

试论焦磷酸钠和液态二氧化碳

物理化学洗井新工艺

董友民

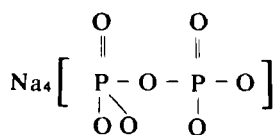
(内蒙水文地质勘探队)

应用焦磷酸钠和液态二氧化碳物理化学洗井是我国近年来新发展起来的一种洗井技术方法。由于它对第四系松散地层和基岩裂隙地层大口径泥浆孔的洗井,较之水泵、活塞、空压机等机械洗井的技术经济效益显著,已引起人们的注意,日益广泛应用于水文地质勘探和凿井施工中。

焦磷酸钠洗井

1. 焦磷酸钠的物理性质

焦磷酸钠属于复杂的直链状多磷酸盐无机化工产品,其酸根阴离子由两个以上的磷氧四面体通过共用顶角氧原子构成的链状分子结构。其结构式为:



分子式有两种:

(1) $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (无水焦磷酸钠),呈白色粉末状,易溶解,价格便宜,适宜野外批量使用。

(2) $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (含结晶水焦磷酸钠),呈透明块状玻璃体,较之前者不易溶解,价格贵,不便野外洗井批量使用。

焦磷酸钠($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)水溶液呈碱性,pH值为9.2,无毒性,对人体和钢材腐蚀性弱。

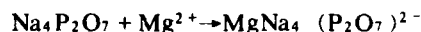
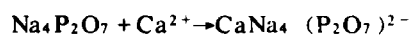
2. 焦磷酸钠的洗井原理

(1) 较强的阴离子交换吸附作用:焦磷酸钠溶于水可以电离出大量的阴离子,它可以与泥浆粘土中的阳离子(钙、镁)产生交换吸附作用,而使钙质孔壁泥皮变成钠质孔壁泥皮,后者容易被水化分散。根据这一性质,焦磷酸钠溶液浸泡在井中,可使凝固、联结在一起的坚硬不易水化的钙质井壁泥皮呈现出分

散与悬浮的分散状态。通过洗井(冲、拉、抽、排、喷)工序,即可较顺利地将渗入含水层中的泥浆颗粒抽吸出来,以疏通含水层,增大出水量,达到洗井目的。

(2) 较好的乳化、表面活性作用及较强的渗透能力:焦磷酸钠溶于水中有滑腻感,这说明焦磷酸钠溶液具有表面活性。据有关资料介绍,水中溶入适量(0.1%)表面活性剂,可使水的表面张力由平常的72~75达因/厘米²降至25~30达因/厘米²。用焦磷酸钠溶液浸泡井壁沉淀,可以破坏井壁沉淀网状结构,降低表面张力,加速井壁泥皮活化作用和渗透能力,促使井液渗入井壁深处含水层中,使其充分进行理化反应。

(3) 较强的络合(即整合)作用:焦磷酸钠溶液可与泥浆中的钙、镁离子发生络合(即整合)作用,形成水溶液络离子 $[\text{CaNa}_4(\text{P}_2\text{O}_7)^{2-}]$ 或 $[\text{MgNa}_4(\text{P}_2\text{O}_7)^{2-}]$,该离子是一些惰性离子,不再与别的离子发生反应,其本身不会聚结沉淀,也不再与别的离子化合沉淀。具体反应如下:



它可使孔内沉淀破坏、剥落、分散、悬浮在孔内,易于在洗井、抽水过程中排出孔外,达到洗井目的。

3. 焦磷酸钠洗井方法

溶液灌注前首先要冲孔换浆,把井内稠泥浆和沉淀物排完,将配制好的(一般浓度为0.5~1.2%)焦磷酸钠溶液开水泵或漏斗灌注到井内(如果施工时间过长,可适当增加溶液浓度),灌注后,溶液在井内浸泡20~24小时,即可采取其他方法洗井,溶液灌注量的多少可按下式计算确定。

$$V = (V_1 - V_2 \cdot 70\% - V_3) \cdot K$$

式中:

V —灌注溶液体积(米³):

V_1 —预洗段井筒空间体积(米³): $V_1 = \pi r^2 L$,

r —井管半径(米), L —预洗段厚度(米);

V_2 —预洗段砾料所占体积(米³): $V_2 = \pi(r^2 - r_1^2) \cdot L$, r_1 —井管外半径(米);

