



立井井筒掘进机械化
技术丛书

立井支护机械化

50.6

煤炭工业出版社

TD350.6

2

3

立井井筒掘进机械化技术丛书

立井支护机械化

林增禧 应邦荣 穆祥仁 杨怀堂 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

《立井井筒掘进机械化技术丛书》主要总结三部立井掘进机械化的经验。这套丛书包括：《立井井筒施工机械化》、《立井凿岩钻架》、《立井深孔光爆》、《立井大抓岩机》、《立井支护机械化》、《立井自动翻矸》、《高扬程吊泵与风动潜水泵》七个分册。

本分册重点介绍了立井支护机械化机具的工作原理、构造与操作维护；国内立井喷射混凝土与浇灌混凝土机械化作业线先进技术等。

本分册可供井巷工程技术人员及有关同志学习和工作中参考。

立井井筒掘进机械化技术丛书

立井支护机械化

林增禧 应邦荣 穆祥仁 杨怀堂 编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行



开本787×1092¹/₃₂ 印张6⁵/₁₆ 插页 2

字数 138 千字 印数1—1,900

1981年 6 月第 1 版 1981年 6 月第 1 次印刷

书号15035·2419 定价0.70元

前 言

为了进一步加快我国矿山建设的步伐，提高井筒掘进机械化水平，于1974年1月，一机部、冶金部和煤炭部组织了三部立井掘进机械化配套科研会战，有一百多个单位参加，确立了50多个科研课题和20多个配套点的会战任务。经过五年多的努力，目前大部分科研课题已取得成果，少部分亦已投入试制和试验；一些配套试验点亦已初步实现了立井井筒掘进机械化，先后多次突破月成井100米的水平，速度和工效有明显的提高。

为了系统地总结和推广立井井筒掘进机械化科研会战的经验，为现场提供技术培训教材，根据三部立井掘进机械化科研会战第四次会议精神，我们组织编写了《立井井筒掘进机械化技术丛书》。这套丛书包括：《立井井筒施工机械化》、《立井凿岩钻架》、《立井深孔光爆》、《立井大抓岩机》、《立井井筒支护机械化》、《立井自动翻矸》、《高扬程吊泵与风动潜水泵》七个分册，分别介绍了有关的新技术与新机械。

《丛书》所介绍的内容除科研会战成果外，还涉及到一些正在研究试验的新产品和国外的技术发展近况，供有关人员今后工作中参考。

《丛书》编写工作得到了中国矿业学院、长沙矿山研究院、山东矿业学院、焦作矿业学院、邯邢煤炭建设指挥部、东北工学院和博山水泵厂等单位的大力支持；洛阳矿山机械

厂、邯邢冶金矿建指挥部、上海煤矿机械研究所、太原矿山机器厂等参加会战的单位积极为丛书的编写提供了素材和图纸，特此表示感谢。

1979年6月2日

目 录

前 言

第一章 立井支护机械化机具	1
第一节 筛洗机械	1
第二节 混凝土配料机械	17
第三节 混凝土搅拌机	31
第四节 混凝土喷射机	44
第五节 WG-ZL-79型立井混凝土喷射机组	87
第六节 WGS-79型速凝剂注入器	109
第二章 国内立井喷射混凝土支护机械化概况	117
第一节 喷射混凝土机械化作业的工艺流程	120
第二节 喷射混凝土机械化作业线的设计原则	123
第三节 推荐一条典型的喷射混凝土机械化作业线	147
第三章 立井混凝土浇灌机械化	157
第一节 混凝土砌壁在立井支护中的重要地位	157
第二节 浇灌混凝土机械化	158

第一章 立井支护机械化机具

第一节 筛洗机械

为了保证喷射混凝土的质量，所用的石子和砂子必须干净，含泥量应小于1%。鉴于目前喷射机的性能，石子最大粒径一般不超过25毫米，特别是长条状石子的含量应尽可能的少。因此，石子和砂子（含泥量少的河砂除外）在使用前必须筛洗。

