

## 撤稿声明

撤稿文章名: 山东某矿立井地面注浆前期压水试验分析

作者: 蔡有京, 陈 通

\* 通讯作者: 邮箱: 1598716541@qq.com

期刊名: 矿山工程 (ME)

年份: 2017

卷数: 5

期数: 4

页码 (从X页到X页): 168-174

DOI (to PDF): <https://doi.org/10.12677/me.2017.54024>

文章ID: 2890206

文章页面:

<https://www.hanspub.org/journal/PaperInformation.aspx?paperID=22474>

撤稿日期: 2017-12-04

### 撤稿原因 (可多选):

- 所有作者
- 部分作者:
- 编辑收到通知来自于
- 出版商
- 科研机构:
- 读者:
- 其他:

撤稿生效日期: 2017-12-04

### 撤稿类型 (可多选):

- 结果不实
- 实验错误
- 数据不一致
- 分析错误
- 内容有失偏颇
- 其他:
- 结果不可再得
- 未揭示可能会影响理解与结论的主要利益冲突
- 不符合道德
- 欺诈
- 编造数据
- 虚假出版
- 其他:
- 抄袭
- 自我抄袭
- 重复抄袭
- 重复发表 \*
- 侵权
- 其他法律相关:
- 编辑错误
- 操作错误
- 无效评审
- 决策错误
- 其他:
- 其他原因:

### 出版结果 (只可单选)

- 仍然有效.
- 完全无效.

### 作者行为 失误(只可单选):

- 诚信问题
- 学术不端
- 无 (不适用此条, 如编辑错误)

\* 重复发表: "出版或试图出版同一篇文章于不同期刊."

历史

作者回应:

是, 日期: yyyy-mm-dd

否

信息改正:

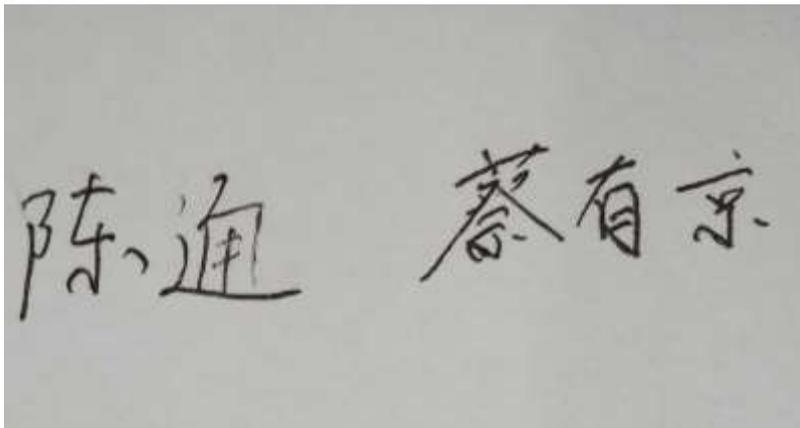
是, 日期: yyyy-mm-dd

否

说明:

“山东某矿立井地面注浆前期压水试验分析”一文刊登在 2017 年第五卷第 4 期 168-174 页上。因作者疏忽, 文章内容涉及项目工程部分数据, 在他人未知晓的情况下, 擅自投稿并发表此文, 给他人及工程造成影响, 故郑重声明撤销此稿件。根据国际出版流程, 编委会决定撤除此稿件: 蔡有京, 陈通。山东某矿立井地面注浆前期压水试验分析【J】. 矿山工程, 2017, 5 (4): 168-174. <https://doi.org/10.12677/ME.2017.54024>。并对此撤稿造成的不便致以歉意。

所有作者签名:



陈通 蔡有京

# Water Pressure Test of Ground Grouting in a Mine Shaft in Shandong

Youjing Cai, Tong Chen

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui  
Email: 1598716541@qq.com

Received: Oct. 7<sup>th</sup>, 2017; accepted: Oct. 20<sup>th</sup>, 2017; published: Oct. 26<sup>th</sup>, 2017

## Abstract

A Shandong mine shaft ground grouting consolidation before the implementation of water pressure test method through drilling, water injection pressure is applied to the test section, collects the pressure in a certain period of time and pressure water data, according to the calculation method of flow well pressure stability, calculates formation permeability and permeability coefficient, and provides the basis for selection of grouting parameters. Data show that: 1) There is a difference of 100 m in static water level between the drillings less than 100 m away from each other. Because of the high hydraulic gradient, the water flows from east to west. So, the choice of "higher in west and lower in east" in water cement ratio of the cement slurry is made; 2) The permeability rate and the hydraulic conductivity of NO. 2 inspection hole are 1.907 Lu and 0.026 m/d respectively. The permeability rate and the hydraulic conductivity of auxiliary inspection hole are 0.193 Lu and 0.0026 m/d respectively. In consideration of the differences in permeability rate, the different grouting pressures are selected; 3) According to the empirical formula, grouting capacity of NO. 3 inspection hole is 311.447 m<sup>3</sup>.

