

泥 浆
设 备
手 册

8

搅拌设备与加料设备

〔美〕D·怀特

出版社

8.1 引 言

泥浆的作用在于控制井内压力，将能量输送至钻头以清洗钻头和井底，将岩屑携带到地面上，以及通过化学或机械的方法稳定井眼。

在高压地区、井斜角近于90度的井眼中或在易产生垮塌和膨胀的地层中钻井，人们必须采取特殊措施以保证泥浆性能适合现场钻井的需要。为满足这些要求，配制泥浆时要加入增粘剂、加重材料和特殊添加剂，另一方面要除去进入泥浆中的钻屑，达到无需对泥浆进行大幅度地稀释而继续使用的目的。

本分册部分地叙述了如何进行这些工作。全分册共分两部分。第一部分论述了搅拌设备及为什么必须采用搅拌的方法才能充分悬浮固相、保持泥浆的均匀和使整个泥浆系统的泥浆得到较好的搅拌效果。第二部分包括加料设备及其安装与选择方面的论述，叙述了只有较好地选择和安装加料设备，才能使混合后的泥浆材料和化学药剂产生的球状物最小，并获得最理想的混合速度。

8.2 搅拌设备

8.2.1 简介

地面泥浆设备的作用是在泥浆被泵入井眼之前，对其维护处理。泥浆的维护处理需要有效地使用泥浆固控设备和化学药剂，对泥浆材料进行迅速和彻底的混合。

在泥浆罐中，为了悬浮固相和保持泥浆的均匀必须有搅拌设备。泥浆材料，如膨润土、重晶石和聚合物，必须润湿和分散于整个泥浆体系中，化学药剂也常常必须在加入循环系统之前进行溶解。为此有两种设备：机械搅拌器和泥浆枪。这两种设备使用非常普遍。下面就讨论一下它们的基本工作原理、安装和选择原则。

8.2.2 搅拌设备的基本原理

如上所述，搅拌设备是用来悬浮整个地面泥浆系统中的固相，完全地混合泥浆材料和维护混合后泥浆的均匀。为满足这些要求，搅拌设备必须使泥浆罐中的泥浆产生大于悬浮固相沉降速度的上升速度，产生足够大的剪切力和搅动力，以达到溶解、润湿和分散泥浆添加剂的目的。分散和搅拌泥浆有助于维持泥浆性能的一致。下面就阐述机械搅拌器和泥浆枪的工作情况，以及如何利用它们达到这些目的。

1. 机械搅拌器

大部分机械搅拌器由马达驱动。图8-1示出的是一个普通搅拌器。防爆马达同齿轮减速器相连，驱使叶轮轴转动。根据搅拌器叶轮形状的不同，搅拌器可使泥浆罐中的液体产生径向流动或轴向流动。

