

钻探技术在重庆“四山”地下水监测中的应用

任良治, 邝光升, 李俊福, 罗中良, 帅松

(重庆市地质矿产勘查开发局208水文地质工程地质队, 重庆400700)

摘要: 由于隧道施工、采矿等人类工程活动的影响, 导致重庆缙云山、中梁山、铜锣山和明月山(简称“四山”)地区地下水严重疏干, 植被损毁, 直接影响到重庆都市经济圈 5473 km² 范围的生态环境。通过实施 20 个钻孔、总进尺 4646 m 的钻探工程, 进行抽水、压水试验, 对“四山”地区地下水水质、水量进行评价。应用井中电视成像仪在孔内进行连续成像, 利用编录资料及孔内成像资料, 建立三维可视化地质模型。完井后在孔内安装监测仪器, 建立长期观测站点, 在办公室电脑上, 即可实时监测地下水动态变化, 并自动生成各类图表, 为相关部门提供基础水文地质参数, 为城市规划、工程设计施工、政府决策提供第一手资料。

关键词: 钻探工程; 抽水试验; 井中电视成像; 水位监测; 水质评价; 三维建模

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)10-0145-05

Application of Drilling Technology in Groundwater Monitoring for Chongqing Mountainous Area/REN Liang-zhi, KUANG Guang-sheng, LI Jun-fu, LUO Zhong-liang, SHUAI Song (208 Hydrogeological Team under Chongqing Geological Bureau of Geology and Minerals Exploration, Chongqing 400700, China)

Abstract: The influence of the tunnel construction, mining and other human engineering activities leads to the serious drainage of groundwater in Chongqing mountainous area, vegetation destruction, which directly affects the ecological environment of the 5473km² range of Chongqing urban economic circle. Through the drilling engineering of 20 holes with total drilling footage of 4646m, pumping and water pressure tests were carried out, the evaluation of groundwater quality and quantity in the mountainous area was made. Application of wells TV instrument for continuous imaging in the hole, using the hole logging data and imaging data, established the three-dimensional geological model. Monitoring equipment installed in the hole after completion as long-term observation sites. Real-time monitoring of groundwater dynamic changes can be realized by office computer and various types of charts can be automatically generated to provide hydro-geological parameters for the relevant departments and offers first-hand information for urban planning, engineering design and construction as well as government decision making.

Key words: drilling engineering; pumping test; downhole TV; water level monitoring; water quality evaluation; 3D modeling

0 引言

分布在重庆都市经济圈 5473 km² 范围内的缙云山、中梁山、铜锣山和明月山(简称“四山”)植被茂密, 森林覆盖率高, 历来被称为重庆市的“肺叶”, 直接影响到重庆都市经济圈的生态环境。随着经济社会的发展, 高速公路、铁路、轨道交通及各种城市建设, 已经在“四山”内挖掘特长隧道达 50 余条, 拟建隧道 47 条。加之采矿及其他人类工程活动频繁, 导致“四山”地下水严重疏干, 部分地区形成地面塌陷, 植被损毁严重。在 2011—2013 年间, 中国地质调查局和重庆市政府共同出资 1.6 亿余元, 完成了《重庆都市经济圈城市地质调查》项目。该项目开

展了水工环地质调查工作, 进行了信息系统建设、三维水文地质结构模型建设。但受工作深度、精度限制, 四山区域工作程度不足, 难以满足都市经济圈水文地质模型建立和地下水水质评价需要。为此, 2015 年市级财政再次投入资金, 专门针对“四山”地区进行了水文地质补充钻探工作。其目的是要进一步研究四山岩溶地区、特别是受到人类隧道等工程活动破坏的岩溶地区, 其岩溶发育规律、发育特征并了解各含水层的水位、水量及压力等相关参数, 为工作区水文地质结构模型的建立、评价, 提供基础水文地质参数^[1]。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 任良治, 男, 汉族, 1962 年生, 教授级高级工程师, 长期从事地质灾害勘查治理、红层找水、岩溶找水钻探技术及工程管理工作, 重庆市北碚区天生劳动村 10 号, 394059446@qq.com。

