

中 华 人 民 共 和 国 冶 金 工 业 部 制 订

制氧机等动力机器基础 勘察设计暂行条例

冶金工业出版社

中华人民共和国冶金工业部制订
制氧机等动力机器基础勘察设计暂行条例
冶金工业部建筑研究院
(限国内发行)

*

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/32 印张 21/8 字数 44 千字
1977 年 7 月第一版 1977 年 7 月第一次印刷
印数 00,001~4,600 册
统一书号: 15062·3308 定价(科) 0.19 元

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

编制说明

本条例是根据冶金工业部(74)冶基 315 号文通知,由冶金工业部建筑研究院和北京钢铁设计院会同部属有关勘察、设计、施工、科研、学校等单位,并邀请石油化工部第六设计院参加共同编制而成。

在编制过程中,以阶级斗争为纲,贯彻社会主义建设总路线,坚持**独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国**的方针,实行工人、干部、技术人员三结合,进行了比较广泛的调查研究和科学实验,总结了建设中的实践经验,吸取了有关科研成果,并征求了国内有关单位的意见,最后经冶金工业部组织有关单位审查定稿。

本条例共分四章和两个附录,主要内容有:确定以速度为评定振动的主要指标;机器基础地基刚度的试验方法和计算原则;考虑基础四周土体及地坪的弹性作用和阻尼影响为特点的曲柄连杆式机器基础的计算,以及高速旋转式机器框架基础采用多自由度振幅计算法的有关规定。

在试行过程中,希各单位注意积累资料和总结经验,如发现需要修改和补充之处,请将意见和有关资料寄冶金工业部建筑研究院,以便今后修订。

一九七七年一月

主 要 符 号

P_z 、 P_x ——分别为垂直、水平扰力之幅值

C_z 、 C_x 、 C_φ 、 C_ψ ——分别为地基均压、均剪、非均压及非均剪弹性系数

K_z 、 K_x 、 K_φ 、 K_ψ ——分别为地基均压刚度、均剪刚度、非均压刚度、非均剪刚度

F_0 ——试验基础或压模的底面积

F ——机器基础的底面积

m ——基组的质量

I ——基础底面对通过其形心并垂直于振动方向的轴之面积矩

I_m ——基组质量对通过其重心并垂直于振动方向的轴之质量惯性矩

I_ψ ——基础底面对扭转轴之极惯矩

$I_{m\psi}$ ——基组对扭转轴之质量惯性矩

n ——机器主轴的工作转速

h_1 ——基组重心至基础上表面的距离

h_2 ——基组重心至基础底面的距离

h_3 ——水平扰力作用位置至基组重心的距离

e ——垂直扰力与基组重心的水平距离

L ——需求振幅点与重心间的水平距离

D_z 、 D_ψ ——分别为垂直振动和扭转振动阻尼比

$D_{x\varphi}$ ——水平、旋转耦合振动综合阻尼比

β_z 、 $\beta_{x\varphi}$ ——考虑基础四周土体作用，阻尼比的提高系数

α_1 ——考虑基础四周填土的弹性作用，水平、旋转耦合自振频率的提高系数

α_2 ——考虑基础四周地坪的弹性作用，水平、旋转耦合自振频率的提高系数

α_z ——考虑基础四周土体的弹性，基组垂直自振频率的提高系数

k_1 ——计算水平、旋转耦合振幅时的安全系数

k_2 ——计算垂直振幅时的安全系数

W_g ——机器转子的重量

N ——动力荷载

目 录

第一章	总则	1
第二章	地基弹性系数及刚度的确定方法	4
第三章	曲柄连杆式机器基础	7
第四章	旋转式机器基础	18
附录一	曲柄连杆式机器基础振动计算例题	21
附录二	旋转式机器基础的振动计算例题	28
	一、关于构架式基础计算例题的几点说明	28
	二、构架式基础采用多自由度平面连梁模 型的振动计算	34
	三、构架式基础采用多自由度 模型的 振动计算	50

