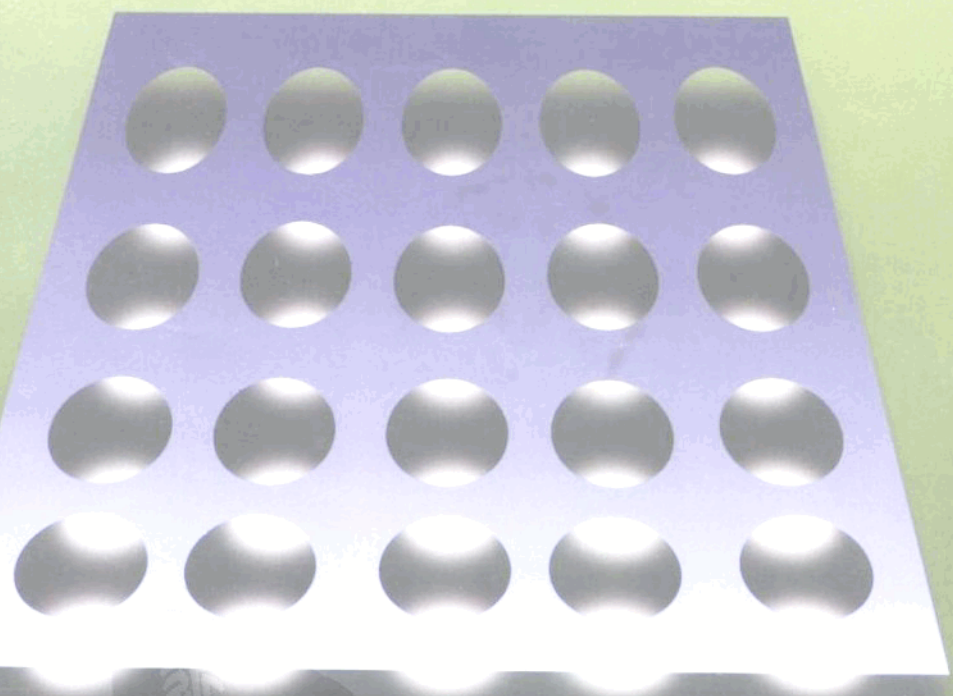


赵国珍 张明洪 李君裕 著

# 钻井振动筛的 工作理论与测试技术



石油工业出版社

钻井振动筛  
工作理论与测试技术  
PDF

登录号	126845
分类号	TE925
种次号	004

# 钻井振动筛的工作理论与 测试技术

赵国珍 张明洪 李君裕 著



石油0114921



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书是国内第一本有关钻井振动筛方面的专著。全书系统地对钻井振动筛的理论分析、设计方法和测试技术进行了论述,包括钻井振动筛的工作理论、筛分机理、基本参数选择、动态测试与强度电测分析、筛网宏观力学性能测试与试验模态分析。为便于阅读,配有大量插图。

本书可供石油各研究院、所有设计人员及石油矿场机械专业、石油钻井专业师生参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

钻井振动筛的工作理论与测试技术/赵国珍等著. - 北京:石油工业出版社, 1996.12

ISBN7-5021-1632-X

I. 钻…

II. 赵…

III. ①钻井-振动筛-运行-理论

②钻井-振动筛-测试技术

IV. TE921

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 21616 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里 2 区 1 号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

\*

787×1092 毫米 16 开 12 印张 296 千字 印 1-1000

1996 年 12 月北京第 1 版 1996 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN7-5021-1632-X/TE.1392

定价:15.00 元

## 前 言

钻井振动筛是现代钻井设备的重要组成部分，也是用于钻井液固相控制最主要、最基本的设备。80年代以来，随着钻井新工艺、新技术的迅速发展，对钻井液固控的要求日益提高，固控设备特别是钻井振动筛的研究，也日益受到世界钻井界的普遍关注。

西南石油学院固控设备研究组从1982年以来，紧密结合石油工业发展的需要，围绕钻井振动筛的工作理论和测试技术做了大量卓有成效的研究工作。在国内首先建立了钻井振动筛模拟实验装置和完整的动静态性能测试系统；全面系统地研究了椭圆、圆、直线以及平动椭圆等各种振型振动筛的运动学和动力学；研究了固液振动筛分机理和固相颗粒在筛面上的运移规律，并与生产厂家合作，成功地设计、研制了新型2ZZS—D直线筛和PTZS平动椭圆筛。十多年来，研究组在中国石油天然气总公司的关怀和各油田的大力支持下，通过全组同志们的共同努力，先后共完成了6项国家和总公司科研项目，5次获国家和省部级奖励，发表研究论文40余篇。这些成果综合起来，逐步形成了一套钻井振动筛的理论分析、设计方法和测试技术，也就是本书的基本内容。

