

# 页岩气大容量水池损伤快速修复方法与应用

何焱<sup>1</sup>, 邓勇<sup>2</sup>, 李强<sup>2\*</sup>, 徐天源<sup>1</sup>, 汪洋<sup>1</sup>, 何明星<sup>1</sup>

<sup>1</sup>四川长宁天然气开发有限责任公司, 四川 成都

<sup>2</sup>四川科宏石油天然气工程有限公司, 四川 成都

收稿日期: 2022年12月12日; 录用日期: 2023年2月23日; 发布日期: 2023年3月3日

## 摘要

页岩气从钻井至生产阶段全过程都在循环使用水池, 水池前期作为岩屑池使用, 后期修复后作为储存返排液使用。而在前期岩屑使用挖机装载过程中, 大概率会对水池造成了损伤。页岩气水池作为后期储存、运输使用时, 水池的损伤对周边居民的正常生活造成较大影响, 存在一定的安全隐患, 且有较大的环境污染风险。考虑到新建水池建设费用高、协调难度大等问题, 本文提出了一种页岩气大容量水池快速修复方法, 根据大量工程应用案例分析, 该方法非常适合于山区页岩气勘探开发所建大容量的水池修复, 该修复方法有工程建设工期短、工程投资少、施工便捷快速等诸多优点。

## 关键词

页岩气水池, 损伤, 修复

# Rapid Repair Method and Application of Shale Gas Large Capacity Pool Damage

Yan He<sup>1</sup>, Yong Deng<sup>2</sup>, Qiang Li<sup>2\*</sup>, Tianyuan Xu<sup>1</sup>, Yang Wang<sup>1</sup>, Mingxing He<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sichuan Changning Natural Gas Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Sichuan Kehong Petroleum and Natural Gas Engineering Co., Ltd., Chengdu Sichuan

Received: Dec. 12<sup>th</sup>, 2022; accepted: Feb. 23<sup>rd</sup>, 2023; published: Mar. 3<sup>rd</sup>, 2023

## Abstract

Shale gas is recycled in the whole process from drilling to production. The pool is used as a rock cutting pool in the early stage and as a storage flow back fluid after repair. However, in the early stage of loading rock cuttings with excavator, the pool may be damaged. When the shale gas pool is

\*通讯作者。

文章引用: 何焱, 邓勇, 李强, 徐天源, 汪洋, 何明星. 页岩气大容量水池损伤快速修复方法与应用[J]. 石油天然气学报, 2023, 45(1): 1-7. DOI: 10.12677/jogt.2023.451001

used for later storage and transmission, the damage of the pool will have a great impact on the normal life of the surrounding residents, and there are certain potential safety hazards, as well as a large risk of environmental pollution. Considering the high cost of new pool construction and the difficulty of coordination, this paper proposes a rapid repair method for large capacity pool of shale gas. According to the analysis of a large number of engineering application cases, this method is very suitable for the repair of large capacity pool built for shale gas exploration and development in mountain areas. This repair method has many advantages, such as short construction period, low project investment, convenient and fast construction, etc.

## Keywords

Shale Gas Pool, Damage, Repair

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

页岩气水池是页岩气产能建设及后期开发全生产过程中的一个重要组成部分。在钻井压裂阶段承担岩屑、钻井废水储存任务，在开发生产阶段担负着页岩气返排液的储存、转输、调节、应急储存的功能，是整个页岩气返排液回用至关重要的一环[1]。尤其是在页岩气区块开发后期，压裂平台减少，气井产出返排液远远高于压裂回用需求，考虑近年来井区开发速度减缓、输水管线建设速度减缓以及疫情等因素，水池存储返排液量大且时间长，水池的存储压力很大，对水池的要求更高[1]。

