

# PVC-U 塑料供水管井施工问题处理及关键技术

陈莹<sup>1,2</sup>, 卢予北<sup>1,2</sup>

(1. 河南省地质矿产勘查开发局第二水文地质工程地质队, 河南 郑州 450053;

2. 河南省大陆地质与科学钻探工程技术研究中心, 河南 郑州 450053)

**摘要:** PVC-U 塑料井管是一种新型供水管井成井管材, 可广泛应用于地下水资源和浅层地热能开发工程中。与传统金属井管材料相比, PVC-U 塑料井管具有不腐蚀结垢、使用寿命长、工人劳动强度低等优点, 但其强度较弱, 在成井过程中由于多种原因极易出现井管下入困难、井管爆裂等问题, 从而影响着新型成井材料的推广和应用。本文对 PVC-U 塑料井管成井过程中常见问题和解决措施进行了分析和论述, 为今后 PVC-U 塑料井管的推广应用提供了有益的借鉴。

**关键词:** PVC-U 塑料井管; 供水管井; 处理技术

**中图分类号:** Tu991.12

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-7428 (2009) S1-0177-05

PVC-U 塑料井管是一种新型的供水管井成井材料, 具有“质量轻、不腐蚀结垢、无污染、节能减排、成井速度快、劳动强度低”等特点。特别是不腐蚀结垢特性, 解决了传统金属井管由于严重腐蚀而带来的供水管井使用寿命缩减、出水量降低、水质受到污染等问题, 图 1 为不同过滤管 (桥式过滤管、不锈钢梯形丝过滤管和 PVC-U 塑料过滤管) 腐蚀结垢试验的对比照片, 图 2 为常用的桥式过滤管在 30 天常温水中的腐蚀结垢情况。

目前, 在许多发达国家和非洲 70%~80% 的供水井均采用 PVC-U 塑料井管成井。我国自 20 世纪 70 年代就开始应用 PVC-U 塑料井管, 但是, 由于当时的生产条件、成井技术水平和人们观念等问题, 导致该项技术停滞。其中主要原因是: PVC-U 塑料管成井时下入困难和井管爆裂问题。图 3 为某地热井施工时, 因为井下泥浆密度过大, 过滤器被泥浆全部堵塞, 造成井管内外负压过大, 导致金属井管和过滤器挤毁事故。

2008 年 7 月在郑州组织实施了 2 眼井深分别为 400m、437m 全塑料供水示范管井的设计与施工, 并将其成果分别推广应用到浅层地热能开发管



图 1 不同过滤管腐蚀结垢试验

井和抗旱灌溉管井。通过实践就 PVC-U 塑料管井施工存在的问题及解决措施进行了深入研究, 并取得了显著的成效。

## 1 PVC-U 塑料供水管井施工主要问题及原因分析

### 1.1 井管下入困难

在成井过程中, 造成 PVC-U 塑料井管下入困

收稿日期: 2009-08-30

**作者简介:** 陈莹 (1981-), 女 (汉族), 河北唐山人, 钻井工程专业, 工学硕士, 从事深部钻探、水文水井钻探、浅层地热能开发技术工作, 河南省郑州市南阳路 56 号, chenying-1001@163.com; 卢予北 (1964-), 男 (汉族), 河北平山人, 河南省地质矿产勘查开发局第二水文地质工程地质队副队长兼钻探总工程师、地热工程研究院院长, 河南省大陆地质与科学钻探工程技术研究中心主任, 教授级高级工程师, 地质工程专业, 工学硕士, 河南省学术技术带头人 (省级 555 人才), 从事深部钻探、地热资源勘探、浅层地热能开发与水文水井钻探工程技术研究与管理工作。