全书由赵国珍、张明洪、李君裕三位教授合著。由于本书是国内第一本有关钻井振动筛方面的专著，限于作者水平，难免有疏漏和错误之处，敬请读者批评指正。

作 者

一九九五年七月

# 目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 钻井振动筛工作理论	(5)
第一节 单轴惯性钻井振动筛	(5)
一、普通钻井振动筛	(5)
二、自定中心钻井振动筛	(9)
三、新型单轴多振型钻井振动筛	(11)
第二节 双轴惯性钻井振动筛	(12)
一、双轴直线钻井振动筛	(12)
二、双轴自同步直线振动筛	(18)
三、双轴平动椭圆钻井振动筛	(22)
第三节 圆形钻井振动筛	(40)
一、圆形钻井振动筛的结构特点和基本工作原理	(40)
二、圆形筛的运动学和动力学	(44)
三、偏心质量不等时圆形筛动力学分析	(63)
第四节 其他类型钻井振动筛	(67)
一、气动钻井振动筛	(67)
二、液压钻井振动筛	(76)
三、电磁钻井振动筛	(81)
第三章 钻井振动筛的筛分机理和基本参数选择	(84)
第一节 概述	(84)
第二节 干固相颗粒在筛面上的运动	(85)
一、直线振型钻井振动筛筛面固相颗粒的抛掷运动	(85)
二、平动椭圆和圆振型钻井筛颗粒抛掷运动	(88)
三、颗粒抛掷运动的周期性	(90)
四、抛掷状态下,固相颗粒的理论运移速度	(91)
第三节 淹没和湿颗粒在筛面上的运动	(93)
一、淹没状态颗粒的抛掷运动	(93)
二、非淹没颗粒的抛掷运动	(96)
三、过渡状态问题	(99)
四、钻井振动筛的抛掷指数	(99)
五、湿颗粒在筛面上的理论平均运移速度	(100)
第四节 钻井振动筛参数选择和处理量的实用计算	(101)
一、影响处理量和颗粒运移速度的主要因素和钻井振动筛基本参数选择	(101)
二、钻井振动筛处理量的实用计算	(103)

<b>第四章 钻井振动筛动态测试与强度电测分析</b> .....	(107)
<b>第一节 测试基础知识</b> .....	(107)
一、测试系统及其主要特性.....	(107)
二、传感器及测试系统的定度.....	(123)
<b>第二节 钻井振动筛动态特性参数的测试</b> .....	(140)
一、筛箱固有频率和阻尼系数的测定.....	(140)
二、筛箱固有振型的近似测定.....	(141)
三、筛箱上各点运动轨迹的测定.....	(144)
四、筛箱动刚度和动质量的测定.....	(145)
五、泥浆参振质量的测定.....	(146)
六、支承弹簧刚度系数、隔振性能和系统传给地基础载荷的测定.....	(146)
七、筛箱横向振摆的检测.....	(147)
八、双轴钻井筛同步性与同步状态稳定性检测.....	(148)
九、信号分析仪在钻井筛研制中的应用.....	(148)
<b>第三节 钻井振动筛筛箱结构强度电测分析</b> .....	(156)
一、试验方案.....	(156)
二、测点选择.....	(157)
三、测试系统及数据处理.....	(157)
四、筛箱强度及应力分析.....	(158)
<b>第五章 钻井振动筛筛网宏观力学性能测试与试验模态分析</b> .....	(164)
<b>第一节 编织筛网宏观力学性能的测试研究</b> .....	(164)
一、筛网试件拉伸试验.....	(164)
二、检测架上两端张紧无抬条实型筛网受力分布试验.....	(168)
三、叠层筛网试件拉伸试验.....	(170)
四、看法与建议.....	(172)
<b>第二节 筛网张紧力和张紧力矩的测定</b> .....	(174)
一、卷紧式筛网张紧力矩的测定.....	(174)
二、绷紧式筛网张紧力的测定.....	(174)
<b>第三节 筛网模态参数的试验识别及筛网振动的计算机动画显示</b> .....	(176)
一、识别筛网模态参数的时间序列模型法.....	(176)
二、筛网模态参数识别试验.....	(178)
三、筛网振动的计算机动画显示.....	(182)
<b>参考文献</b> .....	(184)

# 第一章 绪 论

## 一、钻井液的固相控制及其对钻井振动筛的基本要求

钻井液工艺技术是现代钻井工程的重要组成部分，特别是随着钻井新工艺、新技术的发展，对钻井液性能控制的要求日益提高。国内外钻井实践经验都证明，钻井液中固相的含量及固相颗粒的大小对钻井液的性能有很大影响。这里所指固相，按其作用可分为两类：一类是有用固相，如膨润土、化学处理剂、重晶石等；另一类是有害固相，如岩屑、劣质膨润土、砂粒等。所谓固相控制（简称“固控”）就是要清除钻井液中的有害固相，保存有用固相，以满足钻井工艺的要求。

