

UDC

SHI

中华人民共和国行业标准

P

SH3091-1998

---

# 石油化工压缩机基础 设计 规 范

Petro-chemical design specification  
for compressor foundation

1998-06-22 发布

1998-12-01 实施

---

中国石油化工总公司 发布

中华人民共和国行业标准

# 石油化工压缩机基础 设计 规 范

Petro-chemical design specification  
for compressor foundation

SH3091-1998

主编单位：中国石化北京设计院

批准部门：中国石油化工总公司

# 中国石油化工总公司文件

中石化[1998]建字 241 号

---

## 关于发布行业标准《石油化工压缩机 基础设计规范》的通知

各有关单位：

由中国石化北京设计院主编的《石油化工压缩机基础设计规范》已经审查定稿。现批准《石油化工压缩机基础设计规范》SH3091-1998 为石油化工行业标准,自 1998 年 12 月 1 日起实施。原《炼油厂压缩机基础设计技术规定》SHJ1065-85,自 1999 年 5 月 31 日废止。

本标准的具体解释工作,由中国石化北京设计院负责。

中国石油化工总公司

一九九八年六月二十二日

# 前 言

本规范是根据中石化（1995）建标字第 269 号文的通知，由我院对原《炼油厂压缩机基础设计技术规定》SHJ1065-85 进行修订而成。

本规范共分四章和五个附录。这次修订的主要内容有：

1 因国家标准及相关标准的变动而进行的相应修订；

2 删减了原规定中一些不常用的部分，补充了必要的规定；

3 提出了基础可不作动力计算的界限；

4 对基础的构造及配筋作了较具体的规定等。

在修订过程中，针对原规定中存在的问题进行了广泛的调查研究，总结了近十年来石油化工企业压缩机基础设计的工程经验，并征求了有关设计、施工等方面的意见，进行了多次讨论，最后经审查定稿。

规范在实施过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料提供我院，以便今后修订时参考。

我院地址：北京西城区安德路甲 67 号

邮政编码：100011

本规范的主编单位：中国石化北京设计院

主要起草人：陈加叶 龙高陵 罗道一 王恩洸

# 目 次

1	总则	1
2	主要符号	2
3	活塞式压缩机基础	7
3.1	一般规定	7
3.2	地基的主要动力参数	9
3.3	扰力计算	15
3.4	静力计算	22
3.5	动力计算	24
3.6	联合基础	35
3.7	简化计算	37
3.8	材料与构造	39
4	离心式压缩机框架式基础	43
4.1	一般规定	43
4.2	动力计算	45
4.3	静力计算	50
4.4	构造与配筋	53
附录 A	惯性矩及转动惯量计算	57
附录 B	动力系数 $\eta_i$ 表	60
附录 C	$\beta$ 系数表	66
附录 D	$\rho_{01}$ 、 $\rho_{02}$ 系数表	73

附录 E 活塞式压缩机常用型式的扰力、	
扰力矩计算·····	插页
用词说明·····	75
附：条文说明·····	77

# 1 总 则

1.0.1 本规范适用于石油化工企业的活塞式压缩机大块式（或墙式）基础和工作转速  $n$  大于 3000r/min 的离心式压缩机框架式基础的设计。具有类似上述机器扰力、扰力矩的其他基础，可参考本规范进行动力计算，但振动控制值需按该机器要求确定。

本规范不适用于支承在楼盖上的机器基础的设计。

1.0.2 压缩机基础的设计，应根据机器的布置和动力特性、工程地质条件、生产和工艺对压缩机基础的技术要求等因素，合理选择有关动力参数和基础形式。基础的设计应满足下列要求：

- 1 保证基础的结构强度；
- 2 基础的振动不得超过允许值；
- 3 基础不产生有害的沉降和倾斜。

1.0.3 执行本规范时，尚应符合现行有关强制性标准规范的要求。

## 2 主要符号

### 2.0.1 作用及作用效应

- $A_{zz}$  —— 在竖向扰力作用下，基础顶面控制点的竖向振动线位移；
- $A_{\phi 1X}$ 、 $A_{\phi 2X}$  —— 机组绕 X 轴的第一、第二振型的回转角位移；
- $A_{\phi 1Y}$ 、 $A_{\phi 2Y}$  —— 机组绕 Y 轴的第一、第二振型的回转角位移；
- $A_{X\phi}$ 、 $A_{Y\phi}$  —— 在回转力矩作用下，基础顶面控制点沿 X、Y 轴向的水平振动线位移；
- $A_{z\phi}$  —— 在回转力矩作用下，基础顶面控制点的竖向振动线位移；
- $A_{\psi}$  —— 机组的扭转角位移；
- $A_{X\psi}$ 、 $A_{Y\psi}$  —— 在扭转力矩作用下，基础顶面控制点沿 X、Y 轴向的水平振动线位移；
- $A_i$  —— 频率为  $\omega_i$  的扰力作用下基础顶面某点的振动线位移；
- $M_{\phi}$  —— 机器的回转扰力矩；
- $M_{\psi}$  —— 机器的扭转扰力矩；
- $M_0$  —— 电机短路力矩标准值；
- $N_z$  —— 竖向当量荷载标准值；



- $P$  —— 基础底面平均静压力设计值；  
 $P_L$  —— 冷凝器真空吸力标准值；  
 $P_O$  —— 作用在基础上短路力标准值；  
 $P_X$  —— 机器的横向水平扰力；  
 $P_Y$  —— 机器的纵向水平扰力；  
 $P_Z$  —— 机器的竖向扰力；  
 $V_i$  —— 频率为  $\omega_i$  的扰力作用下基础顶面某点的振动速度；  
 $V$  —— 基础顶面某点的振动速度；  
 $W_g$  —— 机器转子重力；  
 $W_i$  —— 基础顶面质点  $i$  的重力；  
 $m$  —— 基组的质量；  
 $n$  —— 机器工作转速；  
 $n_d$  —— 机器的当量转速；  
 $\omega$  —— 机器扰力的圆频率；  
 $\omega_{nz}$  —— 基组竖向固有圆频率；  
 $\omega_{nx}$  —— 基组水平固有圆频率；  
 $\omega_{n\phi}$  —— 基组回转固有圆频率；  
 $\omega_{n\psi}$  —— 基组扭转固有圆频率；  
 $\omega_{n\phi 1}$ 、 $\omega_{n\phi 2}$  —— 基组水平回转耦合振动第一、第二振型固有圆频率。

### 2.0.2 计算指标

- $[A]$  —— 基础的允许振动线位移；  
 $C_z$  —— 天然地基抗压刚度系数；  
 $C_\phi$  —— 天然地基抗弯刚度系数；

- $C_x$  —— 天然地基抗剪刚度系数;  
 $C_v$  —— 天然地基抗扭刚度系数;  
 $C_{\Sigma z}$  —— 分层土综合抗压刚度系数;  
 $K_z$  —— 天然地基抗压刚度;  
 $K_\phi$  —— 天然地基抗弯刚度;  
 $K_x$  —— 天然地基抗剪刚度;  
 $K_v$  —— 天然地基抗扭刚度;  
 $J_{mx} (J_{my}, J_{mz})$  —— 基组对通过其重心并绕 X(Y、Z) 轴的转动惯量;  
 $[V]$  —— 基础的允许振动速度;  
 $f$  —— 地基承载力设计值;  
 $f_k$  —— 地基承载力标准值;  
 $\zeta_z$  —— 天然地基竖向阻尼比;  
 $\zeta_v$  —— 天然地基扭转向阻尼比;  
 $\zeta_{x\phi 1}, \zeta_{x\phi 2}$  —— 天然地基水平回转耦合振动第二振型阻尼比;  
 $\rho_{1x}, \rho_{2x}$  —— 基组第一、第二振型绕 X 轴当量回转半径;  
 $\rho_{1y}, \rho_{2y}$  —— 基组第一、第二振型绕 Y 轴当量回转半径。

### 2.0.3 几何参数及计算系数

- $A$  —— 基础底面积;  
 $A_1$  —— 冷凝器与汽轮机接口处连接管道的截面面积;  
 $r$  —— 汽轮机轴与基础作用点之间的距离;

- $I_X$ 、 $I_Y$  —— 基础底面对通过其形心 X、Y 轴的惯性矩；
- $I_P$  —— 基础底面对通过其形心轴的极惯性矩；
- $h_1$  —— 基组重心至基础顶面的距离；
- $h_2$  —— 基组重心至基础底面的距离；
- $h_3$  —— 基组重心至机器水平扰力作用线的距离；
- $l_x$ 、 $l_y$  —— 基础顶面控制点至扭转轴在 X、Y 轴向的水平距离；
- $\bar{m}$  —— 基础质量比；
- $\alpha_f$  —— 地基承载力的动力折减系数；
- $\alpha_A$  —— 振动线位移折减系数；
- $\alpha_z$  —— 基础埋深作用对地基抗压刚度的提高系数；
- $\alpha_{x\phi}$  —— 基础埋深作用对地基抗剪、抗弯、抗扭刚度的提高系数；
- $\alpha_1$  —— 刚性地面与基础连接时，对地基抗剪、抗弯、抗扭刚度的提高系数；
- $\beta_z$  —— 基础埋深作用对竖向阻尼比的提高系数；
- $\beta_{x\phi}$  —— 基础埋深作用对水平回转向、扭转向阻尼比的提高系数；
- $\beta_1$ 、 $\beta_2$  —— 基组水平回转耦合振动固有圆频率与回转固有圆频率之比值系数；
- $\delta_b$  —— 基础埋深比；
- $\eta_i$  —— 基组竖向（回转、扭转）振动时的动力系数；

$\rho_{01}$ 、 $\rho_{02}$  —— 基组第一、第二振型当量回转半径与  
 $h_2$ 之比值系数。

## 3 活塞式压缩机基础

### 3.1 一般规定

3.1.1 设计活塞式压缩机基础时，应取得下列资料：

1 机器的主要技术参数：

- a 机器（压缩机、电动机）的名称、型号、工作转速、规格、功率；
- b 机器及辅助设备的重量及重心位置；
- c 曲柄连杆机构运动所产生的第一谐波及第二谐波的不平衡扰力和扰力矩，以及各荷载的作用位置；当需要计算扰力时，应按本规范第 3.3.1 条要求提供数据；
- d 压缩机曲轴中心线至基础顶面的距离。

2 机器组装总图和机器底座外轮廓图，基础中按要求设置的坑、沟、孔、洞的位置和尺寸、后浇层的厚度和范围，地脚螺栓、预埋件位置、数量、规格及埋设方式和深度。

3 机器基础在建筑物中的位置及与厂房、临近构筑物或其他设备基础的相互关系。

4 工程地质、水文地质勘察资料及地基动力特性试验资料。

3.1.2 基础外形尺寸应按制造厂提供的图纸和工艺提出

的辅助设备布置、配管条件等资料进行确定，基础形式一般为大块式，当机器操作平台位于二层楼面标高时，宜采用墙式。

基础形式，应简单规整，并力求对称、质量分布均匀；墙式基础的构造形式应避免应力集中，加强整体刚度。

3.1.3 大块式或墙式基础，宜设计成处于共振前工作状态，应尽量降低基础高度，增大底板面积，减少基础质量。

3.1.4 压缩机基础应与厂房结构或其他构筑物基础分开。当基础埋置深度相同时，其净距不宜小于 100mm。

机器基础的振动，如对邻近的人员、机器基础、精密仪器和建筑物等可能产生有害影响时，应调整平面布置或采取隔振措施。

3.1.5 压缩机基础上部附属钢操作平台应与厂房楼板脱开 30~50mm；当振动管线搁置在建筑物上时，应采取减振措施。

3.1.6 基础的埋置深度，应根据场地的工程地质、冻结深度、水文条件、基础的构造要求、相邻建（构）筑物的相互影响等因素确定。一般不小于 800mm。

3.1.7 基础宜设置在土层比较均匀的中低压缩性土层上，如遇软弱地基或其他特殊地基时应采取适当的处理措施。

3.1.8 选择地基动力参数时，应力求接近实际，并按下列原则取值：

1 当机器的扰力圆频率小于基组竖向固有圆频率时，基础埋深和地面对地基刚度影响宜少考虑。

2 当机器的扰力圆频率大于基组竖向固有圆频率时，基础埋深和地面对地基刚度影响宜充分考虑。

3.1.9 基组（包括机器、基础和基础底板上的附属设备及填土）的固有圆频率和机器的扰力圆频率相差宜在±25%以上。

3.1.10 基础的设计，宜考虑有改变固有圆频率的可能性。

3.1.11 基础的计算包括下列各项：

1 核算基组的重心与基础底面的形心在座标 X、Y 轴两个方向的偏心距；

2 验算地基强度和基础局部构件的强度。当基础底面应力小于地基承载力设计值的一半时，一般可不作沉降计算；

3 动力计算应计算基组的固有圆频率和在第一、第二谐波扰力作用下的振动线位移。

### 3.2 地基的主要动力参数

3.2.1 地基基本动力参数，一般应由现场试验确定。试验方法应按现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T50269 规定采用。当有经验时，可按本节规定确定。

3.2.2 天然地基抗压刚度系数  $C_z$  按表 3.2.2 取值。

3.2.3 天然地基的抗剪、抗弯、抗扭刚度系数，应按下列公式计算：

$$C_x = 0.7C_z \quad (3.2.3-1)$$

$$C_\phi = 2.15C_z \quad (3.2.3-2)$$

$$C_{\psi} = 1.05C_z \quad (3.2.3-3)$$

式中  $C_x$  —— 天然地基抗剪刚度系数(kN/m<sup>3</sup>)；  
 $C_{\downarrow}$  —— 天然地基抗弯刚度系数(kN/m<sup>3</sup>)；  
 $C_{\psi}$  —— 天然地基抗扭刚度系数(kN/m<sup>3</sup>)。

表 3.2.2 天然地基（匀质土）抗压刚度系数  $C_z$  值(kN/m<sup>3</sup>)

地基承载力标准值 $f_k$ (kPa)	土 的 名 称		
	粘性土	粉 土	砂 土
300	66000	59000	52000
250	55000	49000	44000
200	45000	40000	36000
150	35000	31000	28000
100	25000	22000	18000
80	18000	16000	

注：表中所列  $C_z$  值适用于基底面积大于或等于 20m<sup>2</sup> 的基础，  
 当底面积小于 20m<sup>2</sup> 时，表中的  $C_z$  值应乘以  $\sqrt[3]{\frac{20}{A}}$ ， $A$  为

基础底面积 (m<sup>2</sup>)。

3.2.4 基底下影响深度 ( $h=2d$ ) 范围内，由不同土层组成时（图 3.2.4），其综合抗压刚度系数可按下式计算：

$$C_{\Sigma z} = \frac{0.667}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_{zi}} \left( \frac{1}{1 + \frac{h_{i-1}}{d}} - \frac{1}{1 + \frac{h_i}{d}} \right)} \quad (3.2.4)$$

式中  $C_{\Sigma z}$  —— 分层土综合抗压刚度系数(kN/m<sup>3</sup>)；



- $C_{zi}$  —— 第  $i$  层土的抗压刚度系数 ( $\text{kN/m}^3$ );
- $d$  —— 方形基础边长, 当为矩形基础时,  
 $d = \sqrt{A}$  (m);
- $h_i$ 、 $h_{i-1}$  —— 从基底至  $i$  层、 $i-1$  层土底面的深度 (m)。

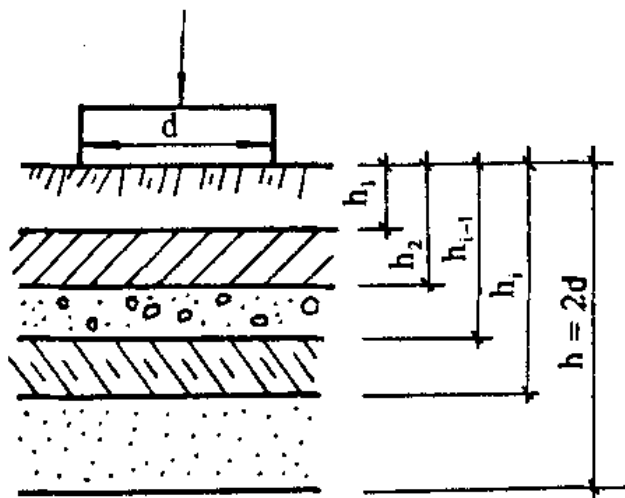


图 3.2.4 分层土地基示意

3.2.5 天然地基的抗压、抗弯、抗剪、抗扭刚度, 应按下列公式计算:

$$K_z = C_z A \quad (3.2.5-1)$$

$$K_{\phi x} \text{ (或 } K_{\phi y}) = C_{\phi} I_x \text{ (或 } C_{\phi} I_y) \quad (3.2.5-2)$$

$$K_x = C_x A \quad (3.2.5-3)$$

$$K_{\psi} = C_{\psi} I_p \quad (3.2.5-4)$$

式中  $K_z$  —— 天然地基抗压刚度 ( $\text{kN/m}$ );

$K_{\phi x}$ 、 $K_{\phi y}$  —— 天然地基绕 X 轴、Y 轴的抗弯刚度  
 ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ );

$K_x$  —— 天然地基抗剪刚度 ( $\text{kN/m}$ );

$K_{\psi}$  —— 天然地基抗扭刚度 ( $\text{kN} \cdot \text{m}$ );

$I_x$ 、 $I_y$  —— 基础底面对通过其形心 X、Y 轴的惯性矩(  $m^4$  );

$I_p$  —— 基础底面通过其形心轴的极惯性矩(  $m^4$  );

$A$  —— 基础底面积(  $m^2$  )。

3.2.6 当考虑基础的埋深和刚性地面对地基刚度的提高作用时,地基的抗压、抗弯、抗剪、抗扭刚度,可按下列公式计算:

$$K_z = \alpha_z C_z A \quad (3.2.6-1)$$

$$K_{\phi x} \text{ (或 } K_{\phi y}) = \alpha_{\phi} \alpha_1 C_{\phi} I_x \text{ (或 } \alpha_{\phi} \alpha_1 C_{\phi} I_y) \quad (3.2.6-2)$$

$$K_x = \alpha_{\phi} \alpha_1 C_x A \quad (3.2.6-3)$$

$$K_v = \alpha_{\phi} \alpha_1 C_v I_p \quad (3.2.6-4)$$

$$\alpha_z = (1 + 0.4 \delta_b)^2 \quad (3.2.6-5)$$

$$\alpha_{\phi} = (1 + 1.2 \delta_b)^2 \quad (3.2.6-6)$$

$$\delta_b = \frac{h_i}{\sqrt{A}} \quad (3.2.6-7)$$

式中  $\alpha_z$  —— 基础埋深作用对地基抗压刚度的提高系数;

$\alpha_{\phi}$  —— 基础埋深作用对地基抗剪、抗弯、抗扭刚度的提高系数;

$\alpha_1$  —— 刚性地面与基础连接时,对地基抗剪、抗弯、抗扭刚度的提高系数,对于软弱地基土可取 1.4,对于其他地基土可取 1.0~1.3;

$\delta_b$  —— 基础埋深比,当算得的  $\delta_b$  大于 0.6 时,应取 0.6;

$h_i$  —— 基础埋置深度(m)。

注：当基础采用埋置，地基的承载力标准值小于 350kPa，且基础周围回填土与地基土的密度比不小于 0.85 时，可考虑基础埋深作用。

### 3.2.7 天然地基阻尼比，可按以下公式计算：

#### 1 竖向阻尼比

$$\text{粘性土} \quad \zeta_z = \frac{0.16}{\sqrt{\bar{m}}} \quad (3.2.7-1)$$

$$\text{砂土、粉土} \quad \zeta_z = \frac{0.11}{\sqrt{\bar{m}}} \quad (3.2.7-2)$$

#### 2 扭转向阻尼比

$$\text{粘性土} \quad \zeta_\psi = \frac{0.08}{\sqrt{\bar{m}}} \quad (3.2.7-3)$$

$$\text{砂土、粉土} \quad \zeta_\psi = \frac{0.06}{\sqrt{\bar{m}}} \quad (3.2.7-4)$$

#### 3 水平回转向阻尼比

$$\text{粘性土} \quad \zeta_{x\phi 1,2} = \frac{0.08}{\sqrt{\bar{m}}} \quad (3.2.7-5)$$

$$\text{砂土、粉土} \quad \zeta_{x\phi 1,2} = \frac{0.06}{\sqrt{\bar{m}}} \quad (3.2.7-6)$$

$$\bar{m} = \frac{m}{\rho A \sqrt{A}} \quad (3.2.7-7)$$

式中  $\zeta_z$ 、 $\zeta_\psi$  —— 天然地基竖向、扭转向阻尼比；

$\zeta_{x\phi 1,2}$  —— 天然地基水平回转向第一、第二振型阻尼比；

$\bar{m}$  —— 基组质量比；

$m$  —— 基组质量 (t)；

$\rho$  —— 地基土的密度 ( $t/m^3$ )。

3.2.8 当考虑基础埋深对阻尼比提高作用时, 提高后的天然地基竖向、水平回转向、扭转向阻尼比应按下列公式计算:

