

液态二氧化碳洗井若干问题探讨

东煤地质局110队 高在虞

液态二氧化碳洗井经多年的实践，积累了很多成功的经验，也找到了一些失败的教训。认真地总结这些经验和教训，有利于促进这项技术的进一步发展。

一、不产生井喷原因的剖析

现以某厂一号水源井为例。该井深80 m，地表以下0~5 m为黄色粘土层，再往下为侏罗系风化裂隙带。该带上部只透水不含水，下部含水，出水量 $60 \text{ m}^3/h$ ，地下水补给条件差，以储存量为主，静水位深32 m。水源井的结构为：0~60 m处下有 $\varnothing 200 \text{ mm}$ 的铁管，60 m以下为 $\varnothing 150 \text{ mm}$ 裸孔。后经检查，29.70 m深处铁管断裂错位。二氧化碳洗井时，送气管下入深度为70.70 m，经计算浸水比54%，浸水系数1.21（关于此二参数见后）。按常规，先送5瓶液态二氧化碳未产生井喷，又加开5瓶也未产生井喷，等了一个小时后，仅见往外喷气，还是没有喷水。

经分析，虽然二氧化碳已经超量，可能由于水柱上升到铁管断裂部位时流入强透水层，所以不产生井喷。为了验证上述判断，在井中下入 $\varnothing 108 \text{ mm}$ 套管75 m，并将送气管下入该套管内70.70 m处，然后送气。结果送入3瓶气后就产生了井喷。以后又将 $\varnothing 109 \text{ mm}$ 套管和送气管同样提上20 m（此时浸水比36%，浸水系数为0.56）进行送气，很快也产生了井喷。由此可知不产生井喷的原因不是由于浸水比小造成的。后经了解，该井在钻进过程中，孔深30 m处曾发生过100%的漏水。这些充分说明以上判断是正确的。

二、洗井应注意的几个问题

（一）掌握水井的水文地质情况

洗井前应掌握该井钻进过程中使用过何种冲洗液，井壁完整程度，水井结构、深度和地层柱状，长期抽水出水量的变化，静水位深度，含、隔水层情况等。

（二）要有适当的气量

所谓适当，即送入井内的二氧化碳气量不能过小，也不能超量。合适的气量可通过洗井实践经验估算，也可用理论公式计算：

1. 经验估算法 液态二氧化碳到达井下后，迅速向含水层扩散，吸热气化形成气群。大量的气泡群膨胀产生强大的高压气流，当气量增大到超过水柱的重量（一般大2倍）时，便使井内水柱喷出地表，产生井喷。

2. 理论计算法 可用安杰尔松公式计算

$$V = K_o \frac{h}{231g} \frac{h}{H+10} \dots \dots \dots \quad (1)$$

式中 V ——喷出 1 m^3 水柱所需气量， m^3 ；

H ——送气管浸水深度（从静水位算起）， m ；

K_o ——系数， $2.17 + 0.0164h$ ；

h ——井喷高度（从静水位算起）， m 。

当送入井内的气量小时，不能使井下及时得到足够的气体量和突然产生气化膨胀的条件，只能排水冒泡，不能实现气举井喷。

当送气超量时，将因送气管下入位置的不同，出现两种情况：第一种情况是送气管

下到井底或含水层底部时，将使井底产生较大的压力，很快就会造成较高的井喷。这时，如含水层补给条件好、渗透性强、水量大，可出现较长时间断断续续的井喷，其间断时间较短；如含水层补给条件差，渗透性弱、水量小，可出现较短时间的断续井喷，而断续时间较长，有时只出现一次短时间较高的井喷后就不再喷水了。等二种情况是，当送气管下到含水层顶板以上时，如井内水量大即会出现较长时间的断续喷水，如含水层补给条件差、渗透性弱、水量小，水井喷水后水位上升缓慢，较短时间内，孔内气体压力将高于液体压力，形成负压，以致二氧化碳气体充满含水层以上整个套管空间，堵死了套管下部的进水口。这时水井只喷气不喷水，过一段时间后，由于二氧化碳逐渐减少，地下水位逐渐上升。当地下水上升到一定位置时，可根据计算出的合理浸水比，再次送气洗井。在此情况下，超量使用二氧化碳是没有好处的。

（三）合理确定浸水比

液态二氧化碳洗井时，确定合理的浸水比是非常重要的。它将关系到洗井的成败。送气管浸入静水位以下的深度称为浸水深度，浸水比可按下式计算

$$\alpha = \frac{H}{H + h_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中 α —— 浸水比，%；

h_1 —— 液体上升高度，从静水位起，
m。

根据经验，送气管的浸入深度浅，浸水比大时，所需的二氧化碳量少，气体压力小，洗井效果差；浸水深度大、浸水比小时，井喷延续时间长，洗井效果好；浸水深度小、浸水比小时，井喷延续时间短，洗井效果不好，有时只喷气不喷水。

