

泥 浆
设 备
手 册

1

泥浆系统的布置

〔美〕G·S·奥姆斯比 格兰特·扬

石油工业出版社

内 容 提 要

本书原为国际钻井承包商协会泥浆循环分会组织编写的《泥浆设备手册》中的第二分册。泥浆系统布置得是否合理,是维护泥浆性能、优化钻井参数的关键。本书论述了如何正确合理地布置泥浆系统取得最佳固控效果的方法,以避免现场常见的泥浆系统布置上的错误。书中还详细地讨论了泥浆系统的各种布置方案的思想、设计、使用和维护保养,同时也介绍了固控设备、泥浆罐、管汇以及其它设备的匹配原则,并分类介绍了常见的泥浆系统布置不合理的方案以及泥浆罐和流量平衡器等辅助设备的合理使用。

本书可供钻井、矿场机械工程技术人员和工人阅读,也可作为院、校钻井和矿场机械专业师生的参考书。

MUD EQUIPMENT MANUAL

Handbook 2:

Mud System Arrangements

George S. Ormsby

Grant Young

Gulf Publishing Company, 1983.

泥浆设备手册1

泥浆系统的布置

【美】 G.S.奥姆斯比 格兰特·扬

王同良 译 程鸿时 校

石油工业出版社出版

(北京安定门内大街东后街甲86号)

北京昊海印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 2¹/₂印张 59千字 印 1-2,000

1987年11月北京第1版 1987年11月北京第1次印刷

书号: 15037·2915 定价: 0.67元

ISBN 7-5021-0066-0/TE·66

目 录

1.1 地面泥浆系统	(1)
1.2 尺寸要求	(2)
1.2.1 钢罐	(2)
1.2.2 土池	(4)
1.2.3 废浆池	(6)
1.3 固控和除气设备	(8)
1.3.1 设备布置	(8)
1.3.2 处理量计算	(11)
1.3.3 泥浆枪的影响	(14)
1.3.4 泥浆-气体分离器	(14)
1.3.5 振动筛	(20)
1.3.6 沉砂罐	(20)
1.3.7 除气器	(22)
1.3.8 除砂器	(24)
1.3.9 除泥器	(26)
1.3.10 泥浆清洁剂	(27)
1.3.11 倾析式离心机和筛筒式离心机的用途	(27)
1.3.12 加重泥浆系统中离心机的布置	(31)
1.3.13 非加重泥浆系统中离心机的布置	(32)
1.4 泥浆罐	(34)
1.4.1 泥浆罐的尺寸	(34)
1.4.2 流量平衡器	(36)
1.5 泥浆材料的添加	(38)

1.5.1	固体材料的添加	(38)
1.5.2	加水	(38)
1.5.3	第一种观点: 在添加系统加水	(39)
1.5.4	第二种观点: 在井口出口管线或泥浆盒加水	(39)
1.5.5	第三种观点: 在水力旋流器上游加水	(39)
1.5.6	总结	(40)
1.5.7	废浆池水的利用	(40)
1.5.8	添加罐、混合罐和泥浆泵吸浆罐	(41)
1.5.9	密闭下灰装置	(43)
1.5.10	泥浆材料的预混合	(44)
1.6	管汇	(46)
1.6.1	进口管汇	(46)
1.6.2	出口管汇	(47)
1.6.3	水管汇	(49)
1.7	起下钻时环空泥浆量的确定	(50)
1.7.1	用累积泵冲数法确定	(50)
1.7.2	用计量罐确定	(51)
1.8	系统的设计和人员	(63)
附录 1A	常见的固控设备布置错误	(64)
附录 1B	泥浆槽和溢流口	(73)
附录 1C	本书非许用单位和许用单位换算表	(75)

1.1 地面泥浆系统

本书的目的是列出一些好的泥浆设备布置方案，有时也列出一些通常布置不合理的方案，并讨论怎样改进和预防。

本书所讨论的“泥浆系统”，包括自泥浆流出井口到进入泥浆泵（指将泥浆送入井下的泵）之前所经过的所有泥浆设备和容器，即泥浆低压流动系统的地面部分。具体每个泥浆设备的使用说明将在本丛书的其它分册中进行讨论。

