

抚顺某油罐区地基土深部火区处理

刘立岩¹, 张旭东²

(1. 抚顺矿业集团东岩地质测绘勘察有限公司, 辽宁 抚顺 113008; 2. 辽宁工程勘察设计院, 辽宁 锦州 121000)

摘要:抚顺某重点工程油罐区下部为回填 30 多年的露天采矿剥离物, 3.0 m 以深有不同程度的冒气、发热、自燃等现象。为了保证其上部拟建油罐的安全, 需对油罐区深部火区进行处理。分析了各种注浆处理方案的优缺点, 经方案对比, 采用水、粉煤灰、阻化剂压密注浆的方法对拟建油罐区地基土深部火区进行处理, 达到理想效果, 保证了建筑物的安全。介绍了注浆设计、施工工艺以及注浆效果。

关键词:油罐区; 地基土; 深部火区; 注浆处理

中图分类号: TU472 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)03-0057-03

Treatment of Deep Sealed Fire Zone in Foundation Soil of an Oil Tank Area in Fushun/LIU Li-yan¹, ZHANG Xu-dong² (1. Dongyan Geology Mapping and Surveying Co., Ltd., Fushun Mining Group, Fushun Liaoning 113008, China; 2. Liaoning Institute of Engineering Investigation, Jinzhou Liaoning 121000, China)

Abstract: The lower part of a key project of oil tank area is backfilled by overburden from open pit mining for more than 30 years with different level of gas discharging, heat generating and self-ignition. Treatment should be done to the deep sealed fire zone of the oil tank area to ensure the safety of the upper proposed oil tank. Analysis is made on the advantages and disadvantages of grouting methods; by the comparison of different schemes, compaction grouting with water, fly ash and paralyzant was adopted with good effect. The paper introduces the grouting design, construction process and the grouting effect.

Key words: oil tank area; foundation soil; deep sealed fire area; grouting treatment

1 工程概况

抚顺某重点工程油罐区建设在露天采矿的剥离物矸石山上, 回填时间 40 多年, 分布面积广。部分勘察钻孔揭露的回填物 3.0 m 以深有不同程度的冒气、发热、自燃等现象, 在其上部拟建油罐, 其安全性尤为重要。为了保证其建筑物的安全, 需对油罐区深部火区进行处理, 经方案对比, 采用水、粉煤灰、阻化剂压密注浆的方法对拟建油罐区地基土深部火区进行处理。

2 地质条件及油母页岩的自燃机理

2.1 勘察区的地质条件

油罐区下部岩土层由 20 世纪 70 年代以来露天煤矿采矿剥离的矸石组成, 成分主要为油母页岩、绿色页岩、炭质页岩、煤矸石等, 厚度 50~70 m, 密实度分布不均, 部分勘察钻孔 3 m 以深有不同程度的发热、冒气、自燃等现象, 温度在 40℃ 以上。基底岩石为前震旦纪的花岗片麻岩。

2.2 油母页岩的自燃机理

回填页岩的自燃物主要为油母页岩, 油母页岩是一种富含有机质, 具有微细层理, 可以燃烧的细粒

沉积岩, 油母页岩节理较发育, 较坚硬, 普氏硬度 6~8 度, 遇水后页岩表面光滑, 风化后呈片状和鱼鳞状小块, 颜色黑褐色。有机质由复杂的高分子有机化合物组成, 富含脂肪烃结构, 而较少芳烃结构, 有机化合物主要有碳、氢及少量的氧、氮、硫元素组成, 含油率 3%~13%, 油母页岩自燃发火是本身低温氧化的结果, 自燃过程则受产生的氧化热与传导和对流形成的热扩散之间平衡状态的制约。因此, 油母页岩的含油率、粒度、供氧条件以及周围的湿度、温度等对其自燃发火都有影响。油母页岩自然发火一般分为 3 个阶段。

(1) 初级阶段: 由于油母页岩岩体被破碎成岩块, 破坏了其原来的整体密封性。使大气中的氧与其表面能充分接触, 并与其中的可燃物质发生氧化作用, 结果使排弃物内部温度升高。

(2) 蒸馏阶段: 油母页岩本身含有石油成分, 由于排弃物料内部温度升高, 产生蒸馏现象, 使石油成分变成石油蒸气, 当达到 500℃ 以上时就开始燃烧。

(3) 燃烧阶段: 油母页岩一经燃烧, 便加快了其自身蒸馏, 使其燃烧越来越剧烈。在不充分供氧燃烧时, 会产生出大量有害气体。

收稿日期: 2012-11-12

作者简介: 刘立岩(1964-), 男(汉族), 辽宁凤城人, 抚顺矿业集团东岩地质测绘勘察有限公司技术副经理、高级工程师, 岩土工程专业, 从事岩土工程勘察、基础施工、煤田地质勘探工作, 辽宁省抚顺市新抚区西富平路南 417-7 号, liuliyang1964@126.com。