近 30 年来，国内外对钻井液中固相含量的影响进行了大量的室内单元试验和现场工业试验研究工作。研究结果证明，在一般情况下，增加固相含量，钻井液的密度、粘度、切力、泥饼厚度以及含砂量均会增加，失水量则有所下降。这些性能变化将会明显降低钻速，增加钻头用量，甚至有增加井漏、气侵、卡钻的可能性，导致钻井总成本的大幅度上升。图 1-1 是根据美国和加拿大上百口不同深度井平均统计数据绘制的固相含量对钻井速度、钻头用量以及钻井天数的影响曲线，由图可知，固相含量愈低，则降低含量的效果愈加明显。对于固相不分散钻井液，一般规定固相含量不能超过 4%（体积比），含砂量应小于 0.5%。

现代钻机的成套固相控制设备是一个庞大的系统，如图 1-2 所示。一般由钻井液振动筛、除气器、除砂器、除泥器和离心机等组成，用以逐级清除不同粒度的固相颗粒，其中振动筛是由井口返回钻井液的最基本的常规固相控制设备，它不仅承担清除大量较大颗粒岩屑的任务，而且要为下一级固控设备的工作创造条件。振动筛工作不正常，则旋流除砂器也很难正常工作，因此，钻井振动筛的研究日益受到世界钻井界的普遍关注。

钻井振动筛是 30 年代由矿山设备引入石油工业的，在采矿工业中，振动筛主要是用于物料筛分作业，其目的是使物料通过筛网分成各种颗粒分级，同时，矿业中振动筛也用于脱水、脱泥等作业。而石油钻井对振动筛性能的要求与采矿用筛有很大不同，在石油钻井作业中，振动筛主要用于清除钻井液中的岩屑和其他有害固相颗粒，它一方面要求有较大的处理量，能尽可能多地回收成本较高的钻井液；另一方面又要求尽可能多地清除钻井液中的固相

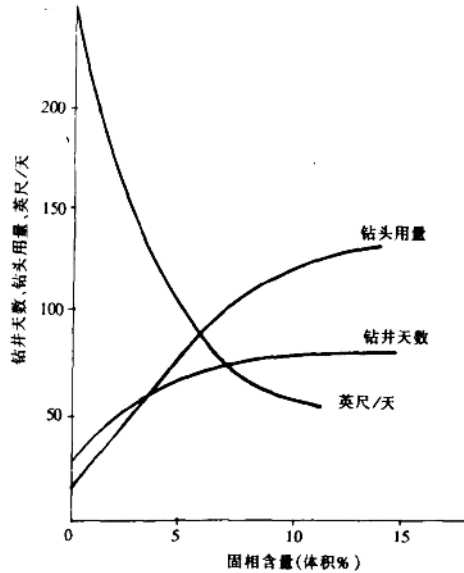


图 1-1 固相含量对钻井的影响

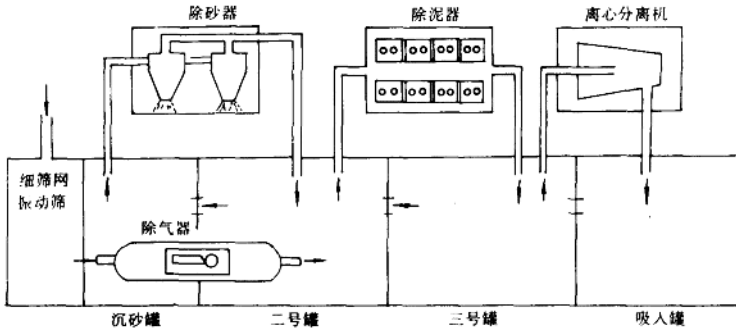


图 1-2 钻井液固控系统组成示意图

颗粒，最好能把相当部分小于筛网孔的颗粒也清除掉，正是这项特殊的基本要求推动着钻井振动筛的不断更新和发展。同时，由于钻井振动筛一般工作在露天井场，工作条件非常恶劣，因此，对钻井振动筛另一主要要求是不断提高整机和零部件的可靠性，特别是易损件如筛网等的可靠性和寿命。

## 二、钻井振动筛的基本类型和国内外发展现状

钻井振动筛的类型较多，分类方法也不尽相同。

按激振原理可分为惯性振动筛、电磁振动筛、液压振动筛和气动振动筛等。

按激振轴数可分为单轴惯性振动筛和双轴惯性振动筛。

按运转中筛箱上各点运动轨迹（振型）可分为圆振动筛、直线振动筛、一般椭圆振动筛、手动椭圆振动筛等。

按筛网安装层数可分为单层振动筛和双层振动筛（上层筛孔较大、下层较小）。

按振动筛组合方式可分为并联筛和串联筛。

直到 50 年代初期，清除钻井液中的固相颗粒主要使用单轴激振、椭圆振型的老式振动筛。随着钻井工艺技术，特别是喷射钻井技术的迅速发展和推广，对固控的要求不断提高，一般筛网在 30 目以下的老式常规筛已远不能满足要求，于是除采用了较细筛网的振动筛外，增加了水力旋流器，形成二级固控，继而又发展为三级固控。为了清除更细的有害固相和回收重晶石，又增设了离心机，这样，整套固控设备结构愈来愈复杂、庞大，设备费用、维修费用和动力消耗都相应增加。由于组成环节增加，可靠性就相应降低，因此，研制既能满足越来越高的固控要求，又能简化结构、便于使用维修的新设备，正是 80 年代中期以来国内外固控设备发展的基本动向。概括起来，有两种发展趋势，两条发展途径：

