

# 北京北苑地区洼里砾岩地层地热井钻井技术

秦 沛, 秦俊生, 郑国海

(北京市地质工程设计研究院, 北京 密云 101500)

**摘 要** 洼里砾岩地层是北京洼里地区一种特殊的砾岩地层。分析了其地质特征、成因及对钻探施工的影响, 介绍了在此地区施工的 3 眼地热井所采用的钻井设备及工艺、钻进中存在的困难及采取的措施。

**关键词** 洼里砾岩 地热井 钻探工艺 钻具损坏 井斜

**中图分类号** TE249 **文献标识码** B **文章编号** 1672-7428(2005)12-0043-03

**Geothermy Well Drilling Technology in Conglomerate Rocks/QIN Pei, QIN Jun-sheng, ZHENG Guo-hai** (Beijing Geology Engineering Design Institue, Miyun Beijing 101500, China)

**Abstract** : Wali conglomerate rocks are special formations distributed in Beijing Wali Area. The characteristics of Conglomerate, contributing factors and their effects to drilling were analyzed. The drilling equipment, drilling techniques, difficulties existing in drilling and countermeasures which were used in three geothermy well in Beijing were introduced.

**Key words** : Wali conglomerate rocks ; geothermy well ; drilling techniques ; drilling tool damage ; well deviation

2000 年 9 月至 2004 年 8 月, 受北辰集团委托, 我院为其绿色家园成功的钻凿了 3 眼井深 600 ~ 3700 m 的地热井, 该 3 眼地热井的建成, 不仅可解决 4 ~ 5 万居民的洗浴、生活热水、游泳娱乐, 还大大减轻了对当地的环境污染, 其经济意义和社会意义不言而喻, 对于地质科技和钻井工艺技术实践来讲, 由于钻穿了北京地区号称“难以攻破的堡垒——洼里砾岩”, 其意义更为深远。其一, 进一步认识了洼里砾岩的地质特征, 从而可对其成因作进一步的探讨; 其二, 从钻井实践中总结出一套对付该岩层的钻进方法。

洼里砾岩地层是北京洼里地区一种特殊的砾岩地层, 由于其结构成分的特殊性, 可钻性极差, 该区以往钻井施工中, 多因无法钻穿该层而造成报废, 或难以达到理想的效果, 从而被称为“钻探禁区”。本工程成功地钻穿了洼里砾岩地层, 取得了理想的地质成果, 并摸索出了一套较好的钻井工艺, 本文就有关地质、钻井情况予以介绍。

## 1 洼里砾岩地质情况

### 1.1 洼里砾岩的地质特征

所谓洼里砾岩, 是指分布于北京北苑地区洼里村一带, 南至亚运村, 北至立水桥, 西临清河, 东到来广营这一小区域范围内, 在侏罗系火山沉积岩中出

现的一套特殊岩层, 一般呈层状产出, 多为 1 ~ 3 层, 其厚度从几米至数百米不等。

洼里砾岩多呈深灰色、紫红色、淡绿色、灰绿色等, 主要成分为白云质灰岩、燧石条带白云岩、石英岩、安山凝灰岩等, 角砾大小不一, 分选性差, 一般从几毫米至四五十毫米, 呈棱角状、半磨圆状等形态, 相互挤压, 镶嵌在一起。洼里砾岩的胶结物为钙质、泥质和硅质, 砾岩普遍存在绿泥石化、绿帘石化、硅化等蚀变。

### 1.2 洼里砾岩的成因

前人对洼里砾岩的成因有多种解释, 但主流说法为构造岩, 根据北苑地区钻凿的 3 眼地热井中收集到的第一手材料, 结合历史资料进行综合分析认为, 洼里砾岩具有成层性, 个别层位最大厚度可达 400 余米, 砾岩中的燧石条带白云岩多呈半磨圆状, 显然经过了流水搬运过程, 另外砾石分选差、成分杂, 说明搬运距离较近。综合上述, 我们认为, 洼里砾岩是由早期的构造活动(九龙山向斜和八宝山断裂)把深部蓟县系雾迷山组地层推覆于石炭—二叠系之上, 经风化、剥蚀和搬运, 在新形成的凹陷盆地底部迅速堆积下来, 洼里砾岩层之间的安山质凝灰岩则是其间火山喷发作用的产物, 为此, 厚度巨大的洼里砾岩即在沉积盆地中生成。

### 1.3 从钻探工艺上看“洼里砾岩”

收稿日期 2005-11-09

**作者简介** 秦沛(1963-), 男(汉族), 甘肃镇原人, 北京市地质工程设计研究院总工程师, 探矿工程专业, 从事地质工程施工管理工作, 北京市密云县滨河路 46 号 秦俊生(1970-), 男(汉族), 安徽来安人, 北京市地质工程设计研究院副院长, 钻探工程专业, 从事地质工程生产管理工作 郑国海(1952-), 男(汉族), 北京密云人, 北京市地质工程设计研究院高级工程师, 地矿勘查专业, 从事地热开发施工技术工作。