1 竖向阻尼比

粘性土  $\zeta'_z = \beta_z \zeta_z$  (3.2.8-1)

砂土、粉土  $\zeta'_z = \beta_z \zeta_z$  (3.2.8-2)

2 扭转向阻尼比

粘性土  $\zeta'_\psi = \beta_{x\phi} \zeta_\psi$  (3.2.8-3)

砂土、粘土  $\zeta'_\psi = \beta_{x\phi} \zeta_\psi$  (3.2.8-4)

3 水平回转向阻尼比

粘性土  $\zeta'_{x\phi 1,2} = \beta_{x\phi} \zeta_{x\phi 1,2}$  (3.2.8-5)

砂土、粉土  $\zeta'_{x\phi 1,2} = \beta_{x\phi} \zeta_{x\phi 1,2}$  (3.2.8-6)

$$\beta_z = 1 + \delta_b \quad (3.2.8-7)$$

$$\beta_{x\phi} = 1 + 2\delta_b \quad (3.2.8-8)$$

式中  $\beta_z$ 、 $\beta_{x\phi}$  —— 基础埋深作用对竖向、水平回转向和扭转向阻尼比的提高系数。

$\zeta'_z$ 、 $\zeta'_\psi$  —— 考虑基础埋深对阻尼比的提高作用后的竖向、扭转向阻尼比。

$\zeta_{x\phi 1,2}$  —— 考虑基础埋深对阻尼比的提高作用后的水平回转向第一、第二振型阻尼比。

3.2.9 桩基的基本动力参数按现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB50040 确定。

### 3.3 扰力计算

3.3.1 机器的扰力和扰力矩数值，应由机器制造厂提供，当需要计算时，必须取得下列数据：

- 1 主轴的转速；
- 2 各个气缸布置的方向角；
- 3 曲柄的排列方式（相邻曲柄的夹角）；
- 4 曲柄臂和曲柄销重力；
- 5 往复运动部分的重力（活塞、活塞杆、十字头等）；
- 6 连杆的重力；
- 7 曲柄半径；
- 8 主轴至曲柄臂重心的距离；
- 9 连杆长度；
- 10 连杆重心至曲柄销的距离；
- 11 平衡块的重量及其重心到主轴中心的距离。

3.3.2 运动质量，应按下列方法计算：

1 旋转部分的不平衡质量，按下列公式计算（图 3.3.2-1、3.3.2-2）：

$$m_a = \frac{1}{g} [W_1 + (1 - \frac{l_c}{l_o})W_3 - \frac{r_b}{r_o}W_4] \quad (3.3.2-1)$$

$$W_1 = W_1' + \frac{r_{\perp}}{r_o}W_1'' \quad (3.3.2-2)$$

式中  $m_a$  —— 旋转部分不平衡质量 (t)；

$g$  —— 重力加速度 ( $m/s^2$ )；

$W_1$  —— 曲柄换算到曲柄销上的重力 (kN)；

- $W_1'$  —— 曲柄销重力 (kN) ;  
 $W_1''$  —— 曲柄臂重力 (kN) ;  
 $r_s$  —— 曲柄臂重心至主轴的距离 (m) ;  
 $r_o$  —— 曲柄半径 (m) ;  
 $W_3$  —— 连杆重力 (kN) ;  
 $l_c$  —— 连杆重心至曲柄销的距离 (m) ;  
 $l_o$  —— 连杆长度 (m) ;  
 $r_b$  —— 平衡块重心至主轴的距离 (m) ;  
 $W_4$  —— 平衡块的重力 (kN) 。

注:  $\frac{l_c}{l_o}$  值一般取 0.30。

2 往复运动部分的质量, 按下式计算(图 3.3.2-2):

$$m_b = \frac{1}{g} (W_2 + \frac{l_c}{l_o} W_3) \quad (3.3.2-3)$$

式中  $m_b$  —— 往复运动部分的质量 (t) ;

$W_2$  —— 往复运动部分的重力 (包括十字头、活塞杆及活塞) (kN) 。

3.3.3 计算扰力时, 建立坐标应符合下列规定(图 3.3.3):

1 以主轴中心 O 为坐标原点, 在压缩机旋转平面上取直角坐标系 XOZ, X 轴向右为正, Z 轴向上为正, Y 轴自 O 点出纸面为正;

2 Z 轴正方向与气缸中心线夹角为  $\phi$ , 顺时针为正;

3 Z 轴正方向与曲柄夹角为  $\beta$ , 顺时针为正;

4 气缸中心线与曲柄的夹角为  $\alpha$ , 顺时针为正。

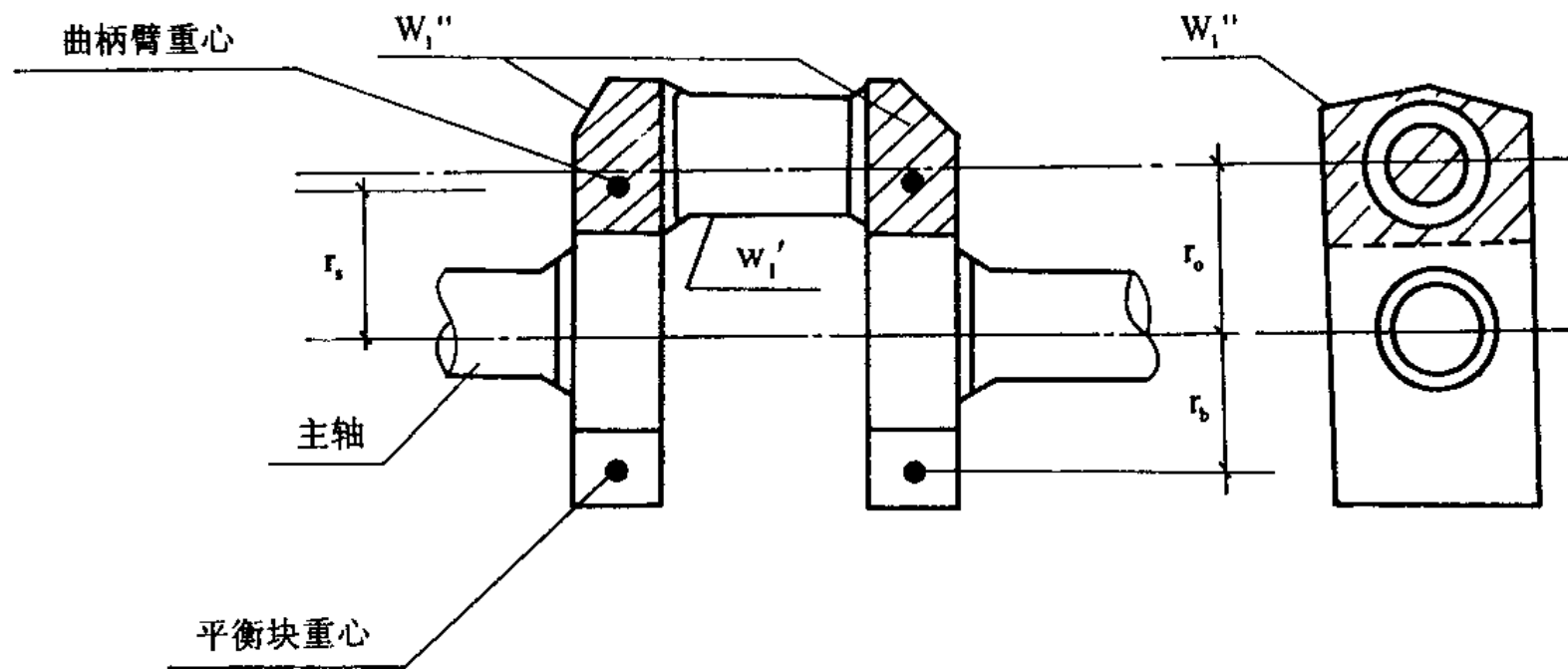


图 3.3.2-1 曲柄示意

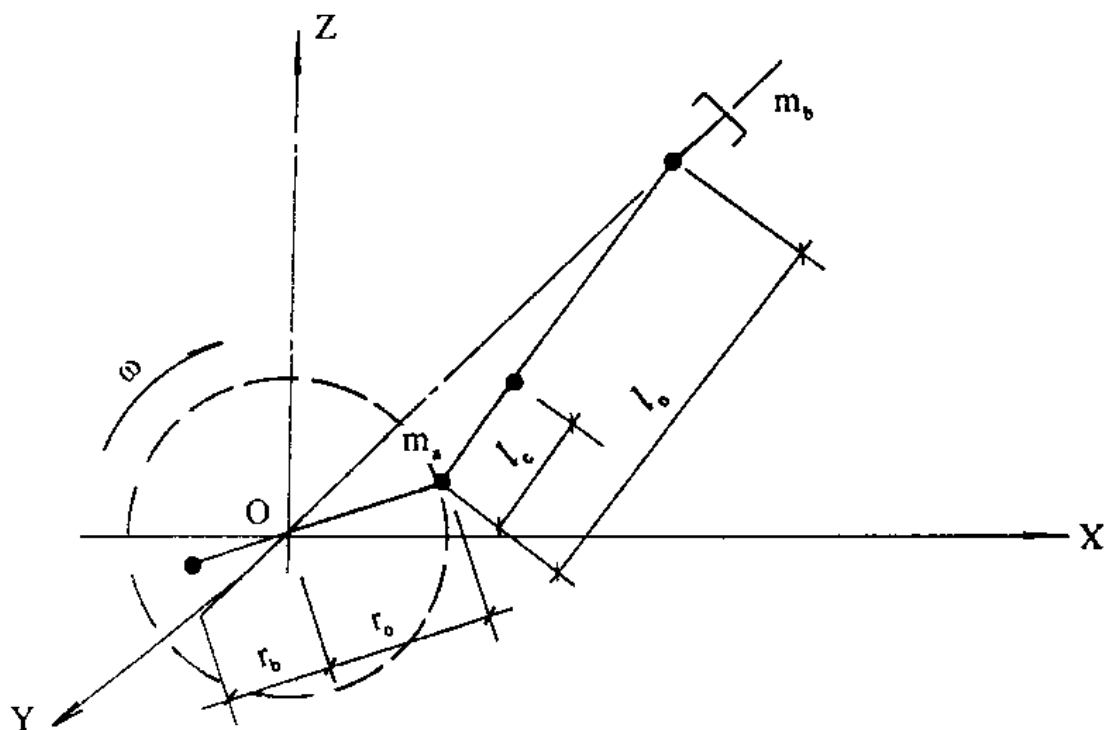


图 3.3.2-2 质量分布示意

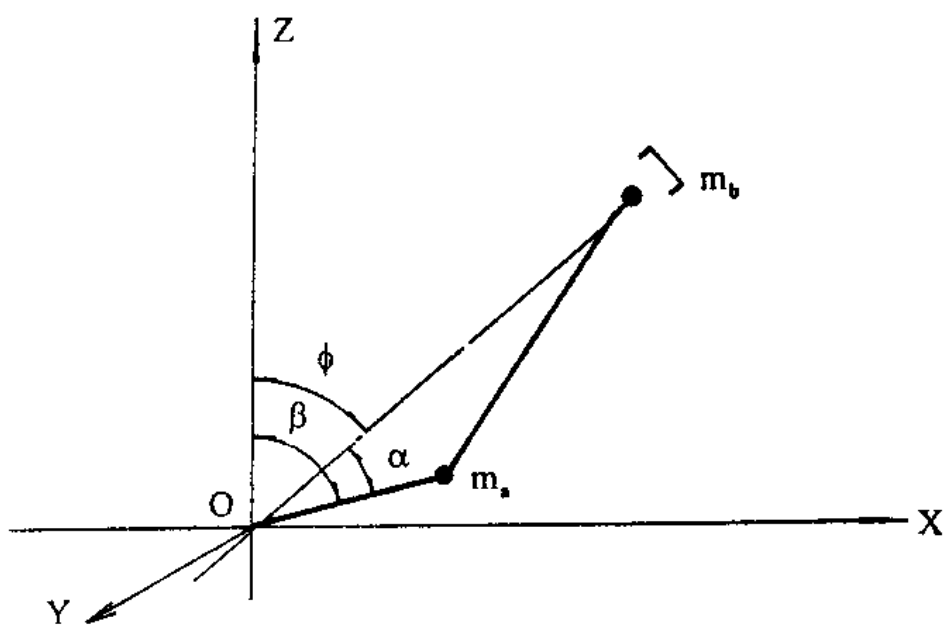


图 3.3.3 扰力计算坐标示意

注：图中  $\alpha$ 、 $\beta$  为时间的函数



### 3.3.4 单缸扰力按下列公式计算:

#### 1 水平扰力

##### a 一谐扰力

$$P_{x1} = r_o \omega^2 [m_a \sin(\alpha + \phi) + m_b \cos \alpha \sin \phi] \quad (3.3.4-1)$$

##### b 二谐扰力

$$P_{x2} = m_b r_o \omega^2 \Delta \cos 2\alpha \sin \phi \quad (3.3.4-2)$$

#### 2 竖向扰力

##### a 一谐扰力

$$P_{z1} = r_o \omega^2 [m_a \cos(\alpha + \phi) + m_b \cos \alpha \cos \phi] \quad (3.3.4-3)$$

##### b 二谐扰力

$$P_{z2} = m_b r_o \omega^2 \Delta \cos 2\alpha \cos \phi \quad (3.3.4-4)$$

式中  $\omega$  —— 主轴之角速度 (rad/s) ;

$\Delta$  —— 曲柄半径和连杆长度的比值 ( $r_o/l_o$ ) 。

### 3.3.5 多缸扰力, 应按下列公式计算:

#### 1 水平扰力

##### a 一谐扰力

$$P_{x1} = r_o \omega^2 \left[ \sum_{i=1}^n m_{ai} \sin(\alpha + \phi) + \sum_{i=1}^n m_{bi} \cos \alpha \sin \phi \right] \quad (3.3.5-1)$$

##### b 二谐扰力

$$P_{x2} = r_o \omega^2 \sum_{i=1}^n m_{bi} \Delta \cos 2\alpha \sin \phi \quad (3.3.5-2)$$

#### 2 竖向扰力

##### a 一谐扰力

$$P_{z1} = r_o \omega^2 \left[ \sum_{i=1}^n m_{ai} \cos(\alpha + \phi) + \sum_{i=1}^n m_{bi} \cos \alpha \cos \phi \right] \quad (3.3.5-3)$$

### b 二谐波扰力

$$P_{z2} = r_0 \omega^2 \sum_{i=1}^n m_{xi} \Delta \cos 2\alpha \cos \phi \quad (3.3.5-4)$$

## 3.3.6 多缸扰力矩，可按下列公式计算（图 3.3.6）

### 1 回转力矩

#### a 一谐回转力矩

$$M_{\phi 1} = \sum_{i=1}^n P_{zi} C_i \quad (3.3.6-1)$$

#### b 二谐回转力矩

$$M_{\phi 2} = \sum_{i=1}^n P_{z2i} C_i \quad (3.3.6-2)$$

### 2 扭转力矩

#### a 一谐扭转力矩

$$M_{\psi 1} = \sum_{i=1}^n P_{xi} C_i \quad (3.3.6-3)$$

#### b 二谐扭转力矩

$$M_{\psi 2} = \sum_{i=1}^n P_{x2i} C_i \quad (3.3.6-4)$$

式中  $M_{\phi 1}$  —— 一谐回转力矩 (kN·m)；  
 $M_{\phi 2}$  —— 二谐回转力矩 (kN·m)；  
 $P_{zi}$  ——  $i$  汽缸一谐竖向扰力 (kN)；  
 $P_{z2i}$  ——  $i$  汽缸二谐竖向扰力 (kN)；  
 $C_i$  ——  $i$  汽缸中心线距原点“O”的距离 (m)；  
 $M_{\psi 1}$  —— 一谐扭转力矩 (kN·m)；  
 $M_{\psi 2}$  —— 二谐扭转力矩 (kN·m)；  
 $P_{xi}$  ——  $i$  汽缸一谐水平扰力 (kN)；  
 $P_{x2i}$  ——  $i$  汽缸二谐水平扰力 (kN)。

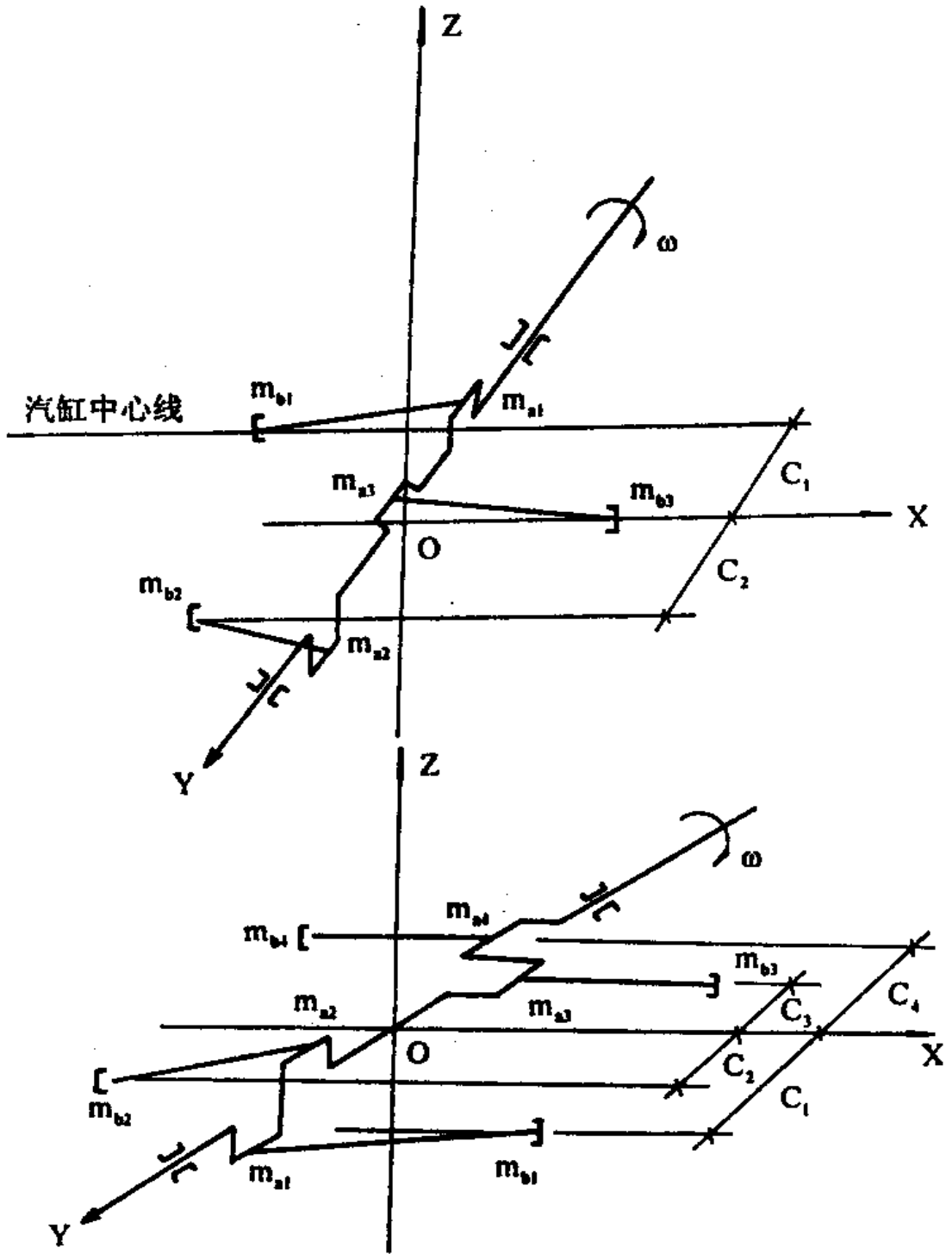


图 3.3.6 多缸压缩机坐标轴示意

### 3.4 静力计算

3.4.1 基础的静力计算应包括基组重心的核算，地基承载力验算和基础局部构件的承载力验算。

3.4.2 基础上的静荷载包括：机器及附属设备重、基础自重、基础板上的土重、支承在基础上的其他重。荷载分项系数取值应符合现行国家标准。

3.4.3 基组重心及基础底面形心（基组坐标见图 3.4.3），应按下列公式计算：

#### 1 基组重心坐标值

$$X_0 = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} \quad (3.4.3-1)$$

$$Y_0 = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i} \quad (3.4.3-2)$$

$$Z_0 = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i} \quad (3.4.3-3)$$

式中  $X_0$  —— 基组重心 X 向坐标值 (m)；  
 $Y_0$  —— 基组重心 Y 向坐标值 (m)；  
 $Z_0$  —— 基组重心 Z 向坐标值 (m)；  
 $m_i$  —— 机器、基础、土及传至基础上的其他荷载的质量 (t)；  
 $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$  —— 各相应荷载的重心坐标 (m)。