泥浆系统的工作性能是保持优质泥浆的关键，因此，也是钻成合格井的关键。地面泥浆系统的类型、尺寸和布置方案涉及到泥浆性能和钻井中的各要素。

地面泥浆系统应能回收从井眼中经井口泥浆出口管线返回的泥浆，并能使之达到要求的性能。万一碰到“井漏”或“井涌”的情况，必须能够在泥浆系统中迅速地加进特殊的材料。

设备的合理布置和使用是很重要的。性能很好的设备如果布置不合理，就不能发挥好的效益。布置不好，有些设备甚至是无用的。有些布置不当的系统经常只需稍作修改就能改好。如果固控设备的性能不好或布置不合理，泥浆中的固相含量就会增加，需要进行稀释或（和）用大量的化学药品处理。结果，不必要地提高了泥浆成本，而且会使井眼中发生问题。

1.2 尺寸要求

设计地面泥浆系统之前，先要考虑地面系统的尺寸。钻机上带钢罐或挖土池两者所需要的地面系统的尺寸显然是不同的。现将两者分别简述如下。

1.2.1 钢罐

地面泥浆系统的大小，部分地决定了泥浆的成本。泥浆量（配制和保持的）愈多，成本就愈高。“交钥匙工程”的承包商通常保持最少的泥浆量。另外，保持好的泥浆性能是控制泥浆滤失量、保持井筒清洁和获得高钻速的关键。显然，这两项要求可以同时达到。

保持泥浆系统最小（最优）尺寸的一个方法是考虑怎样利用泥浆量。例如：设计一套钻机的泥浆系统，钻机的额定井深为20000英尺，使用5英寸钻杆和80000磅的钻铤。设计所需泥浆量是在假设钻头喷嘴堵塞被迫起钻并且没有泥浆防溅盒，钻杆内的泥浆全部损失的情况下进行的。

外径5英寸钻杆总的顶替量是：

$$20000 \text{ 英尺} \times 0.0243 \text{ 桶/英尺} = 485 \text{ 桶}$$

80000磅钻铤总的顶替量是：

$$80000 \text{ 磅} \div 2718 \text{ 磅/桶} = 30.0 \text{ 桶}$$

总的需要量是：

$$485 \text{ 桶} + 30 \text{ 桶} = 515 \text{ 桶}$$

这个方法可以极为近似地得出起出下部被堵塞钻柱时的最大灌井泥浆量。

为了安全起见，在515桶上再加100桶（615桶）。请注

意，这里没有为井涌或井漏准备附加余量。如遇到上述情况，必须加些特殊的材料。尺寸大的系统只能延缓工作进程，结果是既增加了泥浆成本，又浪费了时间。处理井涌和井漏时，要有足够的泥浆材料和配浆液体，同时也要有迅速混合泥浆的有效方法。在经常发生井漏的地区，储备一定量的水和预水化膨润土（不作为循环系统的一部分）是有益的。

这样，地面系统就至少得配备 615 桶可用的泥浆，相当于：

$$615 \text{ 桶} \times 5.615 \text{ 英尺}^3/\text{桶} = 3450 \text{ 英尺}^3$$

假设泥浆泵不能有效地抽吸离罐底 18 英寸高度的泥浆，加上大多数井队在钻井时泥浆罐内泥浆液面距罐顶还有 1~2 英尺，那末，罐内至少有 2.5 英尺高度的泥浆是用不上的。假设泥浆罐高度为 6 英尺，则有效高度是 3.5 英尺。

如果所选罐的宽度是 8 英尺，每英尺长的罐容积则是：

$$8 \text{ 英尺} \times 3.5 \text{ 英尺} = 28 \text{ 英尺}^3/\text{英尺}$$

那么，罐的总长约：

$$3450 \text{ 英尺}^3 \div 28 \text{ 英尺}^3/\text{英尺} = 120 \text{ 英尺}$$

如果泥浆系统搅拌均匀，用这么长的罐（不包括沉砂罐）在起出堵塞钻柱时灌井泥浆量是足够的了。

沉砂罐不包括在内的原因是：它是沉淀部分，沉砂罐中的泥浆不能用来灌井。系统的其余部分都要进行搅拌。否则，固相会发生沉淀，将减少可用来灌井的泥浆量。换句话说，不进行搅拌的话，计算罐的容积是没有意义的，也是不可估算的。