(1) 洼里砾岩分选性差,大小不均,软硬不均,造成严重‘跳钻’,钻具在长期‘跳钻’的情况下极易疲劳而断折,致使下部钻铤和钻杆等钻具多次折断和脱落于孔内,引发大量孔内事故。

(2) 洼里砾岩有强烈硅化现象,且砾石中有部分石英岩,硬度较大,增大研磨程度,使钻头消耗增加。

(3) 洼里砾岩钻进,钻压过大易形成井内钻具非正常破坏和井斜加大,钻压小则易形成‘跳钻’引发孔内事故。转速高使井内钻具离心力加大,钻具非正常磨损加大,低转速影响钻进时效。合理的钻进参数很难掌握。

洼里地区以往钻井中,因洼里砾岩地层钻井困难,井深仅达几百米,个别井深在 2000 m 左右,因而难以获取高温、大流量地热水资源。

## 2 施工工艺

### 2.1 井身结构

根据勘察报告及地层特点,确定井身结构为四开(详见表 1)。

| 表 1 井身结构参数表 |             |           |             |          |                 |            |
|-------------|-------------|-----------|-------------|----------|-----------------|------------|
| 钻井<br>序列    | 井眼直<br>径/mm | 深度<br>/m  | 套管直<br>径/mm | 下深<br>/m | 与上层套管<br>重叠长度/m | 水泥返<br>高/m |
| 一开          | 445         | 300       | 340         | 300      |                 | 地面         |
| 二开          | 311         | 1300      | 245         | 1300     | ≥30             | ≥500       |
| 三开          | 216         | 2800~3000 | 178         | 3000     | ≥30             | ≥500       |
| 四开          | 152         | 3600~3700 |             |          |                 | 裸眼         |

### 2.2 钻井设备

根据井身结构特点,一般选用施工能力在 3500 m 以上的石油或水井钻机,排量≥50 L/s,额定泵压≥30 MPa 的水泵,垂直空间高度≥40 m 的井架,功率≥800 kW(1300PS)的柴油机。

本工程采用的主要设备见表 2。

| 表 2 主要设备配套表 |         |               |           |                      |
|-------------|---------|---------------|-----------|----------------------|
| 井号          | 钻机      | 水泵            | 柴油机       | 井架                   |
| JR-94       | ZJ-45   | SL3NB1300     | PZ12V190B | TJ300/43A            |
| JR-130      | 20B7    | 3NB8-800/200A | PZ12V190B |                      |
| JR-147      | 大庆 II 型 | 3NB8-600/200A | PZ12V190B | TJ <sub>2</sub> -41A |

### 2.3 钻具组合

洼里砾岩多在二开至三开钻进地层中,因而在二~三开钻进中,要充分注重钻具的组合,特别是加重钻铤的配备,保证 Ø203、178、159、127 mm 各种钻铤的合理配套。

### 2.4 钻进参数

通过统计总结,较合理的钻进参数见表 3。

| 表 3 钻进参数表 |           |                               |                             |            |
|-----------|-----------|-------------------------------|-----------------------------|------------|
| 钻进系列      | 钻压<br>/kN | 转数<br>/(r·min <sup>-1</sup> ) | 排量<br>/(L·s <sup>-1</sup> ) | 泵压<br>/MPa |
| 一开        | 80~140    | 36~74                         | 27~34                       | 5~13       |
| 二开        | 140~200   | 36~74                         | 28~34                       | 5~13       |
| 三开        | 120~160   | 56~74                         | 28~34                       | 8~13       |
| 四开        | 40~60     | 36~74                         | 17~20                       | 10~15      |

### 2.5 钻进液性能及配制

#### 2.5.1 钻进液性能

根据地层情况,在洼里砾岩钻进中,主要考虑携带岩屑(粉)能力和防塌、掉块能力,因而以固相泥浆为主其性能参数见表 4。

| 表 4 钻进液主要性能参数表 |                              |          |                                    |             |           |      |
|----------------|------------------------------|----------|------------------------------------|-------------|-----------|------|
| 地层             | 密度/<br>(g·cm <sup>-3</sup> ) | 粘度<br>/s | 失水量/(mL<br>·30 min <sup>-1</sup> ) | 泥饼厚<br>度/mm | 含砂量<br>/% | pH 值 |
| Q              | 1.15~1.25                    | 25~35    | <10                                | 1~2         | <3        | 8~9  |
| RJ             | 1.20~1.25                    | 25~35    | <10                                | 1           | <3        | 8~9  |
| C-P            | 1.20~1.30                    | 35~45    | <7.5                               | <1          | <2        | 8~9  |
| O              | 1.10~1.15                    | 18~25    | <7.5                               | <1          | <3        |      |

#### 2.5.2 钻井液配制、维护

开钻用峰峰黄土造浆+NaOH(0.1%)+Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(0.5%)作预水化处理,密度 1.1~1.2 kg/L,粘度 25~35 s,遇坍塌层时可以从井口添峰峰黄土达到护壁的目的。

正常钻进采用基浆稀释后,加入 KPAM(0.1%~0.2%),NPAN(0.3%~0.5%),FT-342(0.5%),钻进过程中不断补充 KPAM 和 NPAN。