一种是研究在新的固控机理基础上的全新固控设备。美国 Remteck 公司研究的 MAX 固控系统就是一个典型代表，图 1-3 为该系统的示意图。这是根据真空过滤机理研制的一种抽吸式固控装置，据生产厂家介绍，该装置只经过一步过滤就可以除去 95% 的岩屑，亦可除去钻井液中的气体，所有固相在处理过程中不会破裂或分散开。可按最佳清除方式选定清除粒度的大小，使钻井液损失最少，并能适应各种工况。同时，这种装置所占空间和所需的功率都较小。由于这种设备要求保持较高的真空度，至今未能得到推广应用。在国内，西南石油学院也正在从事一种建立在连续压滤机理基础上的动态压滤固控系统的研究。很明显，



从研究新的固控机理入手，研制新型固控设备，这是从根本上改进、发展固控设备的重要途径。

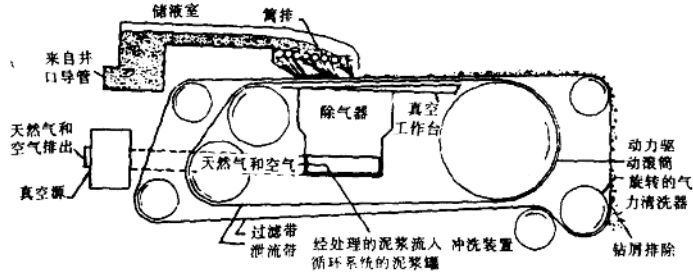


图 1-3 MAX 真空过滤固控系统工作流程

目前，另一种发展趋势是以改进钻井振动筛性能为核心，简化现有固控系统，力争在一般钻井条件下，用振动筛—离心机组成的两级固控取代现有的多级固控系统。

实现振动筛—离心机两级固控的核心问题是细化筛网，改善和提高振动筛的工作性能。近年来，国内外围绕这一问题作了大量的理论研究和现场试验工作，使钻井振动筛工作原理的研究不断深入，由椭圆振型筛到圆振型筛、直线振型筛，再到目前我国已率先研制成功的平动椭圆振型筛，使钻井振动筛性能不断提高，特别是粘结叠层细筛网的研制成功，有效地提高了筛网的工作寿命，这些都为筛网细化、扩大使用细目筛、超细目筛创造了条件。分析研究国内外有关资料和厂家产品目录，可看出当前钻井振动筛的主要发展方向是：

(1) 深化振动筛工作原理研究，包括合理振型、筛面固相颗粒运移规律、透筛机理以及影响处理量各项因素的研究。

(2) 细化筛网，加速发展细目（80 目以上）、超细目（200 目以上）振动筛。表 1—1 为

表 1—1 国外近几年新投放市场的钻井液振动筛结构特点和主要性能

厂家(型号)	结构形式	筛箱振型	筛网面积 (m <sup>2</sup> )	筛网目数 (目)	调节性能	功率 (kW)	外形尺寸 (m)	重量 (kg)
BROADBENT	双层单筛	直线	上 2.38 下 2.52	上 8~80 下 20~325	筛箱坡角可调 激振转速可调	4	3.05×1.75×1.52	2085
THULE UNITED (VSM-100)	双层单筛或 双层双联筛	直线	上 1.40 下 2.42	上 8~30 下 40~325	激振转速可调	3	2.5×1.87×1.36	1869
(VSM-120)	双层单筛或 双层双联筛	圆形	上 2.23 下 2.04	上 30~200 下 60~325	筛箱坡角可调 激振转速可调	3	2.86×2.50×1.36	2685
SWACO (ALS)	单层筛	直线	2.88	~250	筛箱坡角可调 激振转速可调			
SWACO	单层筛	直线	3.00	~250	筛箱坡角可调		3.28×1.60×1.48	1224
SWECO	单层筛	直线	3.00	30~250	激振转速可调		3.35×1.83×1.75	2550
DERRICK	单层筛	直线	2.21	24~325	筛箱坡角可调	2	3.20×1.75×1.65	2145

近几年国外厂家投放市场的新产品的主要性能规格表。由表可看出，新产品大都是超细目筛，同时，为使单筛实现超细目要求，新型筛多为双层筛，上层筛目一般为10~60目，下层筛网200目以上。为满足处理量要求，筛网面积一般较大，有的达 $3\text{m}^2$ 以上。