油母页岩自燃的 3 个要素是:存在有自燃倾向的矸石层;充足的氧气补给;散热不良,热量得以积蓄。

3 深部火区处理方案的比较选择

拟采用注浆的方法对深部火区进行处理,有 4 种方案可供选择,见表 1。

| 表 1 深部火区注浆处理方案优缺点 | | | | |
|-------------------|--------------|--|--|--|
| 方案 | 浆液材料 | 作用机理 | 优点 | 缺点 |
| 方案一 | 水 | 通过大量冷却水的注入,进行火区降温 and 灭火 | 施工简便,灭火效果显著,水源充足 | 需循环注水,工期周期长,注水效果难以检测,无法保证油母页岩再次自燃 |
| 方案二 | 水、水玻璃、促凝剂、黄泥 | 将材料按一定比例混合,可控制在一定时间内发生胶凝固化,并吸热降温 | 浆液中的水起到灭火作用;液体固化成胶前流动性、渗透性好;成胶后密封效果好;材料来源广泛、成本低,工艺简单 | 浆液粘稠性大,不易流动,注浆有效半径小、效果不明显;工程量大、成本高;胶体随时间增大逐渐失去作用,防火功能弱 |
| 方案三 | 水、阻化剂 | 通过阻化剂发生化学反应,起到隔绝空气,保持水分的作用,从而抑制可燃物自热和自燃 | 一般的阻化剂,阻化率越高,防火效果越好;新型凝胶阻化剂较同等的阻化剂效果更好 | 单纯的阻化剂需循环注水,工期周期长,注水效果难以检测;新型凝胶阻化剂浆液粘稠性大,不易流动,注浆有效半径小 |
| 方案四 | 水、粉煤灰、阻化剂 | 利用粉煤灰的悬浮性,沉淀后与水分分离,堵塞自燃层孔隙,自燃层与空气隔绝,达到防火目的 | 粉煤灰容易制成浆液,流动性好,材料来源广,成本相对较低,效果易检验,施工工艺简单 | 灭火效果较慢 |

从以上 4 个方案比较,方案四对于厚层状回填页岩来说,容易施工,粉煤灰可填充自燃层孔隙形成一个密实封闭层,使自燃层与空气隔绝,达到防火的目的,且粉煤灰价格低廉、用之可减少环境污染。见图 1。

5 m 处打 4 个钻孔,具体位置如图 3 所示。

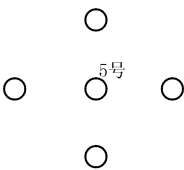


图 3 试验段观测孔

在 5 号孔开始注浆,其余 4 个钻孔暂时作为观测孔,观测有效注浆半径及地表冒浆情况。根据观测结果,确定孔距为 10 m,方格形布设。在整个区域选出几个试验区,打观测孔,确定每个试验区的影响半径。由于回填土的回填没有规律,故每个试验区钻孔的间距可根据现场实际情况进行调整。

4 深部火区处理方案设计与施工

4.1 注浆工艺过程(图 2)

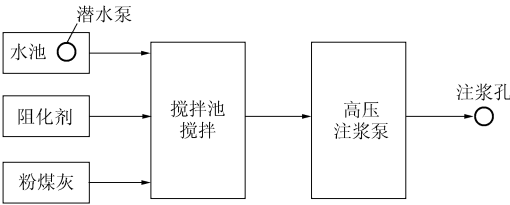


图 2 注浆工艺过程

4.2 注浆深度

根据地质勘察钻孔揭露的岩性特点,综合分析各回填层密实程度,确定注浆深度为 20 m,采用水、粉煤灰、阻化剂注浆,密闭 20 m 以上自燃段,使其形成密封覆盖层,达到防火阻燃的目的。

4.3 注浆间距

第一个钻孔以 5 号孔为中心,然后在其周围隔

4.4 注浆管制作

钻孔施工孔径 127 mm,钻至 20 m,下 $\varnothing 42$ mm 注浆管,注浆管根据勘察资料的可燃层实际深度打上 $\varnothing 10$ mm 的规则梅花形孔。下注浆管时,加强套管的固定,避免高压注浆时发生套管被压出伤人事件。每个注浆孔的注浆量满足以下要求:第一个注浆孔注浆时,必须在监测孔返浆或地面返浆时才可停止;注浆 1~2 天后应再次注浆,若返浆则可停止注浆,否则应继续注浆。

4.5 施工设备

注浆钻孔采用 G-2、SU-300、BXU-100、SH-30 型钻机施工。

注浆设备:高压注浆泵选 BW-250 型,该注浆泵注浆压力 2~4 MPa,最大 7 MPa,注浆排量 90 L/min。

其他设备包括高压注入设备、搅拌设备、潜水

泵, 阀门若干个及注浆管路等。

4.6 浆液制作

通过潜水泵将水抽入搅拌池, 按比例加入氯化镁与粉煤灰搅拌制成粉煤灰阻化泥浆。

4.7 注浆

粉煤灰阻化泥浆通过抽水泵抽入高压注浆泵, 注入注浆孔, 连续作业, 当有地表返浆或压力达到最大工作压力仍无法注入浆液时, 停止注浆, 完成一个注浆孔的第一次注浆工作, 1~2 天后进行第二次注浆。注浆初期注入 1: 3 的粉煤灰液, 注入到一定程度后注入 1: 1 的粉煤灰液。

