用的混凝土标号

设备常用的是混凝土基础。但在没有混凝土的情况下, 个别小型设备也可以用红砖砌的基础。

混凝土按强度划分为 10 个标号: 50、75、100、150、200、250、300、400、500、600。设备的混凝土基础, 若无特殊要求, 一般采用的混凝土标号是 100 号和 150 号两种 (表 6)。

表 6 设备基础常用的混凝土标号

设备类别		混凝土标号			说明
		砌 砖	不配钢筋 的混凝土	配钢筋的 混凝土	
金属切削机床	<4吨	100号砖; 不低于50号砂浆	100号	—	如用块石混凝土, 其块石不应低于 200 号, 小型机床一般可直接安装在混凝土地坪上
	4~12吨	—	100号	100号	
	>12吨	—	—	150号	为节约起见, 允许在混凝土中加20%的200号块石
锻压设备	—	—	100号	100~150号	锻锤设备一般均用钢筋混凝土
铸造设备	—	—	100号	150号	造型机、落砂机一般选用钢筋混凝土
破碎粉磨设备	—	—	100号	150号	大型破碎设备可用钢筋混凝土
连续运输设备	—	—	100号	—	皮带运输机
活塞式气体压缩机	—	—	—	100~150号	功率在 100 千瓦以上的压缩机应用钢筋混凝土

(五) 常用设备基础的设计

在工程实际中, 设备说明书里一般都绘出了基础地基图, 示出了基础的平面尺寸。至于基础的深度, 有的注明了尺寸, 有的不注尺寸, 视安装地点的地基状况而定。

因此, 对于具体安装单位来说, 其基础设计主要是根据设备的类型和规格来选择合理的基础材料和结构型式。

确定基础的埋置深度, 根据安装地点的地基情况对提供的基础地基图进行必要的校验和修正。下面仅以工厂中常见的金属切削机床和锻锤为例, 来介绍基础设计的一般方法。

1. 金属切削机床基础的设计

金属切削机床的基础比较简单、基础的建造材料可参照表 6 选取。

普通金属切削机床基础的地基, 基本不受天然土地基类别的限制, 计算强度 P 大于 1 公斤/厘米² 的土壤都可以作一般机床基础的地基。

轻型机床 (重量小于 4 吨) 一般可以直接安装在 150~200 毫米厚的混凝土地坪上。但重型机床 (如立式车床、龙门刨床、龙门铣床等) 和有高动负荷的机床 (如插床、牛头刨床等), 以及对地基振动有敏感性的精密机床 (如座标镗床、磨床), 则应安装在单独的块型基础上。

精密机床的基础四周必须有适当的隔振层。隔振层一般均填粗砂, 粗砂中也可掺一定数量的炉渣。

机床安装在单独基础上时, 基础平面尺寸可按机床底座的轮廓尺寸来确定 (机床底座的边缘到基础四周的边缘的距离不应小于 100 毫米), 而混凝土基础的厚度可采用表 7 列出的数值。

表 7 金属切削机床混凝土基础的厚度

项 目	机 床 名 称	基础厚度 H (近似值)
1	车床、六角车床、自动及半自动车床、卧式拉床	$0.2\sqrt{L}$
2	切齿机、立式车床、卧式镗床、立式铣床及卧式铣床, 立式自动及半自动机床	$0.6\sqrt{L}$
3	磨 床	$0.4\sqrt{L}$
4	牛头刨床、摇臂钻床、插床、立式拉床	$1\sim 2L$
5	立式镗床、龙门刨床、龙门铣床	$0.3\sqrt{L}$

注 1. 表中 L 为基础的长度 (米);