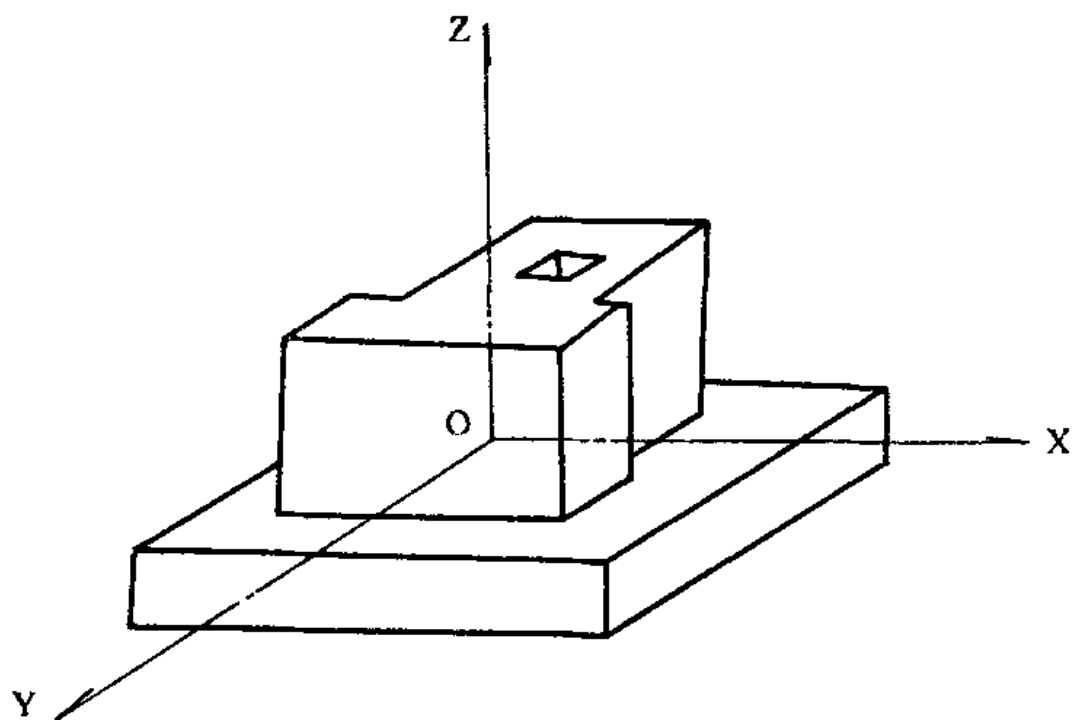


图 3.4.3 基组坐标

## 2 底面形心坐标值

$$X = \frac{\sum A_i X_i}{\sum A_i} \quad (3.4.3-4)$$

$$Y = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i} \quad (3.4.3-5)$$

式中  $X$ 、 $Y$  —— 基础底面形心坐标值 (m)；

$A_i$  —— 基础底面各分块的面积 (m<sup>2</sup>)；

$X_i$ 、 $Y_i$  —— 基础底面各分块形心的坐标值 (m)。

3.4.4 基组重心与基础底面形心应力求位于同一垂直线上，如偏心不能避免时，则偏心值与平行于偏心方向基础底边长的比值应符合下列要求：

1 当  $f_k \leq 150\text{kPa}$  时

$$\frac{|X - X_0|}{L_x} \leq 3\% \quad (3.4.4-1)$$

$$\frac{|Y - Y_0|}{L_y} \leq 3\% \quad (3.4.4-2)$$

2 当  $f_k > 150\text{kPa}$  时

$$\frac{|X - X_0|}{L_x} \leq 5\% \quad (3.4.4-3)$$

$$\frac{|Y - Y_0|}{L_y} \leq 5\% \quad (3.4.4-4)$$

式中  $f_k$  —— 地基承载力标准值 (kPa)；

$L_x$ 、 $L_y$  —— 基础底面 X、Y 向边长 (m)。

3.4.5 地基承载力应符合下列要求：

$$P \leq f \quad (3.4.5)$$

式中  $P$  —— 基础底面平均静压力设计值 (kPa)；

$f$  —— 地基承载力设计值。

### 3.5 动力计算

3.5.1 基础顶面控制点的振动线位移应为该点在各扰力、扰力矩作用下计算的振动线位移总和。

$$A_z = a_\lambda (A_{zz} + A_{z\phi}) \quad (3.5.1-1)$$

$$A_x = a_\lambda (A_{x\phi} + A_{x\psi}) \quad (3.5.1-2)$$

$$A_y = a_\lambda (A_{y\phi} + A_{y\psi}) \quad (3.5.1-3)$$

式中  $A_z$  —— 基础顶面控制点的竖向振动线位移总和；

$A_x$ 、 $A_y$  —— 基础顶面控制点沿 X、Y 轴的水平向振动线位移总和；

- $A_{zz}$  —— 在竖向扰力作用下，基础顶面控制点的竖向振动线位移；
- $A_{z\phi}$  —— 在回转扰力矩作用下，基础顶面控制点的竖向振动线位移；
- $A_{x\phi}$ 、 $A_{y\phi}$  —— 在回转扰力矩作用下，基础顶面控制点沿 X、Y 轴的水平向振动线位移；
- $A_{x\psi}$ 、 $A_{y\psi}$  —— 在扭转扰力矩作用下，基础顶面控制点沿 X、Y 轴的水平向振动线位移；
- $\alpha_A$  —— 振动线位移折减系数。当基础采用天然地基，并按本规范确定的地基动力参数，计算竖向振动线位移时取 0.7；计算水平向振动线位移时取 0.85；桩基时取 1.0。

凡存在一、二谱扰力和扰力矩的机器，应按一、二谱波的扰力圆频率分别进行振动计算，并应取其绝对值之和作为该点的计算振动线位移。各扰力、扰力矩作用下的振动线位移按本节第 3.5.2~3.5.5 条计算。当基础采用桩基时，其式中的地基刚度、基组的质量、基组通过其重心轴的转动惯量及阻尼比应按现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB50040 确定。

3.5.2 基础在通过其重心的竖向扰力  $P_z$  作用下，固有圆频率和竖向振动线位移按下列公式计算：

1 竖向固有圆频率：

$$\omega_{nz} = \sqrt{\frac{K_z}{m}} \quad (3.5.2-1)$$

$$m = \frac{W_J + W_Q + W_t}{g} \quad (3.5.2-2)$$

式中  $\omega_{nz}$  —— 基组竖向振动固有圆频率 (rad/s) ;  
 $K_z$  —— 地基抗压刚度 (kN/m) ;  
 $m$  —— 基组的质量 (t) ;  
 $W_J$  —— 基础重力 (kN) ;  
 $W_Q$  —— 机器及附属设备的重力 (kN) ;  
 $W_t$  —— 基础上回填土重力 (kN) 。

2 竖向振动线位移按下式计算:

$$A_{zz} = \frac{P_z}{K_z} \eta_z \quad (3.5.2-3)$$

式中  $A_{zz}$  —— 竖向振动线位移 (m) ;  
 $P_z$  —— 竖向扰力 (kN) ;  
 $\eta_z$  —— 竖向振动的动力系数, 按附录 B 取值。

3.5.3 基础在横向水平扰力  $P_x$  和竖向扰力  $P_z$  沿 X 轴偏心时所组成的回转力矩作用下, 产生沿 X 轴水平、绕 Y 轴回转的耦合振动(图 3.5.3), 其固有圆频率和振动线位移按下列规定计算。

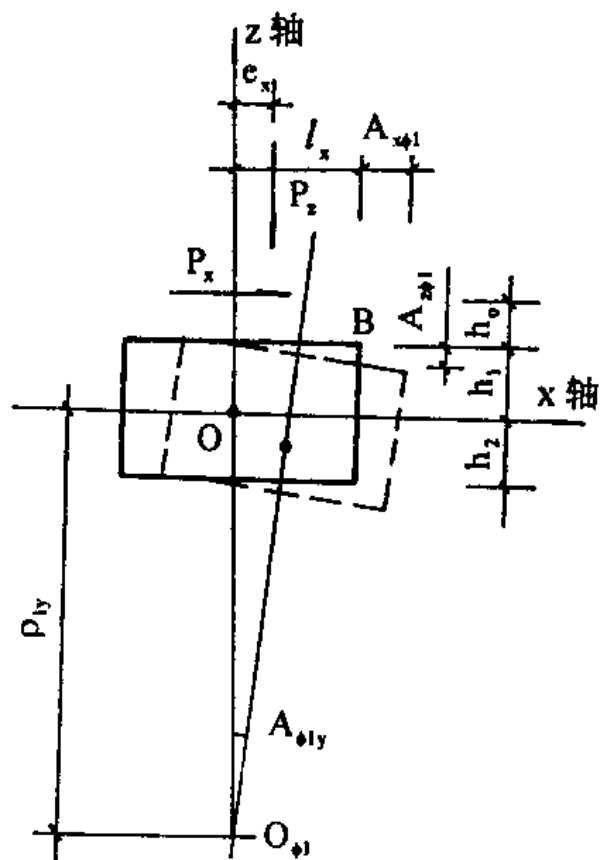
1 基组水平向的固有圆频率按下式计算:

$$\omega_{nx} = \sqrt{\frac{K_x}{m}} \quad (3.5.3-1)$$

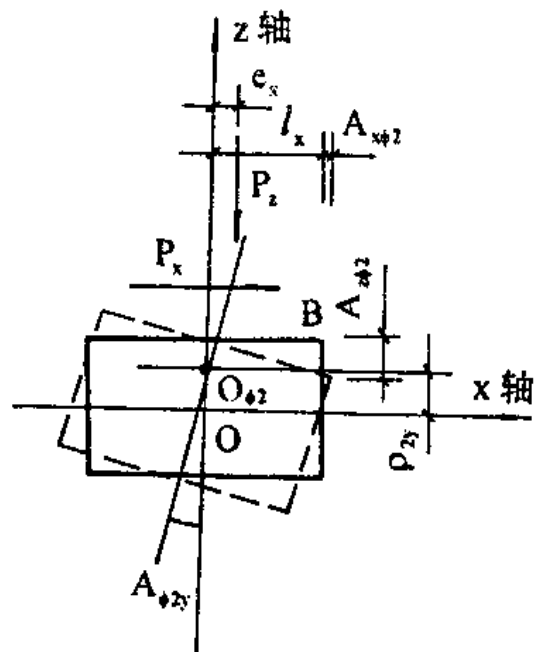
式中  $\omega_{nx}$  —— 基组水平向固有圆频率 (rad/s) ;  
 $K_x$  —— 地基的抗剪刚度 (kN/m) 。

2 基组水平回转耦合振动的第一、二振型的固有圆频率按下列公式计算:





(a) 第一振型



(b) 第二振型

图 3.5.3 基组沿 X 轴水平, 绕 Y 轴回转的耦合振动的振型

$$\omega_{n\phi 1} = \beta_1 \omega_{n\phi} \quad (3.5.3-2)$$

$$\omega_{n\phi 2} = \beta_2 \omega_{n\phi} \quad (3.5.3-3)$$

$$\omega_{n\phi} = \sqrt{\frac{K_{\phi Y} + K_x h_2^2}{J_{my}}} \quad (3.5.3-4)$$

- 式中  $\omega_{n\phi 1}$ 、 $\omega_{n\phi 2}$  —— 基组水平回转耦合振动的第一、第二振型固有圆频率 (rad/s)；
- $\beta_1$ 、 $\beta_2$  —— 基组水平回转耦合振动固有圆频率与回转固有圆频率之比值系数，见附录 C；
- $\omega_{n\phi}$  —— 基组通过其重心并绕回转轴作回转振动的固有圆频率 (rad/s)；
- $h_2$  —— 基组重心至基础底面的距离 (m)；
- $J_{my}$  —— 基组对通过其重心并绕 Y 轴的转动惯量 ( $t \cdot m^2$ )。

3 基础绕 Y 轴的水平回转耦合振动时基础顶面控制点的竖向与水平振动线位移按下列公式计算：

a 回转角位移：

$$A_{\phi 1Y} = \frac{P_x(h_3 + \rho_{1y}) + P_z e_x}{(J_{my} + m \rho_{1y}^2) \omega_{n\phi 1}^2} \cdot \eta_1 \quad (3.5.3-5)$$

$$A_{\phi 2Y} = \frac{P_x(h_3 - \rho_{2y}) + P_z e_x}{(J_{my} + m \rho_{2y}^2) \omega_{n\phi 2}^2} \cdot \eta_2 \quad (3.5.3-6)$$

$$\rho_{1y} = \rho_{01} h_2 \quad (3.5.3-7)$$

$$\rho_{2y} = \rho_{02} h_2 \quad (3.5.3-8)$$

式中  $A_{\phi 1y}$ 、 $A_{\phi 2y}$  —— 基组绕 Y 轴的第一、第二振型的回转角位移 (rad)；

$P_x$  —— 横向水平扰力 (kN) ;

$e_x$  —— 竖向扰力  $P_z$  沿 X 轴的偏心值 (m) ;

$\rho_{1y}、\rho_{2y}$  —— 基组第一、第二振型当量回转半径 (m) ;

$\rho_{01}、\rho_{02}$  —— 基组第一、第二振型当量回转半径与  $h_2$  之比值系数, 按附录 D 取值;

$\eta_1、\eta_2$  —— 基组第一、第二振型回转振动动力系数, 按附录 B 取值;

$h_3$  —— 水平扰力  $P_x$  至基组重心的距离 (m)。

b 基础顶面控制点竖向振动线位移按下式计算:

$$A_{z\phi} = (A_{\phi 1y} + A_{\phi 2y}) \cdot l_x \quad (3.5.3-9)$$

式中  $A_{z\phi}$  —— 在回转力矩作用下, 基础顶面控制点的竖向振动线位移 (m) ;

$l_x$  —— 基组重心至基础顶面控制点在 X 轴方向的水平距离 (m)。

c 基础顶面控制点水平振动线位移按下式计算:

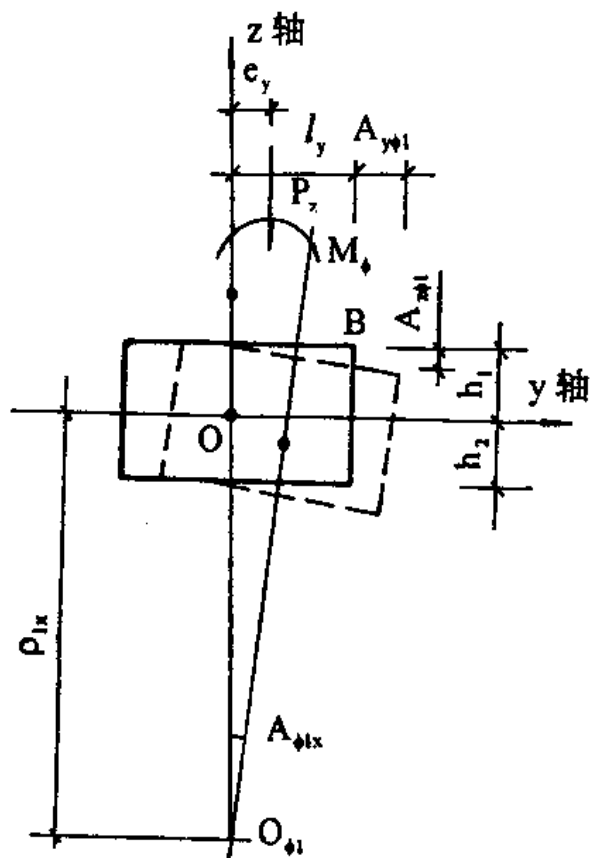
$$A_{x\phi} = A_{\phi 1y}(\rho_{1y} + h_1) + A_{\phi 2y}(h_1 - \rho_{2y}) \quad (3.5.3-10)$$

式中  $A_{x\phi}$  —— 在回转力矩作用下, 基础顶面控制点在 X 向水平振动线位移 (m) ;

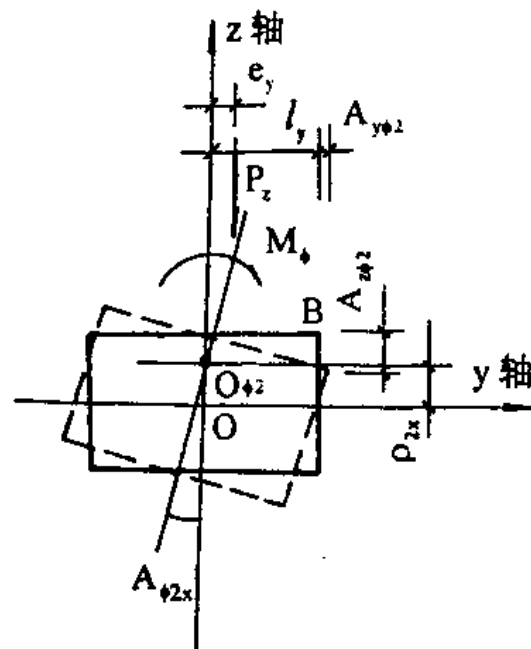
$h_1$  —— 基础顶面至基组重心的距离 (m)。

3.5.4 基础在机器回转力矩  $M_\phi$  和竖向扰力  $P_z$  沿 Y 轴偏心时所组成的回转力矩作用下, 产生沿 Y 轴水平, 绕 X 轴回转的耦合振动 (图 3.5.4), 其固有圆频率和振动线位移, 应按下列规定计算:

1 基组水平向固有圆频率计算按式 (3.5.3-1) 计算。



(a) 第一振型



(b) 第二振型

图 3.5.4 基组沿  $y$  向水平, 绕  $x$  轴回转的耦合振动的振型

2 基组水平回转耦合振动的第一、第二振型的固有圆频率计算按式 (3.5.3-2) ~ (3.5.3-4) 计算, 但须将公式中的下脚标 Y 与 X 对换。

3 基础绕 X 轴的水平回转耦合振动时基础顶面控制点的竖向与水平振动位移值按下列公式计算:

a 回转角位移:

$$A_{\phi 1x} = \frac{M_{\phi} + P_z e_y}{(J_{mx} + m \rho_{1x}^2) \omega_{n\phi 1}^2} \eta_1 \quad (3.5.4-1)$$

$$A_{\phi 2x} = \frac{M_{\phi} + P_z e_y}{(J_{mx} + m \rho_{2x}^2) \omega_{n\phi 2}^2} \eta_2 \quad (3.5.4-2)$$

式中  $A_{\phi 1x}$ 、 $A_{\phi 2x}$  —— 基组绕 X 轴的第一、第二振型  
的回转角位移 (rad);

$M_{\phi}$  —— 机器的回转扰力矩 (kN·m);

$e_y$  —— 竖向扰力  $P_z$  沿 Y 轴的偏心值 (m)。

式中其余符号意义同第 3.5.3 条第 3 款, 但须将公式中下脚标 Y 改为 X。

b 基础顶面控制点竖向和水平振动线位移计算按式 (3.5.3-9、10) 计算, 但须将式中下脚标 X 与 Y 对换。

3.5.5 基组在机器扭转力矩  $M_{\psi}$  和水平扰力  $P_x$  沿 Y 轴向偏心作用下的扭转振动 (图 3.5.5), 其固有圆频率和振动线位移按下列规定计算:

