

ZHENDONG CHUKUANG JISHU YINGYONG

振动出矿技术应用

□王惠英·罗典平/编著

□湖南科学技术出版社



振动出矿技术应用

王惠英 罗典平 编著

湖南科学技术出版社

振动出矿技术应用

编 著:王惠英 罗典平

责任编辑:戴湘辉

*

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路8号)

长沙矿山研究院印刷厂印刷

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂址:长沙市麓山南路236号

邮编:410012

*

1996年5月第1版第1次印刷

开本:787×1092毫米 1/32 印张:10.625 字数:242 000

印数:1—1000

ISBN 7-5357-2044-7

TD·11 定价:16.00元

前 言

自从我国第一部《采矿手册》编辑出版以来,得到国内外广大同行的赞誉。但由于它涉及到采矿领域的各个方面,不可能对其中的各个技术问题进行详尽的阐述。根据广大读者的意见和要求,拟组织编写一套“采矿丛书”,以弥补《采矿手册》之不足。在中国有色金属工业总公司的领导下,由计划部直接组织和资助,先就荣获国家重大科学技术成果奖,并被列为国家“八五”重点新技术推广项目的振动出矿技术,编写了这本《振动出矿技术应用》,以后还将创造条件组织编写其他内容的采矿丛书,以飨读者。

我国振动出矿技术的研究、推广应用,较世界上一些采矿技术先进的国家起步晚些,从1974年第一台颠振型振动出矿机由中南工业大学与湖北通城长石矿共同研制成功到现在,也才20多年。但该项技术一旦为矿山所应用,即显示出其特有的优越性和实用性。它切合国情,对我国采矿技术进步起着重要的推动作用,不仅较好地解决了长期来困扰采矿生产系统中出矿环节存在的问题,而且推动了采矿方法的完善和发展,开拓了金属矿山实现地下采矿连续作业的前景。现在,振动出矿技术不仅在矿山得到广泛应用,而且正在不断推广应用到其他工业部门,获得了

众口皆碑的技术经济效益和社会效益,并不断完善,积累了丰富的经验。

为了将这些宝贵的经验较全面、系统地收集和整理,使这项技术得到更有效的开发和利用,作者借助各矿山、工厂、码头提供的资料,并参考引用了国内外一些专家学者的专著和论文,结合自己长期从事振动出矿技术的研究和推广应用的实际经验和体会,编撰了这本《振动出矿技术应用》。

全书共七章,比较系统地介绍了振动出矿系统的主要设备,振动出矿设备性能参数的测试,振动出矿在溜井的应用,振动出矿在采矿法中的应用,连续出矿振动机组的应用和振动给矿在矿仓的应用以及振动出矿技术在其他领域的应用。本书可供从事采矿工程、矿业机械的工程技术人员和大专院校的师生阅读,也可供水电、建材、运输、化工等涉及散料输送的工业部门的工程技术人员参考。

《采矿丛书》编辑部

1994年10月

《采矿丛书》编辑部

顾 问	费子文		
主 任	武 恭		
副主任	吕颖魁	吴统顺	
编 辑	陈尚文	邓洪贵	焦承祖
	姜谓中		
审稿人	王春生	刘 德	于正之
	林成义	潘长良	邹佩麟
	王大勋	姚志华	曹燮明

目 录

第 1 章 振动出矿系统的主要设备	(1)
1.1 振动出矿机	(1)
1.1.1 振动出矿机的主要特征	(1)
1.1.2 振动出矿机的基本结构及埋设参数	(2)
1.1.3 振动出矿机的安装、维修和故障处理	(14)
1.2 振动运输机.....	(18)
1.2.1 振动运输机的用途及其基本结构.....	(18)
1.2.2 振动运输机设计.....	(23)
1.2.3 振动运输机的安装调试及维护修理.....	(30)
1.3 振动条(格)筛.....	(32)
1.3.1 振动条(格)筛的用途.....	(32)
1.3.2 振动条筛的基本结构和参数.....	(35)
1.3.3 振动条筛的安装调试及维护修理.....	(41)
第 2 章 振动出矿设备性能参数的测试	(44)
2.1 振幅及振动频率的测试.....	(44)
2.1.1 目测法.....	(44)
2.1.2 机测法.....	(46)
2.1.3 电测法.....	(47)
2.2 固有频率、阻尼系数及弹簧刚度的测量	(49)
2.2.1 固有频率的测量.....	(49)
2.2.2 阻尼系数的测量.....	(50)
2.2.3 弹簧刚度的测量.....	(51)
2.3 噪声的测量.....	(52)

