

# 某地区钻井固废中重金属含量分析

王 荣 王荣华 陈世宏 仇黎萍 向晓洁

(中国石油川庆钻探工程有限公司安全环保质量监督检测研究院)

**摘 要** 通过分析某地区钻井作业所产生的固体废物来源岩屑、废弃钻井液中的重金属含量,以及该地区部分区域的土壤中重金属含量,结果表明:聚磺钻井液重金属含量相对较高,与GB 15618—1995《土壤环境质量标准》比较,镉、锌、总铬超过二级标准;钻井固废中锌超过标准背景值,镉、总铬超过二级标准(旱土);地层中重金属含量分布不均,锌超过了标准背景值,镉和总铬超过二级标准;部分区域土壤中总铬超过了标准背景值,镉远高于二级标准。钻井固废中的重金属污染主要来源为钻井液。

**关键词** 钻井固废; 钻井液; 土壤; 重金属

DOI:10.3969/j.issn.1005-3158.2015.03.019

文章编号:1005-3158(2015)03-0057-03

## 0 引 言

钻井作业过程中产生的固废主要包括钻屑(即地层中的岩屑)、废弃的钻井液。某地区天然气勘探钻井作业由于地质原因,钻井工艺复杂,施工周期长,井深平均超过4 000 m,所产生的钻井固废和废水量大。钻井废水环境监测污染物指标主要是化学需氧量、六价铬、挥发酚、石油类等,未对重金属进行常规监测。重金属的危害性与其在自然界中存在的形态有关<sup>[1-2]</sup>。近年来,土壤重金属污染已越来越多地引起社会关注。因此,从钻井固废来源岩屑和钻井液调查重金属含量,同时调查该地区部分区域土壤中有害重金属含量,为钻井固废的无害化治理提供技术参考<sup>[3]</sup>。

## 1 调 查

根据实验室条件选择铜、锌、铅、汞、镉、总铬、砷等重金属进行含量调查。检测方法和样品预处理<sup>[4]</sup>均采用固废和土壤相关国家标准,所获得的数据与GB 15618—1995《土壤环境质量标准》进行比较,判断钻井固废中重金属对环境污染的风险。

### 1.1 钻井液调查

由于地质构造的复杂性,根据地质情况和不同钻井施工工艺要求,需要采用不同种类的钻井液体系,现该地区所用钻井液处理剂为60~80种,一口井所用钻井液处理剂通常达20~30种,每种处理剂重金属含量不同;现该地区使用范围广、频率高、用量大的钻井液体系主要为聚合无固相和聚磺钻井液

体系,以这两者为调查对象。调查的钻井液体系构成见表1。

表1 调查的钻井液体系构成

| 调查对象  | 钻井液体系 | 主要构成        |
|-------|-------|-------------|
| 聚合无固相 | 多聚无固相 | 聚丙烯酰胺、主聚物等  |
| 聚磺体系  | 聚磺    | 磺化褐煤树脂、稀释剂等 |

选择不同井深段的正钻井进行钻井液取样,为保证样品质量,样品全部取自循环罐。本次调查共采集16个钻井队使用的钻井液样品。按1 000 m为一个井深段,对分析数据进行平均后,统计结果见表2。

表2 各井深段钻井液中重金属含量(均值) mg/kg

| 钻井液体系 | 井深段/m       | 铅    | 铜    | 镉    | 锌     | 砷   | 汞    | 总铬    |
|-------|-------------|------|------|------|-------|-----|------|-------|
| 聚合无固相 | <1 000      | 0    | 0    | 0    | 0     | 0   | 0    | 0     |
| 聚磺钻井液 | 1 000~2 000 | 74.3 | 17.6 | 38.0 | 901   | 2.0 | 0.13 | 259   |
|       | 2 000~3 000 | 0    | 16.7 | 0.6  | 164   | 3.6 | 0.17 | 898   |
|       | 3 000~4 000 | 81.2 | 26.1 | 188  | 3 180 | 6.3 | 0.22 | 3 350 |
|       | 4 000~5 000 | 17.0 | 39.0 | 41.8 | 565   | 1.5 | 0.10 | 261   |
|       | >5 000      | 13.4 | 28.1 | 42.1 | 4 207 | 2.4 | 0.09 | 2 067 |
|       | 均值          | 37.2 | 25.5 | 62.1 | 1 803 | 3.2 | 0.14 | 1 367 |
|       | 背景值*        | 35   | 35   | 0.2  | 100   | 15  | 0.15 | 90    |
|       | 二级*         | 300  | 100  | 0.3  | 250   | 25  | 0.5  | 300   |