及时除砂,振动筛使用大于 90%,除砂器使用大于 80%。

易坍塌地层钻进时,钻井液中 FT-342 含量不低于 2%。

### 3 钻遇的洼里砾岩地层工作量统计

上述三开中,共钻遇洼里砾岩 1177 m,其层厚从南往北逐渐变薄,埋深变浅(见表 5)。

| 表 5 洼里砾岩工作量统计表 |                                        |           |
|----------------|----------------------------------------|-----------|
| 井号             | 层位<br>/m                               | 总厚度<br>/m |
| JR-94          | 895~1327,1361~1415,1479~1533,2143~2319 | 712       |
| JR-130         | 645~660,1205~1365,2130~2205            | 240       |
| JR-147         | 485~530,1190~1285,1370~1435,1680~1700  | 225       |

### 4 洼里砾岩钻进的主要困难和处理措施

#### 4.1 钻进的主要困难

4.1.1 钻具损坏严重

自二开 385 m 进入侏罗系,地层岩性主要为灰绿色洼里砾岩、紫红色安山岩、暗红色凝灰质角砾岩、凝灰质砂岩等。该段地层岩石胶结好,致密坚硬,可钻性差,钻头易于磨损,进尺缓慢。

洼里砾岩砾石均为碳酸盐岩角砾,钙质胶结,砾石硬度大于胶结物,造成地层软硬不均,砾石脱离其胶结物以后,在孔底位置不稳定,导致钻进中发生严重的“跳钻”现象。“跳钻”导致井内钻具在回转的情况下极易疲劳而折断,致使下部钻具脱落于井内。

本次施工钻遇洼里砾岩总厚度达 1177 m,先后发生钻铤折断事故 30 余起,占用了大量的钻井时间。由于措施得当大都在 48 h 内处理完毕。但造成了大量的钻杆、钻铤、钻头和减震器损坏和报废。

4.1.2 降低钻头使用寿命

钻头在碎岩过程中受冲击振动作用,使钻头非正常破坏严重,崩齿、掉牙轮较多,钻头寿命偏低。

4.1.3 引发机械事故

由于洼里砾岩的不均匀性导致“跳钻”,引发设备、机械事故。

4.1.4 影响钻井质量

由于地层的不均匀性导致钻具的横向摆动加大,使井斜增大。JR-94 井在 1350~1500 m 段,JR-130 井在 2100~2200 m 段,JR-147 井在 1150~1250 m 和 1750~1850 m 段的洼里砾岩地层,井斜明显加大。

4.2 主要措施

4.2.1 选择合理的钻具及级配,安装相应的减振器

4.2.2 选择合理的规程参数和优质泥浆

钻压过大加大冲击力,加剧钻具破坏;钻压过小,难以有效切入岩石,降低钻速。冲洗液量大,孔内压力增加,冲击力加大;冲洗液量过小则排屑不利。转速高,振动加剧,低则影响钻效。表 3 是较合理的规程参数。

同样,泥浆的选择亦很重要。

4.2.3 及时检查、更换钻具

每钻进 100~120 m 应提钻检查钻具,密切注视井内情况,如有异常,及时提钻。

4.2.4 保持钻铤的质量和数量

通过分析统计,钻具折断大都在距井底 60~80 m 处。究其原因,主要是这段钻具受力较大,通过这段钻具后冲击力相对减小。因而应经常对井底 100 m 以内的钻铤进行详细检查并保证井内钻铤的数量。

4.2.5 钻井现场必须配备各种工具

钻井现场必须配备齐全各种打捞工具和仪器,以便井内发生事故时及时处理,防止事故恶化。平时要对工具、仪器及时清理和保养,以备急用。

5 主要成果

通过本工程施工,不但在地热空白区开发出了温度高、水量大、水质好的地热资源,同时也摸索了一套洼里砾岩钻井经验。以优质高效赢得了业主好评,主要成果见表 6。

表 6 主要成果简表

| 井号     | 完钻井深/m  | 水温/℃ | 水量/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> ) |
|--------|---------|------|---------------------------------------|
| JR-94  | 3615    | 71.6 | 1638.98                               |
| JR-130 | 3700.88 | 76   | 1505.96                               |
| JR-147 | 3602.78 | 70   | 1317.60                               |

6 结语

上述 3 眼地热井的施工,对奥运公园及洼里周边地区地热井的开发具有指导意义,也使我们突破了洼里砾岩钻探禁区。但要详细总结出一套完整的钻井规律,仍需进一步的研究。

参考文献:

[1] 柯柏林.北京“洼里砾岩”地质特征时代讨论[J].北京地质,2005,17(3).  
[2] 刘希圣,等.钻进工艺原理[M].北京:石油工业出版社,1981.  
[3] G. V. 寺林格雷,P. 沃布切.钻井和钻井液[M].北京:石油工业出版社,1987.

敬告读者:未能在当地邮局订阅 2006 年《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志的读者,可直接汇款至本刊编辑部订阅。