1 钻孔布置及技术要求

1.1 钻孔布置

根据地质技术要求,必须按水文地质单元布设钻孔,主要针对目前受人类工程活动改造强烈的碳酸盐岩地区,每个水文地质单元不少于2个钻孔。

同时,在背、向斜轴部及断层等构造复杂部位等均需要布置控制性钻孔。根据这一原则,在“四山”的岩溶地区共布置17个钻孔,碎屑岩地层布置3个钻孔,如图1所示。

1.2 主要技术要求

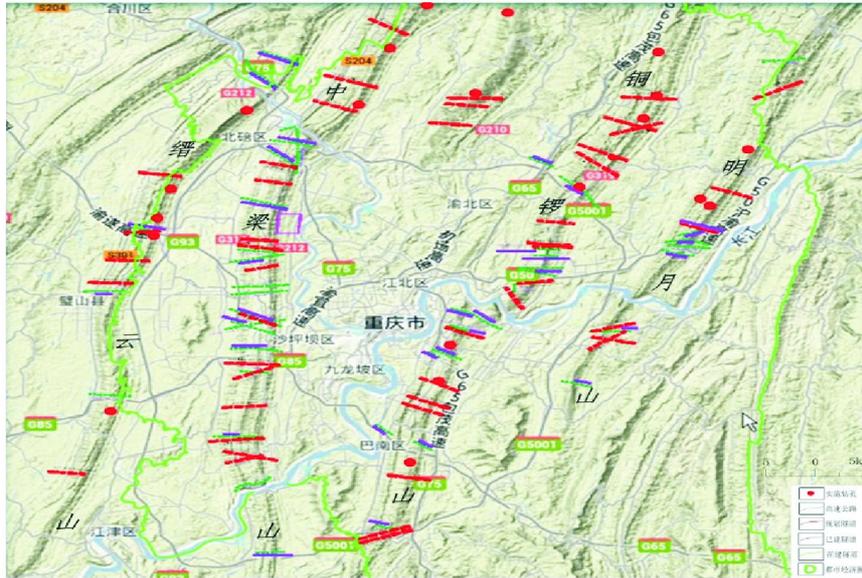


图1 “四山”钻孔布置示意图

要求开孔口径 ≤ 200 mm;终孔孔径 ≤ 110 mm。钻孔深度应达到预计隧道底标高以下不少于10 m。全孔连续取心,基岩平均采取率 $>70\%$,单层不少于 60% ;无岩心间隔不大于3 m。每100 m孔斜 $\geq 1^\circ$ 。终孔后进行分层抽、压水试验,进行全孔连续摄像,并在孔内安装监测仪器,建立长期观测站。

1.3 钻探施工难点分析

(1)根据地质要求,钻孔均布设在岩溶破碎带、构造发育带及隧道施工上方,大部分钻孔均存在井壁坍塌掉块、冲洗液漏失等现象^[2-3]。

(2)终孔后需要进行分层抽水试验,并全孔连续摄像,因此不能用泥浆钻进,只能用清水施工。

(3)地层破碎,岩心采取率要求较高。

2 钻探施工

2.1 钻探设备

主要钻探设备见表1。

2.2 钻进措施

2.2.1 钻进方法及技术参数

用常规硬质合金钻头钻穿第四系表土层至完整基岩3 m左右,下好 $\varnothing 219$ mm井口管,并用水泥进行

表1 主要设备机具

序号	名称	型号	数量	主要性能	用途
1	钻机	XY-2	3台	钻深300 m	<200 m 钻孔施工
2	钻机	XY-4	2台	钻深1000 m	>200 m 钻孔施工
3	水泵	BW250-50	5台	250 L/min	钻孔冲洗
4	单动双管钻具	$\varnothing 130/110$	5套	提高破碎带采取率	破碎带取心取样,配金刚石钻头
5	孕镶金刚石钻头	$\varnothing 130 \sim 110$	50个	高效	提高钻进效率
6	井中电视成像仪	JKX-3	1套	连续成像	获取井内图像

永久性止水。止水效果检查合格后,用金刚石单管钻进并取心,以提高钻进效率。岩层破碎,取心困难时,换用金刚石单动双管钻进,卡簧取心,保证岩心岩样的采取率。钻进中严格控制回次进尺,破碎带控制在每回次0.8 m以内,完整基岩控制在每回次1~1.2 m以内。