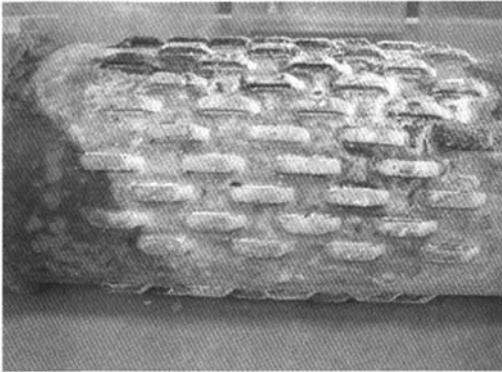


图2 金属桥式过滤管腐蚀结垢情况 (30天)

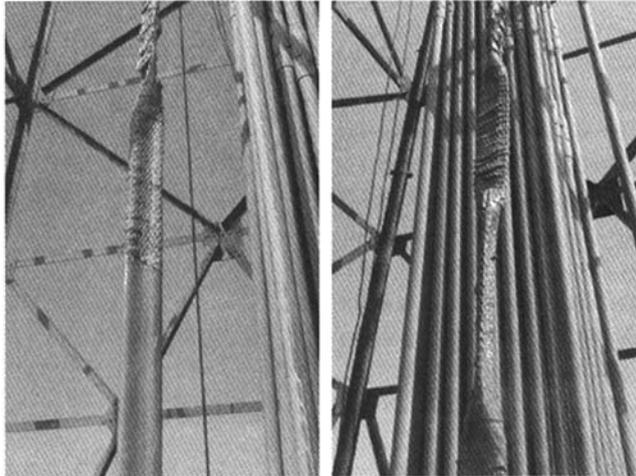


图3 被挤毁的金属井管和桥式过滤器

难的主要原因是由于 PVC-U 塑料井管密度低, 仅  $1400\text{kg}/\text{m}^3$ 。如果井内泥浆密度过高, 有时高达  $1600\text{kg}/\text{m}^3$ , 在下管过程中, PVC-U 塑料井管受浮力较大, 很难靠自重下入井内。特别是当井深超过  $100\text{m}$ , 泥浆性能较差的情况下, 井内自上而下静止状态泥浆的密度与井深呈线性关系。也就是说: 上部的泥浆密度较低, 下部泥浆的密度为最高, 这也就造成 PVC-U 塑料井管下入时, 随着井深的增加而愈来愈困难。

### 1.2 井管破碎爆裂

在 PVC-U 塑料管井成井过程中, 井管破碎爆裂问题最为普遍, 同时也是处理过程最为复杂的事。引起 PVC-U 井管破碎爆裂的原因有很多种,

究其根本原因就是由于人们对 PVC-U 塑料井管自身物理特性认识不够。

#### (1) 井管搬迁运输过程中的撞击挤压

在 2008 年郑州市内一眼  $437\text{m}$  PVC-U 塑料浅层地热能开发井的施工过程中, 由于缺乏经验和对 PVC-U 塑料管特性认识不足, 下管之前忽视了一根敲击声音异常的井管, 并将其下入井内, 在  $80 \sim 86\text{m}$  出现了整根井管的破碎爆裂事故。事后经分析研究得知, 该根井管在运输过程中由于长期受到车厢内一螺丝钉的撞击和挤压, 造成井管内伤, 导致该根有问题的井管下入井内后出现破碎爆裂事故。

#### (2) 下管过程中井管破碎爆裂

在 PVC-U 塑料管井成井下管过程中, 井管内

外液柱压差对井管壁的压力可以按照公式 (1) 计算:

$$P = (HP_1 - hP_2)g \quad (1)$$

式中:  $P$ ——管内外液柱压差对井管产生的压力, Pa;  $H$ ——管外液柱高度, m;  $h$ ——管内液柱高度, m;  $P_1$ 、 $P_2$ ——管内外液体密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

PVC-U 塑料管井下管过程中, 管内外液体均为同种泥浆, 密度基本一致, 从数项 PVC-U 塑料管井施工案例总结得出, 推荐下管过程中, 泥浆密度应尽可能降至最低, 最大不得超过  $1100\text{kg}/\text{m}^3$ , 表 1 为某一 PVC-U 塑料管井成井过程中, 不同井管内外液柱压差条件下井管壁所受的压力的计算值。