2.3.1	噪声的容许标准	(52)
2.3.2	噪声测量法	(53)
第3章	振动出矿在溜井的应用	(56)
3.1	溜井的形式和特点	(56)
3.1.1	单段直溜井	(56)
3.1.2	多分支斜溜道直溜井	(57)
3.1.3	多段控制式溜井	(59)
3.1.4	阶段式垂直溜井	(60)
3.1.5	单水平卸载的斜溜井	(62)
3.2	溜井下部结构设计	(63)
3.2.1	选择溜井结构形式应考虑的因素	(63)
3.2.2	溜井结构参数	(66)
3.3	溜井振动出矿应用实例	(72)
3.3.1	普通溜井	(72)
3.3.2	溜放含泥水量大的矿石的溜井	(84)
3.3.3	溜放粘结性矿石的溜井	(95)
3.3.4	大产量主溜井	(104)
3.4	溜井振动出矿机系列	(116)
3.4.1	型号编定	(116)
3.4.2	结构	(117)
3.4.3	主要技术特征	(119)
3.4.4	安装尺寸	(119)
3.4.5	选型	(123)
3.4.6	安装硐室图的绘制	(124)
第4章	振动出矿在采矿法中的应用	(126)
4.1	振动出矿采矿方法的底部结构	(126)

4.1.1	急倾斜薄矿脉开采中应用振动出矿的底部结构	(127)
4.1.2	急倾斜中厚矿体开采中应用振动出矿的底部结构	(129)
4.1.3	倾斜和缓倾斜矿体开采中应用振动出矿的底部结构	(130)
4.1.4	厚矿体开采中应用振动出矿的底部结构 ...	(133)
4.2	振动出矿在阶段强制崩落法中的应用	(146)
4.3	振动出矿在分段崩落法中的应用	(158)
4.3.1	振动出矿在有底柱分段崩落法的应用	(158)
4.3.2	振动出矿在无底柱分段崩落法的应用	(164)
4.4	振动出矿在阶段矿房法中的应用	(170)
4.5	振动出矿在留矿法中的应用	(192)
4.6	振动出矿在充填法中的应用	(204)
4.7	振动出矿在全面法中的应用	(207)
4.8	振动出矿采矿方法述评	(209)
第5章	连续出矿振动机组的应用	(212)
5.1	概述	(212)
5.2	出矿连续工艺系统及振动机组	(215)
5.2.1	连续出矿设备	(216)
5.2.2	连续运输设备	(221)
5.2.3	连续筛分设备	(226)
5.2.4	破碎设备	(227)
5.3	连续出矿工艺的大块管理	(230)
5.3.1	控制大块生产率	(231)
5.3.2	分级管理大块	(233)

5.3.3 大块破碎设施	(235)
第6章 振动给矿在矿仓的应用	(239)
6.1 矿仓分类及形式	(239)
6.2 矿仓的堵塞事故	(241)
6.2.1 常见的堵塞事故	(241)
6.2.2 堵塞事故的处理	(243)
6.3 振动给矿在矿仓的应用实例	(261)
6.4 振动破拱给矿机在粘结矿石的矿仓中的应用实例	(283)
6.5 GZ 型电磁振动给矿机的技术改造及应用实例	(293)
6.5.1 ZG 及 GZG 系列惯性振动给矿机给矿	(293)
6.5.2 XZG 系列惯性共振式振动给矿机给矿	(295)
6.6 原矿振动给矿筛洗机的应用实例	(298)
第7章 振动出矿技术在其他领域的应用	(309)
7.1 振动出矿技术在块石胶结充填中输送配料的应用	(309)
7.2 振动清车器	(318)
7.2.1 固定式矿车振动清车器	(320)
7.2.2 侧卸式矿车振动清车器	(322)
附表	(326)
主要参考资料	(331)