(3) 不断改进振动筛的控制、调节性能。新型筛工作性能参数（包括筛箱坡角）大都是可调的，有的还可方便地调节激振频率。

(4) 进一步提高整机和零部件的可靠性，特别是筛网的使用寿命。

## 第二章 钻井振动筛工作理论

### 第一节 单轴惯性钻井振动筛

单轴惯性钻井振动筛由筛框、筛网、主轴、偏心块、轴承和隔振弹簧等主要部件组成。除偏心块以外的参振部件通常总称为筛箱。由偏心块等部件构成的激振器旋转运动时产生周期性变化的惯性力，迫使筛框等部件在平面或空间内作谐振动或准谐振动。

单轴钻井振动筛有普通振动筛和自定中心振动筛两种类型。

#### 一、普通钻井振动筛

钻井振动筛是一个复杂的空间多自由度系统。为了简化研究，忽略次要的横向摇摆振动，将其处理为纵向对称平面内刚性梁的线性振动问题（见图 2-

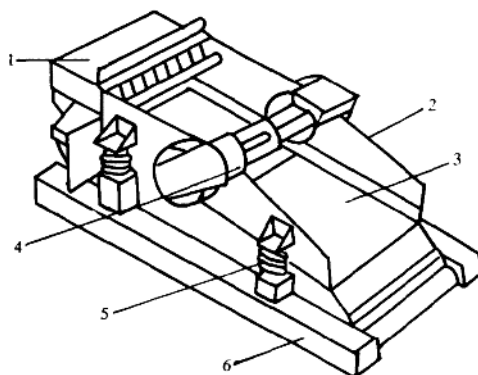


图 2-1 钻井振动筛示意图

1—泥浆缓冲器；2—筛箱；3—筛网；  
4—激振器；5—支承隔振弹簧；6—底座

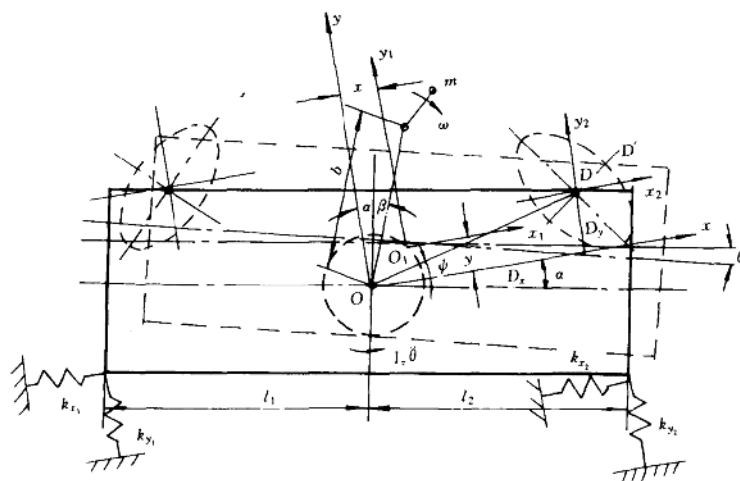


图 2-2 单轴泥浆筛动力学模型和筛箱各点运动轨迹

1、图 2-2)。系统有三个自由度：刚性梁质心在  $x$  方向和  $y$  方向的直线振动以及刚性梁绕

质心的俯仰振动。由振动理论可得筛箱系统的振动微分方程为（设阻尼力均通过质心）

$$(M + m)\ddot{x} + c_x\dot{x} + (k_{x_1} + k_{x_2})x = mr\omega^2\cos\omega t \quad (2-1)$$

$$(M + m)\ddot{y} + c_y\dot{y} + (k_{y_1} + k_{y_2})y = mr\omega^2\sin\omega t \quad (2-2)$$

$$J\ddot{\theta} + (k_{y_1}l_1^2 + k_{y_2}l_2^2)\theta + (k_{y_2}l_2 - k_{y_1}l_1)y = mr\omega^2b\cos(\omega t + \alpha + \beta) \quad (2-3)$$

式中  $M$ ——筛箱质量，包括筛框质量、激振器质量和泥浆的折算质量；

$m$ ——偏心块质量；

$r$ ——偏心距；

$x$ 、 $y$ ——分别表示质心在  $x$  和  $y$  方向的位移；

$\theta$ ——筛箱绕其质心的角位移；

$c_x$ 、 $c_y$ ——分别表示  $x$ 、 $y$  方向的等效阻尼系数；

$k_{x_1}$ 、 $k_{x_2}$ ——筛箱两端支承弹簧  $x$  方向的刚度；

$k_{y_1}$ 、 $k_{y_2}$ ——筛箱两端支承弹簧  $y$  方向的刚度；

$l_1$ 、 $l_2$ ——筛箱两端支承弹簧到质心的距离；

$J$ ——筛箱及偏心块绕其质心轴的转动惯量；

$b$ ——激振器回转中心到筛箱质心的距离；

$\beta$ ——激振器回转中心到筛箱质心连线与筛面法线的夹角；

$\alpha$ ——筛框的安装倾角；

$\omega$ ——激振器的回转角速度。

在实际的钻井筛中，阻尼力相对来说一般是很小的（即  $c$  很小），为简化计算，可忽略不计。因此，振动方程可简化为

$$(M + m)\ddot{x} + (k_{x_1} + k_{x_2})x = mr\omega^2\cos\omega t \quad (2-4)$$

$$(M + m)\ddot{y} + (k_{y_1} + k_{y_2})y = mr\omega^2\sin\omega t \quad (2-5)$$

$$J\ddot{\theta} + (k_{y_1}l_1^2 + k_{y_2}l_2^2)\theta = mr\omega^2b\cos(\omega t + \alpha + \beta) \quad (2-6)$$