在确定了泥浆需要量并粗略地估算出泥浆罐宽度、高度和总长（包括沉砂罐）之后，就可以设计各个部分了。

值得注意的是，一般罐的底部 18 英寸高度（或更多）的泥浆是不能用来灌井的。如果地面泥浆系统中的全部泥浆都可利用的话，需要的泥浆总量将减少，成本也会降低。改进泥浆罐的出

口布置,可提高泥浆的利用率。图 1-1 给出了泥浆罐的这种出口布置方案。把离心泵的进口管线安装在泥浆罐的底部,并在泥浆罐底部出口的上面安放一个大的平板,泥浆泵在吸入空气之前,可以抽干罐内平板以上的全部泥浆。把泥浆液面抽得太浅,可能导致其它复杂问题(如搅拌问题)。因此,应有明确的限制,只有在紧急情况下才可以应用这种布置方案。

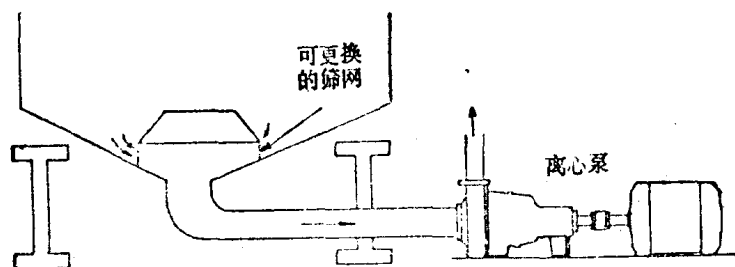


图 1-1 改进后罐的出口布置方案

1.2.2 土池

土池的利用与钢罐很相似,第一个土池作为沉砂池。它成了一个固控设备。用这种方法,定期地把沉砂池中的固相和泥浆喷到废浆池中去。这种固控方法被称为排干稀释(或简单地称为稀释)法,因为所有的泥浆和固相都被排掉了,而用水(加上必要的泥浆材料)来代替。对这种土池的尺寸要求大约与钢罐相同,除非在排干之前淤积了一定量的沉淀固相,才必须加大其尺寸。

土池可简单地用作沉淀池,固相在循环流动着的泥浆下面沉下。土池中要有足够的能流动的泥浆量,以便灌井和提防下钻期间发生井漏。有个困难的问题是:“有百分之几的井眼钻屑将沉淀并留在土池底部?”例如,表 1-1 中列出一口典型的 6000 英

表 1-1 6000 英尺井典型的钻屑量

钻头直径 (英寸)	井深 (英尺)		井眼净钻屑			
	从	到	规径		规径 + 20%	
			桶	英尺 ³	桶	英尺 ³
12 1/4	0	1000	146	818	175	982
7 7/8	1000	6000	391	1391	562	2028
		合计	447	2509	537	3010

尺井, 给出了井眼所产生的钻屑量 (英尺³ 和桶数) 以及允许井眼扩大 20% 后每部分钻屑的总量。

这意味着, 如果所有能被除去的岩屑都将沉入池内的话, 至少要为钻屑和坍塌的岩石准备 537 桶 (3010 英尺³) 的空间。这还没有考虑到松散开的岩屑需要增加的空间。

现在, 计算起出一根 4 1/2 英寸钻杆加 40000 磅钻铤的钻柱 (钻头被堵) 时, 灌井需要的泥浆量是:

$$6000 \text{ 英尺} \times 0.0205 \text{ 桶/英尺} = 125 \text{ 桶}$$

$$40000 \text{ 磅} \div 2718 \text{ 磅/桶} = 15 \text{ 桶}$$

$$\text{另加安全余量} = 60 \text{ 桶}$$

$$\text{合计} = 200 \text{ 桶}$$

就是说, 泥浆泵吸浆处最少要有 200 桶的泥浆。

因此, 要求土池可用的空间最少是 740 桶 (不必全部都投入使用)。这些空间将由于岩屑逐渐填充而减少。岩屑在土池中占据的空间要比在实际井眼中更大些, 所以土池的尺寸必须适当加大。钻井作业完成后, 土池内几乎全部被沉淀的固相所填满, 为了安全起见, 仍需要 200 桶泥浆供钻机泥浆泵使用。