1 基组扭转固有圆频率按下式计算:

$$\omega_{n\psi} = \sqrt{\frac{K_{\psi}}{J_{mz}}} \quad (3.5.5-1)$$

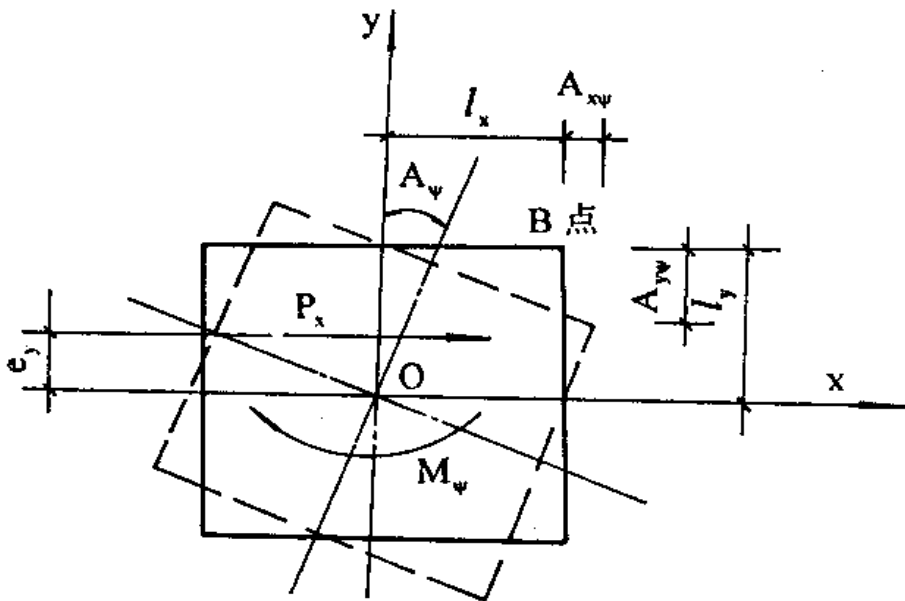


图 3.5.5 基组扭转振动示意

注：B 点为基础顶面控制点

式中  $\omega_{n\psi}$  —— 基组扭转向固有圆频率 (rad/s) ;  
 $K_\psi$  —— 地基的抗扭刚度 (kN·m) ;  
 $J_{mz}$  —— 基组对扭转轴的转动惯量 (t·m<sup>2</sup>) 。

2 基组扭转振动时基础顶面控制点的水平振动线位移按下列公式计算：

a 扭转角位移：

$$A_\psi = \frac{M_\psi + P_x e_y}{K_\psi} \cdot \eta_\psi \quad (3.5.5-2)$$

式中  $A_{\psi}$  —— 基组的扭转振动角位移 (rad) ;  
 $M_{\psi}$  —— 机器的扭转力矩 (kN·m) ;  
 $e_y$  —— 水平扰力沿 Y 轴的偏心值 (m) ;  
 $\eta_{\psi}$  —— 扭转振动动力系数, 按附录 B 取值。

b 基础顶面控制点水平振动线位移按下式计算:

$$A_{x\psi} = A_{\psi} l_y \quad (3.5.5-3)$$

$$A_{y\psi} = A_{\psi} l_x \quad (3.5.5-4)$$

式中  $A_{x\psi}$ 、 $A_{y\psi}$  —— 在扭转力矩作用下, 基础顶面控制点沿 X、Y 轴向的水平振动线位移 (m) ;

$l_x$ 、 $l_y$  —— 基础顶面控制点至扭转轴, 在 X、Y 轴向的水平距离 (m) 。

3.5.6 允许振动线位移, 应根据机器的当量转速, 按图 3.5.6 确定。机器的当量转速, 应按下式计算:

$$n_d = \frac{A_1 + 2A_2}{A_1 + A_2} n \quad (3.5.6)$$

式中  $n_d$  —— 机器的当量转速 (r/min) ;

$A_1$  —— 机器在一谐扰力、扰力矩作用下基础顶面的振动线位移 (mm) ;

$A_2$  —— 机器在二谐扰力、扰力矩作用下基础顶面的振动线位移 (mm) ;

$n$  —— 机器的工作转速 (r/min) 。

基础顶面控制点的计算振动线位移应小于允许振动线位移值。

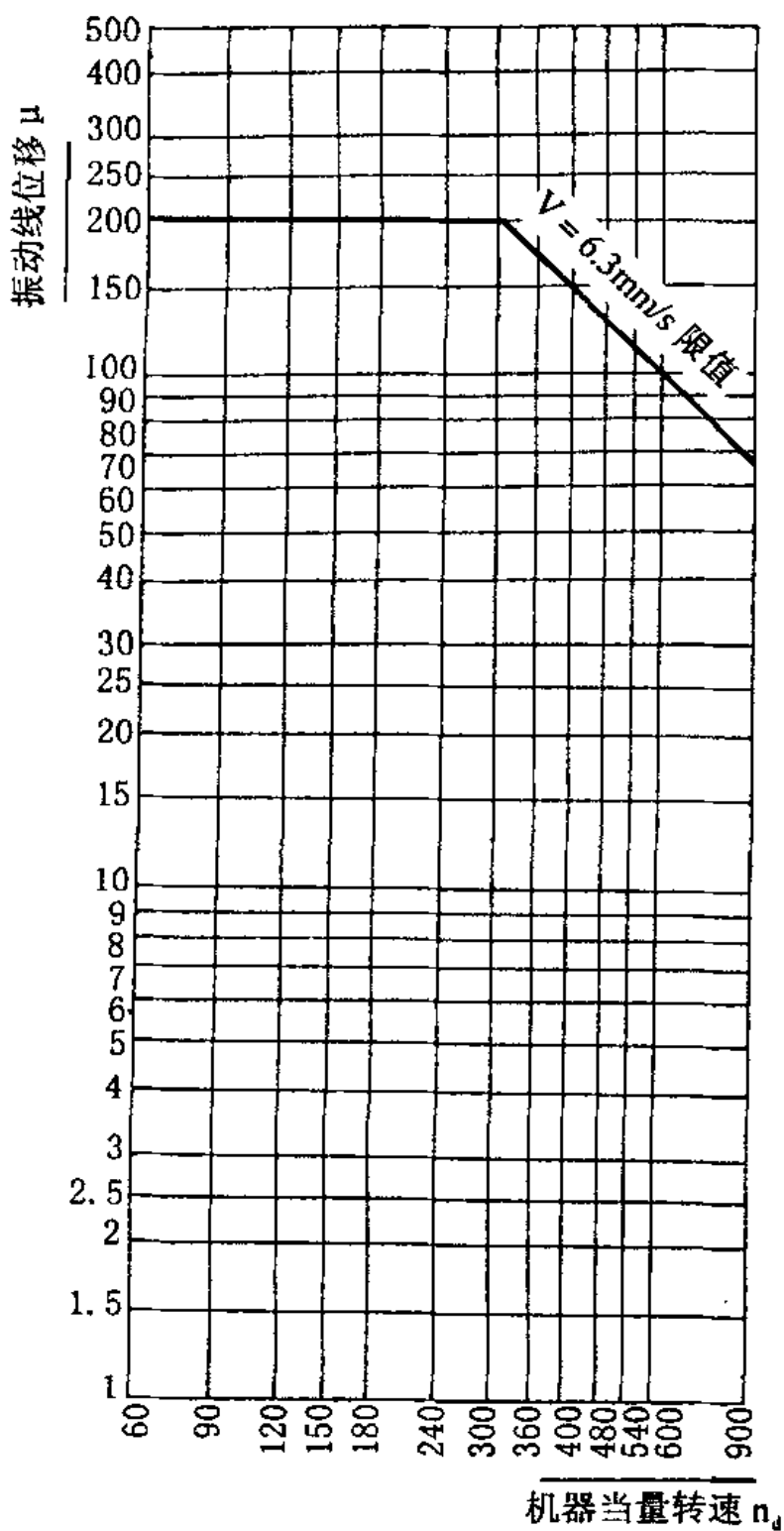


图 3.5.6 允许振动线位移



## 3.6 联合基础

3.6.1 对2~3台同类型压缩机基础置于同一底板上的联合基础(图3.6.1),当符合下列条件时,可按刚性基础进行动力计算。

1 联合基础的底板刚度界限,可按下列公式计算:

$$\text{竖向型} \quad \frac{h_d}{L_1} \geq (0.306 - 0.164e^{-0.027C_z}) \times 1.15 \quad (3.6.1-1)$$

$$\text{水平串联型} \quad \frac{h_d}{L_1} \geq (0.27 - 0.141e^{-0.02C_z}) \times 1.15 \quad (3.6.1-2)$$

$$\text{水平并联型} \quad \frac{h_d}{L_1} \geq (0.175 - 0.053e^{-0.046C_z}) \times 1.15 \quad (3.6.1-3)$$

式中  $C_z$  —— 地基抗压刚度系数 ( $\text{MN/m}^3$ )。

2 联合基础的固有圆频率应符合下列规定:

$$\text{竖向型:} \quad \omega \leq 1.3 \omega_{nz}^* \quad (3.6.1-4)$$

$$\text{水平串联型或水平并联型:} \quad \omega \leq 1.3 \omega_{n\phi 1}^* \quad (3.6.1-5)$$

3 联合基础底板厚度不得小于600mm,且底板厚度与基础总高度之比应符合下式要求:

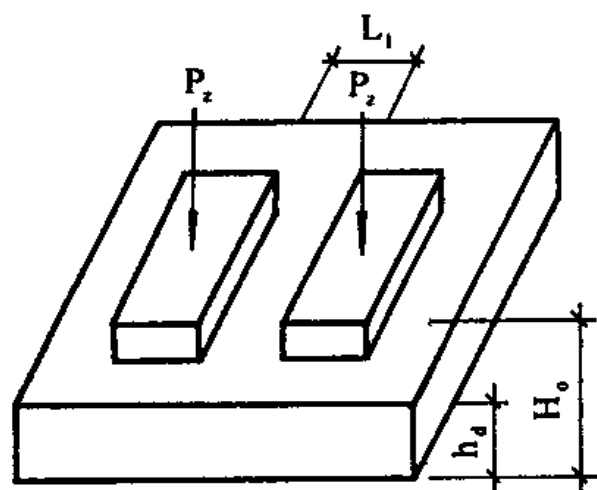
$$\frac{h_d}{H_0} \geq 0.15 \quad (3.6.1-6)$$

式中  $h_d$  —— 联合基础底板厚度 (m);

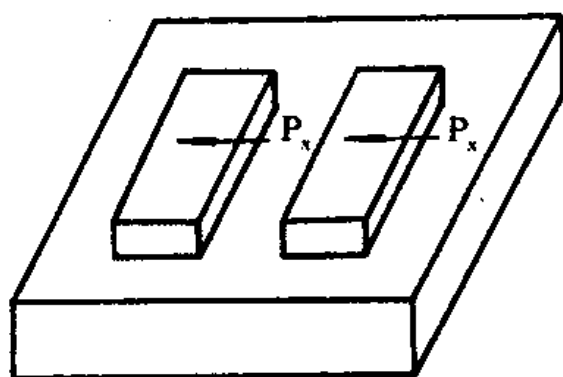
$L_1$  —— 联合基础底板上部相互块体间的净距 (m);

$\omega_{nz}^*$  —— 联合基础划分为单台基础的基组竖向固有圆频率 (rad/s),按3.5.2-1式计算;

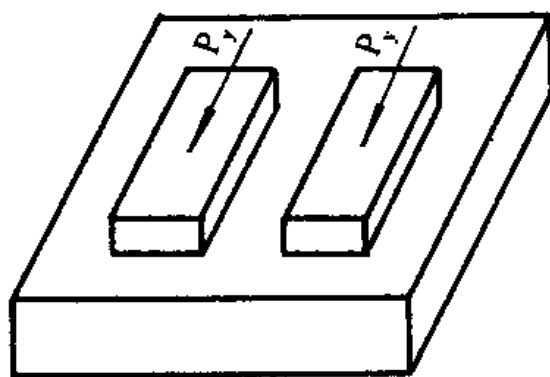
$\omega_{n\phi 1}^*$  —— 联合基础划分为单台基础的基组水平回



( a ) 竖 向 型



( b ) 水 平 串 联 型



( c ) 水 平 并 联 型

图 3.6.1 联合基础的联合型式

转耦合振动第一振型固有圆频率 (rad/s),  
按 3.5.3-2 式计算;

$H_0$  —— 联合基础的总高度 (m)。

3.6.2 联合基础按刚性基础进行动力计算时, 应按联合后的基础求算几何物理参数及扰力和扰力矩, 并符合本规范第 3.5 节“动力计算”的规定。

### 3.7 简化计算

3.7.1 功率小于 80kW 的各类压缩机基础(立式压缩机基础除外)和功率小于 500kW 的对称平衡型压缩机基础, 当符合下列规定时, 可不作动力计算:

1 基础质量大于压缩机质量的 5 倍;

2 基础底面的平均静压力设计值小于地基承载力设计值的 1/2;

3 基组重心与基础底面形心的关系符合本规范第 3.4.4 条要求。

3.7.2 置于厂房底层的中小型卧式压缩机, 在水平扰力作用下(图 3.7.2), 其基础顶面的水平振动线位移, 可采用下列简化公式计算:

$$A_{x\phi_0} = 1.2 \left( \frac{P_x}{K_x} + \frac{P_x H_h}{K_\phi} h \right) \frac{\omega_{ns}^2}{\omega_{ns}^2 - \omega^2} \quad (3.7.2-1)$$

$$\omega_{ns} = \lambda \omega_{nx} \quad (3.7.2-2)$$

式中  $A_{x\phi_0}$  —— 在水平扰力作用下, 基础顶面的水平向振动线位移 (m);

$H_h$  —— 水平扰力作用线至基础底面的距离 (m);

- $\lambda$  —— 频率比，按表 3.7.2 采用；
- $\omega_{nls}$  —— 简化计算的基组水平回转耦合振动第一振型固有圆频率 (rad/s)。

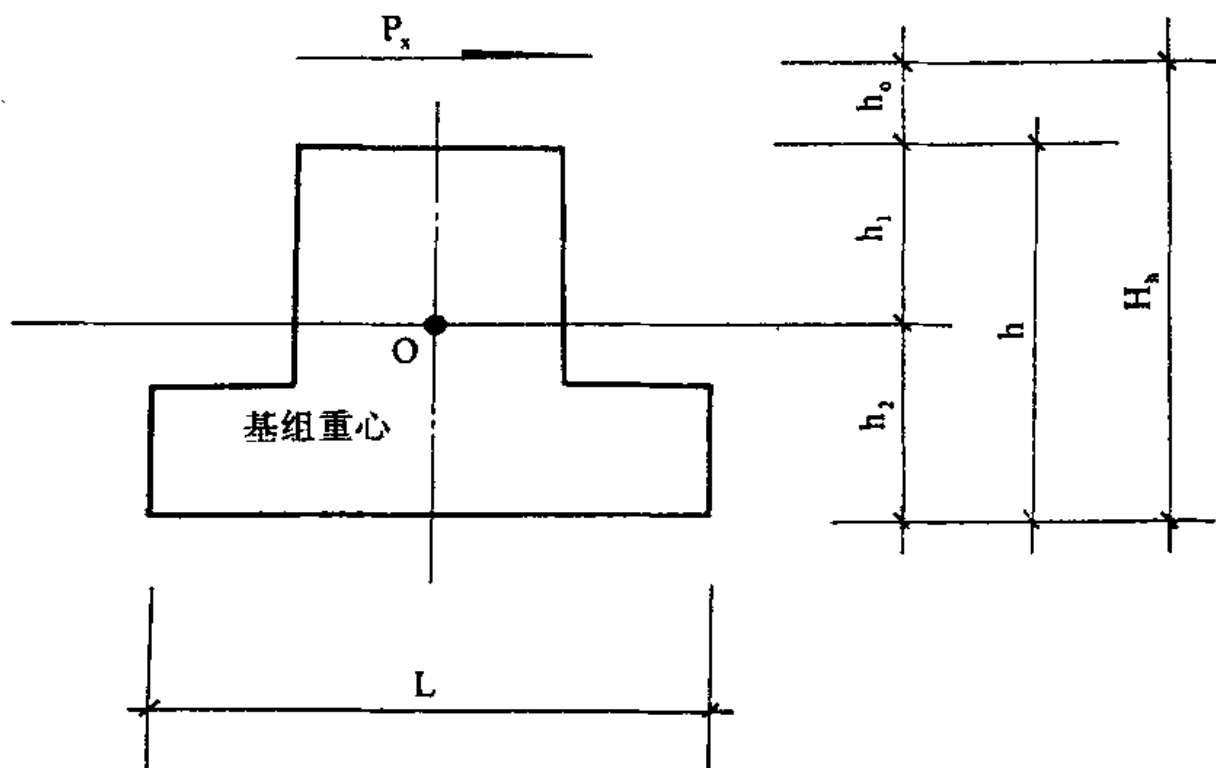


图 3.7.2 计算简图

表 3.7.2 频率比  $\lambda$

$L/h$	1.5	2.0	3.0
$\lambda$	0.7	0.8	0.9

### 3.8 材料与构造

3.8.1 基础材料的选用，应符合下列原则：

1 基础应采用混凝土或钢筋混凝土，混凝土的强度等级不宜低于 C20，垫层混凝土强度等级为 C10；

2 机器底座范围内的二次灌浆层应采用强度等级不低于 C25 的微膨胀混凝土或其他高强无收缩灌浆材料；

3 钢筋可采用 I 级、II 级钢筋，不得采用冷加工钢筋。

3.8.2 基础构造尺寸，应符合下列要求：

1 墙式基础的底板、纵横墙、顶板等各构件的尺寸，应符合表 3.8.2 的要求：

表 3.8.2 基础构件构造尺寸

基础构件名称	构造尺寸 (mm)
上部顶板的厚度	根据计算确定，但 $\geq 150$
顶板悬臂长度	$\leq 2000$
顶板悬臂厚度	支承部分厚度 $\geq 200$ ，且不小于悬臂长度的 25%。
机身部分墙厚	$\geq 500$
汽缸部分墙厚	$\geq 400$
基础底板厚度	$\geq 600$
基础底板悬臂长度	混凝土底板，不宜大于板的厚度； 钢筋混凝土底板，竖向振动为主时，不宜大于 2.5 倍板厚； 水平振动为主时，不宜大于 3.0 倍板厚。

2 机器底边缘至基础边缘的距离不应小于 100mm，基础顶面应预留不小于 30mm 的找平灌浆层。基础垫层厚度为 100mm。

3 预埋螺栓及螺栓孔至基础边缘尺寸，应符合下列规定：

a 螺栓孔的边缘至基础边缘距离：当螺栓直径小于 36mm 时，不得小于 100mm；当螺栓直径大于等于 36mm 时，不得小于 150mm；螺栓中心距基础边缘的最小距离不应小于 4 倍螺栓直径，若不能满足要求时，应采取加强措施。

b 预埋螺栓底部至基础底面距离不应小于 50mm，如为预留孔，则孔底至基础底距离不应小于 100mm。

4 地脚螺栓埋置深度，按下列规定确定：

a 按机器制造厂提供的螺栓长度；

b 无锚板的标准地脚螺栓不得小于  $20d$  ( $d$  为螺栓直径)；

c 锚板式地脚螺栓不得小于  $15d$ ；

d 构造螺栓不得小于  $10d$ 。

3.8.3 墙式基础和体积大于  $40\text{m}^3$  的块体基础或小于  $40\text{m}^3$  带有悬臂式底板的块体基础，应沿四周和顶面、底面配置钢筋网（图 3.8.3），其基础钢筋可按下列规定配置：