卵石或碎石，是以各种大小不同的颗粒混合在一起的。因此，首先要用筛子将颗粒大小不同的混合物料进行筛分。在筛分时，如果在筛面上加水，就可起到筛洗的作用。

评定筛子工作的主要指标有筛分效率和比生产率。

筛分效率 筛分物料时，可获得筛上和筛下两种产品。实际上，在筛上产品中常常还含有可以被筛下的细级颗粒。因此，实际筛下的细级物料的重量永远小于原始物料中细粒级物料的重量。这个小于1的比值就称为筛分效率。

$$\eta = \frac{B}{A} 100\%$$

式中 η ——筛分效率；

A——原始给料中细粒级的重量；

B——实际筛下品的重量。

实验证明，筛子的筛分效率决定于下列许多因素：物料的水分含量，“难筛颗粒”的含量、物料颗粒的形状、筛眼

的排列和形状、筛子的工作参数（振幅、频率、筛面倾角、筛面的运动形式以及其他）等。

比生产率 每小时加到筛子中的物料重量除以筛子的工作面积称为比生产率，亦即筛子单位筛面面积的生产率。

$$q_0 = \frac{Q}{F}$$

式中 q_0 ——比生产率；

Q ——每小时加到筛子中的物料重量，吨/小时；

F ——筛面面积，米²。

筛子的比生产率与筛分效率这两个指标，有着密切的联系。在实际工作中，要求提高筛分效率，常常要降低筛子的生产率。反之，如要求提高生产率，又会降低筛分效率。

在设计或使用筛子时，要想提高筛分效率，而又同时相应地提高筛子的生产率，则必须设法消除筛分过程中的一切不利因素，改善筛子的工作情况。

筛面是筛子最主要的工作部分。目前，最常用的筛面有下面两种型式：

1. 筛板 由经过冲（或钻）眼的金属板制成，一般用作可动筛的筛面。筛眼的排列方法如图 1 所示：（a）成交错排列的圆眼；（b）直行排列的方眼；（c）交错排列的方眼；（d、e）直行排列的裂隙状筛面；（f、g）成对角线排列的裂隙状筛面；（h）直行平行排列的筛眼。筛眼的距离应考虑筛板的强度和筛面的有效面积。为了减轻筛眼的堵塞现象，筛眼可稍带锥形，即向下逐渐扩大，其锥角约为7°。