第一章 总 则

第1条 在制氧机基础振动勘察设计中，必须贯彻执行党的社会主义建设总路线，坚持**独立自主、自力更生、艰苦奋斗、勤俭建国**的方针，坚持实践第一，认真勘察，精心设计，做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量。

第2条 本条例适用于制氧机系统下列动力机器基础的勘察和设计：

一、曲柄连杆式机器基础（包括活塞式氧气压缩机、空气压缩机等基础）。

二、旋转式机器基础（包括透平氧气压缩机、透平空气压缩机、透平膨胀机和螺杆压缩机等基础）。

第3条 本条例仅包括制氧机系统的动力机器基础勘察设计的規定。凡本条例未明文规定的有关勘察、设计要求，还应遵照现行的国家动力机器基础设计规程（草案）（以下简称动规）和有关规范规定。

第4条 在设计制氧机系统动力机器基础时，应具有下列资料：

一、工艺布置图：包括制氧车间内各种动力机器的位置（包括安装螺栓位置，辅助设备及管道安装位置等）。必要时还应具有车间周围其它动力机器的位置及其振动实测资料和须防振的设备、仪器的位置及防振的要求等资料。

二、机器的技术性能：包括型号、机组容量、功率、重量（分别列出机器总重、定子和转子的重量）、工作转速、轴的临界转速等。

三、机器的不平衡扰力和扰力矩（或计算扰力和扰力矩所必需的数据），以及其他荷载（包括安装荷载、电机的短路力矩等）的分布位置、分布面积、力和荷载的大小以及作用方向等资料。

四、对基础设计的要求，包括外形尺寸的限制；沟、坑、洞的位置和尺寸，二次灌浆层的厚度和尺寸；锚固螺栓、预埋零件的位置图及构造要求等。

五、制氧车间的工程地质和水文地质资料，机器基础下地基压缩层深度范围内土的物理力学性能。此外，还应包括按本条例第二章所规定的地基弹性系数的测定资料。

第5条 基础结构设计，应尽量使其布置合理、构造简单、受力明确。

曲柄连杆式机器基础一般设计为大块式或墙式。

透平式机器基础一般设计为构架式（包括带墙的构架）。

第6条 基础材料宜采用钢筋混凝土，对于大块式或墙式基础，混凝土标号不宜低于150号，对于构架式基础，混凝土标号不宜低于200号；

基础配筋，一般宜采用Ⅰ级和Ⅱ级钢筋。

第7条 制氧机基础一般不宜与建筑物和构筑物及其基础相连，以减小振动对其影响。只有在特殊情况下，并经过周密设计，持有充分依据，才允许动力基础和邻近建筑物、构筑物或其基础相连。

第8条 设计机器基础时，基础、机器和基础台阶上填土的总重心与基础底面形心，力求位于同一垂直线上。如偏心不可避免，则偏心值和垂直偏心方向的基础边长之比不宜超过3%。