川南某页岩气主力生产区，现有各种储水池 93 座，主要由两部分构成，一是供水工程修建水池，二是钻前工程修建岩屑池。页岩气的储水池采用钢筋混凝土水池；该池采用水泥基渗透结晶型防水材料防渗。在开发生产后期存在着历经多个生产阶段、多个不同类型的施工单位。页岩气水池在装载岩屑时不可避免地水池壁造成机械损伤，加之当地山区环境条件复杂，页岩气水池或多或少存在损伤。不能满足后期长时间的应急储存功能。根据以往工程经验分析，页岩气水池缺陷分布见图 1 [2]。

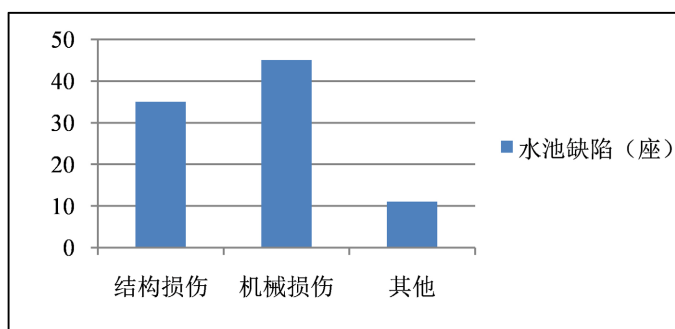


Figure 1. Distribution of defects in shale gas pools

图 1. 页岩气水池缺陷分布图

考虑到新建一座 2000 方水池，建设周期约 3 个月，造价在 200 万左右，且涉及较为复杂的地方协调。而修复一座水池，工期和费用肯定是大大优于新建水池。因此，通过现场施工实践，针对页岩气水池缺

陷，形成了山区页岩气水池修复快捷、简便、费用低、质量好的成熟施工方案。

## 2. 修复方法

岩屑池有一格储清水作为钻井用水，水池无损伤，渗漏采用堵漏的方法就可完成水池修复，作为后期返排液的运输使用。但页岩屑的池子损伤普遍较大，以往现场均不作为水池使用，造成很大的资源浪费。根据国内现状调研，一般水池不会存在像钻井岩屑池这么大的损伤，大多数水池仅出现裂纹，可采用刷防渗涂料 + 堵漏方式解决。

针对页岩气水池常有的机械损伤及后期可能存在渗漏点，采取两种方式进行处理。机械损伤通过内部修建钢筋混凝土内壁或水泥基渗透结晶型防水涂料堵漏。后期因地质原因发现的渗漏采用聚氨酯堵漏剂堵漏[3]。