如果使用一个振动筛并且被振动筛除去的固相不允许进入土池泥浆系统中，情况就发生了变化。例如，在使用振动筛地区的经验表明，振动筛可以除去井中带出固相的 50%，那么土池泥浆系统的尺寸就可相应地减少这么多。需要的最小容积将是：

$$(540 \div 2) + 200 = 470 \text{ 桶或 } 2640 \text{ 英尺}^3$$

然而，废浆池将必须容纳振动筛除去的另 270 桶“岩屑”，或将它们运走。

建造的土池系统必须能容纳沉淀的固相和所要求的液体泥浆将量。岩屑在到达土池前，被部分除去将减少总的土池需求量，但将增加废浆池的需求量（或在钻井作业期间将岩屑运走）。

随着井眼加深，上述讨论可能有助于了解土池所存在的问题和它的局限性，但这仅涉及土池的容积问题。要想防止或控制固相在土池系统中沉淀，几乎是不可能的事。用加重泥浆时，不管怎样也不能使用土池。因为土池不能搅拌，前面所讨论的沉淀现象就会使加重泥浆中的大部分重晶石沉淀。这些重晶石的沉淀，提前填满了池子，因此，要想保持一定的泥浆密度就更为困难，代价也更大。

总之，土池仅适用于非加重泥浆——通常是在钻井问题比较少的浅井时用。

1.2.3 废浆池

从泥浆系统中除去的固相必须运走或就地处理或埋在废浆池中。现以一口典型的 20000 英尺深的井（见表 1-2）为例。

这口井，最少约有 24000 英尺³ 的固相必须排到废浆池中或运走。在重力下沉情况下，固相的体积膨胀约等于原来的三倍，液体充满其余的空间。因此，废浆池的容量相应地约需 72000 英尺³。如果固相沉淀 7 英尺厚，废浆池的表面积必须是 100 英尺×100 英尺。除了固相之外，大多数废浆池还要容纳钻

表 1-2 典型 20000 英尺井的钻屑量

钻头直径 (英寸)	井深 (英尺)		井眼净钻屑			
			规径		规径 + 20 %	
	从	到	桶	英尺 ³	桶	英尺 ³
26	0	1000	657	3687	788	4424
18 1/2	1000	3000	665	3733	798	4480
15 1/2	3000	7000	933	5241	1120	6289
12 1/4	7000	12000	729	4092	875	4911
8 1/2	12000	20000	562	3153	674	3783
		合计	3546	19906	4255	23887

井作业中排出的废液。考虑到冲洗水量, 预计的降雨量 (废浆池必须能容纳钻机现场的排水量)、泥浆的类型、泥浆量和所用的固控设备, 废浆池的尺寸必须再加大。因此, 要求这个废浆池的容积至少是 10 英尺 × 100 英尺 × 100 英尺。如果遇到替换泥浆作业, 如注入水泥等情况, 还得另外再要求增大废浆池的容积。

1.3 固控和除气设备

对泥浆系统的主要要求之一是把井中的岩屑和气体能带到地面上来。岩屑一部分是由钻头破碎地层产生的，一部分是从井壁落入井中的。把从井中返出的泥浆全部排掉，再配制新的泥浆的做法是不经济的。经济的办法是除掉钻屑和气体，重复利用泥浆。只有有了最好的设备才能对泥浆进行如此有效的处理。

不是所有的钻机都需要成套固控和除气设备。这方面可用的成套设备包括：泥浆-气体分离器、振动筛、沉砂罐、除气器、除砂器、除泥器、泥浆清洁器和离心机。也有用这些设备的组合机组，例如：水力旋流器-离心机，离心机-离心机以及水力旋流器-水力旋流器。