第9条 基础振动的允许值，按图1的规定采用。

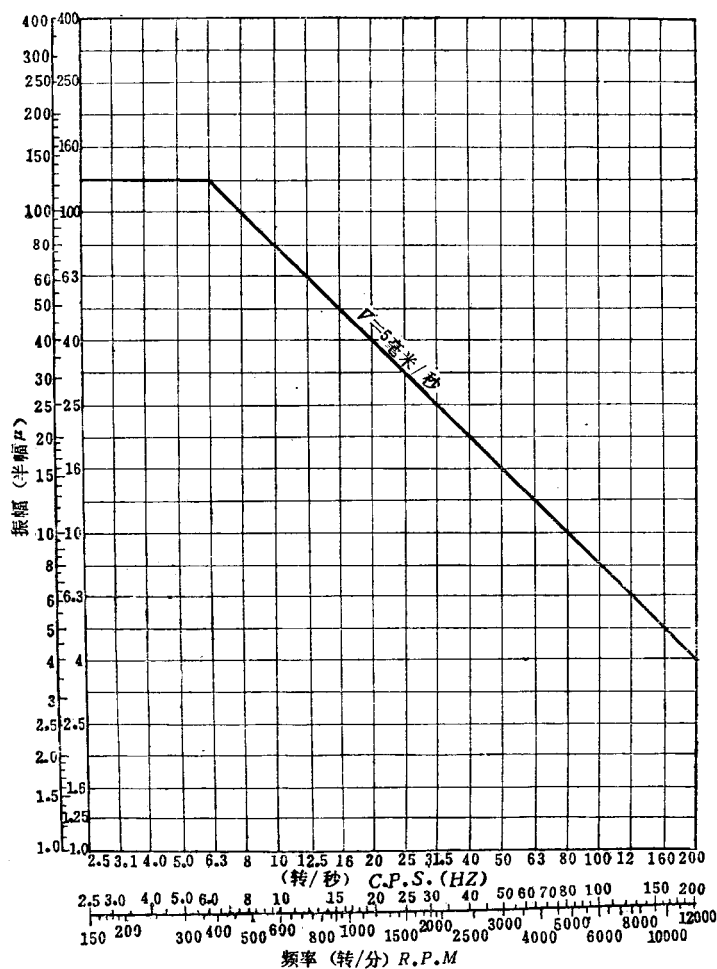


图 1 允许振幅和机器工作转速的关系

第二章 地基弹性系数及刚度的 确定方法

第10条 地基弹性系数的确定方法，可根据制氧机产量等因素按表1采用。

地基弹性系数的确定方法

表 1

单机产量 (米 ³ /时)	设计需要的 地基弹性系数	确 定 方 法
≥10000	任何弹性系数	应作块体基础的强迫振动试验
≥ 6000	C_x, C_φ	"
<10000	C_z	可作压模垂直自由振动试验
< 6000	任何弹性系数	"
> 3350		
≤ 3350	"	允许按现行“动规”查表确定

第11条 作强迫振动试验的块体基础底面积不宜小于 1.5×1.5 米²，高度不宜小于1.0米。当场地有合适的基础可利用时，应尽量利用。

作压模垂直自由振动试验时，压模底面尺寸规定为 0.707×0.707 (米²)，重量规定为1.0吨。

对于压模试验，在同一试验场地，应在不少于两个地点取得试验结果，并取其平均值。

第12条 当施加简谐扰力进行垂直强迫振动试验时，可按下式确定地基均压刚度和均压弹性系数：

$$K_z = 1.2m\lambda_z^2 \quad (1)$$

$$C_z = \frac{K_z}{F_0} \quad (2)$$

式中 K_z ——地基均压刚度, 吨/米;

C_z ——地基均压弹性系数, 吨/米³;

m ——基组(此处指激振器和基础)质量, 吨·秒²/米;

F_0 ——试验基础的底面积, 米²;

λ_z ——基组的垂直共振圆频率, 1/秒。

第13条 当施加水平简谐扰力进行强迫振动试验时, 可按低频时之实测数据*, 用下式确定相应的地基均剪刚度, 非均压刚度和均剪弹性系数, 非均压弹性系数:

$$K_x = \frac{P_x + A_x m \omega^2}{A_x - h_2 A_\varphi} \quad (3)$$

$$K_\varphi = \frac{1}{A_\varphi} (P_x h_3 + K_x h_2 A_x) + I_m \omega^2 - K_x h_2^2 \quad (4)$$

$$C_x = \frac{K_x}{F_0} \quad (5)$$

$$C_\varphi = \frac{K_\varphi}{I} \quad (6)$$

式中 P_x ——水平扰力之幅值, 吨;

A_x ——基组重心的水平振幅, 米;

A_φ ——基组对通过重心并垂直于振动方向的轴之转角, 弧度;

ω ——扰力圆频率, 1/秒, 其值为 $\omega = 0.105n$;

n ——机器主轴的转速, 转数/分;