第 1 章 振动出矿系统的主要设备

1.1 振动出矿机

1.1.1 振动出矿机的主要特征

振动出矿就是通过振动出矿机对矿石松散体的强力振动，并部分借助矿石的重力势能而实现的矿流平稳、连续、易控的强制出矿。振动出矿机是振动出矿系统的关键出矿设备。

我国的振动出矿机，首先是由中南工业大学与湖北通城长石矿共同研制成功的，最早应用于条件比较简单的采场集矿溜井、阶段溜井，取代气动闸门和木闸门。现在已广泛应用于各类采矿方法采场、主溜井、矿仓及选矿厂给矿，以及有关的其他工业部门。振动出矿机的特点如下：

(1) 兼有破拱、出矿、关闭作用

重力放矿过程中发生矿石卡堵现象，因而影响出矿或发生跑矿，是比较常见的。据统计，普通漏斗出矿，处理漏斗堵塞所费的时间一般占作业班时间的 25~35%，加上出矿过程中调车和等车的时间损失，实际每班的出矿时间只占 $1/3 \sim 1/4$ ，甚至更少。以电耙出矿为例，它的出矿台效一般只有 150~300t/d。

采用振动出矿机出矿则是借振动实现破拱和出矿。当振动停止，矿石立即停止卸出。故可集破拱一出矿一关闭三大功能于一体，无需另加破拱助流装置，也不必再安装漏斗闸门，既节省了设备和能耗，又简化了操作。

(2) 矿流松散、连续、均匀

振动出矿是靠振动将溜眼内的松散矿石诱导活化成流态，使矿石的流动性增大，大块在出矿口的通过性大大提高，使矿石膨松后呈群流状态连续均匀地放出，直到停机或卸空。因此，矿流连续、均匀、易控。

(3) 破拱助流能力强

振动出矿机将振动传给溜眼内的矿石，在适宜的振频下诱导矿石颗粒活化，降低了导致搭拱阻流的颗粒之间的摩擦力和内聚力，使矿石顺利下移，不易结拱。同时，振动还可以摧毁已有的拱桥。

(4) 振动出矿机是将激振器（用电动机通过三角皮带传动）或振动电机用螺栓固定在振动台面的底面，没有减速器等传动装置。因而其结构简单，制造容易，造价低廉，安装操作简便，运行可靠，维修方便。

(5) 振动出矿机的重量一般为数百公斤，功耗小，其装机功率 $1.5 \sim 3\text{kW}$ 。

实践证明，与气动闸门、板式给矿机及电动闸门等传统的放矿设备相比较，振动出矿机具有许多明显的优越性；与柴油铲运机比较，也有其独特的长处。虽然其机动性差，需用台数多，安装工作量大，作业过程中需部分借助矿石重力势能，应用条件受到一定限制。但其设备费用低，维修简便，在定点集中出矿作业的条件下，最有利于发挥其效能；放出矿流连续、易控、有利于实现连续作业工艺，故见效快，易于推广。例如大厂的铜坑矿，在井下采场采用振动出矿机配汽车的出矿系统，其综合出矿能力达 620t/班 ，达到和超过国内使用铲运机的生产能力。

1.1.2 振动出矿机的基本结构及埋设参数

振动出矿机是一种埋设在松散矿石下面的强力振动机械，图 1—1 所示为我国早期使用的 TZ 型振动出矿机（见附表 4）的结构和安装示意图，其技术特性如下：

技术生产能力	t/h	340~400
振动台面长度	mm	2500
振台台面宽度	mm	1350
振动台面倾角	(°)	12
振幅	mm	2~4
振动频率	Hz	24
功率	kW	7.5
激振器类型		单轴惯性激振器
激振力	kN	27~40
机重	kg	1043