全部用清水钻进,在轻微漏失井段,泵量选择30~60 L/min,如漏失严重影响排出岩粉时,适当加大泵量。转速为300~500 r/min,压力为14~16 kN^[4-8]。

2.2.2 钻进中遇到的问题及处理方法

在施工的17个石灰岩钻孔中,孔深50 m以深

裂隙较为发育,均有不同程度的冲洗液漏失现象。由于不能使用泥浆,也不能采取堵漏措施,每回次均加带取粉管,并适当加大泵量顶漏钻进。当孔内岩粉沉积较多,下钻不能到底时,进行专门捞砂处理。

部分钻孔遇到小溶洞,溶洞内充填物较少,加长岩心管快速通过,多次捞砂后,没有影响后续钻进。一般这类钻孔岩层极为破碎,经常出现掉块现象。必须带取粉管快速通过,至完整井段后,立即下入花管护壁。ZK19 号孔在井深 50.1~54.52 m 见溶洞,充填物坍塌掉块严重,影响到下部继过钻进,采取加长岩心管并快速钻穿至下部完整井段,及时下入一根 8 m 长的“飞管”护壁^[9-10]。最后顺利钻进至 341 m 终孔。

3 井中电视成像

根据地质技术要求,所施工的 20 个监测钻孔,均要求井中全孔连续成像。其目的是要能清晰反映所揭露岩层的裂隙发育程度,裂隙延伸方向等真实状况,为下一步构建城市地下空间模型(三维可视

化地质建模)获取原始资料。

为了保证井中电视成像的清晰度,终孔后必须将带取粉管的钻具下到孔底,用清水反复冲洗钻孔,直至水清砂净。用 JKX-3 型井中电视成像仪进行全孔连续成像。图 3 为某井段井中成像截图,从图中可清晰看出该井段地层溶蚀痕迹及裂隙发育和延伸情况。