1 块体基础的侧面、顶面设钢筋网，直径为 10~14mm，间距为 200~300mm；

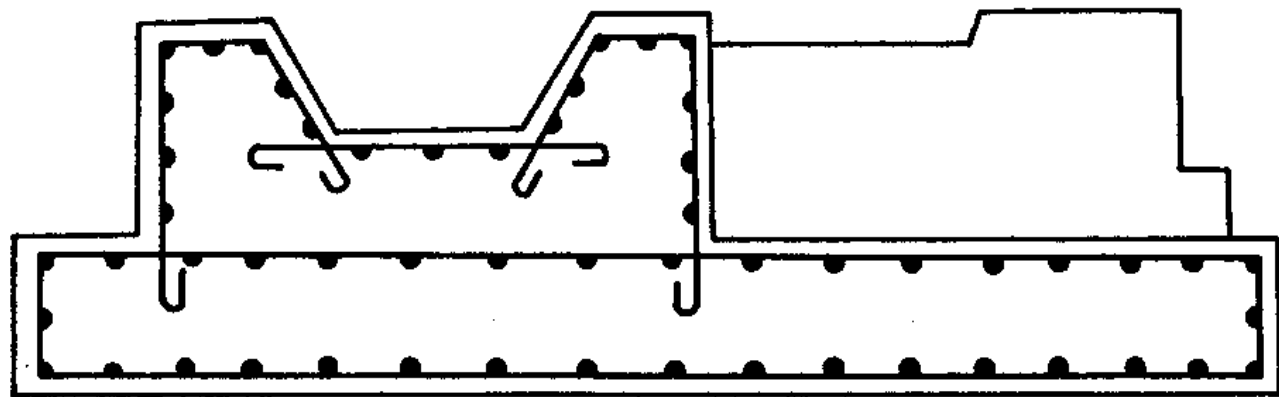


图 3.8.3 基础配筋示意

2 墙式基础墙面钢筋网，竖向钢筋直径为 12~16mm，水平向钢筋直径为 10~14mm，间距为 200~300mm，墙式基础上部构件钢筋按强度计算确定；

3 基础底板：

a 基础底板应上下层钢筋网配筋，直径为 12~18mm，间距为 200~300mm；

b 基础底板悬臂部分配筋应按强度计算确定；

c 底板厚度不大于 1m 时，垂直钢筋应全部伸到底板底部，若底板厚度大于 1m 时，可将垂直钢筋的 1/2 伸到底板底部，其余钢筋在底板厚度的 1/2 处切断。

4 开孔或切口大于 600mm 时，应沿孔或切口周围配置直径不小于 12mm，间距不大于 200mm 的钢筋。

3.8.4 体积为 20~40m<sup>3</sup> 的大块式基础，应在基础顶面配置直径 10mm，间距 200mm 的钢筋网。

3.8.5 重要的或对沉降敏感的机器基础，应设置永久沉降观测点。

3.8.6 当压缩机基础体积过大，一次浇灌混凝土确有困难时，可在底板顶表面设置一道施工缝，并在底板顶与上部基础相接处增设  $\phi 10@300\sim 500\text{mm}$  的垂直插筋，呈梅花形布置，上下各锚固 30d。施工缝处预留主筋的搭接长度可取 48d。



## 4 离心式压缩机框架式基础

### 4.1 一般规定

4.1.1 设计离心式压缩机基础时，应取得下列资料：

1 机器（包括驱动机、变速箱和压缩机，驱动机又分为电机和汽轮机两类）的主要技术参数：

a 机器的名称、型号、容量和功率；

b 机器的工作转速和轴系的第一、二阶临界转速；

c 机器的自重和转动部件（包括压缩机和驱动机的转子，变速箱的大、小齿轮）的自重；

d 机器的扰力值。

2 机器组装总图：

a 机器轮廓尺寸图，机器底座形状、尺寸及固定方式；

b 附属设备及主要管道的位置、尺寸和外表温度；

c 二次灌浆层的材料、厚度和范围；

d 机器对基础外形的要求：包括顶板的标高，各部分的几何尺寸，坑、沟、孔、洞的位置和尺寸，地脚螺栓和预埋件的尺寸和位置，底板上的附属设备的基础和管道支墩等要求。

3 荷载及荷载分布图：机器的自重和扰力以及其他荷载（安装荷载、电机的短路力矩、冷凝器真空吸力）的分布位置、大小及作用方向；附属设备和管道的重量及其

在基础上的荷载分布图；

4 地基的工程地质及水文地质；

5 基础在厂房内相对位置。必要时应有邻近动力机器基础的位置及其振动情况。

4.1.2 基础布置与选型应符合下列规定：

1 基础（空间框架式结构）应由底板、柱、顶板（或纵、横梁）组成，梁、柱布置宜对称于机器的主轴（纵轴）；荷载宜布置在构件的中心线上；

2 基础不应与建（构）筑物及其他基础相连；基础顶板与楼面结构层之间的缝隙宜为 30~50mm；

3 顶板应有足够的刚度和质量，厚度不宜小于 800mm，其净跨度与板厚之比横向不宜大于 4，纵向宜取 4~5；

4 柱子宜采用矩形截面，截面短边不宜小于 500mm，柱子长细比不宜大于 10；当满足强度和稳定时，宜适当减少柱子数量和截面尺寸；

5 底板宜采用平板式，底板的厚度可按底板长度的 1/10~1/15 采用，但不得小于柱宽，且不得小于 800mm。

4.1.3 压缩机基础的计算应包括下列内容：

1 动力计算，计算基础顶面的振动速度，其值应小于基础的振动限值；

2 静力计算，包括基础框架的强度计算和地基承载力的验算；

3 核算基组的总重心与基础底面的形心在座标 X、Y 轴两个方向的偏心距，其偏心距和平行偏心方向的基础边

长之比不应超过 3%。

4.1.4 建造在抗震设防烈度等于或小于 8 度地震区的压缩机基础，可不进行地震作用计算。

4.1.5 基础宜设置在具有较均匀的中低压缩性土层上，以避免不均匀沉降，否则应采取适当的处理措施。

## 4.2 动力计算

4.2.1 当机器在工作转速时的总扰力不大于 20kN，且基础的构件选型符合第 4.1.2 条规定时，其基础可不作动力计算。

4.2.2 基础按空间多自由度体系进行动力计算，其计算模式见图 4.2.2，应对机器工作转速的 $\pm 20\%$ 范围内进行扫频计算。计算时，不考虑地基的弹性，混凝土结构的阻尼系数取 0.125，混凝土弹性模量取静弹性模量。

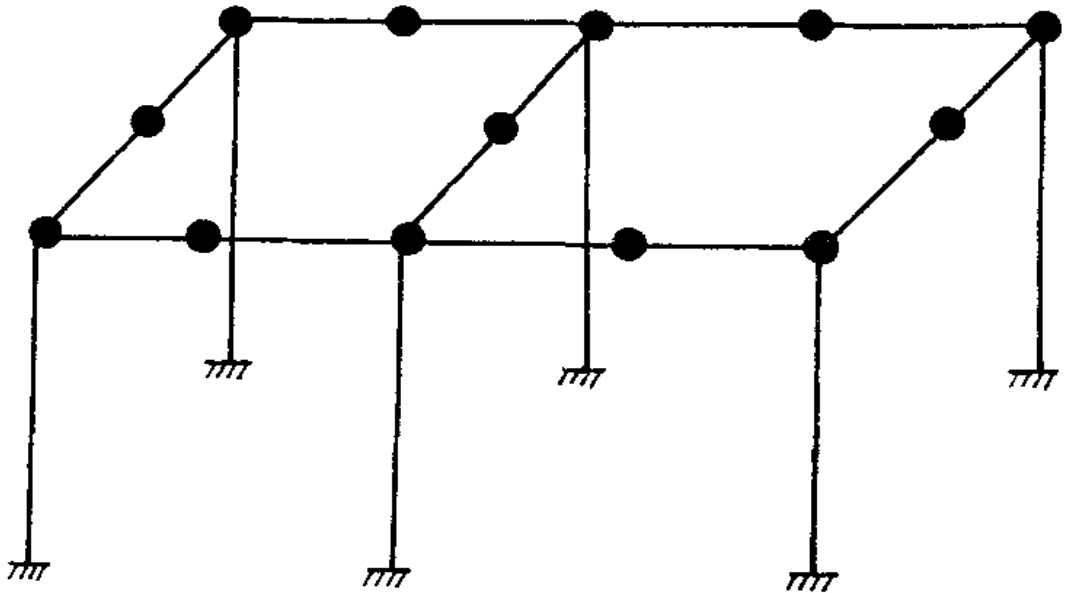


图 4.2.2 框架计算模式

4.2.3 机器正常运转时的扰力值及其作用位置，宜由机器制造厂提供。当需要计算时，竖向和横向水平的计算扰力值可按下列式确定：

$$P_z = P_x = 0.25W_g \left(\frac{n}{3000}\right)^{1.5} \quad (4.2.3)$$

式中  $P_z$  —— 机器的竖向扰力值 (kN)；  
 $P_x$  —— 机器的横向水平扰力值 (kN)；  
 $n$  —— 机器的工作转速 (r/min)；  
 $W_g$  —— 机器转子重力 (kN)。

纵向水平扰力值 ( $P_y$ ) 可取公式 4.2.3 计算值的 1/2。

4.2.4 电机的扰力值可按表 4.2.4 确定。

表 4.2.4 电机的计算扰力值

n (r/min)	3000	1500
$P_z, P_x$ (kN)	$0.20W_g$	$0.16W_g$
$P_y$ (kN)	$0.10W_g$	$0.08W_g$

4.2.5 空间框架的杆件计算长度，应按下列规定确定：

1 横向框架的计算跨度  $l$  和计算高度  $h$ ，一般取  $l=l_0$ ， $h=h_0$ ；当框架角部加腋时（图 4.2.5-1），可按下列公式计算：

$$l = l_0 - 2\delta b \quad (4.2.5-1)$$

$$h = h_0 - \delta a \quad (4.2.5-2)$$

式中  $l$  —— 计算跨度；  
 $h$  —— 计算高度；  
 $l_0$  —— 框架柱中心线间的距离；

- $h_0$  —— 基础顶面至顶板（或梁）中心线的高度；  
 $\delta$  —— 无量纲系数，按图 4.2.5-2 取值；  
 $a$  —— 腋高度与 1/2 板厚（或梁高）之和；  
 $b$  —— 腋宽度与 1/2 柱宽之和。

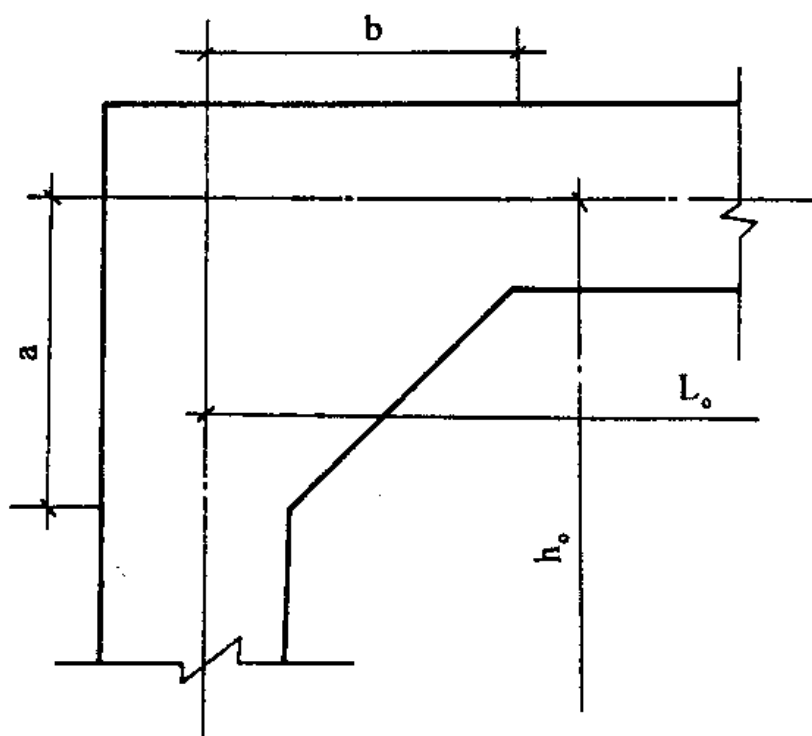


图 4.2.5-1 加腋示意

2 当各榀横向框架的计算跨度和高度不等时，可取其平均值；

3 纵向杆件的计算长度采用相邻两榀横向框架中心线间的距离。

4.2.6 框架计算模式中的质点布置可根据扰力分布情况及纵、横梁的跨度和刚度确定，在每个框架柱顶及扰力集中点处必须设置质点；每跨梁上的质点不得少于一个，当梁上无扰力作用点时，一般设置在跨中。

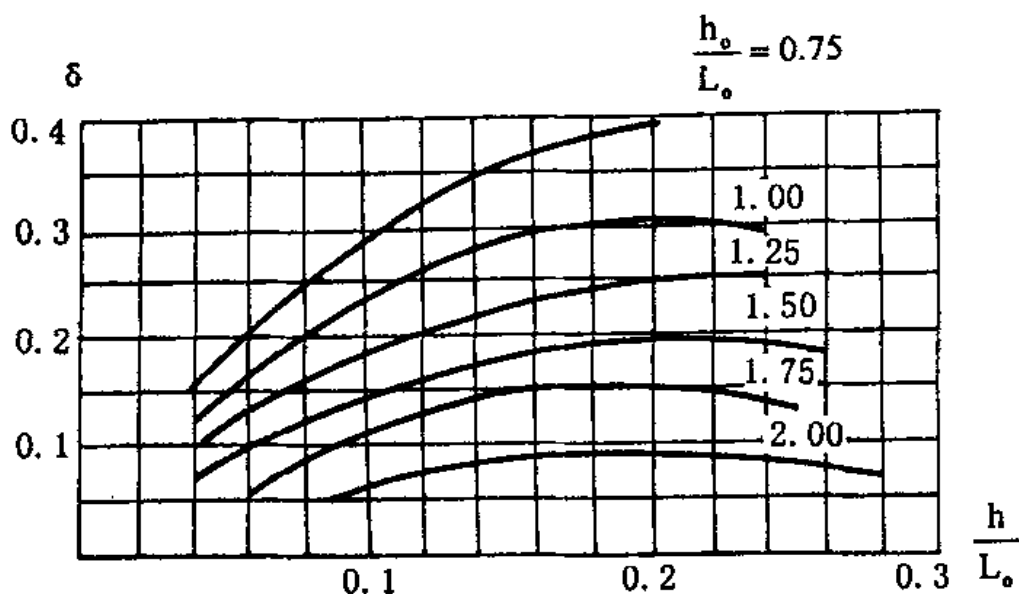


图 4.2.5-2 无量纲系数  $\delta$

4.2.7 质点重力的计算按下式计算:

$$W_i = W_{i1} + W_{i2} + W_{i3} \quad (4.2.7-1)$$

$$W_{i1} = 1/3W_{i0} + 1/2(W_{i,i-1} + W_{i,i+1} + W_{i,j}) \quad (4.2.7-2)$$

式中

$W_i$  —— 质点  $i$  的重力 (kN);

$W_{i1}$  —— 梁、柱折算重力 (kN);

$W_{i2}$  —— 顶板的折算重力 (kN); 以柱内边为准, 将顶板按  $45^\circ$  分角线分块, 每一小块面积重力分别集中到相应的纵、横梁上质点处, 见图 4.2.7-2;

$W_{i3}$  —— 机器折算重力 (kN); 根据机器重力与纵、横梁的距离成反比的原则进行分配;

$W_{i0}$ 、 $W_{i,i-1}$ 、 $W_{i,i+1}$ 、 $W_{i,j}$  —— 与节点  $i$  相联各单元杆件的重力, 见图 4.2.7-1。

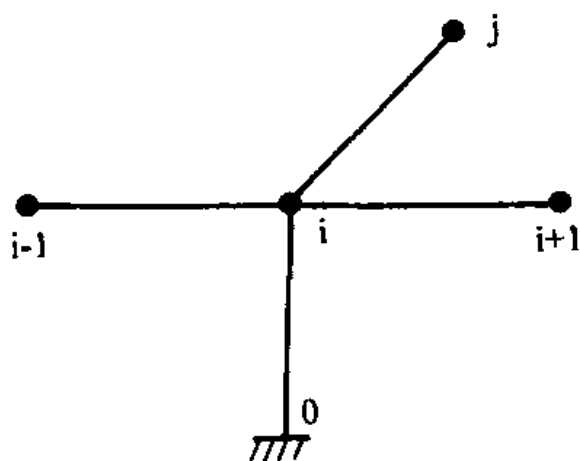


图 4.2.7-1 质点示意

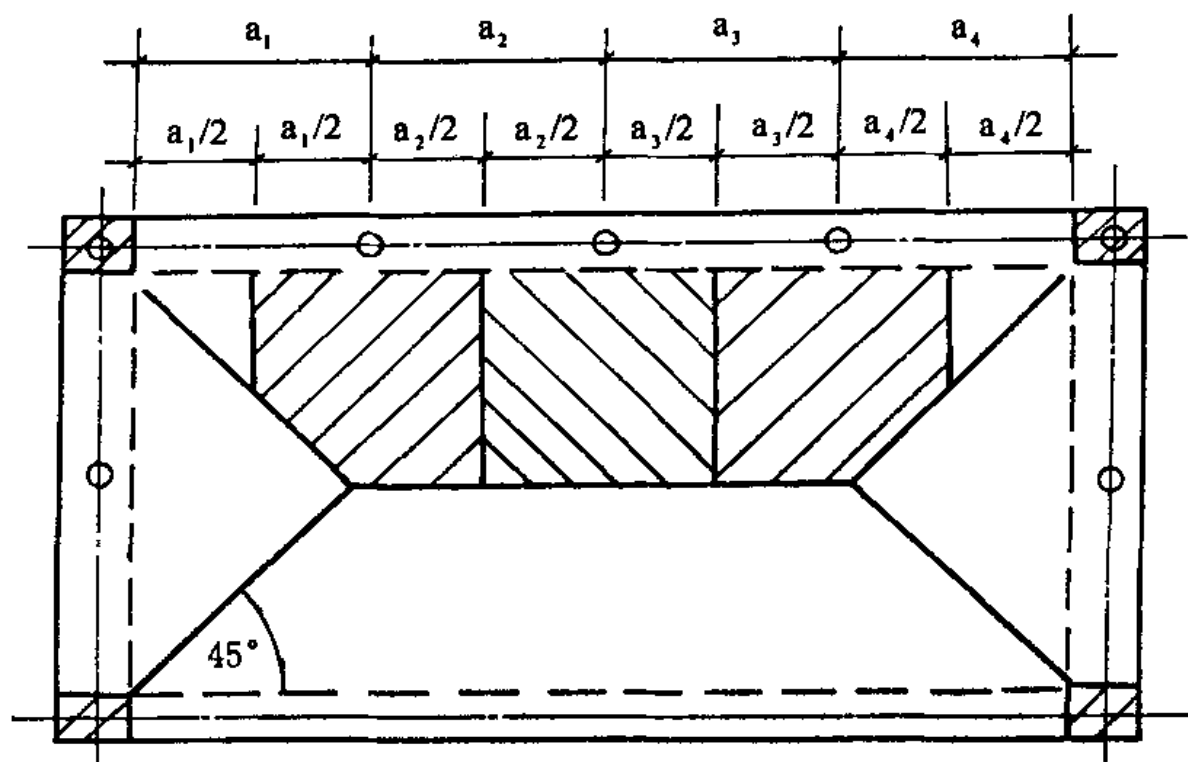


图 4.2.7-2 顶板质量分配示意

4.2.8 纵、横梁截面宽度的取值应按下列规定进行：

- 1 当顶板无开洞时，梁宽取柱宽及相应板净跨的  $1/4$  之和；
- 2 当顶板开洞时，应按实际截面宽度计算，若其值

大于无开洞板时，则应按无开洞板考虑。

4.2.9 基础振动的允许值按下列规定采用：

- 1 基础顶面振动速度的允许值为 5mm/s；
- 2 当  $n$  个不同频率的扰力同时作用时，基础顶面上某点的振动速度按下列公式计算：

$$V = \sqrt{\sum_{i=1}^n V_i^2} \quad (4.2.9-1)$$

$$V_i = A_i \omega_i \quad (4.2.9-2)$$

- 式中  $V$  —— 框架基础顶面某点的振动速度 (mm/s)；  
 $V_i$  —— 分别为频率  $\omega_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) 的扰力作用下，基础顶面某点的振动速度 (mm/s)；  
 $A_i$  —— 分别为频率  $\omega_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) 的扰力作用下，基础顶面某点的振动线位移 (mm)。

### 4.3 静力计算

4.3.1 基础静力计算时，应考虑下列荷载：

- 1 永久荷载：基础和机器自重、冷凝器真空吸力、安装在基础上的其他附属设备重、基础底板上的填土重等；
- 2 可变荷载：安装荷载或操作荷载；
- 3 偶然荷载：电机的短路力矩；
- 4 当量荷载（动力荷载）。

4.3.2 荷载的计算按下列规定进行：

- 1 永久荷载：按实际情况计算，其荷载分项系数取 1.2；计算机组总重心时，荷载分项系数取 1.0；



2 冷凝器真空吸力：应由制造厂提供，当需要计算时可按式（4.3.2-1）计算：

$$P_L = 100A_1 \quad (4.3.2-1)$$

式中  $P_L$  —— 冷凝器真空吸力标准值（kN）；

$A_1$  —— 冷凝器与汽轮机接口处连接管道的截面积（ $m^2$ ）；

当冷凝器与汽轮机为刚性连接时，其真空吸力为零。

3 安装荷载：仅用于设备的安装和检修时对顶板强度的验算，其值按工艺要求计算，但不得小于  $20kN/m^2$ ，其荷载分项系数取 1.3；操作荷载宜取  $2kN/m^2$ ，其荷载分项系数取 1.4；