1.3.1 设备布置

图 1-2 给出了非加重泥浆的一个完整的固控系统。最为合理的布置方案是首先用振动筛除掉最大的固相颗粒，然后依次用除砂器、除泥器和离心机处理。除气器要安放在需要用离心泵的设备前面，因为泵送含气的泥浆时，离心泵的工作性能差。而且，为了安全起见，应及时将从井口返出的气体除掉，以免分散于地面泥浆系统之中。使用加重泥浆时离心机可交错地用来处理旋流器底流，把液体-粘土相物质回收收到泥浆系统中去。

图 1-3 是一个完整的加重泥浆固控系统。这种布置同非加重系统很相似。泥浆通过振动筛进行处理。根据作业需要，还使用除气器、泥浆清洁器和离心机。万一遇到加重的水基泥浆，离心机还可用来除去液化粘土。

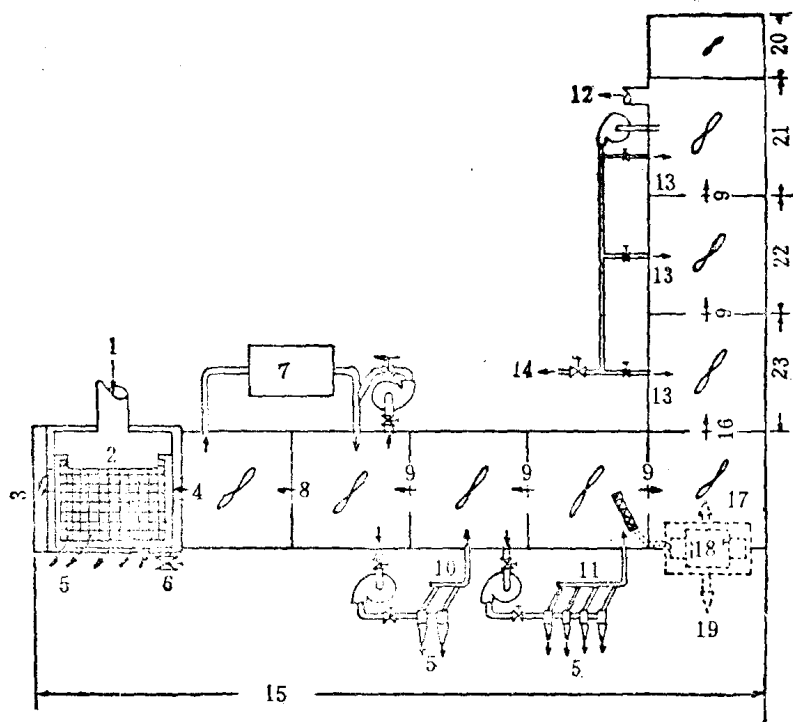


图 1-2 完整的非加重泥浆固控、除气系统，
简图表明了各固控、除气设备的关系

1—井口返出的泥浆；2—振动筛；3—振动筛底流；4—高溢流口；5—除去的固相；6—沉砂罐排出口；7—除气器；8—高溢流口；9—低平衡器；10—除砂器；11—除泥器；12—泵入井中的泥浆；13—泥浆枪；14—至计量罐；15—固控部分；16—通常是高的可调平衡器；17—回收的液相和胶体颗粒；18—离心机；19—除去的泥和砂；20—加重罐；21—泥浆检查罐和泥浆泵吸浆罐；22—泥浆混合部分；23—添加部分