表 1 不同井管内外液面差对井壁的压力值

| 井管内外液面差/m | 0 | 50   | 100 | 150  | 200 | 250  | 300 | 350  |
|-----------|---|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 压力/MPa    | 0 | 0.55 | 1.1 | 1.65 | 2.2 | 2.75 | 3.3 | 3.85 |

由公式 (1) 和表 1 可以看出, 在下管过程中 PVC-U 塑料管内外液面差情况下, 井管内外液面差越大, 该井管所受的外压力就越大, 反之亦然, 井管内外液面差与管壁所受到的压力呈线性关系。当井管所受的压力超过井管的极限荷载时, 井管极易出现破碎爆裂事故。

### (3) 投砾过程中的井管破碎

在砾料投入井内过程中以及砾料全部投完后, 井管壁将会受到来自砾料的侧向压力, 一旦该侧向压力超过 PVC-U 井管壁所能承受的侧向荷载极限时, PVC-U 塑料井管壁就会产生破损或破碎现象。在投放砾料过程中, 如果施工者投砾速度过快, 砾料会高频度的撞击 PVC-U 井管壁, 或者出现大量砾料“架桥”现象, 当砾料大量聚集, 达到一定重力后突然坍塌有可能造成 PVC-U 井管冲击破碎。

### (4) 洗井、抽水过程中出现的井管爆裂

投砾结束之后, PVC-U 井管外壁与砾料结束, 当开始洗井和抽水时, PVC-U 井管外壁将受到砾料产生的侧向压力, 此时井内将产生负压, 下部承受最大压力。此过程中砾料对井管外壁产生的压力可以按照公式 (2) 计算。

$$P = \Sigma \left( \frac{u}{1-u} \right) gPH \quad (2)$$

式中:  $P$ ——砾料对井管外壁压力, Pa;  $u$ ——侧向土压力系数, 可以按照砂的侧向土压力取,  $u = 0.4$ ;  $P$ ——砾料密度,  $1750\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $g$ ——重力加速度;  $H$ ——井管内计算断面所在的深度, m。

由 (2) 式可以看出, 下管投完砾料之后, 砾料对井管产生的压力呈线性关系, 其中井管下部承受压力最大, 上部最小。表 2 为投砾及洗井抽水后, 井管壁在水位下降井段所受的压力值。因此, 在洗井抽水过程中, PVC-U 井管壁所受到的压力不得大于 PVC-U 井管壁的承受能力, 否则就会出现井管壁的爆裂事故。

表 2 洗井抽水过程中砾料对 PVC-U 井管壁产生的压力值

| 水位下降深度/m | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 压力/MPa   | 0.117 | 0.234 | 0.351 | 0.468 | 0.585 | 0.702 | 0.819 | 0.936 |

## 2 PVC-U 塑料管井常见问题处理技术

### 2.1 PVC-U 塑料管下入困难解决措施

PVC-U 塑料管下入困难主要是因为井内泥浆密度过大造成的。所以, 当遇到这种问题时, 首先将井内的泥浆尽可能地置换成低密度泥浆。当井内泥浆密度小于  $1100\text{kg}/\text{m}^3$  时, PVC-U 塑料管在 500m 内深度情况下完全可以靠自重正常下入。同时, 为了避免该问题的出现, 在成井管柱设计时采用必要的创新和措施, 即采用“平衡法”成井工艺即可解决上述问题。