### 2.1. 结构损伤修复方案

原水池结构损伤，修复基于依托原水池进行修复，结构损伤修复示意图见图 2。

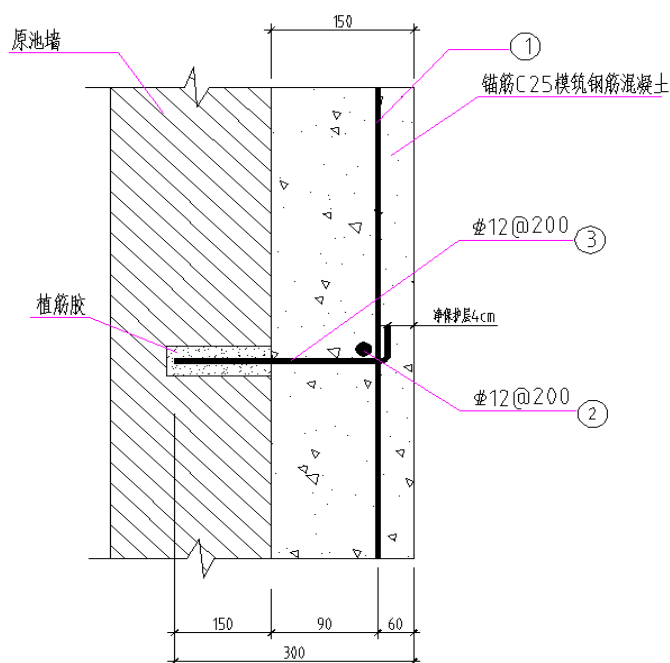


Figure 2. Schematic diagram of structural damage repair  
图 2. 结构损伤修复示意图

1) 先将水池的池底、池壁进行人工凿毛，清理干净后，再对池壁采用锚杆灌浆挂钢筋网浇筑 C25 混凝土，池底浇筑 150 mm 厚的单层双向 C25 钢筋混凝土。

2) 防渗防腐处理：4 个池的池壁、池底通过上述第 6 条的要求处理后，再采用水泥基渗透结晶型防水涂料涂刷 2 遍作防渗防腐处理。主要要求如下：

① 基层要求：湿润、无明水、无杂质、平整，具有一定的强度。施工面过于光滑的应打磨成粗糙面。

② 材料配制：水泥基渗透结晶型防水涂料应用清洁水配制，一般情况下，按照水泥基渗透结晶型防水涂料粉料:水 = 1:0.35~0.5 配制。若基层过于干燥，可适用量多加水。当基层有慢渗情况时，应在此基础上少加水。建议采用电动搅拌。

③ 施工方法：可采用刮板刮涂、毛刷涂覆、抹子抹涂等种方法进行。水泥基渗透结晶型防渗涂料一遍用量为  $0.5\sim 0.8\text{ kg/m}^2$ ，以施工两遍为宜，两层涂料的施工方向应相互垂直。水泥基渗透结晶型防渗涂料总用量建议控制在  $1\sim 1.5\text{ kg/m}^2$ 。当施工受限制时，可以采用干撒法，应在混凝土浇筑前 2 小时进行，用量应适当增加。

④ 养护用注意事项：水泥基渗透结晶型防水涂料应按照水泥制品的养护方法进行养护。严禁施工后干涸、脱水[4]。

### 3) 影响修复的因素

① 凿毛不够、清理不干净会造成贴合不紧，造成修复的内层脱落。

② 混凝土浇筑不均匀，存在空鼓，需要浇筑时进行均匀震动。

## 2.2. 机械损伤修复方案

1) 将原池壁、池底清理干净后分数遍浇水湿润。

2) 对清理干净后的池底和池壁病害处采用 1:2 的防渗砂浆进行找平处理，满挂钢丝网(网孔  $12\sim 20\text{ mm}$ ，丝径  $0.3\sim 0.9\text{ mm}$ )。

3) 涂刷水泥基防渗水泥砂浆(涂刷次数不小于 2 遍，总厚度不小于  $20\text{ mm}$ )。

4) 采用水泥基渗透结晶型防水涂料涂刷 2 遍作防渗处理，主要要求如下：

① 基层要求：湿润、无明水、无杂质、平整，具有一定的强度。施工面过于光滑的应打磨成粗糙面。

② 材料配制：水泥基渗透结晶型防渗涂料应用洁净水配制，一般情况下按照水泥基渗透结晶型防渗涂料粉料:水 =  $1:0.35\sim 0.5$  配制，若基层过于干燥，可适用量多加水；当基层有慢渗情况时，应在此基础上少加水，建议采用电动搅拌。

③ 施工方法：可采用刮板刮涂、毛刷涂覆、抹子抹涂等多种方法进行：水泥基渗透结晶型防渗涂料一遍用量为  $0.5\sim 0.8\text{ kg/m}$  以施工两遍为宜两层涂料的施工方向应相互垂直：水泥基渗透结晶型防渗涂料总用量建议控制在  $1\sim 1.5\text{ kg/m}$  (具体用量应根据国家相关技术规范及工程实际情况确定)：当施工受限制时，可以采用干撒法，应在混凝土浇筑前 2 小时进行，用量应适当增加。