K_x ——地基均剪刚度, 吨/米;

C_x ——地基均剪弹性系数, 吨/米³;

*按低频振动之实测数据求地基刚度时, 所用扰力频率与共振频率之比, 不应超过0.5。

K_{φ} ——地基非均压刚度，吨·米；

C_{φ} ——地基非均压弹性系数，吨/米³；

h_z ——基组重心至基础底面的距离，米；

h_3 ——水平扰力作用位置至基组重心的距离，米；

I_m ——基组质量对通过其重心，并垂直于振动方向的轴之质量惯性矩，吨·米·秒²；

I ——基础底面对通过其形心并垂直于振动方向的轴之面积矩，米⁴。

第14条 进行压模垂直自由振动试验时，地基均压刚度按下式计算：

$$K_z = m \lambda_z^2 \quad (7)$$

式中 λ_z ——基组(这里指压模)的垂直自振圆频率，1/秒；

地基均压弹性系数仍按式(2)计算。

第15条 机器基础的地基弹性系数，可根据试验基础或压模测得的弹性系数按下列各式换算：

$$C_z = C_{z_0} \psi \quad (8)$$

$$C_x = C_{x_0} \psi \quad (9)$$

$$C_{\varphi} = C_{\varphi_0} \psi \quad (10)$$

$$\psi = \frac{1}{0.4 + 0.6 \sqrt[3]{\frac{F}{F_0}}} \quad (11)$$

式中 C_{z_0} 、 C_{x_0} 、 C_{φ_0} ——试验基础或压模的地基均压、均剪、非均压弹性系数，吨/米³；

F_0 ——试验基础或压模的底面积，米²；

F ——机器基础的底面积，米²。

当机器基础底面积大于20米²时，按20米²计。

第16条 在仅作垂直振动试验或查表确定均压弹性系数

C_z 值时，地基均剪弹性系数 C_z 、非均压弹性系数 C_φ 和非均剪弹性系数 C_ψ ，可根据 C_z 值按下列各式近似地确定：

$$C_z = 0.6C_z \quad (12)$$

$$C_\varphi = 1.8C_z \quad (13)$$

$$C_\psi = 1.1C_z \quad (14)$$

第17条 四周无土体作用亦无地坪作用时的桩基刚度可参照现行“动规”采用。

第三章 曲柄连杆式机器基础

第18条 设计本类机器基础时，其设计任务书的内容，除第4条规定外，尚应包括由设备制造厂提供的下列资料和数据：

一、曲柄连杆机构数量及其在平面上的布置和曲柄的夹角；

二、机器主轴中心线至基础上表面的距离；

三、所有气缸产生的第一简谐和第二简谐的不平衡力与力矩，以及力的作用点和力矩作用平面的位置。

第19条 本章各公式适用于大块式基础的计算，亦适用于墙式基础的计算。

机器基础的振动计算，包括自振频率和强迫振动振幅的计算。

第一简谐和第二简谐扰力（或扰力矩）作用下的振动计算方法，只需将对应的扰力和频率代入有关公式。

第20条 凡存在一、二简谐扰力（或扰力矩）的机器基础，应分别作基组的强迫振动计算，所得结果，建议按下述

方法叠加:

当 $2f \leq 6.3$ 次/秒时, 采用振幅叠加, 其最大值可近似取为:

$$A_{\max} = A_1 + A_2 \quad (15)$$

当 $f \geq 6.3$ 次/秒时, 采用速度叠加, 其最大值可近似取为:

$$V_{\max} = V_1 + V_2 \quad (16)$$

当 $f < 6.3$ 次/秒, $2f > 6.3$ 次/秒时, 其振动叠加作如下近似处理:

若 $\frac{1+2K}{1+K} f < 6.3$ 次/秒时, 可按式(15)作振幅叠加;

若 $\frac{1+2K}{1+K} f > 6.3$ 次/秒时, 可按式(16)作速度叠加。

式中 $f = \frac{n}{60}$;