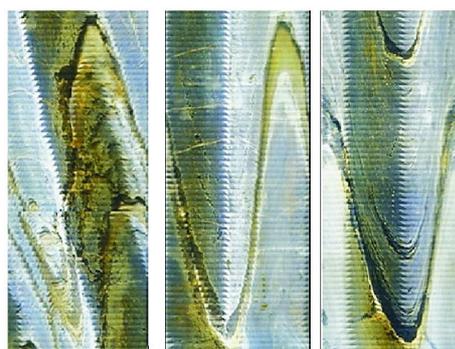


图 2 某井段井中电视成像图片

技术人员根据岩层编录资料,结合井中成像图,进行数字化处理后,按图 3 所示的方法构建城市三维可视化地质模型。

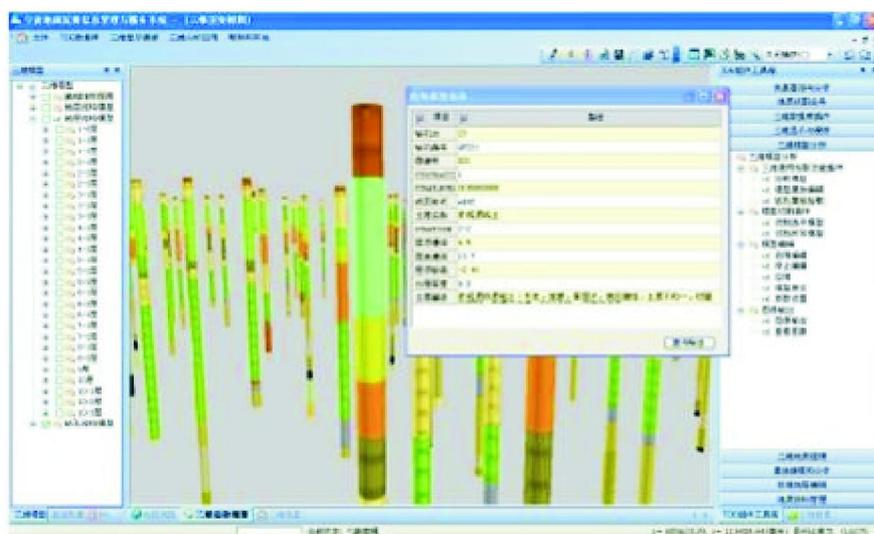


图 3 三维可视化钻孔模型拾取示例

4 钻孔水文地质试验及水质评价

每个钻孔均需进行分层抽水、分层压水试验。抽水试验结束时,由专人进行钻孔水样采集^[11]。以钻孔水样的水质检测资料为依据,按照地下水质量标准,采用单项组份评价和综合评价的方法进行水质评价。单项组份评价按标准分为 5 类,按照其所属的质量类别,确定其单项组分评价分值 F_i (见表 2)。

表 2 地下水质量分类及单项评分标准

质量类别	单项分值 F_i	适用范围
I	0	地下水化学组分含量低,适用于各种用途
II	1	地下水化学组分含量较低,适用于各种用途
III	2	适用于集中式生活饮用水水源及工农业用水
IV	6	适用于农业和部分工业用水外,适当处理后作生活饮用水
V	10	不宜作生活饮用水,其他用水可根据使用目的选用

综合评价采用加附注的评分法,即根据各单项

组分评价,按下式计算综合评价分值 F :

$$F = \sqrt{\frac{\bar{F}^2 + F_{imax}^2}{2}}$$

式中: \bar{F} ——各单项组分评分值 F_i 的平均值, $\bar{F} = (1/n) \sum_{i=1}^n F_i$; F_i ——单项组分评价分值; F_{imax} ——单项组分评价分值 F_i 中的最大值; n ——项数。

根据 F 值,按表 3 划分地下水质量等级。根据相邻和相关钻孔的水质情况,进行区域水质评价和使用建议。

表 3 地下水质量级别划分标准

级别	综合分值 F	级别	综合分值 F
优良	<0.80	较差	4.25 ~ <7.20
良好	0.80 ~ <2.50	极差	>7.20
较好	2.50 ~ <4.25		

5 监测设备安装及资料采集

根据设计要求,需在钻孔内安装远程全自动监测一体站。该自动监测站采用太阳能供电,通过 GPRS 远程无线传输,办公室电脑终端可实现定时自动采集数据、自动生成数据图表和曲线图表,并进行分析和预警预报、打印报表等^[12]。

5.1 监测设备安装

钻孔抽水试验结束后,进一步筑牢井口管并按

要求修筑井台。将传感器与读数仪连接,并设置好编号。严格按照电缆线上的标识,将水位计准确下放到预定深度^[13-14](如图 4 所示)。

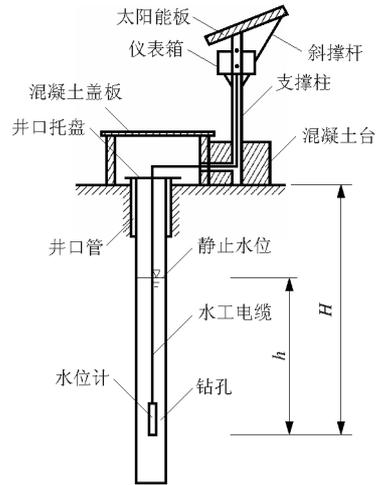


图 4 监测仪器安装示意图

5.2 数据采集

孔内监测仪器启动后,将自动记录孔内水位波动数据并生成报表和曲线图,通过 GPRS 传输到电脑中,技术人员定期在电脑上查看全部钻孔的水位波动情况,发现异常及时向有关部门报告。图 5 为电脑自动生成的某钻孔一个月水位变化曲线图,图 6 为部分钻孔水位变化报表。