\* GB 15618—1995《土壤环境质量标准》,二级标准主要适用于一般农田、蔬菜地、果园等土壤。

根据表 2 可知,在聚合无固相体系中未检出重金属;在聚磺钻井液体系中含重金属,各井深段聚磺钻井液中检测出的重金属含量不同,这可能与施工中采用聚磺钻井液组成比例有关。从检测结果可知,铅超过了 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》背景值;镉、锌、总铬超过了二级标准<sup>[2]</sup>。

### 1.2 地层中重金属调查

该地区钻井平均井深在 4 000~4 300 m。钻井液在钻井作业过程中的一个作用是将井中的岩屑携带至地面,以便钻井能顺利进行。地层中的重金属随钻井岩屑被带到地面。本次调查从地质录井所取的地质岩芯或振动筛前钻井岩屑取得样品,并以 1 000 m 为一个井深段分别调查,共获得样品 22 个。为保证调查结果准确,对所采集的岩屑样品进行清洗、烘干处理,排除其他因素,分析结果见表 3。

表 3 各井深段地质层位重金属含量(均值) mg/kg

| 井深段/m       | 铅    | 铜    | 镉    | 锌   | 砷    | 汞    | 总铬    |
|-------------|------|------|------|-----|------|------|-------|
| <1 000      | 0    | 0    | 0    | 62  | 3.92 | 0.14 | 52    |
| 1 000~2 000 | 1.1  | 8.2  | 19.1 | 270 | 2.24 | 0.13 | 189   |
| 2 000~3 000 | 0    | 0    | 0    | 118 | 3.62 | 0.16 | 79    |
| 3 000~4 000 | 26.2 | 0    | 7.2  | 127 | 2.4  | 0.09 | 109   |
| 4 000~5 000 | 1.2  | 5.6  | 34.2 | 43  | 1.38 | 0.08 | 158   |
| >5 000      | 5.3  | 43.5 | 25.8 | 422 | 1.6  | 0.07 | 1 529 |
| 均值          | 5.6  | 10   | 14.4 | 174 | 2.5  | 0.11 | 353   |
| 背景值*        | 35   | 35   | 0.2  | 100 | 15   | 0.15 | 90    |
| 二级*         | 300  | 100  | 0.3  | 250 | 25   | 0.5  | 300   |

\* GB 15618—1995《土壤环境质量标准》

从表 3 结果可知:所检测的重金属大多数都有检出,地层中重金属含量分布不均。其中,锌远高于 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》背景值,镉和总铬超过二级标准。

### 1.3 钻井固废调查

根据现场情况,分别对堆沙坑和污水池中的渣泥进行取样分析。堆沙坑共采集样品 9 个,主要是岩屑,对样品进行清洗和烘干,结果见表 4。

由于堆沙坑中储存的岩屑是多个层位的,样品采取随机采样。从表 4 分析数据看,个别井深段与地质层位中重金属有差别。锌超过 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》背景值;镉和总铬超过了二级标准。

表 4 各井深段堆沙坑固体废物重金属含量(均值) mg/kg

| 井深/m        | 铅   | 铜    | 镉    | 锌   | 砷   | 汞    | 总铬    |
|-------------|-----|------|------|-----|-----|------|-------|
| 1 000~2 000 | 0.7 | 3.1  | 16.2 | 75  | 1.6 | 0.08 | 242   |
| 2 000~3 000 | 0   | 0    | 0    | 300 | 4.3 | 0.20 | 72    |
| 3 000~4 000 | 0   | 3.6  | 0    | 367 | 3.8 | 0.14 | 162   |
| 4 000~5 000 | 4.4 | 15.5 | 131  | 97  | 0   | 0.08 | 112   |
| >5 000      | 2.5 | 9.1  | 59.8 | 298 | 2.4 | 0.15 | 1 081 |
| 均值          | 1.5 | 6.3  | 41.4 | 227 | 2.4 | 0.13 | 334   |
| 背景值*        | 35  | 35   | 0.2  | 100 | 15  | 0.15 | 90    |
| 二级*         | 300 | 100  | 0.3  | 250 | 25  | 0.5  | 300   |