2. 筛网 用波纹状的或凹槽形的金属丝编织而成，固定在筛子的框架上。常用作可动筛的筛面。筛网上的眼可以

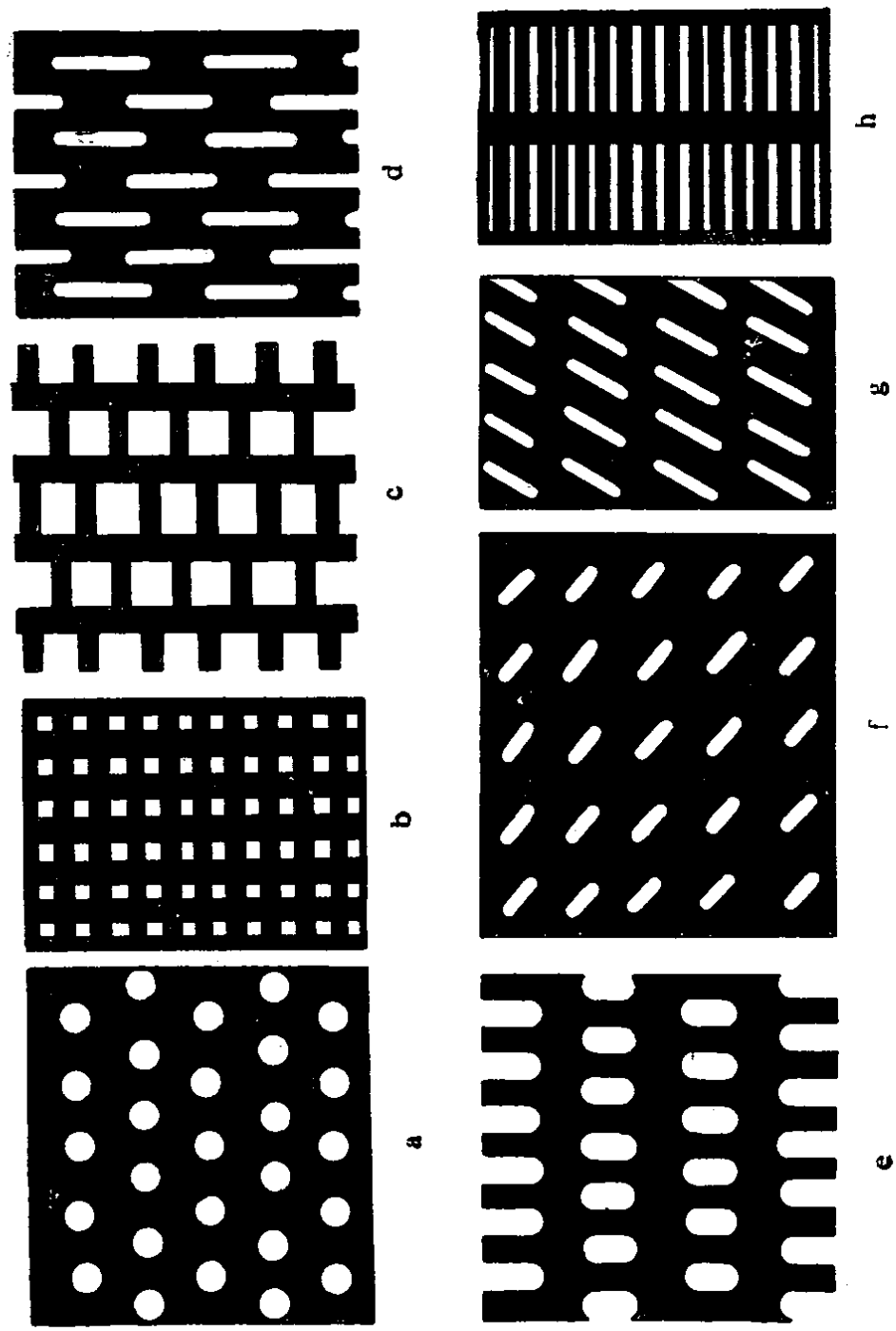
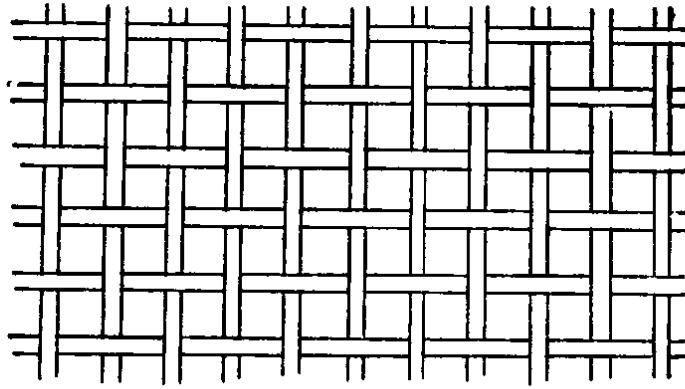
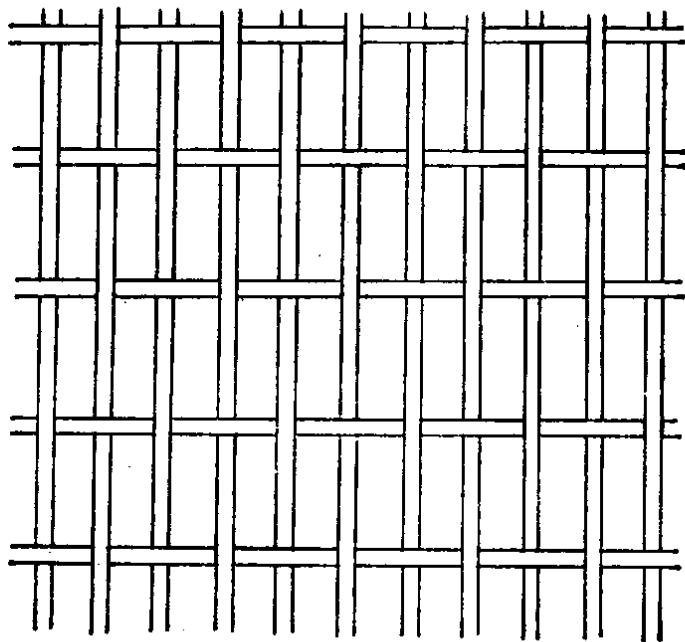


图 1 伸眼筛板类型

是方形的或长方形的，如图 2 所示。长方形眼的筛网的筛分能力比方形的要高30~40%。筛眼堵塞的可能性也较小。但筛分精度比方形的差。



a



b.