如果叶轮翼片呈垂直状，搅起的液体呈径向流动，如图8-2所示。在径向流动中，液体沿罐底水平流动，然后在罐壁处向上

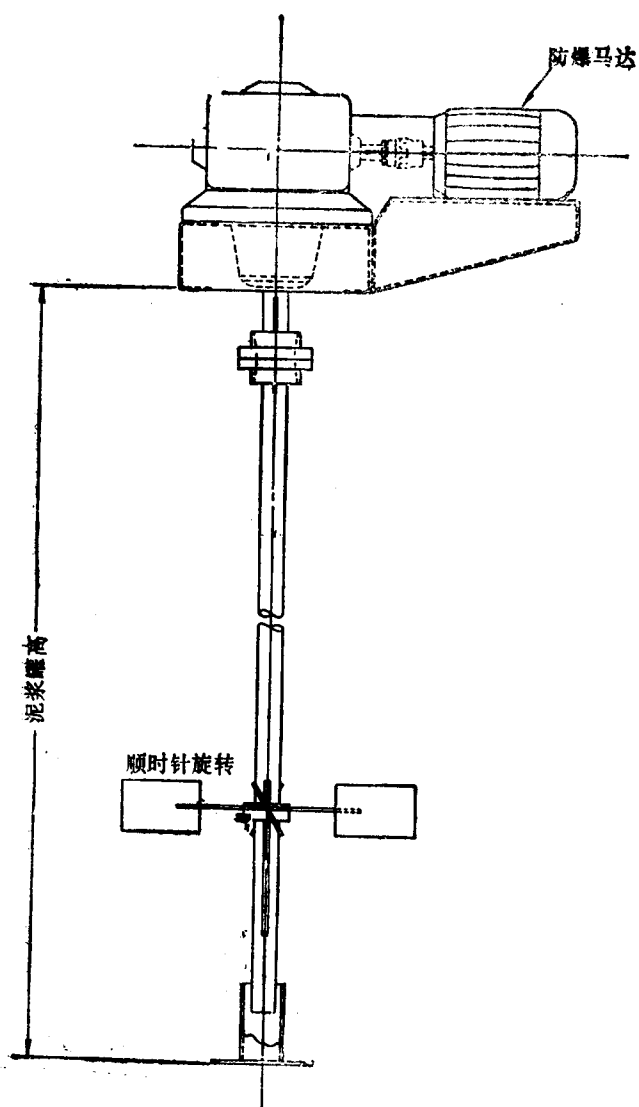


图8-1 机械搅拌器

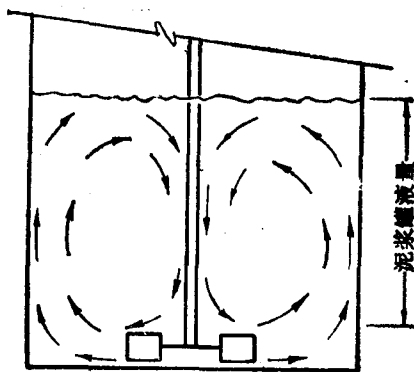


图8-2 径向流动叶轮

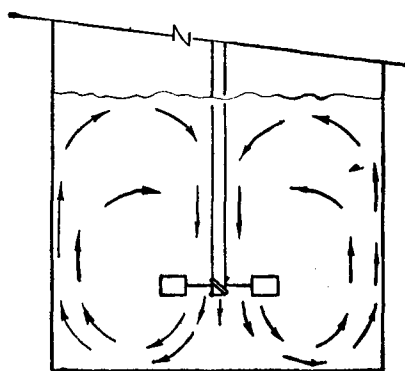


图8-3 轴向流动叶轮

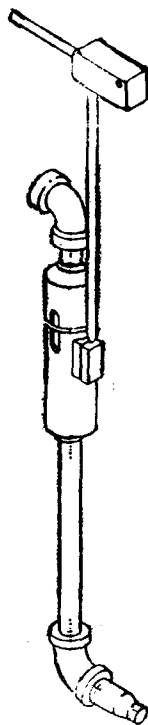


图8-4 2英寸泥浆枪

流动。叶轮应靠近罐底安装。

如果叶轮翼片与罐底成某一角度，搅起的液体呈轴向流动，如图8-3所示。液体首先流向罐底，然后沿罐底流动，到达罐壁后再向上流动。叶轮应安装在距罐底 $1/3 \sim 3/4$ 叶轮直径的位置。

2. 泥浆枪

高压泥浆枪和低压泥浆枪的工作情况相同。典型高压泥浆枪的压力范围为3000~6000磅/平方英寸(见图8-4)，枪的连接管线

用厚壁管，喷嘴直径为 $1/4\sim 3/4$ 英寸，泥浆则由容积式泥浆泵供给。低压泥浆枪通常所需的有效工作压头为75英尺（见图8-5），枪的喷嘴直径为 $5/8\sim 1$ 英寸，泥浆由离心泵通过低压管线供给，离心泵则可由电动机或柴油发动机驱动。

图8-4中，泥浆枪的内径2英寸，底部采用2英寸管螺纹连接。为保持进口和出口管永久成一直线，连接处严禁转动。安装两个旋转接头是为方便操作。固定螺丝则用以位置固定。枪的最大工作压力为3000磅/平方英寸。