④ 养护用注意事项：水泥基渗透结晶型防水涂料应按照水泥制品的养护方法进行养护，严禁施工后干涸、脱水。

基本原理：水泥基渗透结晶型防水涂料是一种刚性防水涂料，主要是由普通硅酸盐水泥，精细石英砂和多种特殊活性化学物质配而成的浅灰色末状防水材料。作用机理是水对混凝土结构内部的渗透，进入了结构表层内部孔缝中，与水泥基渗透结晶型防水涂料中游离离子反应生成了不溶于水的结晶物，结晶物在孔缝中吸水膨大，堵塞毛细孔道，使混凝土结构由表层向纵深逐渐形成一个至密的抗渗区域，与混凝土结构形成了一个整体从而大大提高了结构整体的抗渗能力[5]。

### 5) 影响修复的因素

① 清理不干净，水泥标号不够，造成贴合不紧，修复的内层脱落。

② 没有挂钢丝网，会造成大量的裂纹产生。

## 2.3. 堵漏修复方案

聚氨酯堵漏剂施工流程：基层处理→清洗→找点钻孔→安装灌浆接嘴→高压灌注聚氨酯浆料→观察→补漏→拆灌浆嘴→槽孔修补→蓄水实验→检查。

基本原理：水泥基渗透结晶型防水涂料是一种刚性防水涂料，主要是由普通硅酸盐水泥，精细石英砂和多种特殊活性化学物质配而成的浅灰色末状防水材料[5]。作用机理是水对混凝土结构内部的渗透，

进入了结构表层内部孔缝中，与水泥基渗透结晶型防水涂料中游离离子反应生成了不溶于水的结晶物，结晶物在孔缝中吸水膨大，堵塞毛细孔道，使混凝土结构由表层向纵深逐渐形成一个至密的抗渗区域，与混凝土结构形成了一个整体从而大大提高了结构整体的抗渗能力[6]。

### 3. 应用案例

#### 3.1. 页岩气水池修复

##### 3.1.1. 损伤情况

某页岩气水池在装完岩屑后损伤情况见图3，水池内壁坑洼不平，存在不同程度的损伤。



Figure 3. Damage status of a shale gas pool  
图3. 某页岩气水池损伤现状

##### 3.1.2. 修复池壁

###### 1) 清理

清理干净表面油污、灰浆、岩屑等。用钢丝刷、高压水枪清理混凝土。混凝土表面不得留有悬浮物和残渣。清理干净后分数遍浇水湿润。

###### 2) 挂网抹平

使用同等级防渗水泥砂浆找平处理。满挂钢丝网(网孔 12~20 mm，丝径 0.3~0.9 mm)。

###### 3) 涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料

采用水泥基渗透结晶型防水涂料涂刷 2 遍作防渗处理主要要求在，主要涉及内容如下：

① 基层要求：湿润、无明水、无杂质、平整，具有一定的强度。施工面过于光滑的应打磨成粗糙面。

② 材料配制：水泥基渗透结晶型防渗涂料应用清洁水配制，一般情况下按照水泥基渗透结晶型防渗涂料粉料:水 = 1:0.35~0.5 配制，若基层过于干燥，可适用量多加水；当基层有慢渗情况时，应在此基础上少加水，建议采用电动搅拌。

③ 施工方法：可采用刮板刮涂、毛刷涂覆、抹子抹涂等多种方法进行：水泥基渗透结晶型防渗涂料一遍用量为 0.5~0.8 kg/m 以施工两遍为宜两层涂料的施工方向应相互垂直：水泥基渗透结晶型防渗涂料总用量建议控制在 1~1.5 kg/m<sup>2</sup>；当施工受限制时，可以采用干撒法，应在混凝土浇筑前 2 小时进行，用量应适当增加[7]。

###### 4) 养护

12 小时后，开始喷洒雾状的水养护，一般每天喷水三次，养护 1 至 2 天。严禁施工后干涸、脱水。



### 3.1.3. 蓄水试验

池壁修复完毕后进行蓄水试验, 采用清水进行, 严禁直接采用页岩气返排液试验, 某页岩气水池修复后蓄水现场试验见图 4。



Figure 4. Field photo of water storage test in a shale gas pool after restoration  
图 4. 某页岩气水池修复后蓄水试验现场照片