图 2 筛网类型

a—方眼筛网； b—长方眼筛网

对于细眼筛网，眼的大小有几种表示方法：英、美以网目数表示，网目数即是指筛网一英寸长度上筛眼的个数。西

德用筛号表示，筛号即是指筛网一厘米长度上筛眼的个数。苏联用筛眼实际尺寸毫米数表示号数。一般各国都有自己的标准筛。

对于较大筛眼的筛网，一般都用筛眼实际尺寸毫米数表示。

各种筛面的优缺点比较及适用范围可归纳如下：

筛板的结构比较简单，价格比筛网低，磨损较均匀，使用寿命长，堵塞现象少。但有效面积较少。常被用在中筛作业。筛眼在12~50毫米的筛板用得较广泛。

筛网的加工较复杂，购置费用较高，磨损不均匀，使用寿命短，由于筛丝交叉处不平，易形成堵塞。但是有效面积较大，筛分能力较高，常被用于中筛和细筛作业中。

所谓筛面的有效面积，是指筛眼的总面积对整个筛面面积的比值，是评定筛面质量的重要指标之一。有效面积越大，筛分效率就越高。一般筛板的有效面积不大于50~60%，而筛网的有效面积可达70~80%。

筛下产品的最大颗粒的尺寸与筛眼尺寸的比值大致如下：对于圆形眼，筛下最大颗粒的尺寸约为筛眼尺寸的0.7，而方形眼为0.8~0.9，长方形眼则接近于1。

上述各种筛面构成的筛子，在各工业部门中广泛应用。根据各自条件，其筛子的结构和工作原理也是各种各样。下面介绍几种筛子，供立井井筒掘进工程备料中进行机械筛洗作参考。

一、圆筒筛

圆筒筛的工作部分为筒形，整个筛子绕筒体轴线回转。轴线在一般情况下装成不大的倾角（4~7°）。物料从圆筒的一端装入，细级物料从筒形工作表面的筛眼通过，粗级颗粒

则从筒体的另一端排出。

圆筒筛的结构简单，制作容易，转速低，工作平稳，操作也很简便。但也存在一些缺点：筛眼易被堵塞，筛分效率低，工作表面的面积仅为整个筛面面积的 $1/6\sim 1/8$ ，因而在完成同样生产量的要求下，就要有更大的筛面，使筛子加重，金属消耗量增大。

圆筒筛通常用于石料的多级筛分。当采用由小到大的筛分方式时，把筛子分成几段。而当采用由大到小的筛分方式时，则筛筒一个套着一个。

图 3 是圆筒形石子筛洗机的结构。石子从受料斗 6 加入到旋转着的洗筒 5 中用水冲洗，然后借机体本身 6° 的倾斜度进入筛筒 3 进行筛分。直径小于 22 毫米的泥砂石过筛后，进入套在圆筒外面的筛网筒 4 里。经筛网后，直径小于 5 毫米的细砂石漏入机架下的漏斗 9。直径小于 22 毫米而大于 5 毫米的石子则向前落入机架下的另一漏斗中。直径大于 22 毫米的石子，由筛洗筒的较低一端顺溜槽落到地上。采用这种圆筒式筛洗机筛洗石子的效果比较好，可同时进行洗净和筛分。这是目前施工单位广泛采用的一种筛洗机。

圆筒形筛洗机的主要技术性能

圆筒转速	15~17 转/分
圆筒倾角	6° 左右
筛分级数	$5\text{ 毫米} < \phi < 22\text{ 毫米}$
供水	低压水源，2 英寸水管供水
电动机功率	4~5 千瓦
洗筒、筛筒直径	$\phi 600\text{ 毫米}$
筛网筒直径	$\phi 900\text{ 毫米}$
机体尺寸	长×宽×高 4000×1000×2500 毫米