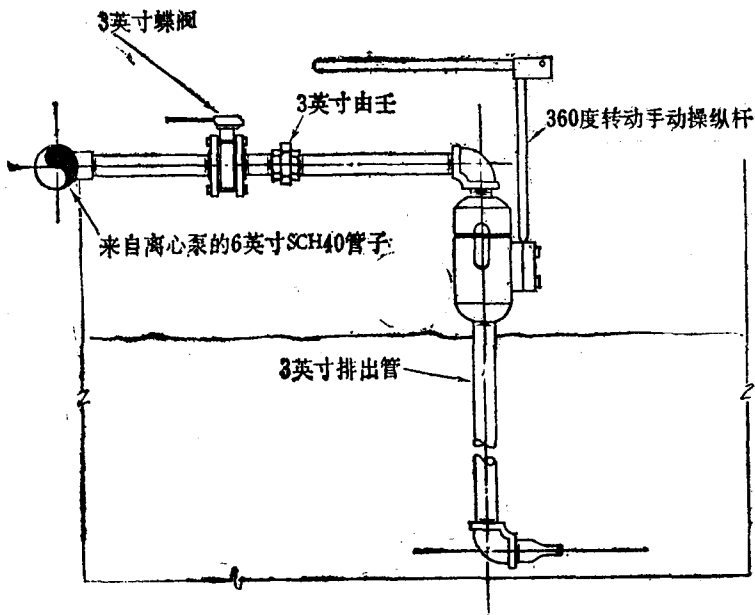


图8-5 装有3英寸下部低压泥浆枪的泥浆罐剖面

泥浆枪通常距罐底6英寸安装，大部分装有可旋转360度的旋转接头，以便能用来直接喷射泥浆罐中的死区。不论是高压泥浆枪还是低压泥浆枪，它们都是主要依靠通过喷嘴的液体流动来工作的。通过的液流量越大或喷速越大，搅拌效果越佳。

泥浆枪上可安装使用射流管，使用射流管后液体流动效果提

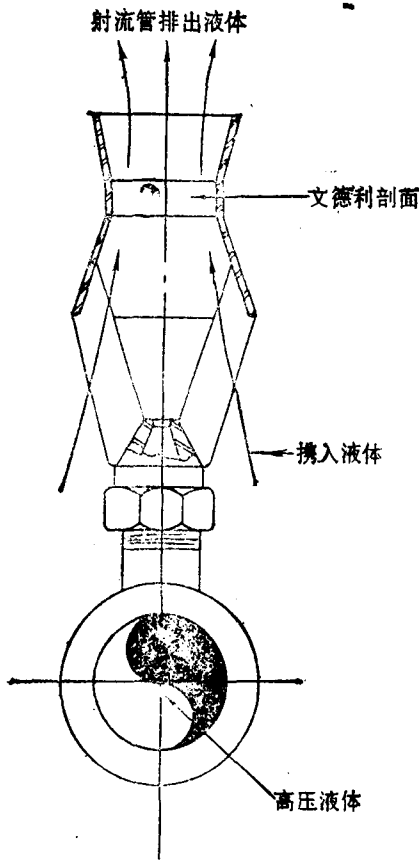


图8-6 射流管工作原理示意图

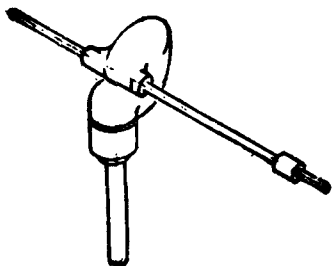


图8-7 地面泥浆枪

高三倍。如图 8-6 所示，高压流体从喷嘴中高速喷出，在喷嘴处液体所具有的压力头被转换成速度头。因而在喷嘴排出口周围产生了低压区域，低压将射流管周围的液体快速吸进并携带入液流中，其作用类似于泥浆混合漏斗。两种液体在文德利管段混合，以比单独使用喷嘴所达速度更高的速度喷入泥浆罐。从喷嘴来的高速液体可以是泥浆罐中的同一种液体，也可以是来自其它地方的液体，如用于混合的液体。

一些钻机装有高压的或低压的地面泥浆枪（见图 8-7）。泥浆枪配置有双向旋转接头，以保证喷嘴可向任一方向转头。地面泥浆枪可以帮助混合堵漏材料。然而无论怎样，液面 6~12 英寸以下的液体得到的混合效果都极差。

8.2.3 搅拌设备的选择与安装

同其它任何一件使用性能好的设备一样，搅拌设备也必须正确选择和安装，否

则达不到最佳使用效果。这一节包括搅拌设备的选择和限制条件。

1. 机械搅拌器

如前所述，机械搅拌器可使泥浆产生两种流动：径向流动和轴向流动。

径向流叶轮在钻井中使用最为普遍。叶轮的翼片呈矩形，垂直地与叶轮体相连，因此翼片最易修理。若在泥浆罐中装上合适的挡板，就会出现部分轴向流动。对圆形泥浆罐来说，挡板宽应为罐直径的 $1/12$ ，挡板沿罐圆周安装，每 90 度装一块，见图 8-8。有人认为，方形罐相当于全部装了挡板的圆形罐。径向流动的主要问题是叶轮底部至罐底的高度要合适，高度一般应为 $3\sim 6$ 英寸。若叶轮距罐底太高，液流就不能很好地清扫罐底，并且所需