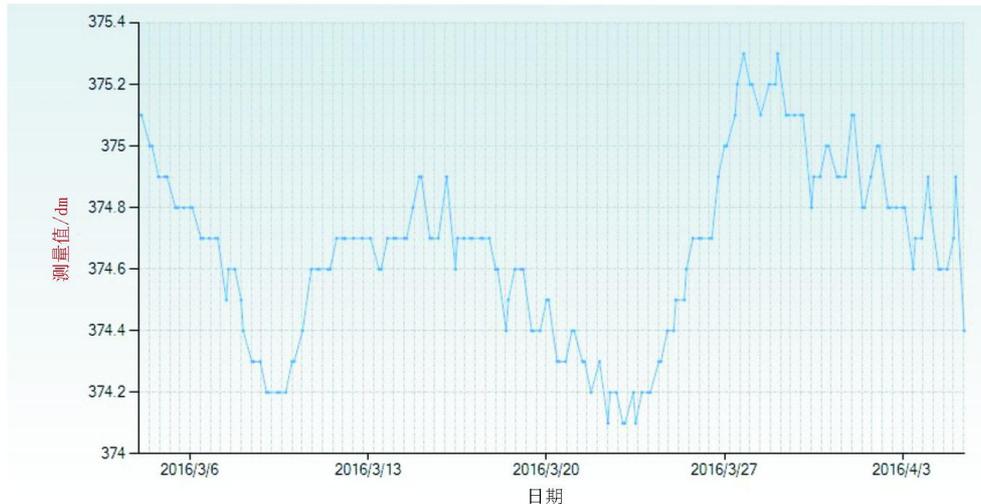


图 5 某钻孔水位变化曲线

6 结论及建议

(1)重庆都市经济圈城市地质调查“四山”水文地质补充钻探项目,共实施钻孔 20 个,总进尺 4646

m。完成了抽、压水试验 140 余次,采取水样 40 余件,孔内波速测试 2302 点,孔内电视连续成像 4646 m。安装监测设备 20 套。各项质量指标达到或超过了设计要求。

① 欢迎使用自动化web采集系统, 实现远程监测, 预警预报;

数据来源: 测里数据 | 按: 项目: 全部 | 传感器编号: []

时间从: 2015-12-16 11:36:57 | 到: 2016-06-16 11:36:57 | 查询 | 导出excel

序号	产品唯一编号	最小时间	最大时间	小时总数	记录总数	最大温度	最小温度	最大测值	最小测值	单位	测值变化值	最大频率
1	28FB611F07000090	2015/12/16 15:00:55	2016/3/8 0:01:02	1977	305	16.600	16.100	567.00	548.10	Kpa	18.90	3812.900
2	28F4BA00DA0400F5	2015/12/16 12:00:22	2016/4/5 10:00:47	2692	348	19.400	19.000	379.30	374.10	dm	2.20	2617.300
3	28F4BA00DA0400F4	2015/12/16 12:00:18	2016/6/16 10:00:45	4390	871	17.500	16.800	575.70	500.40	dm	75.30	3883.600
4	28F4B000C9040079	2015/12/16 14:00:49	2016/6/16 10:00:46	4388	702	17.400	17.000	298.50	284.30	dm	14.20	2113.900
5	28F4AA00CA0400F8	2015/12/16 12:00:34	2016/6/16 10:00:37	4390	720	17.500	16.800	555.20	540.40	dm	14.80	3757.700
6	28F4A900C80400B4	2015/12/16 14:01:30	2016/6/15 10:11:50	4364	583	18.100	17.400	744.00	386.50	dm	357.50	4958.000
7	28F4A900C80400B3	2015/12/16 14:00:50	2016/6/16 10:00:53	4388	568	20.600	18.800	435.90	194.10	dm	241.80	3004.600
8	28F4A900C80400AA	2015/12/16 12:00:42	2016/6/16 10:00:43	4390	867	18.400	17.900	221.70	0.00	dm	221.70	1622.400
9	28F48E00DF040003	2015/12/16 14:00:50	2016/6/16 10:00:46	4388	715	19.000	18.700	433.10	196.60	dm	236.50	2975.400
10	28F48E00DE0400FC	2015/12/16 14:00:50	2016/6/16 10:00:46	4388	537	19.300	19.100	581.50	525.50	dm	56.00	3932.000
11	28F48E00DE0400F9	2015/12/16 14:00:50	2016/6/16 10:00:40	4388	539	17.000	16.800	189.80	56.50	dm	133.30	1413.100
12	28F48E00DE040038	2015/12/16 12:00:34	2016/6/16 10:00:40	4390	845	17.400	17.000	522.30	427.40	dm	94.90	3551.700
13	28F48E00DE040037	2015/12/16 12:00:30	2016/6/16 10:01:05	4390	870	28.100	15.200	539.50	95.70	dm	443.80	3651.400
14	28F48E00DE04005D	2015/12/16 14:01:30	2016/6/16 10:00:44	4388	640	20.500	20.100	469.80	443.30	dm	26.50	3215.300
15	28F48E00DE04005A	2015/12/16 14:00:50	2016/6/16 12:00:53	645	107	18.600	18.400	335.60	325.60	dm	9.00	2345.200
16	28F47900DD040019	2015/12/16 14:00:43	2016/6/16 10:00:55	4388	708	19.100	18.700	384.40	369.30	dm	25.10	2724.300
17	28F47900C90400FE	2015/12/16 14:00:50	2016/6/16 10:00:54	4388	706	21.700	19.500	347.10	95.90	dm	251.20	2433.000