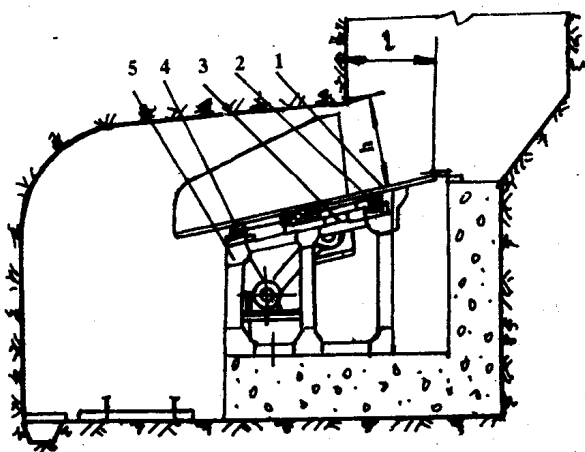


图 1—1 TZ 型振动出矿机的结构和安装示意图

1—振动台面；2—弹性元件；3—惯性激振器；4—电动机及弹性电机座；5—机架

1.1.2.1 振动出矿机的基本结构

根据所放矿岩的性质和工作条件，要求的生产能力和工艺效果的不同，可以设计出各种类型的振动出矿机。但是，用于金属矿山的振动出矿机的基本结构都是相似的，主要由振动台面、机架、激振器和弹性系统等4大部分组成。

(1) 振动台面。振动台面承受上部矿石的压力，向台面上的矿石传播振能，活化矿石，使台面上的矿石获得较好的流动性，实现高效和稳定的强制出矿。振动台面是由机架支承的，底板下安装有激振器的工作机构。

振动出矿机的台面是用厚度一般为12~16mm的钢板加焊底板型钢构成。加焊的底板型钢一般为10~14号槽钢，钢板焊在槽钢开口处，用槽钢短翼板边紧靠台面底板焊接。这样的刚性梁一般为2根或4根。同时在台面两端的合适位置，以同样的刚性梁横向焊在纵向刚性梁之间，以加强横向刚度。横向刚性梁一般为2~3根，视台板长度而定。

台面底下焊有激振器机座，其目的是提高振动台板传振的刚度和强度，并为激振器的安装提供方便，为联结螺栓留有安装空间，激振器机座应与台面钢板和纵向刚性梁牢牢焊紧。

振动台面下设计有弹性体安装座。对单个型（圆形或方形）的金属弹簧或橡胶弹簧因受力集中，其弹簧座布置在纵向梁之下，不能直接焊在台面钢板上；对于条形橡胶弹簧，由于受力均匀，可以直接在台面钢板下加焊立起的钢板，形成条形橡胶弹簧限位装置，以简化台面结构。