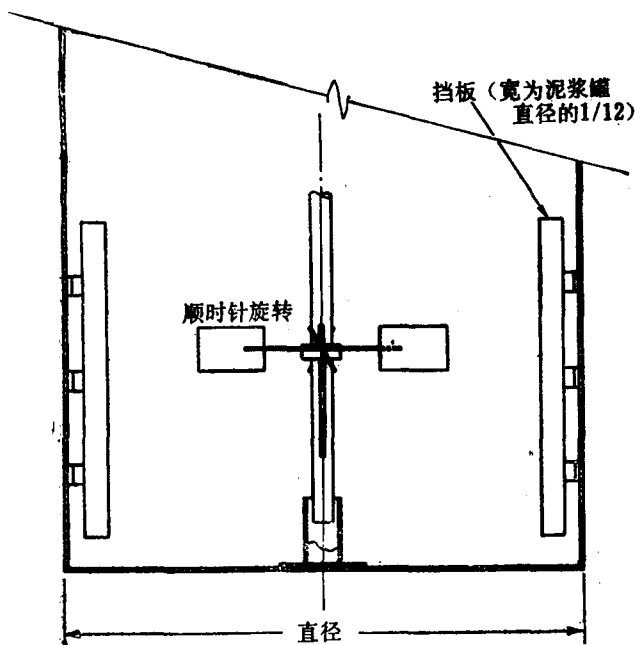


图8-8 挡板安装示意图

功率较大，从而可能导致马达超载。叶轮的安装位置恰当，搅拌效果就好。

在较深的泥浆罐中或同一根叶轮轴装有两个或两个以上的叶轮时，叶轮轴就要予以固定（见图8-8），特别是在经常拖运的陆地钻机上更应照此办理。固定器限制了施加给轴承的侧向载荷，可以防止叶轮轴发生弯曲。

据轴向流动搅拌器的主要供应商报道，他们制造的叶轮翼片斜角为45度。这种叶轮可以取代垂直翼片的径向叶轮。这种轴向叶轮每马力每分钟的处理量为径向叶轮的1.2~1.4倍，叶轮轴长度的选择也比径向叶轮轴要灵活得多。轴向流叶轮距罐底的高度以 $1/3 \sim 3/4$ 叶轮直径为最好。应强调的是，在较深泥浆罐或陆地钻机上应当对叶轮轴进行固定。

若轴向流叶轮安装位置较高，那么为防止泥浆中产生旋涡和空气泡，必须维持较高的泥浆液面。若叶轮安装位置过低，就会冲蚀罐底。

不管叶轮是径向的还是轴向的，叶轮的选择和安装位置都是极其重要的。某制造商估计，世界上75%的搅拌器存在着安装错误、选择不合适以及安装位置不当等现象。

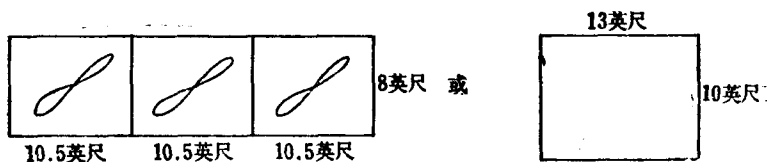


图8-9 搅拌器数量的选择（长与宽之比为1:1.3）

在确定机械式搅拌器的使用数量时，如有可能，最好采取将泥浆罐分成小方区的方法进行确定。最经济的经验做法是方区宽对长之比不大于1:1.3到1:1.5，超过该值就应考虑使用两个搅拌器，应用方法见图8-9。在陆地钻机或海洋钻机上配备这样一

套泥浆罐较为理想，当然依据钻井场所的变化，泥浆罐的尺寸稍有不同。只要在泥浆罐内安装上合适的挡板和采用搅拌设备对泥浆进行适当的搅拌，就会大大地方便泥浆的处理、固相含量的控制和加料混合的进行。但沉砂罐是绝对不能搅拌的。