V_3 —井管所占体积(米³): $V_3 = \pi(r_1^2 - r_2^2) \cdot L$, r_2 —井管内半径(米);

K —超径系数(其值取0.3~0.6)。

砾石空隙率按30%计算。

二氧化碳压液洗井

二氧化碳是一种无色、无臭,既不自燃也不助燃的气体,比同体积的空气重1.5倍,可以从一个容器倒入另一个容器,比氧气和氢气易溶解于水,其溶解度随温度的降低和压力的增加而增加。二氧化碳的临界温度是31.04℃,临界压力是72.85公斤/厘米²,在加压和冷却的情况下,压强增至70.85公斤/厘米²,即可使气态二氧化碳变为液态二氧化碳,温度再降低,还能变成雪花状固体(“干冰”)。“干冰”预热可直接升华变成二氧化碳气体。据有关资料介绍,1公斤液态二氧化碳气化后体积可以膨胀500多倍;1公斤“干冰”加热气化后体积可以膨胀2000多倍。

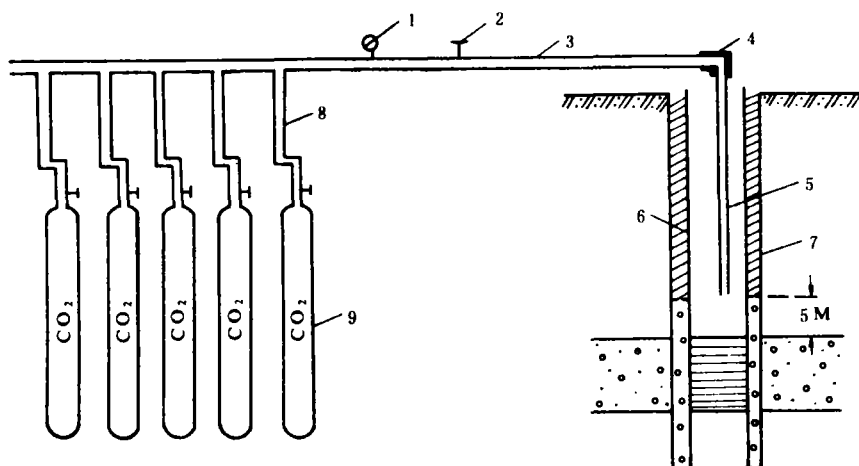
1. 二氧化碳压液洗井原理

根据二氧化碳可加压液化这一性质,我们将二氧化碳气体装入专用钢瓶内,当压强达到72.85公斤/厘

米²时,二氧化碳即可由气态变为液态。洗井时,通过专用设备把液态二氧化碳送入井内,使之遇水吸热瞬时气化,体积膨胀,很快产生大量高压气流。这种高压气除作用于井壁泥皮以及含水层的裂隙或孔隙外,同时推动井内液柱急速上升形成井喷,井内液压瞬时下降,产生负压(即井壁内外液压出现压差),在含水层静水压力作用下,地下水便携带大量堵塞物流入井内,并随着再次井喷排出井外,从而疏通含水层通道,达到洗井目的。

2. 洗井方法

洗井前,首先将二氧化碳装入专用钢瓶运往现场。安装好地面和井内输送二氧化碳管路(可用 $\phi 50$ 钻杆代替),用高压软管把二氧化碳钢瓶联接于地面管路的一端,地面管路长度不得少于15米,中间装总阀门开关和压力表(承受100个大气压),井内输送管路下至预洗含水层顶板以上5米处,用弯头把地面和井内输送管路连接在一起(见图)。二氧化碳钢瓶要平放在地面,底部垫高20~30厘米,开关向下,机场机械设备要加防护,用帆布盖好。安装完毕后,操作人员撤离机场,即可依次打开总阀门和钢瓶阀门,将二氧化碳送入井内使之很快造成井喷,发现井喷立即关闭钢瓶阀门和总阀门。一次同时开放的二氧化碳瓶数视井内和井径而定;井喷次数视井内喷出物的多少和水位恢复快慢而定,如果一喷便成干孔,水位又恢复太慢,可注水再喷,直至达到洗井目的。