浸水比一般不应小于50%，否则洗井效果不好，浸水比越大越好。实践表明浸水比达

到30%即能产生井喷。

在浸水比数值一定，其他条件相同的情况下，改变井内设备安装形式，常常可使不喷水的钻井产生井喷。在浸水比数值一致，钻井深度不一，井径不同的情况下，发生井喷的情况也不一样。钻井深、井径小时易发生井喷，钻井浅、井径大时不易发生井喷。

送气管的浸水深度与液体上升高度之比值为浸水系数 X 。计算公式为

$$X = \frac{H}{h_1} \quad (3)$$

浸水系数一般不应小于0.8~1，最好要大于1，浸水系数越大越好。

（四）正确选择井内安装形式

井内的安装形式一般有大同心式、小同心式、并列式和群组式四种。选择安装形式时，首先要明确洗井目的，如单纯为了清洗井底的深水、稀泥，上述四种形式均可选用；如主要为了增大钻井的出水量，则选用大同心式比较合适。

1. 大同心式 利用井壁管或井壁作喷水管，送气管安装在井壁管内。利用井壁作喷水管时，要求井壁完整不漏水。这是一种最常用的井内安装形式，其优点是省工、省料、洗井效果最佳。

2. 小同心式 在井内专门下一套管子作喷水管，送气管安装在这套喷水管内，安放深度要比喷水管浅3~5 m。当井内静水位以上有漏水现象时，可选用这种安装形式。以这种安装形式洗井时，强大的高压气流不能直接作用于孔壁四周，对增大、勾通或延伸含水层裂隙起不到应有的作用。这也是小同心式洗井的缺点。根据帕斯卡定律，液体的压强等于液体深度与液体比重的乘积。当液体深度不变时，由于小同心式液柱截面积减小，因而所需压力也相应减小，可以减少二氧化碳用量。这是小同心式洗井的优点。

3. 并列式 送气管和喷水管并列安装，

碎合金钻头在硬岩钻进中的应用

东煤公司108煤田地质勘探队 薛永久

鸡西煤田大石桥、水庆矿区有一层厚约200~500m，可钻性为7~9级的玄武岩。我队在钻进该地层时，由于条件限制短期内不能采用金刚石钻进方法，而普通硬质合金钻头钻进效率又极低，硬质合金消耗很大，利用率仅40~50%。在这种情况下，我们决定探索碎合金钻头钻进硬岩的技术经济效果。

碎合金钻头虽然已有多年的使用历史，但一般仅用于事故处理中的清除孔内铁质残留物。用于钻进7~9级硬岩还是第一次。下面就碎合金钻头的制作及使用效果，作一介绍。

(一) 碎合金钻头的制作：

1. 硬质合金的破碎 目前是采用人力敲砸方法进行的。因为经机械粉碎的硬质合金没有菱角，难以满足要求。合金处理过程是这样的，将回收来的废旧合金先用硝酸进行表面处理，而后进行破碎，并用50目和100目的双层筛进行分选，将碎合金分成2mm以下、2~3mm、3~5mm、5~7mm四种不同粒径等级。

2. 碎合金焊条的制作 为了便于钻头镶嵌，预先把分选出的碎合金颗粒和铜焊料浇铸成含不同粒径、不同密度碎合金的焊条。这种焊条自锐性比较好，既可以分段往钻头上镶嵌，又可以用于修补磨损的钻头。

不仅费工，而且容易跑管，洗井时和小同心式一样，高压气流不能作用于孔壁。

4. 群组式 在井内下入一组送气管和同一直径、同样深度的二组喷水管，或者一组喷水管与送气管同深而另一组稍浅一些。这

3. 钻头结构 钻头的结构根据矿区岩石性质进行设计。我队使用的钻头有以下几种：Φ75mm肋骨式、Φ91mm内外小肋骨式和内外环加重式，还有几种处理孔内异物的钻头。为了充分利用这种钻头的耐磨性能，增加回次进尺，保证冲洗液畅通，底刃出做得较大为15mm，内外出刃分别为1.5mm和2mm，均用整块硬质合金镶嵌。

(二) 碎合金钻头的使用效果

1. 钻进效果 钻进试验的主要岩层是灰绿色隐晶一斑状结构的玄武岩和灰绿色含岩屑的砂状结构的凝灰岩。玄武岩可钻性为8~9级，凝灰岩为6~7级。它们的研磨性分别趋近强研磨性和中等研磨性。经50多回次试验可以看出，采用粒径为2~3mm，密度为65~83%的加重式碎合金钻头钻进玄武岩，效果较理想。其小时效率和纯钻进时间均高于普通合金钻头（表1）。钻进凝灰岩采用粒径3~5mm、密度为60~80%的内外小肋骨式（Φ91）或肋骨式（Φ75）效

表 1

孔号	钻头	纯钻时间(h)	进尺(m)	小时效率(m/h)
88—127	碎合金	38.50	19.80	0.51
88—127	合金	31.15	9.50	0.30

注：两种钻头均为加重式。

种形式适用于在浅井中用小气量进行液态二氧化碳洗井，简称“三小（小气量、小管径、小喷量）洗井法”。这种方法洗井时间较长，井喷次数较多，可利用余气进行洗井，洗井效果较好。