泥浆罐的尺寸确定过后，就须选择搅拌器的叶轮和驱动马达。若尚不知道钻井中使用的最大泥浆密度，那么可按密度为20磅/加仑的泥浆进行计算，由此计算选得的搅拌器安全系数较高，因此在搅拌各种泥浆时可不用考虑马达超载的问题。大部分油田采用的搅拌器转速均在50~90转/分之间。

某公司采用以混合1000加仑液体所需马力为基础的计算方法选择叶轮和马达。基本原则是按1000加仑液体需0.6~1.0马力进行计算，然后按罐长与罐宽之比值、罐高与叶轮直径之比值和底部间隙与叶轮直径之比值的不同对所得计算值加以修正。这种方法已经使用成功，但因为在选择搅拌器的转速、叶轮形状和马达中，每家搅拌器生产公司都有自己的选择资料，不尽相同，因此建议定货前向供货厂家进行咨询。

另外一个选择搅拌器的方法如图8-10所示。图表中的三条曲线是根据三种不同密度的搅拌液体：水、14磅/加仑的泥浆和20磅/加仑的泥浆画出的。这里再重述一遍，若不知要使用的最大泥浆密度，就按20磅/加仑的泥浆密度进行选择，泥浆罐的分区要尽可能合理。

图8-10上部是一曲线图，曲线图右侧座标为泥浆罐长，沿罐长值向左由曲线图上找到所需要的叶轮直径，然后返回到与所需泥浆密度最接近的那条曲线上，向下引垂线即得到需要的装配功率（马力）。之后，按选出的叶轮直径，由表8-1和表8-2查得搅拌器的液体排量（加仑/分），排量确定过后即能计算得出周转速度（TOR）。周转速度即以每分钟加仑计的搅拌器叶轮排量除以用加仑计的泥浆罐的液量所得值。该值再乘以60秒，就得到将泥浆罐中的液量完全排出一次所需的秒数。采用该方法的公司声明，周转速度在35~0秒之间较为合适。需要指出，该曲线图只

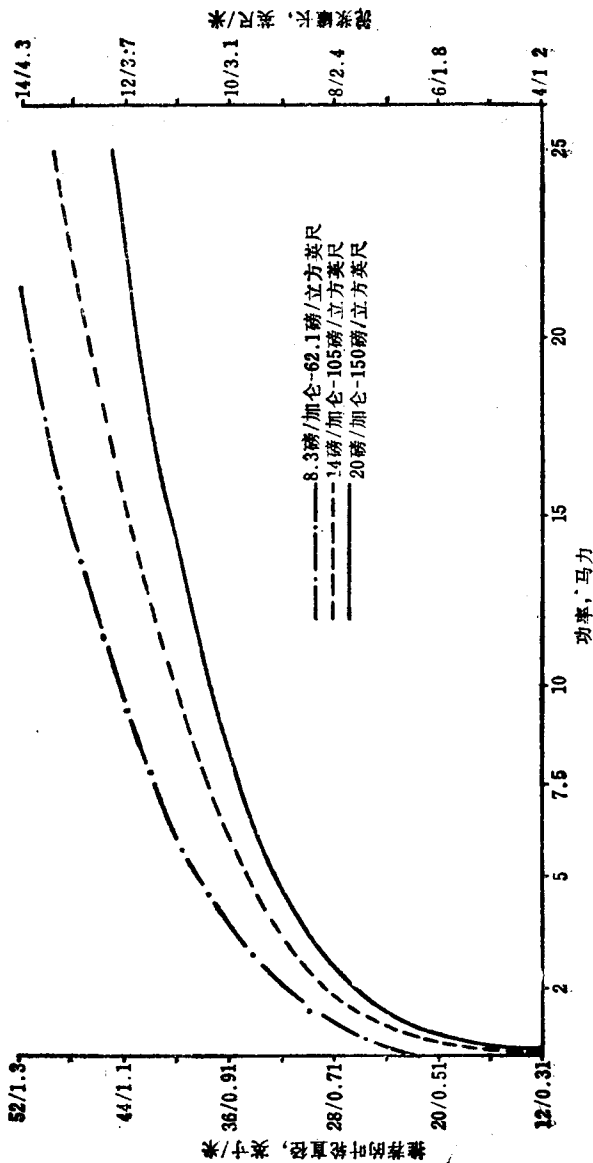


图8-10 搅拌器的选择

表8-1 根据翼片投影面积计算得出的60度斜翼四翼片叶轮排量表

57.5转/分 (60赫兹)		48转/分 (60赫兹)	
英寸 (直径)	加仑/分	英寸 (直径)	加仑/分
20	909	20	780
24	1645	24	1373
28	2468	28	2060
32	3764	32	3142
36	5402	36	4510
40	7284	40	6081
44	9928	44	8288
48	12512	48	10445