4 电机短路力矩：应由制造厂提供，该力矩以力偶形式作用于基础上（图 4.3.2），其荷载分项系数取 1.0；

$$P_o = \pm \frac{M_o}{B} \mu \quad (4.3.2-2)$$

式中  $P_o$  —— 作用在基础上的短路力标准值（kN）；

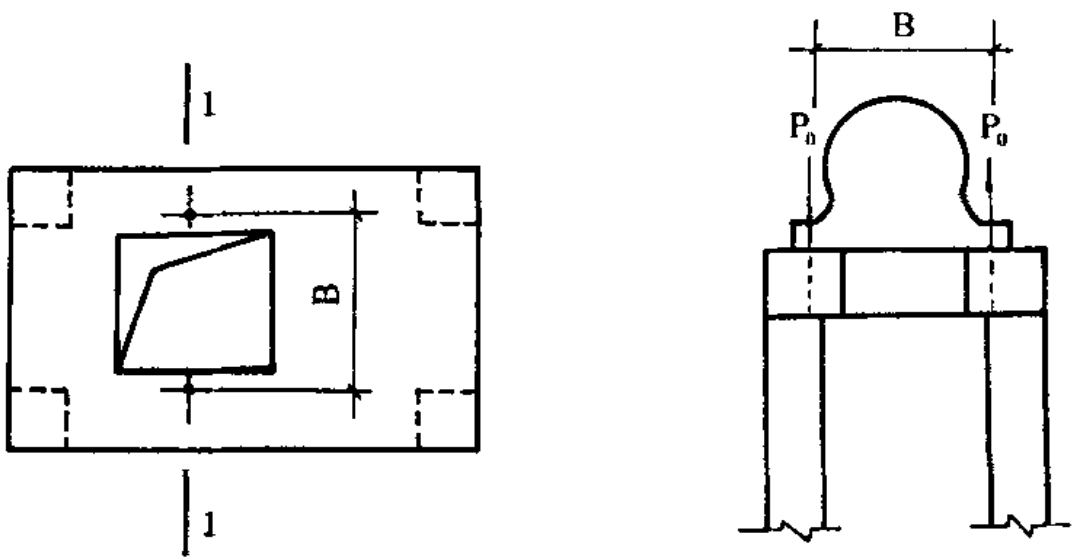
$M_o$  —— 电机短路力矩标准值（ $kN \cdot m$ ）；

$B$  —— 电机短路力作用点之间的距离（m）；

$\mu$  —— 动力系数，取 2。

5 当量荷载（动力荷载）：机组振动对框架式基础产生的动效应可采用当量荷载进行简化分析，当量荷载的作用方向应考虑变号，在基础上的分布应与机器转子的自重分布成正比，水平当量荷载的作用位置，可取在框架纵、横梁轴线处，其荷载分项系数取 1.0。

a 竖向当量荷载标准值按下式计算：



(a) 顶板平面

(b) 剖面 1-1

图 4.3.2 短路力示意

$$N_z = 5W_g \frac{n}{3000} \quad (4.3.2-3)$$

式中  $N_z$  —— 竖向当量荷载标准值，当求得的竖向当量荷载标准值大于该处机器自重时，则按该机器自重取值 (kN)。

- b 横向和纵向的水平当量荷载标准值分别取竖向当量荷载标准值的 1/4 和 1/8；
- c 不承受机器转子自重的构件，竖向和横向水平的当量荷载标准值按构件自重的 1/2 取值，纵向水平当量荷载标准值按构件自重的 1/4 取值；
- d 计算基础底板强度和地基承载力验算时不考虑当量荷载。

4.3.3 荷载效应组合按下列规定，取最不利者进行计算：

1 基本组合：由永久荷载、可变荷载和当量荷载组成，各向的当量荷载只考虑单向作用；

2 偶然组合：由永久荷载、可变荷载、当量荷载的1/4与偶然荷载组成；

3 临时组合：由永久荷载、安装荷载组成，仅用于设备安装或检修时对顶板强度的验算。

4.3.4 框架式基础可按横向和纵向平面框架进行分析，纵向当跨数大于等于2时，在竖向荷载作用下，可简化为连续梁计算。

4.3.5 基础的地基承载力的验算，应符合下式要求：

$$P \leq \alpha_f \cdot f \quad (4.3.5)$$

式中  $P$  —— 基础底面平均静压力设计值 (kPa)；

$\alpha_f$  —— 地基承载力的动力折减系数，取 0.8；

$f$  —— 地基承载力设计值 (kPa)。

#### 4.4 构造与配筋

4.4.1 基础应采用钢筋混凝土，混凝土强度等级宜采用 C25，不得低于 C20。

钢筋可采用 I 级、II 级钢筋，不得采用冷加工钢筋。

4.4.2 基础顶面应设二次浇灌层，其厚度可按机器底座安装要求和基础顶面构造要求确定。二次浇灌层应采用强度等级不低于 C25 的微膨胀细石混凝土或其他高强无收缩灌浆材料。当二次浇灌层厚度大于 50mm 时，应设置锚筋，锚筋直径为 8mm，间距为 250~300mm，呈梅花形布置，锚筋锚入顶板长度为 200mm。

4.4.3 机器底座边缘到基础边缘的水平距离不应小于100mm；地脚螺栓中心线至基础边缘的距离不得小于100mm；基础上的孔洞至基础边缘的净距不应小于100mm，如不能满足时，应局部配置钢筋，从预埋螺栓孔的底面到基础底的距离不得小于100mm。

4.4.4 当螺栓孔采用预埋套管时，套管应焊有锚筋（图4.4.4）。

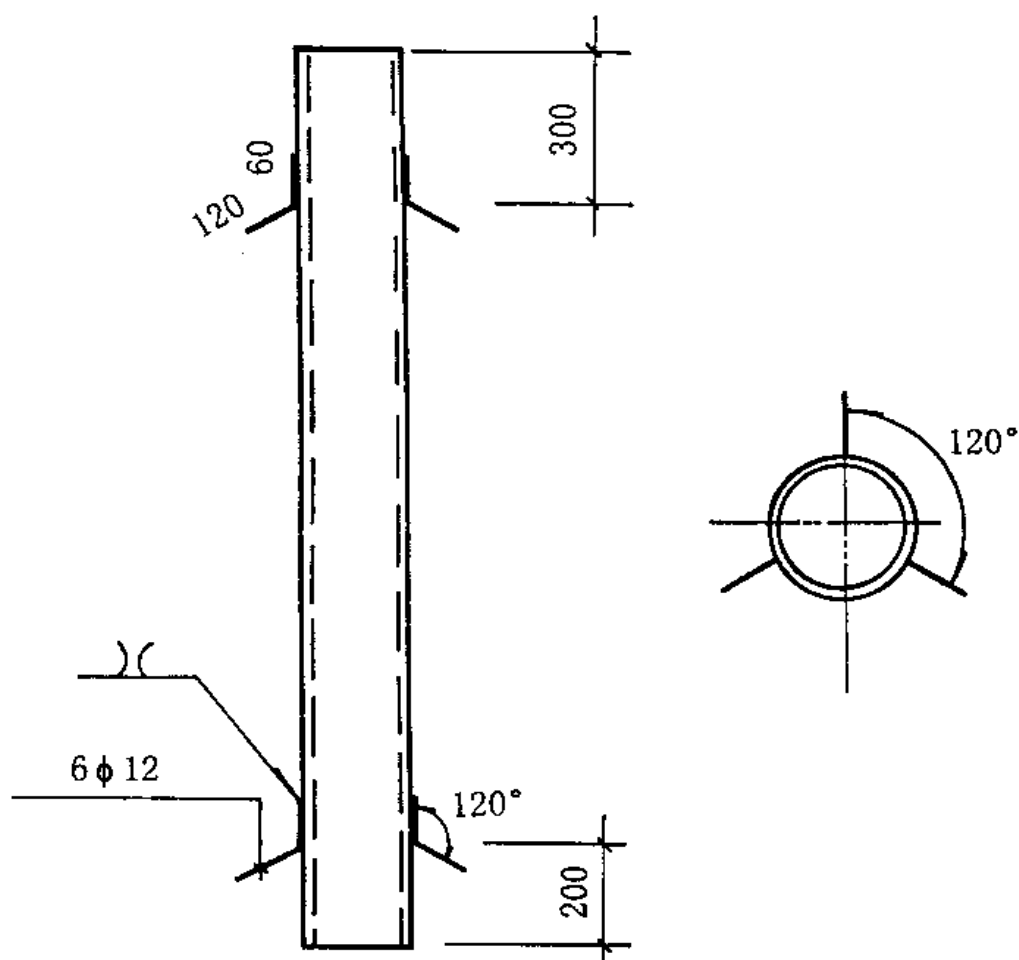


图 4.4.4 套管大样

4.4.5 基础的配筋应按下列原则进行：

- 1 基础顶板按梁区（纵、横梁）和板区分别配筋；

2 纵、横梁和柱子的配筋应按计算确定；

3 顶板的板区和基础底板的配筋可按本节规定构造配置。

4.4.6 顶板的板区钢筋应上下网格配置，钢筋直径为 16~18mm，间距为 200~250mm，沿顶板侧边应配置构造钢筋，钢筋直径为 16mm，竖向间距为 250~300mm。

4.4.7 当顶板上开洞或槽，且洞或槽的边长大于 300mm 时，应沿洞或槽周边配置直径为 16mm，竖向间距为 250~300mm 的加强筋。

4.4.8 基础底板应上下网格配筋，钢筋直径为 16~18mm，间距为 200~250mm，沿底板周边应放置构造钢筋，直径为 16mm，竖向间距为 250~300mm。

4.4.9 顶板的梁区域内，钢筋上下对称配置，直径为 18~25mm，总配筋率宜取 0.5%~0.7%，箍筋直径不小于 10mm，间距不大于 200mm，肢距不宜大于 300mm。

4.4.10 柱子纵向钢筋直径为 18~25mm，总配筋率宜取 0.8%~1.3%，钢筋沿柱周边对称布置。箍筋直径为 8~10mm，非加密区间距为 200~300mm，加密区的间距及范围应符合相应设防烈度的抗震构造要求。

4.4.11 框架转角处可按图 4.4.11 配筋，由梁伸入柱的负钢筋应弯成圆弧形，圆弧半径应不小于 8 倍钢筋直径，伸过梁底长度不应小于钢筋锚固长度；梁底和柱内的钢筋必须伸到柱子边和纵、横梁顶，同时不应小于钢筋的锚固长度。

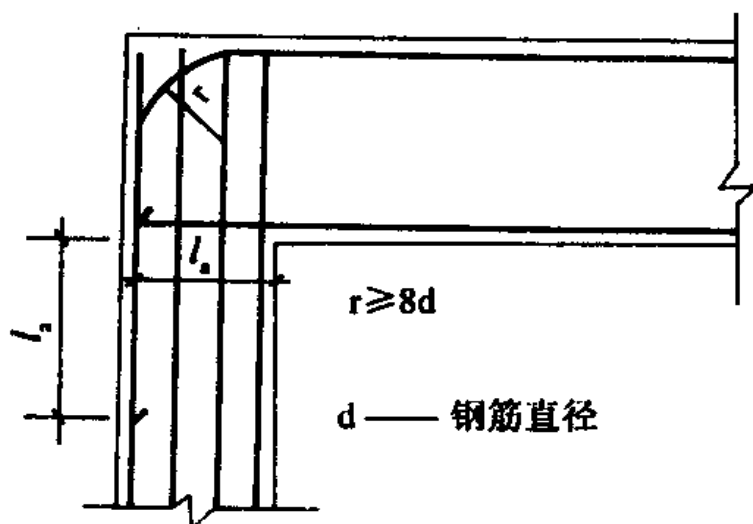


图 4.4.11 框架转角处配筋示意

4.4.12 冷凝器基础的配筋：竖向钢筋直径为 16~18mm，间距为 200~250mm；箍筋直径为 8~10mm，间距为 250~300mm。

4.4.13 基础的施工缝可设在底板顶表面与柱底交接处。

## 附录 A 惯性矩及转动惯量计算

A. 0. 1 基础底面惯性矩按下列公式计算:

1 天然地基矩形基础底面抗弯惯性矩

$$I_x = \frac{L_x L_y^3}{12} \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

$$I_y = \frac{L_y L_x^3}{12} \quad (\text{A. 0. 1-2})$$

式中  $I_x$  —— 基础底面对通过其形心 X 轴的抗弯惯性矩 (m<sup>4</sup>) ;  
 $I_y$  —— 基础底面对通过其形心 Y 轴的抗弯惯性矩 (m<sup>4</sup>) 。

2 天然地基矩形基础极惯性矩

$$I_p = I_x + I_y \quad (\text{A. 0. 1-3})$$

3 桩基基础底面抗弯惯性矩

$$I_x = \sum A_i Y_i^2 \quad (\text{A. 0. 1-4})$$

$$I_y = \sum A_i X_i^2 \quad (\text{A. 0. 1-5})$$

式中  $X_i$  —— 第 i 根桩至 Y 轴的水平距离 (m) ;  
 $Y_i$  —— 第 i 根桩至 X 轴的水平距离 (m) ;  
 $A_i$  —— 第 i 根桩的截面面积 (m<sup>2</sup>) 。

4 桩基基础极惯性矩

$$I_p = I_x + I_y = \sum A_i X_i^2 + \sum A_i Y_i^2 \quad (\text{A. 0. 1-6})$$

A. 0. 2 在以基组重心为坐标原点的直角坐标系中, 基组对各轴的转动惯量按下列公式计算:

$$J_{mx} = \sum [J_{mxi}^0 + m_i (Y_{io}^2 + Z_{io}^2)] \quad (\text{A. 0. 2-1})$$

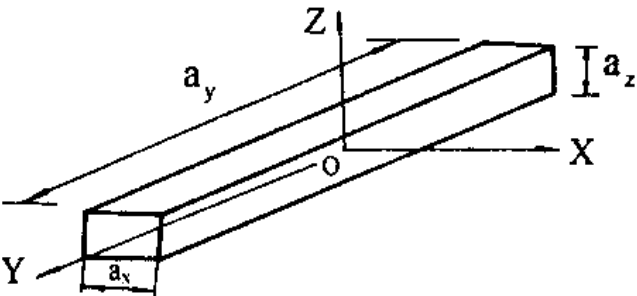
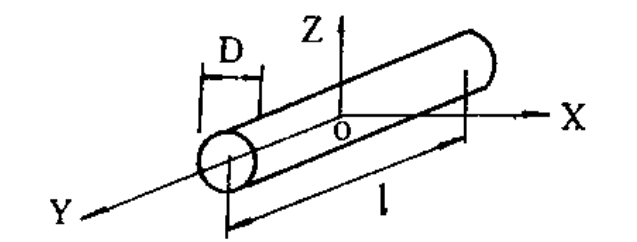
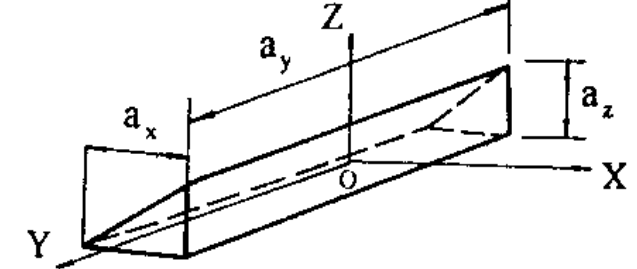
$$J_{my} = \sum [J_{myi}^0 + m_i (Z_{io}^2 + X_{io}^2)] \quad (\text{A. 0. 2-2})$$

$$J_{mz} = \sum [J_{mzi}^0 + m_i (X_{io}^2 + Y_{io}^2)] \quad (\text{A. 0. 2-3})$$

- 式中
- $J_{mx}$  —— 基组对通过其重心绕 X 轴的转动惯量 ( $t \cdot m^2$ );
  - $J_{my}$  —— 基组对通过其重心绕 Y 轴的转动惯量 ( $t \cdot m^2$ );
  - $J_{mz}$  —— 基组对通过其重心绕 Z 轴的转动惯量 ( $t \cdot m^2$ );
  - $J_{mxi}^0$ 、 $J_{myi}^0$ 、 $J_{mzi}^0$  —— 质量单元对通过质量单元重心且垂直于对应轴的转动惯量 ( $t \cdot m^2$ ), 按表 A. 0. 2 公式计算;
  - $m_i$  —— 各质量单元重 ( $t$ );
  - $X_{io}$ 、 $Y_{io}$ 、 $Z_{io}$  —— 各质量单元重心对基组重心的坐标 ( $m$ )。



表 A. 0. 2 转动惯量计算公式

质量单元外形	$J_{mxi}^o$	$J_{myi}^o$	$J_{mzi}^o$
	$\frac{m}{12}(a_y^2 + a_z^2)$	$\frac{m}{12}(a_x^2 + a_z^2)$	$\frac{m}{12}(a_x^2 + a_y^2)$
	$\frac{m}{12}\left(\frac{3}{4}D^2 + l^2\right)$	$\frac{m}{8}D^2$	$\frac{m}{12}\left(\frac{3}{4}D^2 + l^2\right)$
	$\frac{m}{6}\left(\frac{a_y^2}{2} + \frac{a_z^2}{3}\right)$	$\frac{m}{18}(a_x^2 + a_z^2)$	$\frac{m}{6}\left(\frac{a_y^2}{2} + \frac{a_x^2}{3}\right)$



续表 B

$\zeta_i$ $\omega/\omega_n$	0.00	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	0.30
0.50	1.33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.55	1.43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.60	1.56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.65	1.73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.70	1.96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.75	2.29	2.20	2.16	2.11	2.06	2.03	2.00	1.95	1.89	1.83	1.74	1.59
0.80	2.78	2.62	2.54	2.45	2.36	2.31	2.26	2.17	2.08	2.00	1.86	1.67
0.85	3.60	3.24	3.07	2.90	2.74	2.65	2.57	2.42	2.28	2.15	1.97	1.72
0.90	5.26	4.20	3.82	3.48	3.17	3.03	2.90	2.66	2.46	2.28	2.05	1.75
0.91	5.82	4.44	3.99	3.60	3.25	3.10	2.96	2.70	2.48	2.30	2.06	1.75
0.92	6.51	4.70	4.17	3.72	3.33	3.17	3.01	2.74	2.51	2.31	2.06	1.75

续表 B

$\zeta_i$ $\omega/\omega_{ni}$	0.00	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	0.30
0.93	7.40	4.98	4.35	3.83	3.41	3.23	3.06	2.77	2.53	2.32	2.07	1.74
0.94	8.59	5.26	4.52	3.94	3.48	3.28	3.10	2.79	2.54	2.33	2.07	1.74
0.95	10.26	5.54	4.68	4.03	3.53	3.32	3.13	2.81	2.55	2.33	2.06	1.73
0.96	12.76	5.80	4.82	4.11	3.57	3.35	3.15	2.82	2.55	2.33	2.06	1.72
0.97	16.92	6.02	4.93	4.16	3.60	3.37	3.17	2.82	2.55	2.32	2.05	1.71
0.98	25.25	6.18	5.00	4.19	3.61	3.37	3.16	2.82	2.54	2.31	2.03	1.70
0.99	50.25	6.26	5.03	4.19	3.60	3.36	3.15	2.80	2.52	2.29	2.02	1.68
1.00	—	6.25	5.00	4.17	3.57	3.33	3.13	2.78	2.50	2.27	2.00	1.67
1.01	49.75	6.14	4.93	4.11	3.53	3.29	3.09	2.75	2.47	2.25	1.98	1.65
1.02	24.75	5.95	4.81	4.03	3.47	3.24	3.04	2.71	2.44	2.22	1.96	1.63
1.03	16.42	5.69	4.66	3.93	3.39	3.18	2.98	2.66	2.40	2.19	1.93	1.61