由于有阻尼存在，自由振动在工作过程中将消失，则对强迫振动的稳态过程有

$$x = A_x\cos\omega t \quad (2-7)$$

$$y = A_y \sin \omega t \quad (2-8)$$

$$\theta = A_\theta \cos(\omega t + \alpha + \beta) \quad (2-9)$$

式中  $A_x$ 、 $A_y$ 、 $A_\theta$  分别为质心在  $x$ 、 $y$  方向的振幅和筛箱绕质心俯仰振动的角振幅。且

$$A_x = \frac{mr\omega^2}{(k_{x_1} + k_{x_2}) - (M + m)\omega^2} \quad (2-10)$$

$$A_y = \frac{mr\omega^2}{(k_{y_1} + k_{y_2}) - (M + m)\omega^2} \quad (2-11)$$

$$A_\theta = \frac{mr\omega^2 b}{(k_{y_1} l_1^2 + k_{y_2} l_2^2) - J\omega^2} \quad (2-12)$$

以上 (2-7)、(2-8) 两式表示筛箱质心的运动轨迹。因一般支承弹簧的  $x$  方向与  $y$  方向刚度是近似相等的，即  $(k_{x_1} + k_{x_2}) = (k_{y_1} + k_{y_2})$ ，则由 (2-10) 和 (2-11) 可知： $A_x = A_y$ 。这样，(2-7)、(2-8) 两式是圆参数方程，筛箱质心的运动轨迹是圆。从理论上讲，当  $(k_{x_1} + k_{x_2}) \neq (k_{y_1} + k_{y_2})$ ，则  $A_x \neq A_y$ ，筛箱质心的运动轨迹是椭圆，但实际上，因单轴振动筛的弹性力和阻尼力远小于机体惯性力和激振力，筛箱质心的椭圆轨迹是很难实现的。

还应进一步指出，在实际钻井振动筛中，弹性力对筛框振动的影响也是很小的，一般不超过 2% ~ 5%，在近似计算中，可以略去，因此，振动方程可进一步简化为

$$(M + m)\ddot{x} = mr\omega^2 \cos \omega t \quad (2-13)$$

$$(M + m)\ddot{y} = mr\omega^2 \sin \omega t \quad (2-14)$$

$$J\ddot{\theta} = mr\omega^2 (b_y \cos \omega t - b_x \sin \omega t) \quad (2-15)$$

式中  $b_y$ 、 $b_x$ ——为激振器回转中心至筛箱质心在  $y$  方向和  $x$  方向的距离。

方程的特解（筛箱的稳态响应）为

$$x = A_x \cos \omega t \quad (2-16)$$

$$y = A_y \sin \omega t \quad (2-17)$$

$$\theta = A_{\theta x} \sin \omega t + A_{\theta y} \cos \omega t \quad (2-18)$$

式中的振幅和角振幅分别为

$$A_x = -\frac{mr}{M+m} \quad (2-19)$$

$$A_y = -\frac{mr}{M+m} \quad (2-20)$$

$$A_{\theta x} = \frac{mrb_x}{J} \quad (2-21)$$

$$A_{\theta y} = -\frac{mrb_y}{J} \quad (2-22)$$

由此可求得筛箱上任意一点  $P$  的运动方程为：

$$x_p = x + l_{Py}\theta = A_{\theta x}l_{Py}\sin\omega t + (A_x + A_{\theta y}l_{Py})\cos\omega t \quad (2-23)$$

$$y_p = y - l_{Px}\theta = (A_y - A_{\theta x}l_{Px})\sin\omega t - A_{\theta y}l_{Px}\cos\omega t \quad (2-24)$$

式中,  $l_{Py}$ 、 $l_{Px}$  为所求任意点  $P$  至筛箱质心在  $y$  方向和  $x$  方向的距离。

当  $l_{Px}$ 、 $l_{Py}$  及  $A_x$ 、 $A_y$ 、 $A_{\theta x}$ 、 $A_{\theta y}$  的值求得以后, 将一周期内的  $\omega t$  分成若干等分, 代入式 (2-23)、式 (2-24), 可求出对应于  $\omega t$  为不同值时的  $x_p$  和  $y_p$ , 进而可画出筛箱上任意点的运动轨迹。