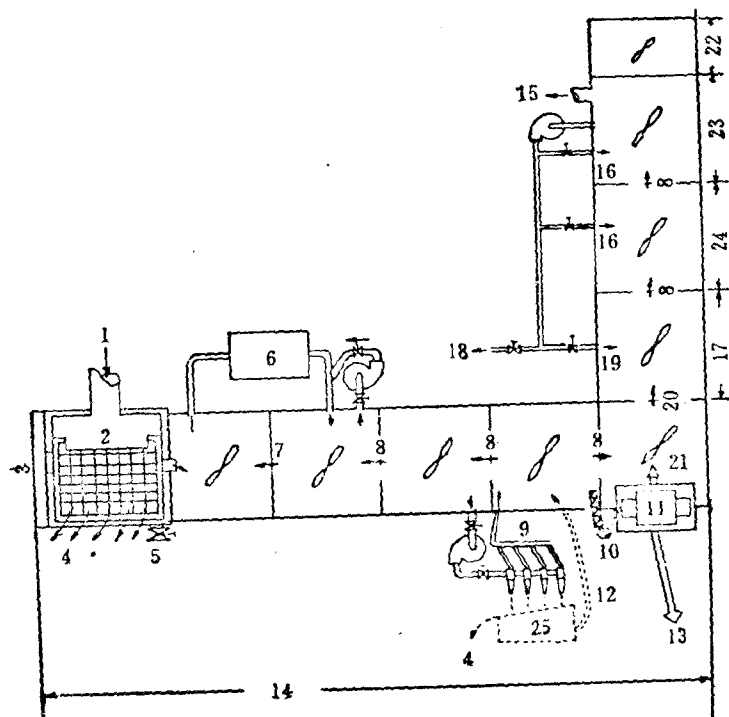


图 1-3 完整的加重泥浆固控、除气系统，简图表明了各固控、除气设备间的关系。根据需要选用除气器、泥浆清洁器和离心机

1—井口返出的泥浆；2—振动筛；3—振动筛底流；4—除去的固相；5—沉砂罐排出口；6—除气器；7—高溢流口；8—低平衡器；9—泥浆清洁器；10—莫伊诺单螺杆泵；11—离心机；12—回到系统中的底流；13—除去的液相和胶体颗粒；14—固控部分；15—泵入井中的泥浆；16—泥浆枪；17—添加部分；18—至计量罐；19—泥浆枪；20—通常是高的可调平衡器；21—回收的无粘土的泥；22—加重罐；23—泥浆检查罐和泥浆泵吸浆罐；24—泥浆混合部分；25—泥浆清洁器振动筛

1.3.2 处理量计算

不管每台设备是怎样有效，如果没有使用或是使用不合理，那么就浪费了财力和人力。

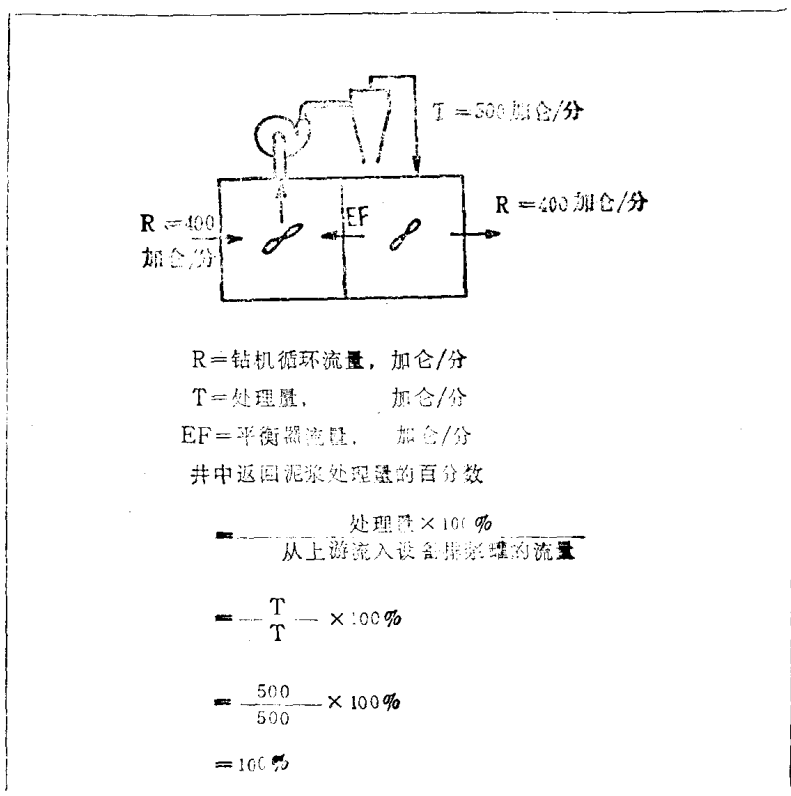
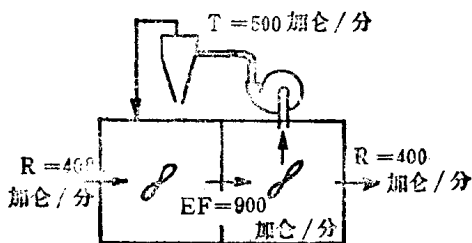