2. 精密机床的基础厚度按表 7 的数值乘以系数 1.2。

1104522

对于机床重量大于12吨和有高动负荷的大型机床（如插床等），应在机床下离基础上表面30~40毫米处配置直径为6~8毫米的钢筋网，其方格的间距为100~150毫米。

对于某些基础上安装很长的设备，其基础底部也需根据要求配置钢筋网（钢筋直径及网孔间距与上部同）。

金属切削机床基础的计算，主要是校验加在基础地基单位面积上的最大静压力 P_s 是否小于基础下面地基的计算强度 P_f 。

$$P_s = \frac{Q}{F} \text{ (吨/米}^2\text{)} \quad (9)$$

式中 F ——地基受压面积，即基础底面的面积（米²）（国产机床的说明书中均给出基础地基图，故 F 可从地基图中算出）；

Q ——基础地基承受的最大静负荷（吨）。

$$\text{而} \quad Q = Q_1 + Q_2 + Q_c \quad (10)$$

式中 Q_1 ——机床自身重量（吨）；

Q_2 ——加工件的最大重量（吨）；

Q_c ——机床基础的重量（吨）。

对于金属切削机床可取减缩系数 $\alpha = 1$ ，

$$\text{此时} \quad P_f = \alpha P = P$$

例1 国产B115型单臂龙门刨床的基础设计实例（图1）。

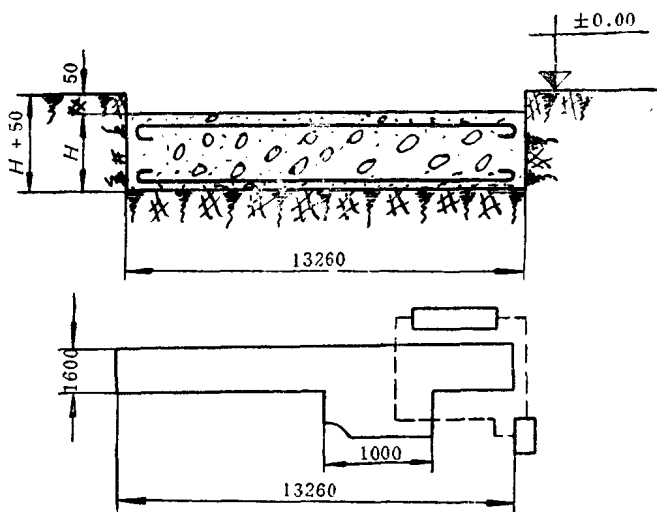


图1 B115型单臂龙门刨床的基础地基简图

已知:

机床自身重量: $Q_1 = 37$ 吨;

加工工件的最大重量: $Q_2 = 20$ 吨;

根据此机床的重量、基础材料应选用100号混凝土并配以适量的钢筋。其比重 γ 为2.2吨/米³;

1) 计算地基的受压面积(F)

在基础计算中, 安装电机部分的面积可忽略不计。

故 $F = 13.2 \times 1.6 = 21.12$ 米²

2) 确定基础的厚度(H)

根据表 7

$$H = 0.3 \sqrt{13.2} = 1.1 \text{ 米}$$

选用 H 为1.0米。

3) 计算基础的重量(Q_c)

$$\begin{aligned} Q_c &= FH\gamma \\ &= 21.12 \times 1 \times 2.2 \\ &= 46.5 \text{ 吨} \end{aligned}$$

4) 校验基础地基的计算强度

此机床安装地点 1 米深度为砂质粘土, 计算强度 $P = 1.8$ 公斤/厘米²。

地基承受的最大静载荷 $Q = 37 + 20 + 46.5 = 103.5$ 吨。所以, $P_s = \frac{103.5}{21.12} = 4.90$ 吨/米² $= 0.49$ 公斤/厘米² < 1.8 公斤/厘米²。

可见, 在安装地点的地基土壤上, 用上述基础完全能满足要求。

因为此机床的基础很长, 故在其基础的上部和底部, 均需配置钢筋 (图 1)。

为便利安装地脚螺栓, 在按机床说明书基础部分绘制结构图时, 应预留出二次浇灌用的地脚孔。预留孔的大小若说明书上没有要求的, 其深度可比地脚螺栓的实际长度大100毫米, 其截面尺寸不应小于150×150(毫米)。

2. 锻锤基础的设计

(1) 锻锤基础的结构型式 锻锤所用的基础一般为钢筋混凝土。当锤下落部分的实际重量小于和等于 3 吨时, 钢筋混凝土的标号不应小于100号; 若大于 3 吨时, 其标号不应小于150号。

砧座下基础部分的最小厚度不应小于表 8 列出的数值。

锻锤的基础需用水平钢筋加固。基础的上部(砧座下)配以100~150毫

表 8 砧块下基础部分的最小厚度

锻锤落下部分重量 (吨)	基础最小厚度 (米)	锻锤落下部分重量 (吨)	基础最小厚度 (米)
< 1	1.00	2~4	1.75
1~2	1.25	4~6	2.25

米间距的水平方格网，钢筋直径为10~12毫米，水平网的层数视锤下落部分的重量而定：重量小于1吨者用两层，重量为1~3吨者用3层，重量大于3吨者用4层。水平网沿垂直方向的间距为100~150毫米。

基础底部应设置150~200毫米间距的水平方格网，钢筋直径为12~20毫米。

如果锻锤不得不建造在饱和细砂及粉砂类地基上，为防止因锤的冲击而对邻近设备和建筑物引起不允许的振动，除建造专门的隔振基础外，还可采用桩基。

为吸收锤的冲击动负荷，砧座下需垫以适当厚度的衬垫（其厚度由设备说明书中给定）。衬垫用若干层木料平铺而成，每层的厚度不得小于100毫米。每层木料需用螺栓将其绞紧，螺栓间距为0.5~1米。衬垫的上下层，应互相交叉迭成十字形。所采用的木料，最好是水曲柳和柞木等。

（2）锻锤基础设计的主要问题 通常是要计算校检三个主要参数：

1）基础的固有垂直振幅 A_z 不超过允许值。在一般地基上建造基础时 $A_z < 1.2$ 毫米；在饱和砂（砾砂、粗砂、中砂）地基上建造时， $A_z < 0.8$ 毫米；

2）加在基础上单位面积的实际静负荷 P_s 不超过基础下面地基的计算强度 P_j ，即： $P_s < P_j = 2P$ ；对于锻锤，减缩系数 α 可取为0.4； P_s 可按公式（9）计算。

3）传至砧座衬垫上的动压力 δ 不应超过木衬逆木纹的抗压强度 R ，即 $\delta < R$ 。

对于柞木衬垫： $R = 400$ 吨/米²；

对于落叶松木衬垫： $R = 250$ 吨/米²；

对于松木衬垫： $R = 200$ 吨/米²。

（3）基本计算公式：

1）基础的固有垂直振幅：

$$A_z = 0.2 \sqrt{\frac{(1 + \varepsilon) v Q_0}{K_z Q}} \text{ (米)} \quad (11)$$