表8-2 根据翼片投影面积计算得出的平装四翼片叶轮排量表

57.5转/分 (60赫兹)		48转/分 (50赫兹)	
英寸 (直径)	加仑/分	英寸 (直径)	加仑/分
20	1051	20	877
24	1941	24	1622
28	2839	28	2370
32	4365	32	3628
36	6275	36	5237
40	8411	40	7023
44	11300	44	9435
48	14401	48	12024

适用于一种牌号的搅拌器，表格中数据也不能用于各种型号的叶轮。因此再次建议，用户在订货之前要同制造厂家或供货方进行必要的咨询。

2. 泥浆罐内部管线的布置

在设计泥浆罐时，很重要的一点是要考虑泥浆罐内部管线的布置。如果管线布置不当，泥浆就不可能得到很好的搅拌。图8-11表明管线的位置不正确影响了搅拌效果，阴影部分是产生的死区。图8-12示出了使用机械搅拌器时，管线的正确安装法。忠告大家，在任何泥浆罐中安装管线都要按普通常识予以考虑，想一

想对流型会产生什么影响，管线的存在是否阻碍了搅拌后流体运动的流道。

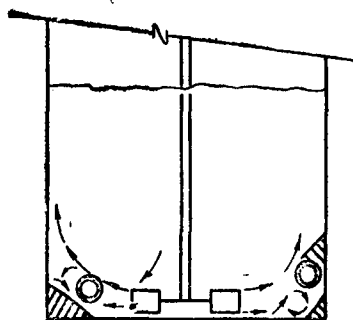


图8-11 内部管线影响了搅拌效果

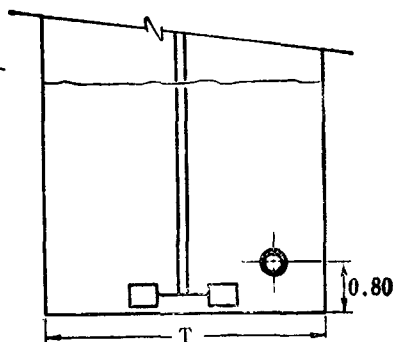


图8-12 内部管线布置合理不影响搅拌效果

3. 泥浆枪

高压和低压泥浆枪均是通过喷嘴液体的快速流动来搅拌泥浆的。喷嘴的液流来自容积泵或离心泵。

高压泥浆枪需要使用厚壁的管线和接头及较小直径的喷嘴。系统的压力高、排量小。泥浆的搅拌是通过喷嘴喷出的高速流体实现的。

低压泥浆枪无需厚壁管线。因为排量较大所以为防止产生过大的摩擦压力，需使用大直径管线，喷嘴直径也比高压泥浆枪的喷嘴直径大或数量多。泥浆的搅拌是由通过喷嘴进入泥浆罐的大排量流体而实现的。系统的排量大，压力低。

从经济实用的观点，无论使用哪一种系统都需要喷嘴前的进口管线尽可能短、尽可能直。在低压系统中，进口管线尽可能短而直不仅仅是需要，而且从有效工作的角度来说，也是必要的。在第三分册《离心泵》中占用了很大的篇幅讲述了如何正确选择离心泵和出口管线，这里不再对管线进行赘述。但需强调指出，为使低压系统工作正常，必须考虑下列几个影响因素：

- (1) 喷嘴的直径和数量；
- (2) 管线长度；
- (3) 接头和弯头的数量；
- (4) 管线尺寸。

上述几条比较重要，在选择离心泵之前，必须考虑每一条对系统工作产生的影响。在大部分系统中，除出口管线的长度、直径和接头对压头有影响外，离心泵的大部分压头消耗在喷嘴。因此，重要的一点是必须考虑喷嘴压力降的大小，避免离心泵和马达发生超载或载荷不足的现象。