\* GB 15618—1995《土壤环境质量标准》

污水池渣泥采样 10 个,污水池中的渣泥由于粒径较小,仅进行了烘干处理。根据采样时钻井所在井深,确定井深段,并对数据进行统计分类,结果见表 5。

表 5 各井深段污水池渣泥中重金属含量(均值) mg/kg

| 井深/m        | 铅   | 铜    | 镉    | 锌   | 砷    | 汞    | 总铬  |
|-------------|-----|------|------|-----|------|------|-----|
| 1 000~2 000 | 0.3 | 1.7  | 6.6  | 110 | 2.39 | 0.10 | 176 |
| 2 000~3 000 | 0   | 6    | 0    | 83  | 1.89 | 0.12 | 61  |
| 3 000~4 000 | 2.1 | 6.3  | 67.3 | 309 | 2.21 | 0.18 | 652 |
| 4 000~5 000 | 3   | 16.7 | 60.2 | 157 | 0.02 | 0.08 | 35  |
| >5 000      | 2.8 | 8.8  | 64   | 411 | 1.87 | 0.10 | 565 |
| 均值          | 1.6 | 7.9  | 39.6 | 214 | 1.68 | 0.12 | 298 |
| 背景值*        | 35  | 35   | 0.2  | 100 | 15   | 0.15 | 90  |
| 二级*         | 300 | 100  | 0.3  | 250 | 25   | 0.5  | 300 |

\* GB 15618—1995《土壤环境质量标准》

污水池存放的是漏出或废弃的钻井液、钻井过程中的渣泥,以及生产废水。从表 5 污水池渣泥重金属分析结果看,与 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》比较,总铬、锌远高于背景值,接近二级标准;镉超过二级标准。

### 1.4 土壤中重金属含量

为了解钻井固体废物中重金属含量是否高于区域土壤中重金属含量。对所采样钻井区域的土壤进行取样分析,并按构造进行了分类,所取土壤均为旱土。统计分析结果见表 6。

表6 钻井区域土壤中重金属含量 mg/kg

| 采样点  | 铅    | 铜    | 镉    | 锌    | 砷    | 汞    | 总铬   |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A    | 33.6 | 8.8  | 0    | 68.0 | 3.32 | 0.13 | 84.0 |
| B    | 14.8 | 11.3 | 5.7  | 119  | 4.49 | 0.18 | 87.1 |
| C    | 11.6 | 4.3  | 13.0 | 57.6 | 2.78 | 0.12 | 125  |
| D    | 0    | 15.6 | 0    | 81.3 | 4.24 | 0.18 | 193  |
| 均值   | 15.0 | 10.0 | 4.7  | 81.5 | 3.69 | 0.15 | 122  |
| 背景值* | 35   | 35   | 0.2  | 100  | 15   | 0.15 | 90   |
| 二级*  | 300  | 100  | 0.3  | 250  | 25   | 0.5  | 300  |

\* GB 15618—1995《土壤环境质量标准》

表6 钻井区域土壤中重金属含量结果,与 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》比较,总铬超过了背景值,锌比较接近背景值;镉远高于二级标准。

### 1.5 结果分析

采用平均值来比较钻井液、地质层位、钻井固体废物中的重金属含量,由于钻井液体系聚合无固相中不含重金属,所以不参与比较;土壤中的重金属也采用平均值,得到反映该地区表层土壤重金属含量的均值,见表7。