二氧化碳洗井安装示意图

1—压力表; 2—总阀门; 3—地面输送管路; 4—弯头; 5—井内输送管; 6—井管; 7—井壁; 8—高压弯头; 9—二氧化碳钢瓶

焦磷酸钠和二氧化碳联合洗井方法

根据含水层特性和施工时间长短,以及泥浆对孔壁的封闭程度,配制一定浓度的焦磷酸钠溶液,配制时加入0.1~0.2%洗衣粉效果更好,配制量可按前述公式确定。将配制好的溶液送入孔内待洗部位,静置浸泡20~24小时,为加速溶液与井壁泥皮理化作用的充分进行,每隔6小时可用活塞在洗井段轻轻提拉30分钟。浸泡结束后,把液态二氧化碳按前述方法送入井内,使其井喷(表1)。

二氧化碳压液洗井参数参考表 表1

含水层深度(米)	孔径(毫米)	输送管下入井内深度	CO ₂ 一次送入量		送气时间
			瓶	公斤	
<50	300~450	下洗含水层以上5米	2	60	50~60秒
50~100			3	90	或看到井
100~150			4	120	喷,即可
150~200			5	150	关闭气阀
200~250			6	180	开关
250~300			7	210	

洗井实例

例一:251工程供水1号井,井深220.26米,井径400毫米,井内下入8"铸铁管,填砾,含水层埋深52米,厚度32米,岩性为中粗砂,砂砾石,因地层复杂钻进时孔内坍塌严重,加上孔内断钻杆事故,施工期长达50余天。成井后,用水泵、活塞、空压机交替洗井8天,材料费计1650元,出水量仅310立方米/日,远远达不到供水要求。后用200公斤焦磷酸钠配液浸泡24小时(中间每隔6~8小时拉活塞一次,每次拉30分钟),又用20瓶二氧化碳洗井,造成井喷5次,试抽出水达到740立方米/日,全部洗井时间2天,计材料费650元。

例二:某矿区供水4号井,深156米,井径450毫米,下入16"铸铁井管,含水层埋深120米,厚度30米,含水层岩性上部为砂砾石,下部为风化壳破碎带。钻进时,因孔内发生卡钻事故,致使工期长达65天。成井后,井内几次采用水泵、活塞、空压机交替洗井10天,涌水量259立方米/日,材料费总计2600元。后用250公斤焦磷酸钠配液浸泡28小时,中间拉活塞4次,

每次20分钟,又用二氧化碳30瓶造成压液井喷7次,静水位上升15米,涌水量达1200立方米/日,全部洗井时间2天,洗井费计920元,达到了设计要求。

例三:多电勘2号井,井深185.61米,井径200毫米,下入 $\varnothing$ 146毫米缠丝虑水管,含水层岩性为中粗砂,下管后用冲、拉、抽洗井工序,试抽出水190立方米/日;后用焦磷酸钠100公斤配液在孔中浸泡20小时,又用二氧化碳6瓶放入孔内造成井喷5次,静水位从16米上升到4.20米,涌水量逐渐增大到750立方米/日,达到了地质设计要求。

上述实例充分说明了物理、化学洗井法应用于泥浆井孔洗井的作用与效能。现将应用焦磷酸钠与二氧化碳洗井的典型实例列表说明(表2)。

另据有关资料介绍,焦磷酸钠与二氧化碳洗井,对查明水质也有其实际作用(表3)。

总之,该洗井方法适用于不同口径的井孔。为增大出水量,或是查明水质,从洗井时间,到材料消耗均可收到良好的技术经济效益。它给泥浆孔的洗井带来了福音,是对旧的洗井工艺的一个改革。

体会及改进意见

(1)应用物理化学新工艺洗井,较之旧的机械洗井工艺有洗井速度快,时间短,效率高,质量好,花钱少等优点。

(2)用焦磷酸钠($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)对第四系松散地层和基岩裂隙地层的泥浆井孔洗井后,可用冲、拉、抽、排、喷多种方法配合洗井。