振动台面上外露在眉线以外的部分的两侧焊有侧板，以防止放出矿石从振动台面两侧撒落。侧板的外侧一般焊有加强筋，以防止侧板受矿石挤压变形。直接焊在台面两侧的侧板是参振

的，有些设计为了减少参振质量和噪声，在台面上只焊接高度为100~150mm的低矮侧板，然后用固定在门框或岩壁上的高侧板嵌套在低矮侧板之内。

图1—2为一种轻型振动出矿机的振动台面的结构示意图。

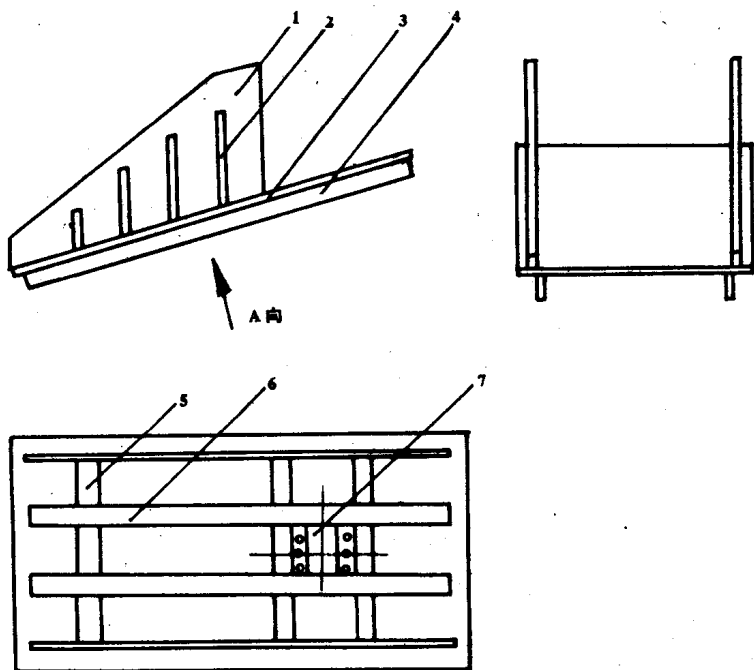


图1—2 轻型振动出矿机振动台面的结构示意图

- 1—侧板；2—筋板；3—底板；
4—条形橡胶限位立板；5—横梁；6—纵梁；7—电机座。

(2) 机架。机架是整台振动出矿机的基础机构。它通过弹性元件支承振动台面，为振动台面下的振动电机或激振器的安装提供空间和位置，并为其维修提供方便。

常用的机架为金属机架，即用型钢焊接成框架结构，图 1—3 所示就是一种轻型振动出矿机的机架。机架的底架构成框架平面，座落于混凝土基础上，从底架平面立竖梁 4~6 根支撑一符合台面倾角要求的斜面框架，这样就构成了机架的基础结构。在机架上面的斜面框架上设计有安装弹性元件的支座或限位装置。对于使用普通电机通过三角皮带带动激振器振动的振动

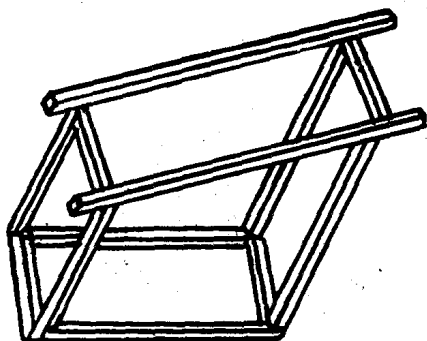


图 1—3 机架示意图

出矿机，常在机架的底架平面设计有电动机安装机座。有些机架并不是安装在混凝土基础上，而是安装在预埋在两侧岩壁的钢质横梁上。这种安装方式，具有机架结构简单，钢材用量小，不需要大量的混凝土工程，施工方便，需要工时量小的优点。但也往往存在基础刚性差，影响振动出矿机工作参数的稳定性。

有些振动出矿机为了进一步节省钢材，用混凝土按台面倾角要求，浇注较高的混凝土基础，在混凝土基础的斜面上埋设钢梁，以便安装弹性元件支座。这种混凝土基础取代金属机架的安装方法，钢材用量少，但混凝土工程量大，施工时间长，在井下作业条件差的情况下施工较困难，同时振动台面下的空间小，不利于安装和维修工作。

一般机架多选用与台面底梁相同型号的槽钢，以减少采用多型号的型钢。

(3) 激振器。激振器是使台面产生振动的驱动源，是确定

振动出矿机性能和出矿效率的主要部件之一。激振器可分为单轴惯性激振器和双轴激振器两种。

1) 单轴惯性激振器。它是应用最多的一种激振器。其结构简单,用三角皮带传动可以通过改变传动比来获得所需要的振动频率。为了进一步简化结构,现在很多振动出矿机上采用了电动机与激振器偏心体合一的振动电机。省去了三角皮带的传动部分,以提高机械效率,但振频只能由振动电机的转速而定。

2) 双轴激振器。这种激振器多在大型的振动出矿机中使用。其结构复杂,一般由箱体、轴、轴承、齿轮和偏心体组成。由于转速较高,在箱体内的齿轮传动往往需要润滑,其维护工作量也大。双轴惯性激振器也可以用两台振动电机自同步运转来代替,这样就简化了结构,使用方便。

(4) 弹性系统。弹性系统由若干弹性元件合理布置在台面与机架之间,对机架起缓冲隔离作用,防止机架与台面的刚性碰撞,对台面有蓄能助振作用,为台面产生稳定的振幅提供条件。

弹性元件可用金属弹簧和橡胶条两种。金属弹簧易折断,台面受压很大,更换较困难。现在多用橡胶条作弹簧。连续布置的橡胶条在台板的两侧和受矿端的下面。这样布置的橡胶条还可起到密封作用,经久耐用。

(5) 双台板中间联结结构

对于设计大生产能力和放出大块矿石的振动出矿机,要求眉线较高、台面较宽。若用单台面振动出矿机,其台面宽度超过1.4m时,则动力过于集中,功率消耗大,需要结构强度高,机架和台面都须用重型钢材,设备笨重,不利于搬运和安装。为此,对于大生产能力和放出大块矿石的振动出矿机,应设计为