A_1 、 A_2 ——分别为第一简谐和第二简谐扰力(或扰力矩)作用下的基础振幅;

V_1 、 V_2 ——分别为第一简谐和第二简谐扰力(或扰力矩)作用下基础振动速度之幅值, 其值为:

$$V_1 = A_1 \omega \quad (17)$$

$$V_2 = 2A_2 \omega \quad (18)$$

$$K = \frac{A_2}{A_1} \quad (19)$$

第21条 为有效地提高机组自振频率和增大阻尼作用, 在可能条件下, 宜适当扩大基底面积和合理减小基础质量。

第22条 卧式机器基础水平、旋转耦合振动的计算按公

式(20)至(25)进行。

一、基组自振频率按下式计算：

$$\lambda_{1,2}^2 = \frac{1}{2} \left[(\lambda_x^2 + \lambda_\varphi^2) \mp \sqrt{(\lambda_x^2 + \lambda_\varphi^2)^2 - 4\lambda_x^2 \left(\lambda_\varphi^2 - \frac{mh_x^2 \lambda_x^2}{I_m} \right)} \right] \quad (20)$$

式中 λ_1, λ_2 ——分别为基组第一、第二自振圆频率，1/秒；

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{K_x}{m}} \text{——基组水平振动时的圆频率，1/秒；}$$

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{K_\varphi + K_x h_2^2}{I_m}} \text{——基组对通过重心并垂直于振动方向的轴作旋转振动时的圆频率，1/秒；}$$

$$m = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{9.81} \text{——基组质量，吨} \cdot \text{秒}^2/\text{米；}$$

W_1, W_2, W_3 ——分别为机器、基础和基础台阶上 $\frac{1}{2}$ 的填土重，吨。

二、基组振幅的计算：

对卧式机器基础，应计算平行于活塞滑动方向的振幅。当机器工作频率不在基组垂直振动的共振区时，可不考虑扰力垂直分量的影响。

基础顶面的水平振幅按下式计算：

$$A_{x\varphi} = k_1 P_x \left[\frac{(h_3 + \rho_1)(h_1 + \rho_1)}{(I_m + m\rho_1^2)\lambda_1^2} \eta_1 + \frac{(h_3 + \rho_2)(h_1 + \rho_2)}{(I_m + m\rho_2^2)\lambda_2^2} \eta_2 \right] \quad (21)$$

$$\text{式中 } \eta_1 = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\lambda_1^2}\right) + 4D_x^2 \varphi \frac{\omega^2}{\lambda_1^2}}} \quad (22)$$

$$\eta_2 = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\lambda_2^2}\right)^2 + 4D_x^2 \varphi \frac{\omega^2}{\lambda_1^2}}} \quad (23)$$

$$\rho_1 = h_2 / (1 - \lambda_1^2 / \lambda_x^2) \quad (24)$$

$$\rho_2 = h_2 / (1 - \lambda_2^2 / \lambda_x^2) \quad (25)$$

η_1, η_2 ——在扰力作用下，对应于第一、二振型的振幅放大系数；

ρ_1, ρ_2 ——分别为第一、二振型之转动中心至基组重心的距离，米；

h_1 ——基组重心至基础上表面的距离，米；

h_2 ——基组重心至基础底面的距离，米；

h_3 ——水平扰力作用位置至基组重心的距离，米；

λ_1, λ_2 ——由公式(20)求得的基组第一、二自振圆频率，1/秒；

$D_x \varphi$ ——水平、旋转耦合振动综合阻尼比，其值可按第28条确定；

k_1 ——计算水平、旋转耦合振动时的安全系数，其值暂取1.4。

为简化计算，当 $\frac{\omega}{\lambda_1} \leq 1.25$ 时，式(21)中的第二项可略

去不计。

第23条 当基础承受不可忽视的水平扭转力矩时（如对称平衡式压缩机），应按下式计算基础的水平扭转振幅：