(3)二氧化碳压液适用于第四系粗颗粒地层和基岩裂隙地层。当于用粉细砂地层时,要严格控制二氧化碳输送量,适当增加输送次数,要防止大量细砂涌入井内堵塞砾石空隙。

(4)二氧化碳的输送管路连接阀门焊口都必须牢固、密封,不得漏气。安装前,必须严格检查,保证管路畅通。

(5)二氧化碳洗井井喷时间不宜过长,以免喷出物堵塞输送管道,一般井喷结束,便可再次打开阀门。

(6)使用二氧化碳洗井时,从运输到保管,使用都要严格操作规程,注意操作安全。

今后应在以下几方面进行改进:

(1)焦磷酸钠洗井原理目前还处于研究阶段,

今后应加强洗井原理的研究与探讨,使之更加完善。

(3) “干冰”洗井作用大,今后应加强对“干

(2) 焦磷酸钠溶液中加入适量活性剂,洗井效果更好,应加强进一步的实验与研究。

冰”的投放、使用方法的试验与研究,使之尽快应用于生产。

焦磷酸钠 ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) 和二氧化碳 (CO_2) 洗井实例

表 2

井号	井深 (米)	井径 (毫米)	井管口径 (毫米)	预洗含水层			$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 溶液配方			CO_2 洗井		涌水量 (立方米/日)		滤水管 与 填砾
				岩性	埋深 (米)	厚度 (米)	浓度 (%)	数量 (公斤)	浸泡 时间 (小时)	数量 (瓶)	井喷 次数 (次)	洗井 前	洗井 后	
多电 1 观	120	150	108	砂砾石	100	15	1.2	60	6	5	4	196	480	缠丝
多电 1	241.48	200	146	中粗砂 砂砾石	100	60	1.0	100	24	10	5	280	850	缠丝
多电 3	191	220	168	中粗砂	128	72	1.3	150	20	16	8	342	1050	缠丝
多电 6	189.79	220	168	中细砂 中粗砂	86	57	1.1	120	26	10	5	376	960	缠丝
呼 II - 3 - 1	250	250	146	中粗砂 砂砾石	11	45	1.2	100	24	4	2	463	667	缠丝 填砾
钨供 4	156	450	305	泥质砂 砾石	120	30	1.3	250	28	30	7	219	1200	缠丝 填砾
251 供 1	220.26	400	203	中粗砂 砂砾石	52	32	1.0	200	24	20	5	310	780	缠丝 填砾
冷供 1	146	400	203	风化壳 破碎带	48	60	0.8	150	18	12	3	170	520	缠丝 填砾

二氧化碳 (CO_2) 洗井前后水质变化比较表

表 3

孔号	钻孔位置	前后对比	酚	氰	砷	氟	六价铬	NO_3	NH_4	Ca	Mg	Ce	总硬度	pH 值	矿化度
水 156	包头铁路桥	洗井前	0.000	0.000	0.000	2.80	0.060	100.0	0.14	188.4	480	223.4	37.4	7.3	1224.34
		洗井后	0.000	0.000	0.000	2.60	0.300	50.0	0.14	165.4	44.3	245.4	33.4	7.4	1263.14
水 145 付 4	包头渣坝南	洗井前	0.006	0.000	0.000	1.10	0.000	0.13	0.00	372.4	215.3	112.8	101.8	7.25	6173.7
		洗井后	0.003	0.010	0.000	1.10	0.002	3.00	0.00	370.1	186.4	99.3	94.8	7.85	5482.3
水 145 付 3	包头渣坝南	洗井前	0.000	0.008	0.000	1.10	0.002	3.00	0.00	370.1	186.4	99.3	94.8	7.85	5482.3
		洗井后	0.000	0.006	0.003	4.00	0.000	0.00	0.10	360.3	212.4	110.0	99.4	7.15	6097.01
水 141	包钢污水总出口	洗井前	0.000	0.000	0.000	0.90	0.000	0.00	0.20	67.7	31.1	44.3	16.7	7.9	453.402
		洗井后	0.000	0.000	0.000	1.40	0.000	0.00	0.20	203.0	72.6	115.2	45.1	7.8	1211.328
水 140	包钢污水总出口	洗井前	0.000	0.002	0.000	4.00	0.000	0.00	0.30	228.5	87.6	161.3	52.2	7.3	1436.3
		洗井后	0.000	0.002	0.000	2.50	0.000	0.40	0.10	283.0	98.3	150.7	62.2	7.25	1542.05

注: 据内蒙古水文队资料, 成分含量毫克/升。