表7 各类样品中重金属均值比较 mg/kg

| 样品类别  | 铅    | 铜    | 镉    | 锌     | 砷    | 汞    | 总铬    |
|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| 聚磺钻井液 | 37.2 | 25.5 | 62.1 | 1 803 | 3.2  | 0.14 | 1 367 |
| 地质层位  | 5.6  | 10   | 14.4 | 174   | 2.5  | 0.11 | 353   |
| 堆沙坑固废 | 1.5  | 6.3  | 41.4 | 227   | 2.4  | 0.13 | 334   |
| 污水池渣泥 | 1.6  | 7.9  | 39.6 | 214   | 1.68 | 0.12 | 298   |
| 土壤平均值 | 15.0 | 10.0 | 4.7  | 81.5  | 3.69 | 0.15 | 122   |
| 背景值*  | 35   | 35   | 0.2  | 100   | 15   | 0.15 | 90    |
| 二级*   | 300  | 100  | 0.3  | 250   | 25   | 0.5  | 300   |

\* GB 15618—1995《土壤环境质量标准》

从表7中各类样品平均值相互比较,以及与 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》对比结果表明:

◆ 聚磺钻井液重金属含量相对较高;镉、锌、总铬超过 GB 15618—1995《土壤环境质量标准》二级标准;铅超过背景值;均超过土壤的均值。

◆ 堆沙坑和污水池渣泥中重金属比较相近,这是因为所采集钻井固废样品来源于正在施工的井,废弃钻井液比较少,其组成主要为钻屑、渣泥和少量钻井液。

各类别锌、镉、总铬含量对比见表8。

表8 各类别锌、镉、总铬含量范围对比 mg/kg

| 类别    | 锌         | 镉       | 总铬        |
|-------|-----------|---------|-----------|
| 聚磺钻井液 | 164~4 207 | 0.6~188 | 259~3 350 |
| 地层    | 43~422    | 0~34.2  | 52~1 529  |
| 堆沙坑   | 75~367    | 0~131   | 72~1 081  |
| 污水池   | 83~411    | 0~64    | 35~652    |
| 土壤    | 57.6~119  | 0~13.0  | 84~193    |
| 背景值*  | 100       | 0.2     | 90        |
| 二级*   | 250       | 0.3     | 300       |

\* GB 15618—1995《土壤环境质量标准》

## 2 结论

根据本次调查结果,可知钻井固废中重金属会对环境造成影响。钻屑中的重金属个别层位约高于土壤,这与区域地质有关。

不同类型的钻井液,其重金属含量不同<sup>[5]</sup>。该地区由于大量采用磺化体系钻井液,导致钻井液中重金属含量均高于土壤。

因此钻井固废中重金属污染主要由钻井液造成;钻井液中重金属主要污染因子是锌、镉、总铬,这与有关文献相吻合<sup>[6]</sup>。遗弃在现场的钻井固废会加重当地土壤中的重金属污染。所以必须对钻井固废进行无害化处理。在钻井作业环境保护工作中,仍要从源头做起,严控钻井液的跑、滴、漏和报废,重视钻井液的回用,开发低污染的环保钻井液材料,降低钻井作业对环境的污染。

### 参考文献

- [1] 孙金蓉. 钻井泥浆中重金属离子对环境的污染[J]. 油气田环境保护, 1993, 3(2): 56-62.
- [2] 王蓉沙, 邓皓, 谢水祥, 等. 油气田废弃钻井液对生态环境的影响评价研究[J]. 石油天然气学报, 2009, 31(2): 152-156.
- [3] 桑玉全, 马晓蕾, 赵凯. 钻井废弃泥浆对周围土壤环境的影响研究[R]. 2007 中国环境科学学会学术年会优秀论文集(上卷).
- [4] HJ/T 299—2007 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法[S].
- [5] 黄海, 曲展, 周立辉, 等. 废弃钻井液重金属检测及其污染性评价[J]. 陕西师范大学学报, 2012, 40(5): 52-55.
- [6] 邵涛, 龚莉娟, 汪九新. 钻井废泥浆中重金属化学形态及潜在生态效应评价[J]. 中国环境监测, 2007, 23(6): 78-81.

(收稿日期 2014-07-08)

(编辑 王薇)