获得某一喷嘴流速，需要一定数量的总压头去克服系统的压力损失。管线越长，接头越多或管线内径越小，需要的总压头越大。为避免固相沉降和管线腐蚀，建议将液流速度维持在最小5英尺/秒和最大10英尺/秒之间，并尽量减少接头数量，缩短管线。这样做可以降低系统的使用成本，并可相对地减少使用故障。几种压头下的各种理想喷嘴的排量见图8-13。如果使用缩径管或大小头，排量可能会低一些。

喷嘴的有效搅拌直径为5~9英尺是大家公认的。它的大小取决于泥浆密度、粘度和喷嘴速度。在使用射流管后，有效直径可增大30%，并可保证5~9英尺直径范围内的泥浆搅拌效果良好。如按图8-14布置喷嘴，在每个喷嘴喷出的适当液流和射流管的双重作用下，泥浆可获得良好的搅拌效果。

当除砂罐、除泥罐或除气罐装有泥浆枪，而由地面其它罐供给泥浆枪液流时，那么这部分液流必须把罐上所装固控设备的处理量考虑在内。进入除泥罐的泥浆流量除以除泥器的处理量得出被处理泥浆的份数。例如，从井眼流出泥浆流量为400加仑/分，除泥器的处理量为700加仑/分，泥浆枪的流量为200加仑/分（由吸浆罐供给泥浆），那么经除泥器处理的泥浆份数为 $700 / (200 + 400 + 100)$ 或 $7/7$ （见图8-15A）。如果除泥器的处理量仅为500加仑/分，那么被处理泥浆的份数只有 $500 / (400 + 200)$ 或 $5/6$ 。此时需要将除泥器的处理量提高到600加仑/分以上，或者降低泥