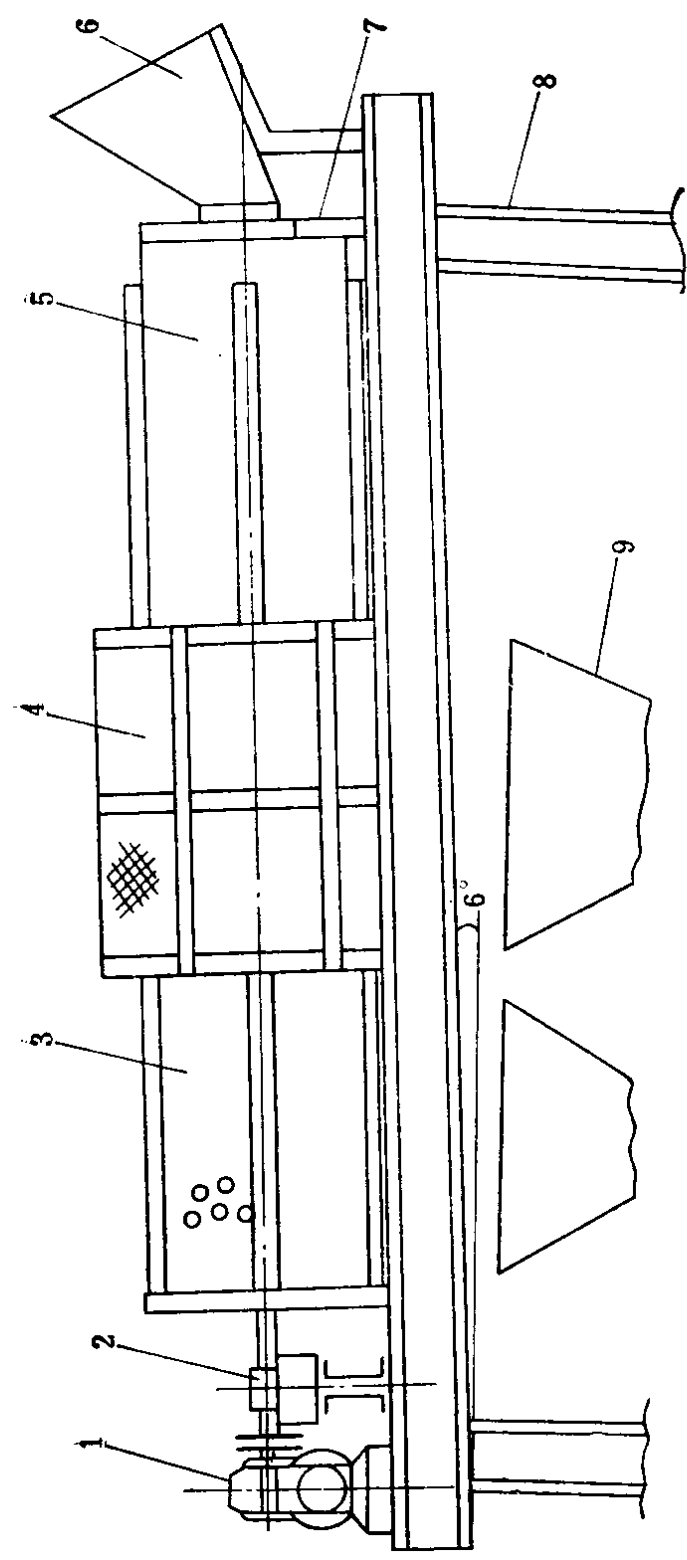


图 3 圆筒形石子筛洗机

1—减速箱; 2—轴承; 3—筛筒; 4—筛网筒; 5—漏斗; 6—受料斗;
7—托轮; 8—机架; 9—漏斗

圆筒筛的技术特征见表 1。

表 1 圆筒筛的技术特征

筛子的尺寸 (毫米)	生产率 Q (当 d=75 毫米时)		功率(马力)	转 数 (转/分)	筛子重量 (公斤)
	粗 筛 (吨/小时)	精 筛 (吨/小时)			
600 × 1800	18	8	3	26	1360
800 × 2400	36	16	4	22	2540
1000 × 3000	60	27	8	18	3600
1200 × 3600	90	40	10	16	5900
1500 × 3600	110	50	12	14	9520
1800 × 4200	165	77	16	12	13600
2100 × 4200	230	115	20	10	18140