续表 B

$\zeta_i$ $\omega/\omega_n$	0.00	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	0.30
1.04	12.26	5.40	4.48	3.81	3.31	3.10	2.92	2.61	2.36	2.15	1.90	1.59
1.05	9.76	5.08	4.28	3.68	3.21	3.02	2.85	2.55	2.31	2.11	1.87	1.57
1.06	8.09	4.77	4.08	3.54	3.11	2.93	2.77	2.49	2.26	2.07	1.84	1.54
1.07	6.90	4.46	3.87	3.39	3.01	2.84	2.69	2.43	2.21	2.03	1.80	1.52
1.08	6.01	4.17	3.67	3.25	2.90	2.75	2.61	2.37	2.16	1.99	1.77	1.50
1.09	5.32	3.90	3.47	3.10	2.79	2.65	2.52	2.30	2.11	1.94	1.73	1.47
1.10	4.76	3.65	3.29	2.96	2.68	2.56	2.44	2.23	2.05	1.90	1.70	1.44
1.12	3.93	3.21	2.95	2.70	2.48	2.37	2.28	2.10	1.94	1.80	1.63	1.39
1.14	3.34	2.85	2.66	2.46	2.28	2.20	2.12	1.97	1.83	1.71	1.55	1.34
1.16	2.89	2.55	2.40	2.25	2.11	2.04	1.97	1.85	1.73	1.62	1.48	1.29
1.20	2.27	2.08	1.99	1.90	1.81	1.76	1.71	1.62	1.54	1.46	1.34	1.19

续表 B

$\zeta_i$	0.00	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	0.30
$\omega/\omega_{ni}$	1.25	1.68	1.63	1.57	1.51	1.48	1.45	1.39	1.33	1.27	1.19	1.07
	1.40	1.04	注: $\eta_i = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{\omega^2}{\omega_{ni}^2})^2 + 4\zeta_i^2 \frac{\omega^2}{\omega_{ni}^2}}}$ $\zeta_i$ —— 地基竖向阻尼比 ( $\zeta_z$ ) 或水平回转第一、二振型阻尼比 ( $\zeta_{x\phi 1,2}$ ); $\omega_{ni}$ —— 基组竖向自振圆频率 ( $\omega_{nz}$ ) 或水平回转第一、二振型固有圆频率 ( $\omega_{n\phi 1}, \omega_{n\phi 2}$ ) (rad/s);									
	1.50	0.80										
	1.60	0.64										
	1.70	0.53										
	1.80	0.45										
	1.90	0.38										
	2.00	0.33										
	2.10	0.29										

续表 B

$\zeta_i$	0.00	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	0.30
$\omega/\omega_{ni}$												
2.20	0.26	<p><math>\omega</math> —— 机器扰力的圆频率 (rad/s) ;</p> <p>一谐波力: <math>\omega = 0.105n</math>, 二谐波力: <math>\omega = 0.21n</math>,</p> <p><math>n</math> 为机器工作转速 (r/min) ;</p> <p>当 <math>\omega &lt; 0.75\omega_{nz} (\omega_{n\phi 1})</math> 或 <math>\omega &gt; 1.25\omega_{nz} (\omega_{n\phi 1})</math> 时,</p> <p>及 <math>\omega &lt; 0.9\omega_{n\phi 2}</math> 或 <math>\omega &gt; 1.1\omega_{n\phi 2}</math> 时, 则</p> $\eta_i = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_{ni}^2}}$ <p>即: <math>\zeta_i = 0</math> 时的系数.</p>										
2.30	0.23											
2.40	0.21											
2.50	0.19											
2.60	0.17											
2.70	0.16											
2.80	0.15											
2.90	0.13											
3.00	0.13											

附录 C  $\beta$  系数表表 C  $\beta$  值

$\frac{\omega_{nx}}{\omega_{n\phi}} \backslash \frac{4mh_2^2}{J_{\phi}}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
0.25	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.25 1.00	0.30 1.00	0.35 1.00	0.40 1.00	0.45 1.00	0.49 1.00	0.54 1.00	0.59 1.01
0.50	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.25 1.00	0.30 1.00	0.35 1.00	0.40 1.00	0.44 1.00	0.49 1.01	0.54 1.01	0.58 1.01
1.00	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.25 1.00	0.30 1.00	0.34 1.00	0.39 1.00	0.44 1.01	0.48 1.01	0.52 1.02	0.56 1.02



续表 C

$\frac{4mb_2^2}{J_m}$ \ / \ $\frac{\omega_{nx}}{\omega_{n\phi}}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
	1.50	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.25 1.00	0.29 1.00	0.34 1.00	0.39 1.01	0.43 1.01	0.47 1.01	0.51 1.02
2.00	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.25 1.00	0.29 1.00	0.34 1.00	0.38 1.01	0.42 1.01	0.46 1.02	0.49 1.03	0.52 1.04
2.25	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.25 1.00	0.29 1.00	0.34 1.00	0.38 1.01	0.42 1.01	0.45 1.02	0.48 1.03	0.51 1.05
2.50	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.24 1.00	0.29 1.00	0.33 1.01	0.38 1.01	0.41 1.01	0.45 1.02	0.48 1.04	0.50 1.05
2.75	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.24 1.00	0.29 1.00	0.33 1.01	0.37 1.01	0.41 1.02	0.44 1.03	0.47 1.04	0.49 1.06
3.00	0.10 1.00	0.15 1.00	0.20 1.00	0.24 1.00	0.29 1.00	0.33 1.01	0.37 1.01	0.41 1.02	0.44 1.03	0.46 1.04	0.48 1.06

续表 C

$\frac{4mb_2^2}{J_n}$	$\frac{\omega_{nx}}{\omega_{n\phi}}$										
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
3.25	0.10	0.15	0.20	0.24	0.29	0.33	0.37	0.40	0.43	0.46	0.47
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07
3.50	0.10	0.15	0.20	0.24	0.29	0.33	0.37	0.40	0.43	0.45	0.46
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07
3.75	0.10	0.15	0.20	0.24	0.29	0.33	0.36	0.40	0.42	0.44	0.45
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.04	1.05	1.07
4.00	0.10	0.15	0.20	0.24	0.28	0.33	0.36	0.39	0.42	0.44	0.45
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.04	1.05	1.08
4.25	0.10	0.15	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.39	0.41	0.43	0.44
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.08
4.50	0.10	0.15	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36	0.39	0.41	0.42	0.43
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.09

续表 C

$\frac{4mb^2}{J_m} \backslash \frac{\omega_m}{\omega_{n\ddagger}}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
4.75	0.10	0.15	0.20	0.24	0.28	0.32	0.35	0.38	0.40	0.41	0.42
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.09
5.00	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.32	0.35	0.38	0.40	0.41	0.41
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09
5.25	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.32	0.35	0.37	0.39	0.40	0.40
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.10
5.50	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.32	0.35	0.37	0.39	0.39	0.39
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.10
5.75	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34	0.37	0.38	0.38	0.38
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.10
6.00	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34	0.36	0.38	0.38	0.37
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.08	1.11

续表 C

$\frac{4mh^2}{J_n}$ \ / \ $\frac{\omega_{n\downarrow}}{\omega_{n\uparrow}}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
6.25	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34	0.36	0.37	0.37	0.36
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11
6.50	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.31	0.34	0.36	0.36	0.36	0.35
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11
6.75	0.10	0.15	0.19	0.24	0.27	0.31	0.33	0.35	0.36	0.35	0.34
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.04	1.06	1.08	1.12
7.00	0.10	0.15	0.19	0.24	0.27	0.31	0.33	0.35	0.36	0.35	0.33
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.04	1.06	1.09	1.12
7.25	0.10	0.15	0.19	0.23	0.27	0.30	0.33	0.34	0.35	0.34	0.32
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.03	1.04	1.06	1.09	1.12
7.50	0.10	0.15	0.19	0.23	0.27	0.30	0.33	0.34	0.34	0.33	0.30
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.03	1.04	1.06	1.09	1.13

续表 C

$\frac{\omega_{mx}}{\omega_{n\phi}} \backslash \frac{4mh_2^2}{J_n}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
7.75	0.10	0.15	0.19	0.23	0.27	0.30	0.32	0.34	0.34	0.32	0.29
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.09	1.13
8.00	0.10	0.15	0.19	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.33	0.32	0.28
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.07	1.10	1.13
8.25	0.10	0.15	0.19	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.33	0.31	0.27
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.10	1.13
8.50	0.10	0.15	0.19	0.23	0.27	0.30	0.32	0.32	0.32	0.30	0.26
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.10	1.14
8.75	0.10	0.15	0.19	0.23	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.29	0.24
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.10	1.14
9.00	0.10	0.15	0.19	0.23	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.28	0.23
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07	1.11	1.14

续表 C

72

$\frac{4mh_2^2}{J_m} \backslash \frac{\omega_{nx}}{\omega_{n\phi}}$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
9.50	0.10 1.00	0.15 1.00	0.19 1.00	0.23 1.00	0.26 1.01	0.29 1.02	0.30 1.03	0.31 1.05	0.30 1.08	0.26 1.11	0.20 1.15
10.00	0.10 1.00	0.15 1.00	0.19 1.00	0.23 1.01	0.26 1.01	0.29 1.02	0.30 1.03	0.30 1.05	0.28 1.08	0.24 1.11	0.16 1.15

$$\text{注: } \beta_{1,2} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\omega_{nx}^2}{\omega_{n\phi}^2} + 1 \right) \mp \sqrt{\left( \frac{\omega_{nx}^2}{\omega_{n\phi}^2} \right)^2 - \frac{2\omega_{nx}^2}{\omega_{n\phi}^2} + 1 + \frac{4mh_2^2}{J_m} \cdot \frac{\omega_{nx}^4}{\omega_{n\phi}^4}} \right]}$$

$\omega_{nx}$  —— 基组水平向固有圆频率 (rad/s) ;

$$\omega_{nx} = \sqrt{\frac{K_x}{m}}$$

表中上行为  $\beta_1$ , 下行为  $\beta_2$ .

## 附录 D $\rho_{01}$ 、 $\rho_{02}$ 系数表

表 D  $\rho_{01}$ 、 $\rho_{02}$  值

$\frac{\omega_{n\phi 1}}{\omega_{nx}}$	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.75	0.80	0.85
$\rho_{01}$	1.05	1.10	1.19	1.33	1.56	1.96	2.29	2.78	3.60
$\frac{\omega_{n\phi 1}}{\omega_{nx}}$	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98
$\rho_{01}$	5.26	5.82	6.51	7.40	8.59	10.56	12.76	16.92	25.25
$\frac{\omega_{n\phi 1}}{\omega_{nx}}$	0.99	—	—	—	—	—	—	—	—
$\rho_{01}$	50.25	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 D

$\frac{\omega_{n\phi 2}}{\omega_{nx}}$	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09
$\rho_{02}$	49.75	24.75	16.42	12.23	9.76	8.09	6.90	6.01	5.32
$\frac{\omega_{n\phi 2}}{\omega_{nx}}$	1.10	1.12	1.14	1.16	1.18	1.20	1.25	1.30	1.35
$\rho_{02}$	4.76	3.93	3.34	2.89	2.55	2.27	1.78	1.45	1.22
$\frac{\omega_{n\phi 2}}{\omega_{nx}}$	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.25	2.50
$\rho_{02}$	1.04	0.80	0.64	0.53	0.45	0.38	0.33	0.25	0.19



## 附录 E 活塞式压缩机常用型式的扰力、扰力矩计算

表 E 活塞式压缩机常用型式的扰力、扰力矩计算

型式	简 图			水平扰力 $P_x$	竖向扰力 $P_z$	扭转力矩 $M_v$	回转载矩 $M_f$
单 L 型		一	通 式	$r_0 \omega^2 (m_a + m_{b2}) \sin \omega t$	$r_0 \omega^2 (m_a + m_{b1}) \cos \omega t$	0	0
		阶	最大值	$r_0 \omega^2 (m_a + m_{b2})$	$r_0 \omega^2 (m_a + m_{b1})$	0	0
		二	通 式	$-r_0 \omega^2 \Delta m_{b2} \cos 2\omega t$	$r_0 \omega^2 \Delta m_{b1} \cos 2\omega t$	0	0
		阶	最大值	$r_0 \omega^2 \Delta m_{b2}$	$r_0 \omega^2 \Delta m_{b1}$	0	0
四 列 对 称 平 衡 型 (I)		一	通 式	$r_0 \omega^2 [(m_{b2} - m_{b1}) \sin \omega t + (m_{b4} - m_{b3}) \cos \omega t]$	0	$-r_0 \omega^2 c [(m_a + m_{b1}) \sin \omega t + (m_a + m_{b4}) \cos \omega t]$	$r_0 \omega^2 c m_a (\sin \omega t - \cos \omega t)$
		阶	最大值 $m_{b1} = m_{b2}$ $= m_{b3} = m_{b4}$ 时	0	0	$\sqrt{2} r_0 \omega^2 c (m_a + m_b)$	$\sqrt{2} r_0 \omega^2 c m_a$
		二	通 式	$r_0 \omega^2 \Delta (m_{b2} - m_{b1} + m_{b4} - m_{b3}) \times \cos 2\omega t$	0	$-r_0 \omega^2 c (m_{b1} + m_{b4}) \Delta \cos 2\omega t$	0
		阶	最大值 $m_{b1} = m_{b2}$ $= m_{b3} = m_{b4}$ 时	0	0	$2 r_0 \omega^2 c \Delta m_b$	0

续表 E

型式	简图		水平扰力 $P_x$	竖向扰力 $P_z$	扭转力矩 $M_\psi$	回转力矩 $M_\phi$			
四列对称平衡型 (II)		一阶	通式	$r_0 \omega^2 [(m_{b2} - m_{b1}) \sin \omega t + (m_{b3} + m_{b4}) \cos \omega t]$	0	$-r_0 \omega^2 c [(m_a + m_{b1}) \sin \omega t + (m_a + m_{b4}) \cos \omega t]$	$r_0 \omega^2 c m_a (\sin \omega t - \cos \omega t)$		
		一阶	最大值 $m_{b1} = m_{b2}$ $= m_{b3} = m_{b4}$ 时	0	0	$\sqrt{2} r_0 \omega^2 c (m_a + m_b)$	$\sqrt{2} r_0 \omega^2 c m_a$		
		二阶	通式	$r_0 \omega^2 \Delta (m_{b2} - m_{b1} + m_{b3} - m_{b4}) \cos 2\omega t$	0	$r_0 \omega^2 c (m_{b1} - m_{b4}) \Delta \cos 2\omega t$	0		
		二阶	最大值 $m_{b1} = m_{b2}$ $= m_{b3} = m_{b4}$ 时	0	0	0	0		
		单列卧式		一阶	通式	$r_0 \omega^2 (m_a + m_b) \sin \omega t$	$r_0 \omega^2 m_a \cos \omega t$	0	0
				一阶	最大值	$r_0 \omega^2 (m_a + m_b)$	$r_0 \omega^2 m_a$	0	0
二阶	通式			$-r_0 \omega^2 \Delta m_b \cos 2\omega t$	0	0	0		
二阶	最大值			$r_0 \omega^2 \Delta m_b$	0	0	0		

续表 E

型式	简图		水平扰力 $P_x$	竖向扰力 $P_z$	扭转力矩 $M_y$	回致力矩 $M_x$	
二列对称平衡型		— 阶	通式 $r_0 \omega^2 (m_{b1} - m_{b2}) \cos \omega t$	0	$r_0 \omega^2 c (m_a + \frac{m_{b1} + m_{b2}}{2}) \cos \omega t$	$-r_0 \omega^2 c m_a \sin \omega t$	
			最大值 $m_{b1} = m_{b2}$ 时	0	0	$r_0 \omega^2 c (m_a + m_b)$	$r_0 \omega^2 c m_a$
		二 阶	通式 $r_0 \omega^2 \Delta (m_{b1} - m_{b2}) \cos 2\omega t$	0	$\frac{1}{2} r_0 \omega^2 c \Delta (m_{b1} + m_{b2}) \cos 2\omega t$	0	
			最大值 $m_{b1} = m_{b2}$ 时	0	0	$r_0 \omega^2 c \Delta m_b$	0
三列对置式		— 阶	通式 $r_0 \omega^2 [(m_{b1} - \frac{m_{b2} + m_{b3}}{2}) \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} (m_{b3} - m_{b2}) \cos \omega t]$	0	$r_0 \omega^2 c [(\frac{3}{2} m_a + m_{b1} + \frac{m_{b3}}{2}) \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} (m_a + m_{b3}) \cos \omega t]$	$\frac{\sqrt{3}}{2} r_0 \omega^2 c m_a [\sqrt{3} \cos \omega t + \sin \omega t]$	
			最大值 $m_{b1} = m_{b2} = m_{b3}$ 时	0	0	$\sqrt{3} r_0 \omega^2 c (m_a + m_b)$	$\sqrt{3} r_0 \omega^2 c m_a$
		二 阶	通式 $r_0 \omega^2 \Delta [(m_{b1} + \frac{m_{b2} - m_{b3}}{2}) \cos 2\omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} (m_{b3} + m_{b2}) \sin 2\omega t]$	0	$r_0 \omega^2 c \Delta [(m_{b1} + \frac{m_{b3}}{2}) \cos 2\omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} m_{b3} \sin 2\omega t]$	0	
			最大值 $m_{b1} = m_{b2} = m_{b3}$ 时	$2 r_0 \omega^2 \Delta m_b$	0	$\sqrt{3} r_0 \omega^2 c \Delta m_b$	0

续表 E

型式	简图		水平扰力 $P_x$	竖向扰力 $P_z$	扭转力矩 $M_v$	回转力矩 $M_h$	
六列对称平衡型		一阶	通式	$\frac{1}{2} r_0 \omega^2 [(m_{b1} - m_{b2} + 2m_{b3} - 2m_{b4} + m_{b5} - m_{b6}) \sin \omega t + (m_{b1} - m_{b2} - m_{b5} + m_{b6}) \sqrt{3} \cos \omega t]$	0	$r_0 \omega^2 c [(2m_a + \frac{m_{b1} + m_{b6}}{2} + m_{b3}) \sin \omega t + \frac{m_{b1} - m_{b6}}{2} \sqrt{3} \cos \omega t]$	$2 r_0 \omega^2 c m_a \cos \omega t$
		一阶	最大值 $m_b$ 皆同	0	0	$2 r_0 \omega^2 c (m_a + m_b)$	$2 r_0 \omega^2 c m_a$
		二阶	通式	$\frac{1}{2} r_0 \omega^2 \Delta [(m_{b2} - m_{b1} + 2m_{b3} - 2m_{b4} - m_{b5} + m_{b6}) \cos 2\omega t + \sqrt{3} (m_{b2} - m_{b1} + m_{b5} - m_{b6}) \sin 2\omega t]$	0	$-r_0 \omega^2 c \Delta (m_{b1} - m_{b3}) \cos 2\omega t$	0
		二阶	最大值 $m_b$ 皆同时	0	0	0	0
单V型		一阶	通式	$0.707 r_0 \omega^2 [(m_a + m_{b2}) \sin \omega t - (m_a + m_{b1}) \cos \omega t]$	$0.707 r_0 \omega^2 [(m_a + m_{b1}) \cos \omega t + (m_a + m_{b2}) \sin \omega t]$	0	0
		一阶	最大值 $m_{b1} = m_{b2}$ 时	$r_0 \omega^2 (m_a + m_b)$	$r_0 \omega^2 (m_a + m_b)$	0	0
		二阶	通式	$-0.707 r_0 \omega^2 \Delta (m_{b1} + m_{b2}) \cos 2\omega t$	$0.707 r_0 \omega^2 \Delta (m_{b1} - m_{b2}) \cos 2\omega t$	0	0
		二阶	最大值 $m_{b1} = m_{b2}$ 时	$\sqrt{2} r_0 \omega^2 \Delta m_b$	0	0	0

## 用词说明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的用词，说明如下：

(一) 表示很严格，非这样做不可的用词

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(二) 表示严格，在正常情况下应这样做的用词

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(三) 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

中华人民共和国行业标准

# 石油化工压缩机基础 设计 规 范

SH3091-1998

条 文 说 明

1998 北 京

# 目 次

1	总则	81
3	活塞式压缩机基础	82
3.1	一般规定	82
3.2	地基的主要动力参数	83
3.3	扰力计算	83
3.4	静力计算	83
3.5	动力计算	83
3.6	联合基础	84
3.7	简化计算	84
3.8	材料与构造	84
4	离心式压缩机框架式基础	85
4.1	一般规定	85
4.2	动力计算	87
4.3	静力计算	89
4.4	构造与配筋	89

# 1 总 则

1.0.1 规定本规范的适用范围,将原《炼油厂压缩机基础设计规定》(SHJ1065-85,以下简称为《规定》)仅适用于炼油厂的有关压缩机基础设计,扩大为适用于石油化工企业的有关压缩机基础设计。

1.0.2 对原《规定》1.0.2条的内容进行了补充与完善。



## 3 活塞式压缩机基础

### 3.1 一般规定

3.1.1 在设计活塞式压缩机基础时应取得的基本设计资料中未列入电机的扰力和短路力矩。因为电机扰力引起的基础振动线位移相对较小，为简化计算可不考虑；由于大块式和墙式基础强度安全储备较高，在进行基础强度计算时，对作用于基础上瞬时出现的短路力矩，可不考虑。