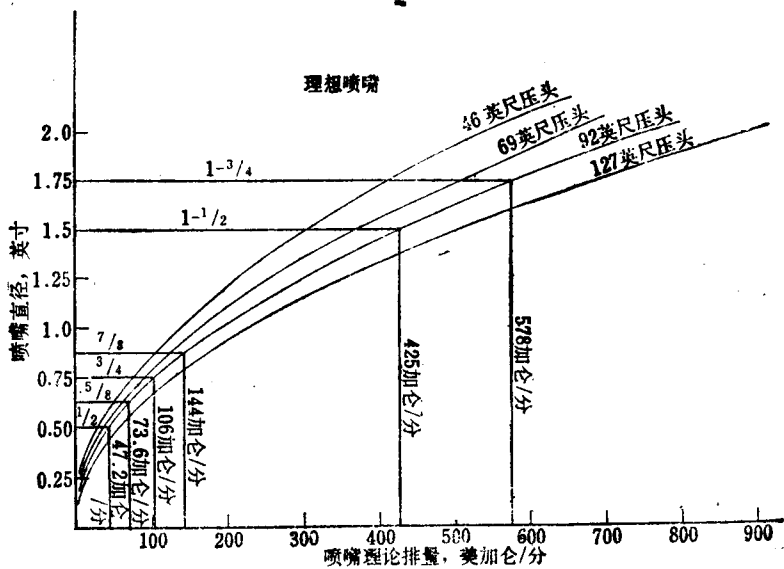


图8-13 理想喷嘴的排量

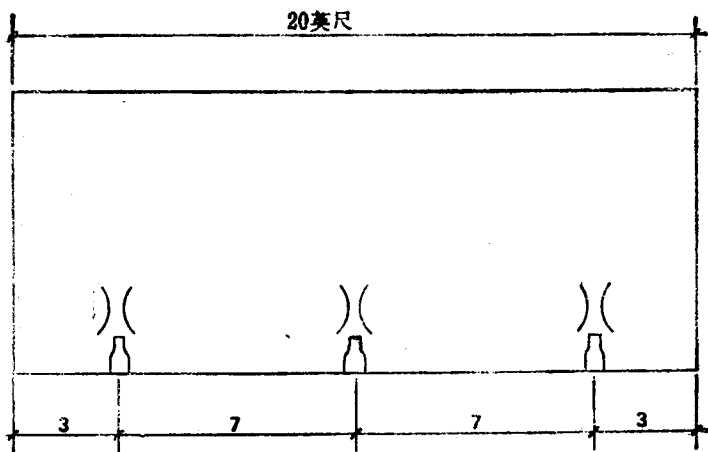


图8-14 喷嘴的布置

浆枪的流量,使其低于100加仑/分(分别见图8-15B和图8-15C),以便使进入罐中的泥浆全部得到处理。

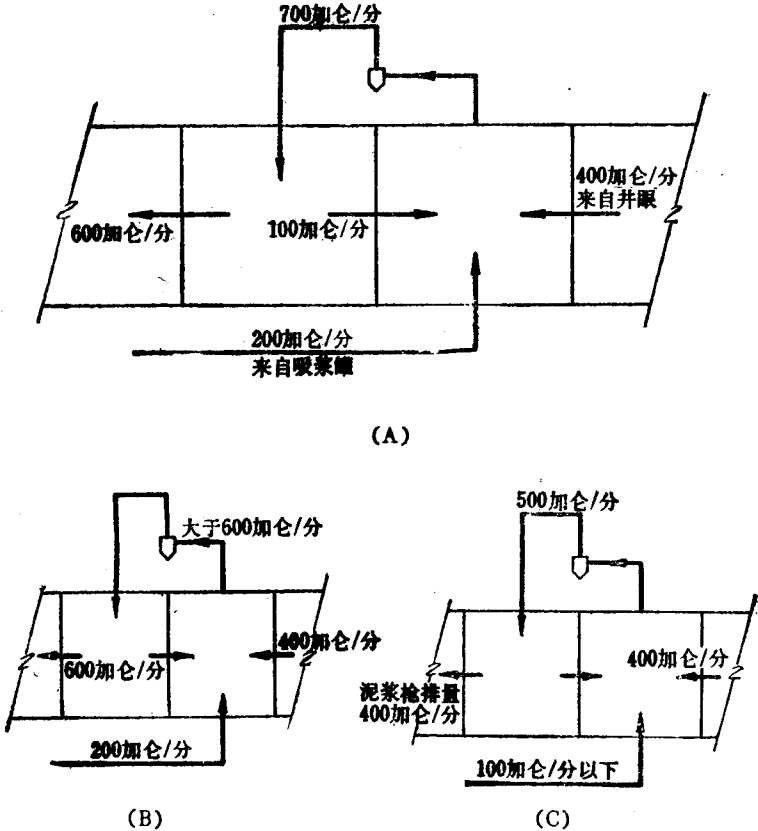


图8-15 安装泥浆枪对所需除泥器处理量的影响

4. 搅拌设备的优缺点

为便于选用机械搅拌器和泥浆枪,现在就这两种设备的优缺点做一概括,概括的内容未必完全,但可以帮助设计人员和现场人员从眼前或长远的观点,选用设备。

从上面谈到的机械搅拌器和泥浆枪的一些限制条件可以清楚地看到,哪一种设备也不能单独地、很好地满足最优搅拌系统的

需要。一台现代化的、装备精良的钻机应当安装机械搅拌器，使泥浆得到良好的搅拌。对泥浆罐内搅拌死区，可安装泥浆枪。搅拌器的选配要合适，泥浆枪的数量要保证传输、搅拌和分配泥浆的需要，这样有助于维持泥浆的均匀和好的处理效果。

机械搅拌器的优点：

- (1) 布置和选配可靠；
- (2) 所需功率低；
- (3) 较易保持良好的搅拌效果。

机械搅拌器的缺点：

- (1) 不能搅拌多个泥浆罐或传输泥浆；
- (2) 成本较高；
- (3) 所需空间大，比泥浆枪笨重；
- (4) 大部分情况下需配电；
- (5) 在形状不规则的泥浆罐中选配较困难。

泥浆枪的优点：

- (1) 成本较机械搅拌器低；
- (2) 可直接搅拌给定区域；
- (3) 可使用柴油机或电动机作动力机；
- (4) 可传输和搅拌泥浆；
- (5) 可采用射流管以改进搅拌效果；
- (6) 可使用带有90度喷嘴的长三通，以及产生旋转作用。

用。

泥浆枪的缺点：

- (1) 布置和选择的研究尚不完善；
- (2) 喷嘴磨损后流量增大，因此所需功率增大，造成马达超载；
- (3) 泥浆中的固相沉淀后再经泥浆枪直接喷射，容易结块，堵塞牙轮或损坏液泵；
- (4) 同机械搅拌器相比，没喷到的死点较多；
- (5) 可能会增加固控设备的处理量。