和圆筒筛的工作原理一样，可以将圆筒形改为角柱形，此时，筛子工作中，物料能产生轻微的抖动，因而它比圆筒形筛有较高的筛分效率。

筒筛的支承可以是托轮支承，轴承支承，和混合支承（即筒的一端支持在轴承上，而另一端支持在托轮上）等三种类型。

圆筒筛的基本参数的分析：

1. 在一定生产率的要求下，筛筒的直径越大，物料层越薄，筛分效率越高。但从经济合理来考虑，筛筒直径可采用下列实验公式计算确定。

$$D = 0.194 \sqrt{\frac{W}{\delta}}$$

式中 D——筛筒直径，米；

W——所需生产率，吨/小时；

δ ——物料的比重。

也可按最大料块的直径 $d_{\max}$ 来确定筛筒的直径 D 。

$$D > 14d_{\max}$$

2. 筛筒的长度对筛分效率的影响很大，增加长度就能使细粒物料较完全地筛出来。其长度

$$L = (3 \sim 5)R$$

式中 R ——筛筒的直径，米。

一般对于细粒物料宜采用较大的长度。

3. 转数可以影响生产率和效率。增加转数便能提高生产率，但不能使速度达到极限值（即物料在离心力作用下可能紧贴在筛筒面上），这时，物料在筛筒旋转中就不能与筛筒有相对运动，无法进行筛分。故筛筒的转数通常在下述范围内选取。

$$n = \frac{8}{\sqrt{r}} \sim \frac{14}{\sqrt{r}} \text{ 转/分}$$

式中 r ——筒体半径，米。

用各种不同转速在圆筒筛上进行试验，可得该圆筒筛的转数与效率的关系，如图4所示。

一般筒筛的圆周速度 $v = 0.6 \sim 1.25$ 米/秒；最常用的为 $0.7 \sim 1.0$ 米/秒。

4. 筒筛的倾角加大时，有助于加大给入物料的通过速度，加大生产能力。对于已知吨数时，则可决定筛上物料层的厚度。物料层越薄，通过筛眼的速度越快。但倾角过大时，则又会降低筛分效率。故只在一定范围内（不超过 12° ），加大倾角可以提高筛子的生产率和效率。

5. 筒筛的生产率可由以下公式计算：

$$Q = 0.72\gamma \alpha \tan^2 \alpha \sqrt{r^3 h^3} \text{ 吨/小时}$$

式中 γ ——物料的容重，公斤/米³；

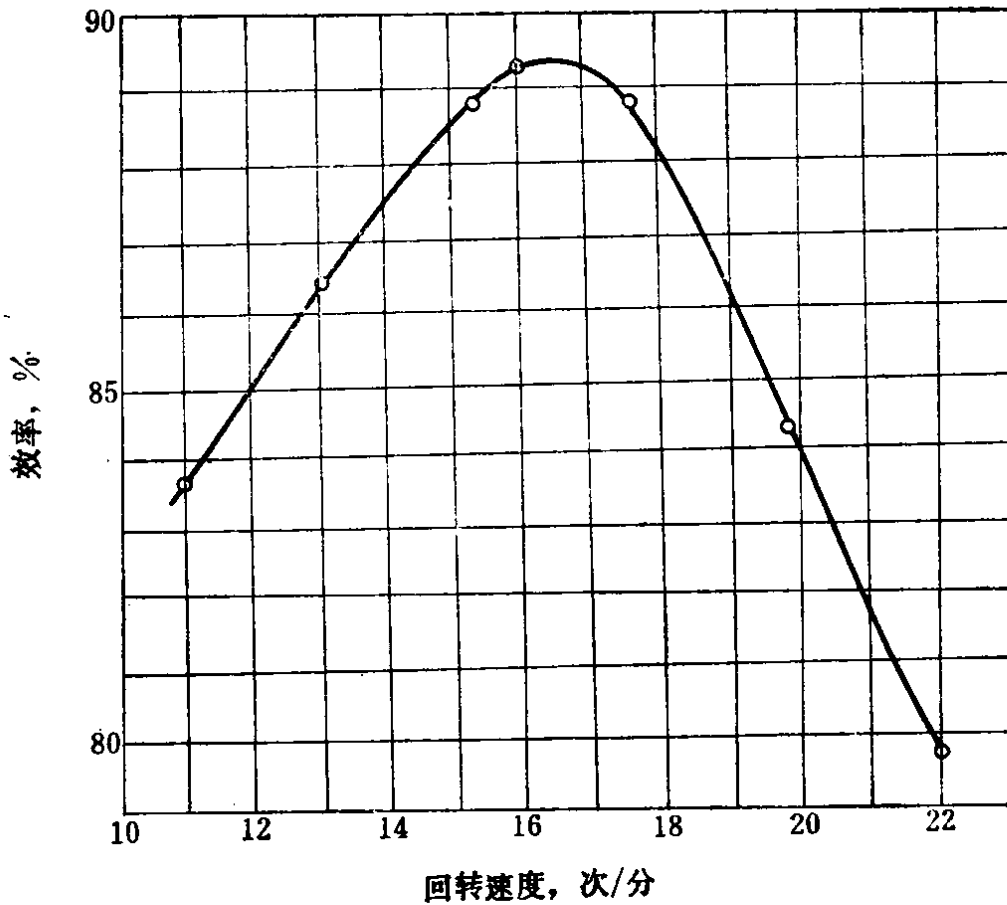


图 4 圆筒筛速度与效率的关系

a ——物料的松散系数, $0.6 \sim 0.8$;

n ——筛子每分钟转数;