### 2.2 PVC-U 塑料井管破碎爆裂处理技术

PVC-U 塑料井管破碎爆裂是最为常见的事故。当 PVC-U 塑料井管发生破碎或爆裂时, 仅仅是某一根井管或某一段井管的局部出发生破碎爆裂事故, 其他部位不会发生破坏。国内许多施工单位出现该问题后均采用报废重新施工的途径来解决问题, 实际上, 即使出现塑料井管破碎爆裂事故是可以进行处理的, 并且比金属井管挤毁事故容易的多。图 4 为郑州第一眼 437m 示范井在投砾过程中发生的破碎爆裂事故时打捞出来的 PVC-U 塑料井管碎片。

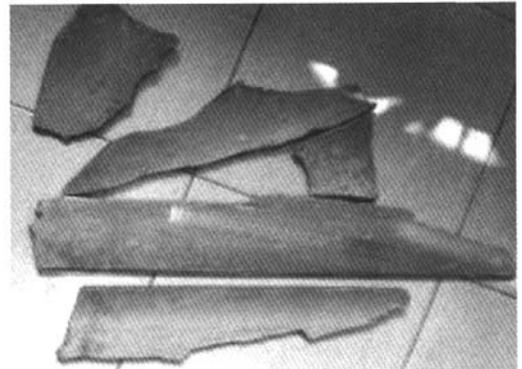


图 4 PVC-U 塑料井管爆裂碎片

PVC-U 塑料井管破碎爆裂事故处理技术为:

(1) 出现 PVC-U 塑料井管破碎爆裂事故后立即停止当前工作, 提高泥浆密度。破碎地层如在细砂或砂质粘土层, 泥浆密度要提升至  $1180\text{kg}/\text{m}^3$  左右。

(2) 采用打捞筒将落入井内的较大井管碎片打捞出来, 同时开泵, 冲洗井内坍塌的泥砂以及打捞筒捞不上来的井管碎片。如井内碎片较多且打捞



图5 PVC-U 塑料管井破碎爆裂事故处理中采用的补管上端密封装置和挂口

筒又打捞不上来的时候，可以将打捞筒底部镶焊硬质合金，可以一边破碎研磨井管碎片，并使其随泥浆循环至地面。

(3) 井管碎片打捞完毕后，选择比破碎爆裂井管小一级的 PVC-U 井管或钢管，将其下入井管破碎爆裂处，利用普通和膨胀橡胶密封。图 5 为 PVC-U 塑料管井破碎爆裂事故处理过程中补管（金属井管）上端密封装置和挂口。

### 3 PVC-U 塑料供水管成井关键技术点

#### 3.1 成井 PVC-U 塑料管柱设计

在所有井管下管过程中，如果出现井管内外压差较大时极易造成井管挤毁破碎事故，特别是自身强度较低的 PVC-U 塑料井管。所以，当 PVC-U 塑料井管内外压差相差 80m 左右时，就存在着井管爆裂的危险。为了解决这一问题，在成井管柱结构设计上要重点考虑保证井管内外泥浆畅通，消除过大负压。图 6 所示为推荐 PVC-U 塑料管柱结构简图。进浆孔是为了保证井管壁内外泥浆通畅，避免井管内外泥浆液面差过高导致井管壁受负压作用产生井管破碎爆裂事故。一般进浆孔是在下管之前在最底部的 PVC-U 井壁上事先钻出数个 5 ~ 15mm 直径的圆孔，保证井管内外泥浆畅通。

#### 3.2 “平衡压力法”成井工艺

“平衡压力法”成井工艺是在下管过程中每下入一根井管，派专人观察井管内外泥浆液面差的变化，并备好管线和泥浆泵，一旦出现井管内外泥浆液面差过大时，立即向井管内或井管外补充泥浆，