图 6 钻孔水位变化报表

(2)通过该项目的实施,查明了重庆都市经济圈“四山”地区地下水水质和水位波动受到隧道和采矿等人类工程活动破坏的程度。在孔内安装的监测仪器,可长期观测“四山”地区地下水位波动情况,相关部门可及时研判人类工程活动对该地区地下水造成的影响,为城市规划、区域经济规划、工程设计、市政建设提供第一手资料。

(3)采用清水钻进,终孔后反复冲洗钻孔,是保证孔内连续成像清晰度的关键。

(4)安装水位监测仪时,井口的混凝土台必须修筑牢固,仪器支撑柱必须与混凝土台整体浇筑,以防被盗或破坏。有条件时,应联系就近的老百姓协助监管。

(5)由于地层和地质条件特殊,该项目钻孔冲洗液消耗量极大,严重掉块井段只有依靠花管护壁。在不影响水样采集和井中电视成像的前提下,今后应研究采用多工艺空气反循环取心钻进、泡沫泥浆钻进工艺^[15],减少冲洗液消耗量,进一步提高采心率和钻进效率。

参考文献:

- [1] 温金梅. 重庆都市经济圈城市地质调查补充水文地质钻探竣工报告[R]. 重庆:重庆市地质矿产勘查开发局 208 水文地质工程地质队, 2015.
- [2] 罗永贵, 王红阳, 刘建华. 小秦岭金矿田北矿带厚覆盖层钻探技术难点及对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(1): 27-29, 32.

- [3] 张伟. 科学深孔复杂地层钻进技术难题与对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(9): 7-12.
- [4] 汤凤林, Чихоткин В. Ø., 高申友, 等. 关于金刚石钻进规程参数合理配合的分析研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(10): 76-80.
- [5] 罗永贵, 古世丹, 罗璇, 等. 深孔小口径金刚石钻进严重烧钻事故的预防与处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(3): 37-40.
- [6] 常江华, 凡东, 刘庆修, 等. 水平孔绳索取心钻进技术在金矿坑道勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(1): 40-43.
- [7] 赵国法, 吕新前, 熊伟. 开化外际底矿区破碎地层钻探施工及若干技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(6): 24-27, 31.
- [8] 李胜, 尹亮先, 章术, 等. Ø75 mm 双管单动采煤管在薄煤层及粉煤钻探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(6): 50-53.
- [9] 杨相茂, 彭汉华, 许华松. 破碎带取心钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(3): 33-35.
- [10] 曾令强, 张武, 李海明. 大口径深井取心钻进活动套管技术方法的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(2): 13-17.
- [11] 张家军, 雷艳. 水文地质深孔抽水试验工艺技术探索[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(5): 40-45.
- [12] 卢予北, 李艺, 陈莹, 等. 国家地下水监测井建设关键问题研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(6): 1-6.
- [13] 李小杰, 潘德元, 叶成明, 等. 国外地下水监测采样设备综述[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(12): 84-86, 83.
- [14] 潘德元. 多通道地下水监测技术应用示范[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(11): 1-4.
- [15] 许刘万, 王艳丽, 刘江, 等. 影响水井钻探效率的因素及提高钻进速度的关键技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(4): 18-21.