5 效果检验

5.1 气体检验

从检验孔中注浆前、后观测气体成分的变化(见表 2): 可知注浆前、后注浆孔内气体变化明显, 其中以 O₂、C₂H₄、CO 气体含量变化显著。注浆后注浆孔内 O₂ 最高含量在 9% 以下, 大部分注浆孔内 O₂ 含量下降至 3%~6%, 说明粉煤灰覆盖层已经切断可燃层助燃气体的供给, 达到防灭火的目的。注浆孔内 CO 含量较低, 只 N18 号注浆前浓度为 7×10^{-6} , 注浆后为 0; C₂H₄ 含量由注浆前的最高浓度 96×10^{-6} , 下降到注浆后最高浓度 20×10^{-6} , 这也充分说明了通过压注粉煤灰与阻化剂已经对油罐区深部火区治理取得良好效果。

表 2 注浆前后气体成分对比表

| 孔号 | 气体名称及浓度 | | | | | | |
|-----|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| | CO | CO ₂ | CH ₄ | C ₂ H ₄ | C ₂ H ₆ | C ₂ H ₂ | O ₂ |
| | /10 ⁻⁶ | /% | /% | /10 ⁻⁶ | /10 ⁻⁶ | /10 ⁻⁶ | /% |
| H2 | 注浆前 | 0 | 7.7 | 0.08 | 0 | 0 | 12.0 |
| | 注浆后 | 0 | 10.0 | 0.01 | 0 | 0 | 8.6 |
| H4 | 注浆前 | 0 | 5.6 | 0.01 | 96 | 0 | 10.7 |
| | 注浆后 | 0 | 11.0 | 0.01 | 19 | 0 | 7.3 |
| H6 | 注浆前 | 0 | 6.0 | 0.01 | 0 | 0 | 13.0 |
| | 注浆后 | 0 | 9.2 | 0.01 | 0 | 0 | 7.3 |
| N14 | 注浆前 | 0 | 15.0 | 0.11 | 40 | 275 | 2.2 |
| | 注浆后 | 0 | 0.1 | 0 | 20 | 0 | 2.0 |
| N18 | 注浆前 | 7 | 17.0 | 0.04 | 30 | 99 | 2.2 |
| | 注浆后 | 0 | 14.6 | 0.04 | 19 | 90 | 2.7 |
| O22 | 注浆前 | 0 | 17.0 | 0.02 | 28.5 | 39 | 5.0 |
| | 注浆后 | 0 | 15.5 | 0.10 | 20 | 192 | 2.7 |

5.2 注浆管温度检验

从表 3 上看, 注浆后注浆管内温度下降 13~32℃。

5.3 注浆后地表现象

地表有返浆、隆起、开裂现象。

表 3 注浆管内温度变化对比表

| 孔号 | 测试深度 /m | 测试温度/℃ | |
|-----|------------|--------|-----|
| | | 注浆前 | 注浆后 |
| H2 | 5 | 60 | 44 |
| | 10 | 71 | 55 |
| | 15 | 78 | 54 |
| H4 | 5 | 61 | 49 |
| | 10 | 74 | 55 |
| | 15 | 76 | 56 |
| H6 | 5 | 63 | 40 |
| | 10 | 72 | 53 |
| | 15 | 79 | 52 |
| | 18 | 75 | 56 |
| N14 | 5 | 78.8 | 60 |
| | 10 | 80.7 | 61 |
| | 14 | 83.5 | 60 |
| N18 | 5 | 80.9 | 66 |
| | 10 | 79.9 | 54 |
| O22 | 5 | 81.4 | 35 |
| | 10 | 81.4 | 58 |
| | 15 | 81.3 | 49 |

5.4 钻探取心

当完成全部钻孔注浆后, 打钻取心, 回填页岩孔隙充满粉煤灰, 密实度增大。

6 结论及建议

通过注浆孔气体、温度观测值及打钻检验, 注浆效果明显, 在 20 m 深度内页岩空隙内有粉煤灰充填物, 已形成密封带, 密实度明显增大。

虽然油罐区深部火区治理工作已经完成, 但由于火区已经自燃多年, 从地质勘察报告及勘察钻孔所取钻心可以看出自燃层已经变酥软, 缺乏承压能力。从以上检验结果上看: 此次注浆效果明显, 由于原回填矸石层密实度松散不均, 注浆后地表有不同程度的隆起, 地基土密实度有所增加, 仍不均匀, 建议对注浆处理过的地基土进行强夯, 提高地基土均匀性及承载能力, 并可形成一层更密实的防火隔离带, 达到将注浆层下部可燃页岩与空气相对隔绝的设计目的。

参考文献:

[1] YSJ 211-92, 注浆技术规程[S].
[2] JGJ 79-2002, 建筑地基处理技术规范[S].
[3] MT/T 702-1997, 煤矿注浆防灭火技术规范[S].
[4] 徐至钧. 高压喷射注浆法处理地基[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
[5] 江正荣, 等. 建筑地基与基础施工手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
[6] 常建华. 煤矿煤矸石山灭火技术的研究与应用[J]. 中国煤炭, 2006, 32(6).