### 3.1.4. 堵漏

蓄水试验寻找漏点, 找到漏点后标记, 标记后主要进行一下 5 个步骤进行堵漏:

① 钻孔: 使用大功率冲击电锤等钻孔工具沿裂缝两侧交叉进行钻孔, 孔距在 25~30 cm, 钻头直径为 10~14 mm, 钻孔角度宜  $\leq 45^\circ$ , 钻孔深度  $\leq$  结构厚度的 2/3。

② 埋灌浆嘴: 在钻好的孔内安装灌浆嘴, 并用专用内六角扳手拧紧, 使针头后的膨胀螺栓胀开, 封闭裂缝表面, 但保留观测孔和泄压出气孔。

③ 浆液配置: 在一切工作准备就绪以后, 将堵漏剂按照使用说明定量缓慢倒入注浆机中, 使用时间不宜过长, 控制在 30 分钟左右, 过时以后不得使用, 必须重新配制[8]。

④ 灌浆: 使用高压灌浆机向灌浆孔(嘴)内灌注聚氨酯注浆料, 从下向上或一侧向另一侧逐步灌注, 当相邻孔或裂缝表面观测孔开始出浆后, 保持压力 10~30 s, 每个针头注入 5 分钟, 按照顺序注入一次, 观测缝中出浆情况, 再适当进行补灌。要反复多次补充灌浆, 直到灌浆的压力变化比较平缓后才停止灌浆。

⑤ 拆灌浆嘴: 灌浆完毕, 确认环氧树脂完全固化即可去掉外露的灌浆嘴。清理干净溢漏出的已固化的灌浆液[9]。

### 3.1.5. 验收

所有页岩气水池修复完成后, 均需间隔 48 小时再次蓄水验收, 无渗漏可评定为合格。

## 4. 结束语

本文提出了一种经济、快捷、应用效果好的工程应用大水池快速修复方法。采用“局部化处理、多处理流程相互结合”的方法快速处理内表面机械损伤, 对大容量水池的渗漏点进行快速堵漏。充分响应了企业“提质增效”的号召, 该修补方法工期为新建水池的六分之一, 与新建同容量水池相比节约费用约 95%。充分迎合了页岩气低成本、高效益的开发战略, 特别适合地质复杂的山区环境, 能够达到提高

大容量水池生产运行经济性、提高大容量水池利用率的效果。

### 参考文献

- [1] 重庆地质矿产研究院, 重庆华地工程勘察设计院, 杨德敏. 页岩气压裂返排液回用处理装置[P]. CN201320145527.4. 2013-09-18.
- [2] 罗整, 李金和, 温杰. 无基坑气体钻井技术在页岩气区块的应用[J]. 钻采工艺, 2016, 39(1): 13-15.
- [3] 成都科特柯本科技有限公司. 一种页岩气压裂返排液耦合膜分离设备及分离方法[P]. CN201510377988.8. 2015-11-11.
- [4] 四川华洁嘉业环保科技有限公司. 一种油基岩屑预处理搅拌装置[P]. CN202020940177.0. 2021-01-01.
- [5] 程文华. 油性及水性聚氨酯堵漏剂混合在堵漏中的应用[J]. 山西建筑, 2014(19): 117-117, 118.
- [6] 杜耀进, 吕步逸, 金探宇, 等. “水溶性聚氨酯堵漏剂”高压灌注堵漏施工技术[J]. 浙江建筑, 2010, 27(5): 52-54, 57.
- [7] 黄以昭. TZS 水溶性聚氨酯堵漏剂[J]. 建材工业信息, 2003(1): 23.
- [8] 杨文武, 董福琳, 曹永民. 聚氨酯快速堵漏灌浆剂的研制[J]. 新型建筑材料, 2001(8): 18-20.
- [9] 李翠玲, 蒋冬阳, 蒋学行. 无溶剂聚氨酯灌浆材料的制备及性能[J]. 弹性体, 2021, 31(6): 55-58.