**[例]** 已知某单轴钻井振动筛, 筛箱及偏心块总重为 350kg, 筛箱及偏心块对筛箱质心的转动惯量  $J$  为 4500kg·s<sup>2</sup>/cm, 激振力为  $mr\omega^2 = 2000\text{kg}$ , 角速度为  $\omega = 125\text{s}^{-1}$ , 偏心块轴心对重心的坐标为  $b_x = 0$ ,  $b_y = 30\text{cm}$ 。

求 A (0, 60cm), O (0, 0), B (40cm, 60cm) 三点的运动轨迹。

解 根据已给数据可求得

$$A_x = A_y = -\frac{2000 \times 981}{350 \times 125^2} = -0.36\text{cm}$$

$$A_{\theta_x} = 0, \quad A_{\theta_y} = -\frac{2000 \times 30}{4500 \times 125^2} = -0.000853 \text{ 弧度}$$

因而, 任意点 P 的运动方程为

$$x_P = (-0.36 - 0.000853l_{Py})\cos\omega t$$

$$y_P = -0.36\sin\omega t + 0.000853l_{Px}\cos\omega t$$

将  $l_{Px}$ ,  $l_{Py}$  及  $\omega t = 0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, \dots, 2\pi$  的值代入上式, 即可求出  $x_P$ 、 $y_P$  的值, 从而可以作出图 2-3 所示的筛框各点运动轨迹的曲线。由图 2-3 可明显地看出, 对激振器位于筛箱质心上方的单轴振动筛 (老式钻井振动筛大都属于此类型) 筛箱质心的运动轨迹近似为圆, 而筛箱两端各点的运动轨迹则为长轴方向各异、长短不等的椭圆。进出口处椭圆长轴的延长线在筛箱上方相交。由于激振力及弹性力不通过筛箱质心, 筛面对质心做俯仰振动。这种振型使岩屑在出口处运动速度减慢, 甚至出现“死区”和“回流区”, 形成岩屑堆积, 需要将筛面倾斜安装才能排出岩屑, 这就降低了泥浆处理能力或造成泥浆跑失。出口处钻屑输送速度减小还会增加钻屑的透筛量。因此, 这种振动形式很难满足提高泥浆净化效果和减小泥浆流失的要求。

如将激振器安装在筛箱质心处, 并使激振力始终通过筛箱质心, 各支承弹簧的刚度一致并对称于筛箱质心布置。此时,  $b_x = b_y = 0$ ,  $A_x = A_y$ , 筛箱随质心一起作平动运动, 筛面上各点轨迹均近似为相同的圆形。这类圆振型的钻井振动筛, 筛框各点法向加速度和横向加速度相等, 筛面可以水平安装, 钻屑在筛面上没有堆积现象, 因而处理量较大, 理论分析和使用情况说明这是一种较好的振型。但是, 这种钻井振动筛的抛射角是筛面法向加速度的函数, 当法向加速度为 3~6g 时, 抛射角可达  $70^\circ \sim 80^\circ$ , 这样陡峭的抛射角既难于提高钻屑输送速度, 又会增大钻屑的透筛量。因此, 这种类型的钻井振动筛并非到处都适用。

## 二、自定中心钻井振动筛

自定中心振动筛与普通振动筛的主要区别在于皮带轮的位置和激振器的结构, 前者皮带轮中心位于轴承中心线 O—O 与偏心块质心之间, 并使皮带轮中心线与偏心块和筛箱合成重心轴线重合, 如图 2-4 所示; 而后者皮带轮中心与轴承中心位于同一轴线上。普通钻井筛工作时, 皮带轮不能作定轴转动。其后果是皮带轮随筛箱一起振动, 引起胶带反复伸缩、跳动而加速损坏, 也恶化了电动机的工作, 并使振动筛的振幅受到限制, 一般振幅不能超过 3mm。自定中心振动筛克服了皮带伸缩问题, 为研制大振幅振动筛提供了可能。如美国

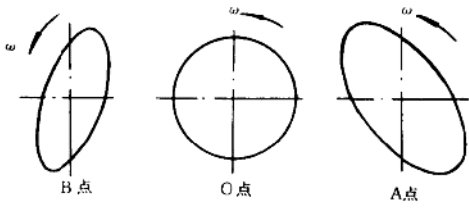


图 2-3 筛箱各点的运动轨迹

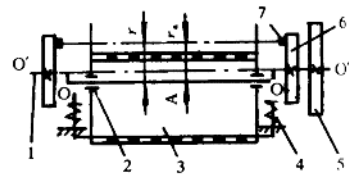


图 2-4 自定中心泥浆筛 (偏轴式)  
 1—主轴; 2—轴承; 3—筛箱; 4—减震弹簧; 5—皮带轮; 6—偏心轮;  
 7—偏心块

Barod 振动筛振幅为 3.26mm。

如前所述，单轴惯性振动筛的阻尼力与弹性力远小于惯性力和激振力，它们对筛箱的振动影响很小，为简化分析可忽略不计。于是，整个系统可简化为两个质量：一个是通过轴承和筛箱联结起来的偏心质量  $m$ 。另一个是筛箱质量  $M$ ，它包括筛框、筛网、轴承、主轴和泥浆折算质量等。偏心质量的质心与轴承中心的距离为偏心距  $r$ ，见图 2-5。当无任何外力作用时，两个质量构成一个闭合系统。该系统旋转时合成重心轴保持不动，筛箱质量和偏心质量产生的惯性力“平衡”，即