α ——筛筒轴的倾角;

r ——筛筒半径, 米;

h ——物料层的厚度, 米。

二、摇动筛

摇动筛也叫摆动筛。其工作原理是采用曲柄连杆机构作为传动部, 电动机通过皮带和皮带轮带动偏心轴回转, 然后, 借连杆使机体沿着一定方向作往复运动。机体运动方向线垂直于支杆或悬杆中心线。由于机体的摆动运动, 使筛面上的物料以一定的速度向排料端移动, 同时获得筛分。

摇动筛的优点是：全部工作表面都在工作，故生产率和筛分效率都较高；这种筛子通常呈水平安装，高度较小；而且工作可靠，检修管理方便，卸装筛面容易。摇动筛的主要缺点是：动力不能完全平衡；与振动筛比较，构造较复杂，金属消耗量也较大；筛分过程中，筛眼易被堵塞。

目前，在常用的摇动筛有以下各种型式，如图 5 所示。

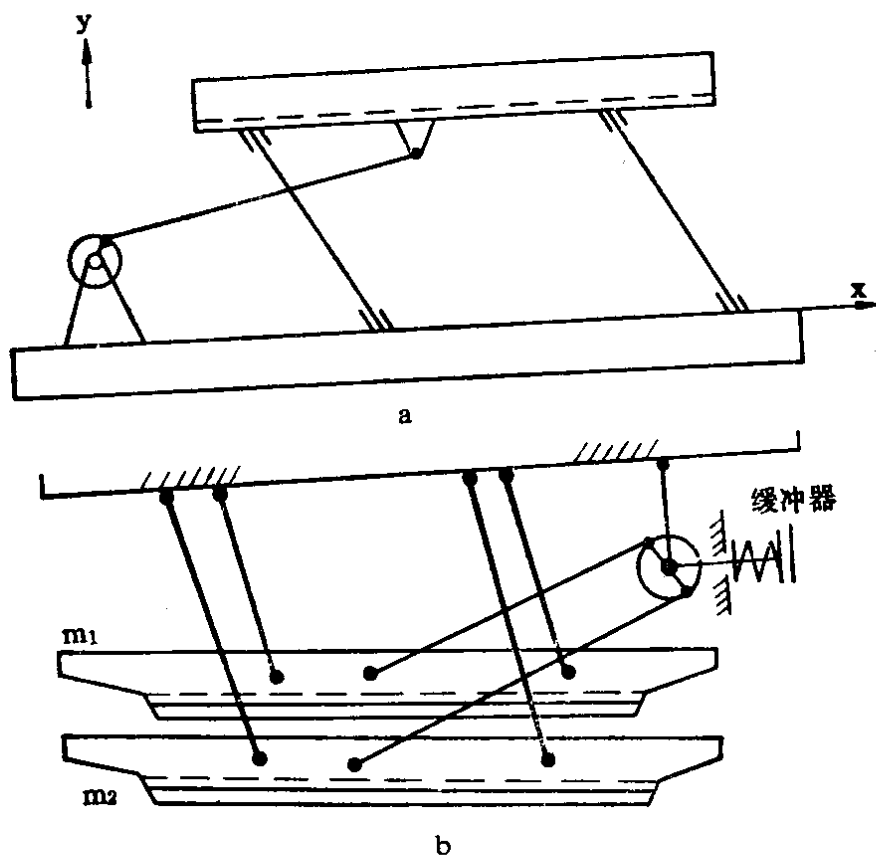


图 5 摇动筛

(1) 单机体摇动筛 (图5a) 所示，这种摇动筛结构简单。电动机经三角皮带驱动偏心轴回转，然后再经连杆使筛箱往复运动。连杆由优质木材或钢材制成。连杆与筛箱的连接，通常不用铰接的方法，而是用钢制的稍有弹性的固定夹子与刚性连杆连接。筛箱是由钢板焊成的槽形结构，一端开