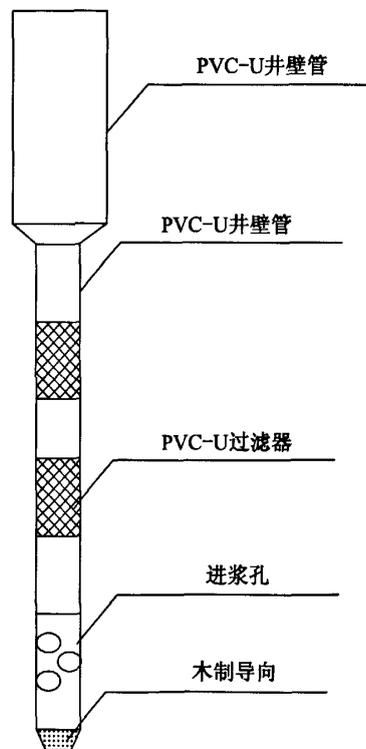


图6 PVC-U 塑料管柱结构简图

保证井管内外液面一致。避免由于井管内外液面差过高导致的井管下入困难或井管破碎爆裂事故。

PVC-U 塑料井管下管要将井内泥浆控制在 1050kg/m<sup>3</sup> 左右。

### 3.3 投砾速度控制

PVC-U 塑料井管最大的缺点就是抗冲击能力较差,在投砾过程中,一定要控制投砾速度,保证井管的安全性。在投砾过程中,建议采用动水投砾,一般一个人用铁锹投放即可。如果砾料出现“架桥”现象,立即停止投砾,避免出现大量架桥砾料瞬间塌入井内,使 PVC-U 井壁管受到冲击而破碎。为了避免砾料发生“架桥”现象,根据多项 PVC-U 塑料供水管井施工经验,井管与孔壁之间的间隙大于 100mm 时,投砾过程井管处于安全状态。

在 PVC-U 塑料管井施工过程中,投砾工序出现井壁管破碎的事故较为常见,因此一定要严格控制投砾速度,不得贪快。

### 3.4 洗井抽水降深控制

在洗井或抽水初期,由于泥浆作用地层没有完全打开,用水泵抽水洗井时,井内水位会急剧下降。若不及时采取相应措施,管内将产生负压,引起井壁管的爆裂。

在洗井方式上,推荐采用空压机洗井,严禁采用二氧化碳洗井方法。采用潜水泵洗井或抽水时,要及时观察井内水位,当水位降深较大时,要及时在井口向井内回灌清水,保证负压不能过大。

通过多项 PVC-U 塑料管井施工案例来看,采用“吊泵”的技术方法可以有效地控制水位降深,避免由于降深过大导致井壁管爆裂事故。“吊泵”技术方法即把水泵下入较浅的位置,水位下降到泵头位置时出现断流或吊泵现象。这种方法虽然会降低洗井速度,但可以充分保证 PVC-U 塑料井壁管的安全性。根据经验,井内降深小于 80m 时,

PVC-U 塑料井壁管较为安全。

## 4 结论

PVC-U 塑料井管是一种新型成井材料,具有不腐蚀结垢、使用寿命长、对水质无污染等特性,被国外多数国家作为供水管井成井管材的首选。但由于目前该种井管在国内使用 PVC-U 塑料井管作为成井材料的工程案例并不多见,在施工过程中可借鉴的经验不多,这就致使 PVC-U 塑料井管推广应用严重滞后。本文通过多项 PVC-U 塑料供水管井的施工过程,从中总结出了几种在施工过程中常见的 PVC-U 塑料供水管井成井过程中易出现的事故,并提出了事故预防措施及一些事故的处理措施,将事故造成的经济损失降至最低。随着 PVC-U 塑料供水管井工程施工工艺的不断进步,PVC-U 塑料井管的成井工艺将逐渐走向成熟,为该种新型、优良的成井材料在全国范围内的推广做出应有贡献。

### 参考文献:

- [1] 卢予北. PVC-U 塑料管在浅层地热能 and 地下水资源开发工程中应用于研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,(11).
- [2] 卢予北. 国家级一孔多层地下水示范监测井钻探技术与研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,(3).
- [3] 屠厚泽. 钻探工程学——水文水井钻探及工程钻探[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1987.
- [4] 彭康珍. 新型塑料建材[M]. 广东:广东科技出版社,1997.