$$MA\omega^2 = mr_a\omega^2$$

$$A = \frac{mr_a}{M}$$

$$r = A + r_a$$

$$A = \frac{mr}{M + m} \tag{2-25}$$

- 式中  $A$ ——轴承中心绕系统合成重心轴的振幅；
- $\omega$ ——主轴的角速度；
- $r_a$ ——偏心质量  $m$  到系统合成重心轴的距离；
- $r$ ——偏心距。

普通振动筛和自定中心钻井振动筛工作时，筛箱和偏心块产生的惯性力相互平衡，在轴承和偏心块质心之间，都存在着一根不动的合成重心轴线  $O'-O'$ 。该轴线位于偏心块和质心之间。因此，整个系统有不动的合成重心轴，不一定是自定中心振动筛，主要应看



皮带轮中心是否安装在系统重心轴上。

自定中心钻井振动筛通常采用皮带轮偏心式和轴承偏心式两种结构。皮带轮偏心式激振器见图 2-6。它的主轴中心与轴承中心重合，皮带轮和偏心轮的轴孔中心与主轴中心有偏心距  $e$ ，其值等于筛箱质心的振幅。由于这种方案结构简单，制造容易，目前应用较广。轴承偏心式激振器见图 2-7。它的皮带轮与主轴同心，主轴中心线和轴承中心之间有一偏心距  $e$ ，其值也等于筛箱质心的振幅。它的特点是结构较复杂，零件多，但是便于采用大尺寸轴承，提高了承载能力。

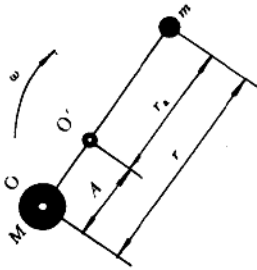


图 2-5 双质量振动系统

设计自定中心振动筛时应注意以下问题：

(1) 支承弹簧刚度相等，对称布置。

(2) 激振轴轴承中心应与筛箱质心重合（对单层振动筛，筛箱质量轻，钻井液对筛箱入口的冲击力及钻井液的附着质量将改变箱体的平衡状态。为此，应使轴承中心位置偏向钻井液入口的一侧）。

(3) 对偏轴式（见图 2-7），轴中心线应偏离轴承中心线，其偏心距为振幅  $A$ 。此种情况下，带轮几何中心与轴心线重合，即令胶带轮几何中心与筛箱质心的距离为  $A$ 。对偏轮式（见图 2-6），轴心线与轴承中心线重合。此种情况下，胶带轮几何中心偏离轴心（即筛箱质心）的距离为振幅  $A$ 。

(4) 胶带轮的几何中心在筛箱质心与偏心轴（或偏心轮、偏心块）质心的连线上。

### 三、新型单轴多振型钻井振动筛

目前国内外各有关行业中所使用的单轴惯性振动筛，当筛箱整体质心与激振偏心块旋转

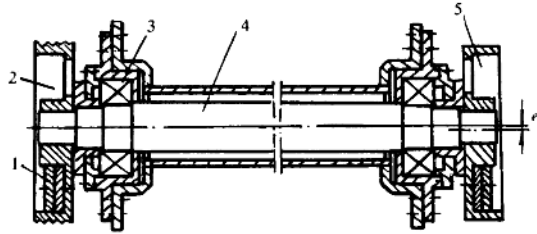


图 2-6 皮带轮偏心式自定中心激振器

1—偏心块；2—皮带轮；3—支持轴承；4—主轴；  
5—偏心轮

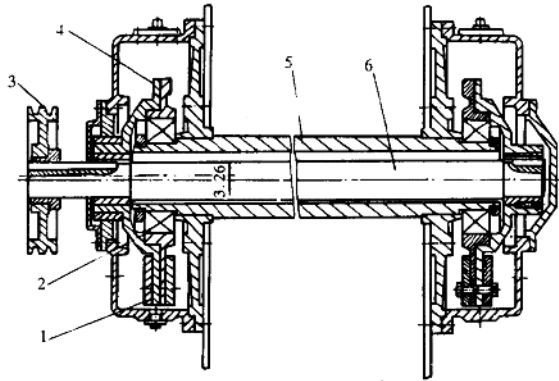


图 2-7 轴承偏心式自定中心激振器

1—偏心块；2—轴承；3—皮带轮；  
4—偏心轮；5—轴套；6—主轴