图 1-4 单级固控设备

为了满足设备运行的要求，必须合理地布置任何一台设备。图 1-4 所示是每台固控设备的合理布置方案。每台固控设备必须从上游罐吸浆，往下游罐排浆。因为设备的流量几乎总是大于或小于循环流量，所以在两个罐之间要有一个流量平衡器。流量平衡器保证

每个罐进出的泥浆流量相等，否则有的罐会溢流或被吸干。如果这样安装设备并且设备的处理量等于或高于循环流量，那末，所有的泥浆都能通过设备处理。这可表示为处理量系数等于 1 或 100%。

当固控设备的处理能力大于钻机循环流量时，部分泥浆可进行重复处理。再循环的回流量的大小必须保证未经处理的泥浆不会进入下游罐。图 1-4 表明有 100 加仑/分的平衡器流量进行了重复处理。而且，如果固控设备的处理能力大于钻机循环流量，即使在泵开始磨损时也能保证所有泥浆能够得到处理。设备



R=钻机循环流量，加仑/分

T=处理量，加仑/分

EF=平衡器流量，加仑/分

井中返回泥浆处理量的百分数

$$= \frac{\text{处理量} \times 100\%}{\text{从上游流入设备排浆罐的流量}}$$

$$= \frac{T}{R+T} \times 100\%$$

$$= \frac{500}{400+500} \times 100$$

$$= 55.6\%$$

图 1-5 单级固控系统的回流

具有较高的处理能力，即使卸掉一个锥体去维修时，也还能继续处理全部泥浆。铝速或循环流量增加对水力旋流器的处理量要求也增加。（参见第五分册：《水力旋流器》）。

为了进一步了解一台设备布置不合理带来的不利影响，让我们比较一下两种情况下所处理的泥浆量。图 1-5 中所布置的一台设备，吸浆罐在排浆罐的下游。象这种布置方案，只能处理 55.6% 的钻机循环流量。这意味着有 44.4% 的钻机循环流量（或 178 加仑/分）绕过了设备，未得到处理。同样地，图 1-6 中有一台设备，它的进口和出口都在同一罐内，最大的处理量

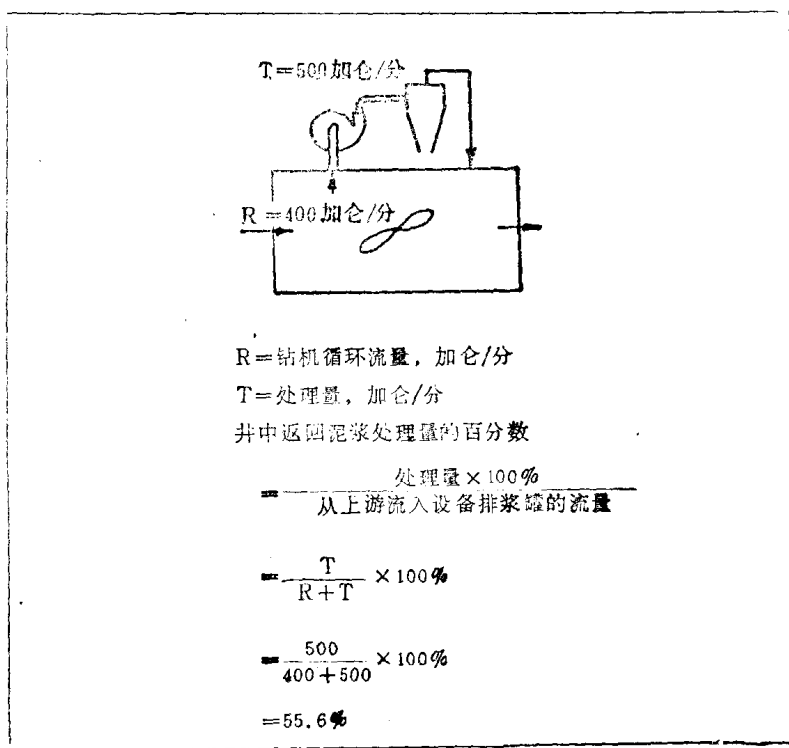


图 1-6 相同罐里的单级固控系统