3.1.4， 3.1.5 为避免机器基础的振动直接影响到建筑物，设计中应将机器基础与建筑物基础及上部结构脱开，振动较大的管道不宜搁置在建筑物上，否则应设置弹性支座、吊架或其他减振措施，以保证正常生产。

3.1.8 本条为地基动力参数的取值原则。在作基础动力计算时，对地基抗压刚度系数 $C_2$ 和地基刚度的取值不是越小越安全。当 $C_2$ 取值较低，或不考虑基础埋深和刚性地面对地基刚度的提高作用时，基组固有圆频率计算值偏低，在机器的扰力圆频率大于基组固有圆频率时，偏低的基组固有圆频率计算值导致远离共振区，基础振动线位移计算值可能偏小，呈不安全；相反，当机器的扰力圆频率小于基组固有圆频率时，是偏安全的。在设计中，当基础的侧边设有地沟时，埋深和刚性地面对地基刚度的提高作用应予折减。

## 3.2 地基的主要动力参数

3.2.1 地基土基本动力参数是基组动力计算的依据，该参数因场地而异，随着地基土的不同性质和构造而变化，故要求地基土动力参数一般应由现场作原位测定。当有经验时，可按本节取用。

3.2.2 天然地基抗压刚度参数  $C_z$  的取值（即表 3.2.2），按国家现行规范作了相应修改。

3.2.7 天然地基阻尼比值按国家现行规范作了相应修改。

## 3.3 扰力计算

3.3.1 ~ 3.3.6 活塞式压缩机扰力和扰力矩数值应由机器制造厂提供。当设计人员需要进行复核时，按本节规定计算。

## 3.4 静力计算

3.4.4 本条规定是为了防止基础产生有害的不均匀沉降，以保证机器正常工作。当符合本条规定时，基组动力计算时可以不考虑其质量偏心影响。

## 3.5 动力计算

3.5.1 基础顶面控制点的总位移峰值：取该点在一、二谐扰力、扰力矩作用下振动线位移的代数和，并考虑振动线位移折减系数  $\alpha_A$ 。对于天然地基，本规范中的基础地基刚度和质量均不考虑土的参振质量，因此，本规范表 3.2.2 中的抗压刚度系数  $C_z$  值是偏低的。这样，虽然对计算基础

的固有频率无影响，但使计算基础的振动线位移值偏大，故用 $\alpha_A$ 进行折减。

### 3.6 联合基础

3.6.1 在工程实践中，有时动力基础的底面积受到限制，或遇到允许振动线位移幅值较严的情况，此时采用联合基础是一个有效的处理办法。

联合基础一般只取2~3台机器联合，并且机器的类型应相同。本条规定了联合基础按刚性整体计算的条件。其一是底板的厚度 $h_d$ 应满足刚性要求；其二是对联合基础固有圆频率的限制。当满足公式(3.6.1-4)和(3.6.1-5)时，基础联合后的固有频率提高，便远离共振区，达到减小振幅的目的。

### 3.7 简化计算

3.7.2 本条规定给出了在水平扰力作用下扁平基础顶面水平振动线位移计算的简化公式，公式中未考虑阻尼项，当机器扰力圆频率较高落入共振区时， $\frac{\omega_{nls}^2}{\omega_{nls}^2 - \omega^2}$ 将较大，此时应调整基础尺寸或加固地基以避免共振。

### 3.8 材料与构造

3.8.5 本条规定主要是针对功率大于500KW或末级排气压力高于10MPa的压缩机基础。在地基较差，基础底面压应力较大时，设置在联合基础上的压缩机宜同时或对称安装，以免底板因荷载不均而造成偏沉。

## 4 离心式压缩机框架式基础

### 4.1 一般规定

4.1.1 本条列出了设计时应取得的资料。对动力基础的设计，除满足承载能力极限状态外，必须保证基础的振幅值不超过规定的允许值，并使机组取得良好的振动特性。机器的扰力和工作转速（即扰频）为基础动力计算时主要依据。轴的临界转速则用于和基础的基频作比较，基础的基频需尽可能地避开机器轴的临界转速的 $\pm 10\%$ ，使机组在开车时取得良好的振动特性。在以电机为原动机时，开车时其升速很快，几分钟内即可达到额定转速。在以汽轮机为原动机时，其开车升速是由进气量来控制的，一般在开车时均按预先制定好的升速曲线进行。在机器临界转速处要迅速升速，滑过这一阶段，以免发生共振，如果基础的自频接近临界转速，开车时进气量的控制不顺利，此时机器会发生较大的振动，甚至轴瓦冒烟，发生事故，这种现象在现场时有发生。当然引起机器振动的原因很多，但在基础的设计中应尽量使基础的基频避开临界转速，使机组取得良好的振动特性。

4.1.2 本条规定中的第3～5款是根据工程实例分析得出的。

顶板的厚度原《规定》为不宜小于 600mm，改为不宜小于 800mm，并增加了净跨度与板厚比的控制。

根据 60 台基础数据整理，板厚大于等于 800mm 共 53 台，占 88.33%，故取板厚不宜小于 800mm，其概率图如下（图 4.1.2-1）：

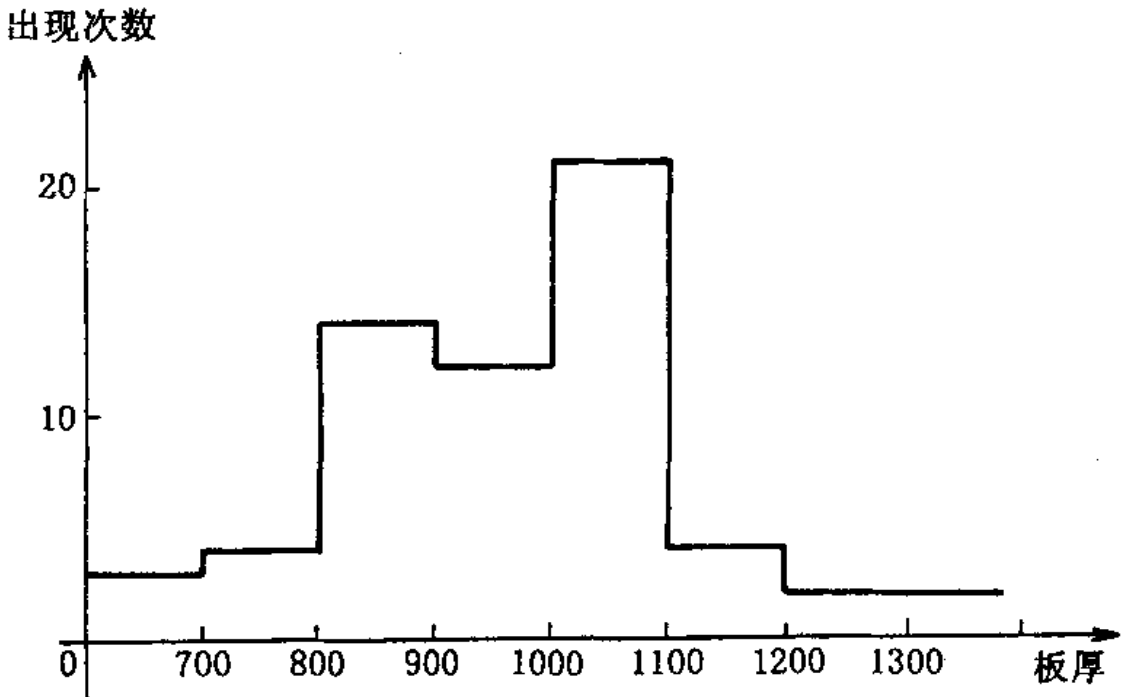


图 4.1.2-1 顶板厚度概率统计

净跨与板厚之比  $l_0/h$ （简称跨比）的规定：根据 53 台基础数据统计，横向跨比小于 4 共 52 台，占 98.1%；根据 58 台基础数据统计，纵向跨比大于 4 共 10 台，占 17.2%，在此 10 台中，跨比大于 5 仅 2 台，所以规定横向跨比不宜大于 4，纵向宜取 4~5。

柱子长细比，原《规定》为不宜大于 14，改为不宜大

于 10。

原《规定》中为不宜大于 14 是根据国外有关资料制订的，根据国内 55 台基础实例，最小柱截面为  $500 \times 500$  (mm)，常用为  $600 \times 600$  (mm)， $700 \times 700$  (mm)， $800 \times 800$  (mm)，最大为  $1200 \times 1200$  (mm)。其柱长细比（柱净高与柱截面短边之比）在 7 ~ 10 之间为 40 台，占 72.7%；柱长细比大于 10 的共 3 台，占 5.5%。其概率图如下（图 4.1.2-2）：

规范规定柱长细比不宜大于 10 是适宜的。

4.1.3 规范明确了基础设计应包括的项目。

## 4.2 动力计算

4.2.1 基础可不作动力计算的规定，是以保证机组安全正常运转为前提，以减少计算工作量、加快设计进度为目的的，是对大量工程实例计算分析的结果。本条规定除控制机器在工作转速时的总扰力外，必须注意基础的构件选型应符合本规范 4.1.2 条的规定。

4.2.2 提出了按空间多自由度体系计算时一些参数的取值，及要求扫频计算的范围。

4.2.4 本规范增加了电机驱动时，电机的计算扰力值。

4.2.9 当  $n$  个不同频率的扰力同时作用时，基础顶面某点的振动速度为各扰力产生的振动线速度峰值的平方和开方，即公式（4.2.9-1）。原《规定》采用的为各扰力产生的振动线速度峰值的代数和，其值偏大。当离心压缩机组有  $n$  个不同频率扰力作用时，这些扰力的大小和相位都是

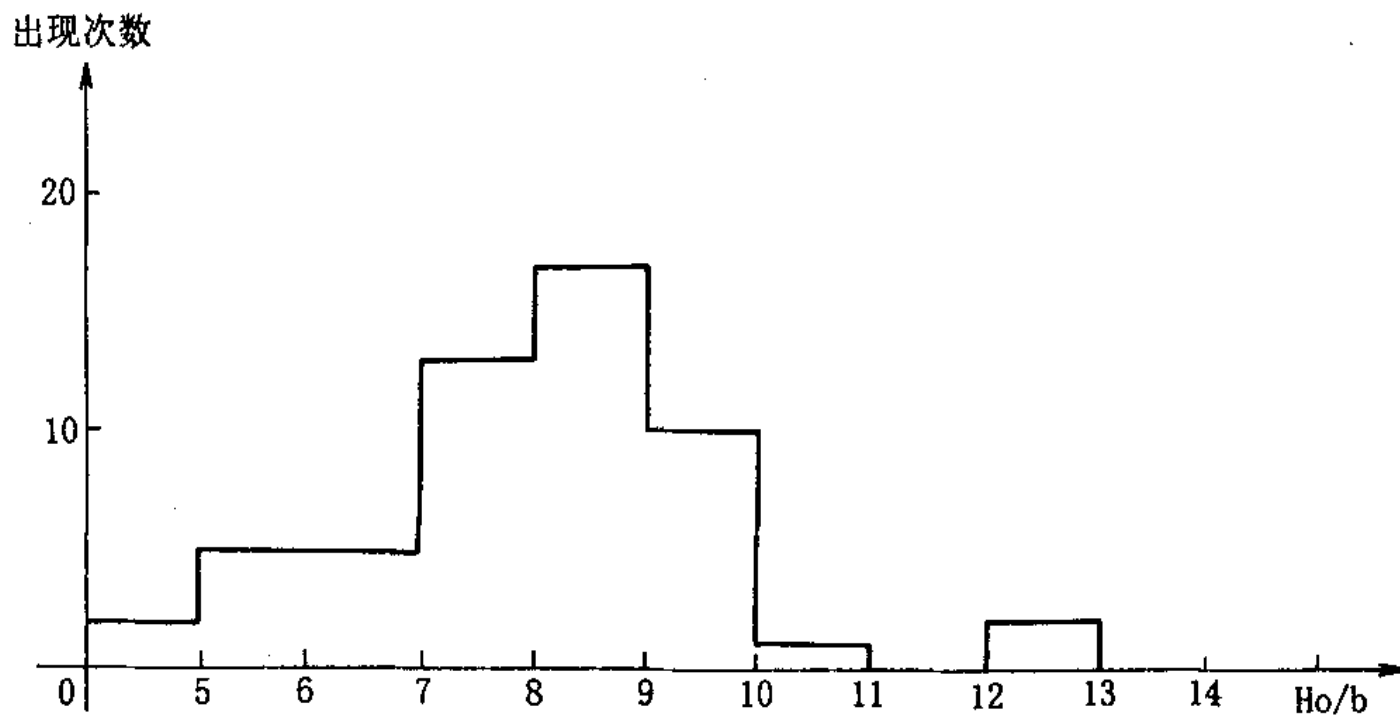


图 4.1.2-2 柱长细比概率统计

随机量，从机率上看，每个转子均达到正常运行情况下的最大不平衡是不可能的。也极少可能出现各扰力的方向与所计算的共振频率为主振型完全相同的情况，采用以概率理论为基础的分析方法是较符合实际的。

### 4.3 静力计算

4.3.1 ~ 4.3.5 按现行荷载规范的要求，修改了荷载的分类表达，补充了各类荷载的分项系数取值及计算规定。

### 4.4 构造与配筋

4.4.2 为方便设计，本条对二次浇灌层材料作了补充，增加了高强无收缩灌浆料。以往一般采用微膨胀细石混凝土，但在大量引进的机组中常用无垫铁灌浆，要求采用高强无收缩灌浆材料。目前由冶金部建筑研究总院研制生产的CGM-1~3系列高强无收缩灌浆料在工程中得到了广泛应用，效果良好。该材料具有微膨胀、自流性好，拌水直接灌入无需振捣的特点，施工十分简便，而且早强、高强（一天强度可达22MPa以上），有利于设备早日安装。

本条还规定了二次浇灌层厚度大于50mm时应设置锚筋及其相应的构造要求。

4.4.5 本条规定了基础顶板的配筋原则。基础顶板按梁区和板区分别配筋，在二柱间、宽度同柱宽区为梁区，其余为板区。

4.4.6 ~ 4.4.12 根据大量的工程实例及数理分析，规范对基础的配筋作了较具体的规定，以利于提高设计质量，



加快设计速度。

1 顶板板区的配筋，根据 50 台基础的统计，钢筋直径为 16mm，间距为 200 ~ 250mm 共 40 台，占 80%；钢筋直径为 18mm，间距为 200mm 共 7 台，占 14%。故规范规定板区配筋为钢筋直径为 16 ~ 18mm，间距为 200 ~ 250mm。在局部区域，如开孔影响而形成暗梁区应局部加强，按暗梁计算配置。

2 顶板的梁区配筋，是对 60 台基础的纵、横梁共 102 个配筋数据统计分析而定的。其概率图如下（图 4.4.9）：

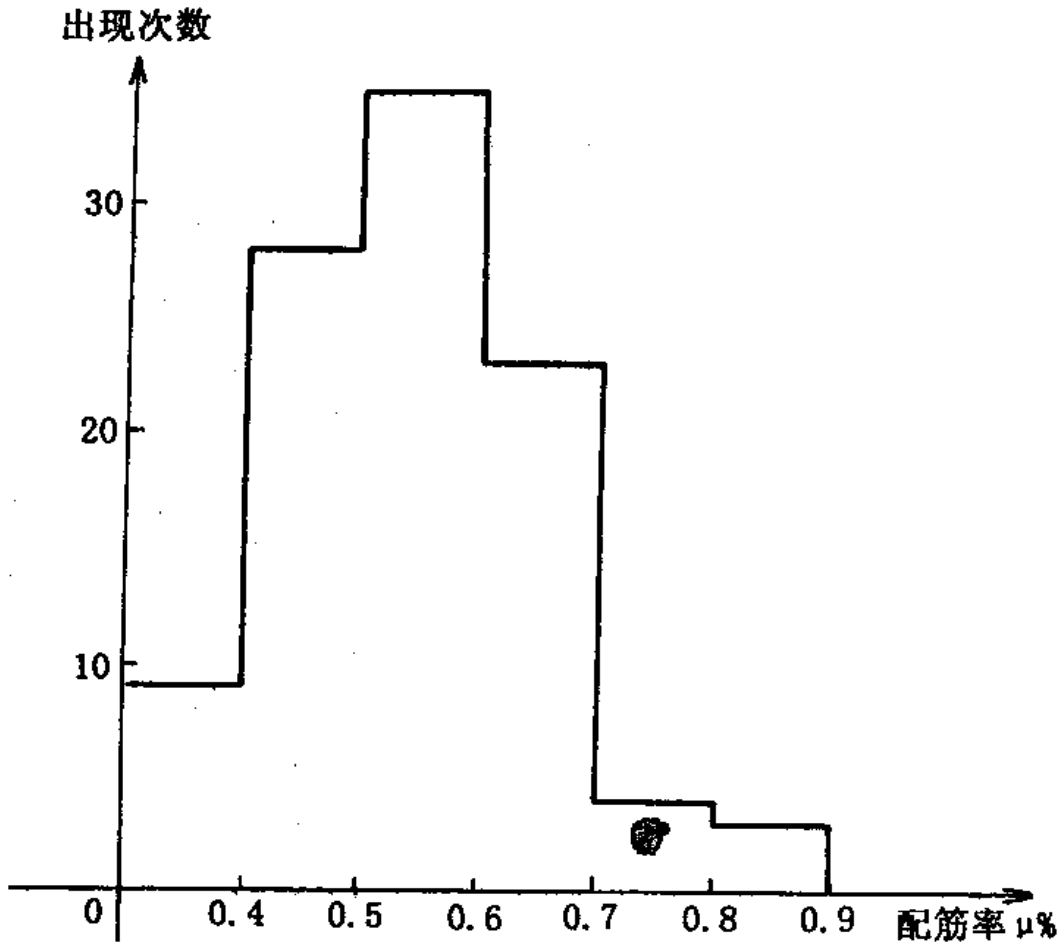


图 4.4.9 梁区配筋概率统计

统计表明,总配筋率(百分率)为 0.4 ~ 0.6 共 63 个,占 61.76%; 为 0.4 ~ 0.7 共 86 个,占 84.31%。故规范提出宜取 0.4 ~ 0.7。

3 柱的配筋,从 54 台基础工程实例统计,柱的纵向钢筋直径为 18 ~ 25mm,柱的总配筋率(百分率)为 0.8 ~ 1.3 的共 42 台,占 77.78%。故规范提出宜取 0.8 ~ 1.3。其概率图如下(图 4.4.10) :

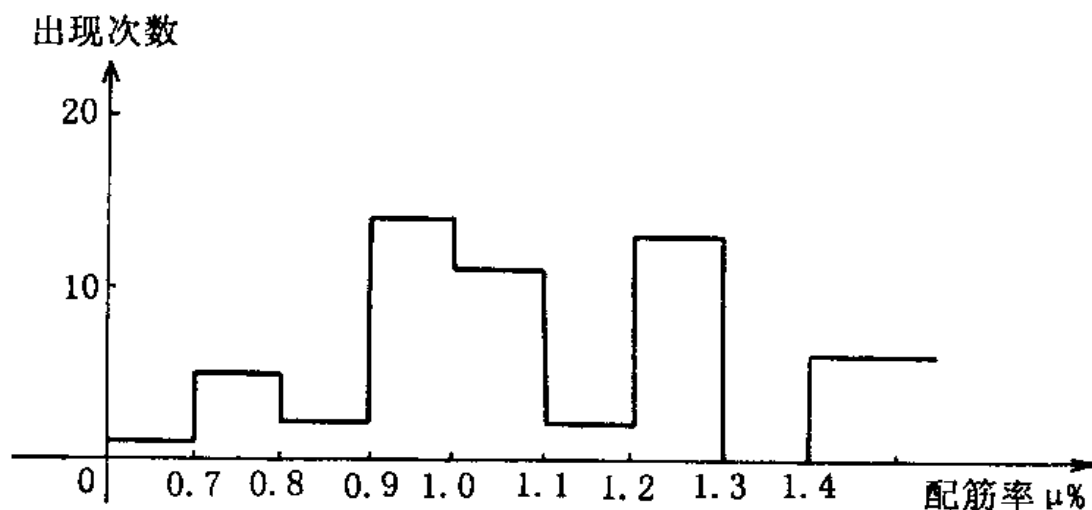


图 4.4.10 柱纵向钢筋配筋率统计