## Keywords

Shaft Surface Grouting, Water Pressure Test, Pressure Steady Flow Well, Permeability Coefficient, Grouting Parameters

## 山东某矿立井地面注浆 前期压水试验分析

蔡有京, 陈 通

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南  
Email: 1598716541@qq.com

收稿日期: 2017年10月7日; 录用日期: 2017年10月20日; 发布日期: 2017年10月26日

## 摘要

山东某矿立井地面注浆加固地层实施前, 通过钻孔压水试验方法, 向试验段施加压力注入清水, 在一定时间内收集压力与压入水量的数据, 根据承压稳定流井计算方法, 求出地层渗透率和渗透系数, 为注浆参数选择提供依据。数据表明: 1) 静止水位观测相距不到100 m的钻孔, 水位相差100 m。水力坡度较大, 水体自东向西流动, 因此水泥浆的水灰比选择“西稠东稀”。2) 风检2孔透水率及渗透系数为1.907 Lu、0.026 m/d, 副检孔为0.193 Lu、0.0026 m/d, 根据透水率差异选择不同注浆压力。3) 根据经验公式得出风检3孔注浆量311.447 m<sup>3</sup>。

## 关键词

立井地面注浆, 钻孔压水试验, 承压稳定流井, 渗透系数, 注浆参数

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

注浆前压水试验是立井地面注浆中必不可少的一部分, 通过试验计算出的水文参数可为后期注浆施工提供相关理论依据。90年代以来, 众多学者对压水试验进行了相关研究并取得较多研究成果, 其中: 赵宏伟通过钻孔压水试验对矿井涌水量进行预测计算, 并与之前该矿井抽水试验参数进行对比, 认为压水试验所得水文地质参数更为真实可靠[1]; 孙晓宇、袁东峰等人通过对压水试验的分析, 对压水试验计算公式进行进一步改造优化, 并为地面预注浆提供相关指导[2] [3]; 范波、罗平平对现有三种压水试验进行综合分析, 并对现有的压水试验经验公式进行分析, 总结各自不足, 并对理论公式进行简化[4]; 李念军结合相关规范与工程实践, 对压水试验相关指标选择进行系统阐述[5]。

对矿井进行地面注浆, 需要对所注岩层情况进行系统的认知。过去通过较为精确的钻孔抽水试验对岩层水文地质参数进行收集计算, 了解岩体渗透性。然而抽水试验时间长, 仅适用渗透系数较大的地层, 以及求得地质参数相比于钻孔压水试验不精确等缺点逐渐被立井地面注浆工程所抛弃[6]。由于大部分地层渗透性并不是很高, 而且压水试验所需器材相对简单, 并且可应用于地面注浆, 节约工程支出[7], 这也就使得压水试验更适用于立井地面注浆工程。

现以山东某矿立井地面注浆前期压水试验为例, 根据之前学者提出的水文地质参数经验公式[8], 将所得结果应用于注浆工程前期策划中, 为立井地面注浆提供参数依据, 并提出相关规划建议。

## 2. 工程概况

某矿采用立井开拓方式, 采用主井、副井、风井 3 个井筒进行生产。主要开采为 3 上、3 下煤层, 开采标高为: 由-600~-1200 m, 生产规模 240 万 T/a。

由于矿井投产后, 矿区工业广场内地面发生不均匀沉降, 引起井筒偏斜。本着不影响矿井生产的原則情况下, 采用地面注浆对井筒周边新生界松散层底部含水层进行地层加固, 控制井筒进一步偏斜。现于井筒旁设计 5 个试验孔, 先进行钻孔压水试验, 探明岩体透水性, 为注浆提供有效方案。5 个试验孔

孔号分别是风3孔、风2孔、风1孔、主检孔、副检孔, 5个孔孔深分别为主检孔 559.45 m、副检孔 568.63 m、风检1孔 551.18 m、风检2孔 574.37 m, 风检3孔 568.42 m。五个孔均揭露基岩风化带试验孔平面位置见图 1。

### 3. 工程水文地质概况

该矿地势较为平坦, 属于黄河平原地带, 西部略高于东部。矿区地表除东北部出露泰山群、寒武系、奥陶系外, 其余均被第四系覆盖, 由于喜马拉雅造山运动形成 560~580 m 的巨厚新生界松散层。新生界松散含水层通过钻孔揭露, 根据岩性和水文地质参数将含水层划分两层, 分别是第四系含水层和两段新近系含水层。

第四系地层为粘土与细砂构成, 作为含水材质的砂质层与隔水材料的粘土相互沉积, 形成多层赋藏。厚度为 100.70~156.40 m, 与下伏地层不整合接触, 东部较薄, 西部较厚。另外上部地表水系丰富, 与第四系含水层有水力联系, 并且接受大气降水补给。

新近系含水层为粘土与砂砾构成, 上段含水层厚 91.80~385.60 m, 砂层松散且厚度小, 砂层仅占该段地层 35.01%, 为强富水性松散孔隙承压含水层。下段为半固结状厚层粘土和黄、白色中细砂组成, 厚 85.80~229.50 m。该段含水层单位涌水量较低, 富水性较差, 属于孔隙承压含水层。

### 4. 新生界底部含水层静止水位观测

压水试验前, 对新生界松散底部含水层进行了静止水位观测, 观测数据见(表 1)。观察发现新生界含水层由东向西水位逐渐减小, 可推断含水层水流方向自东向西。水位落差过大, 相近检孔最大距离不过 90 m, 而水位落差高达 100 m, 同一含水层水力梯度过大。并且在水位观测中, 检测孔水位下降速率有快有慢, 说明同一含水层不同地方渗透系数也不相同。对底部含水层所取土样进行土工试验发现: 虽然含水层渗透系数不同, 但同一含水层比重、孔隙率基本相同。

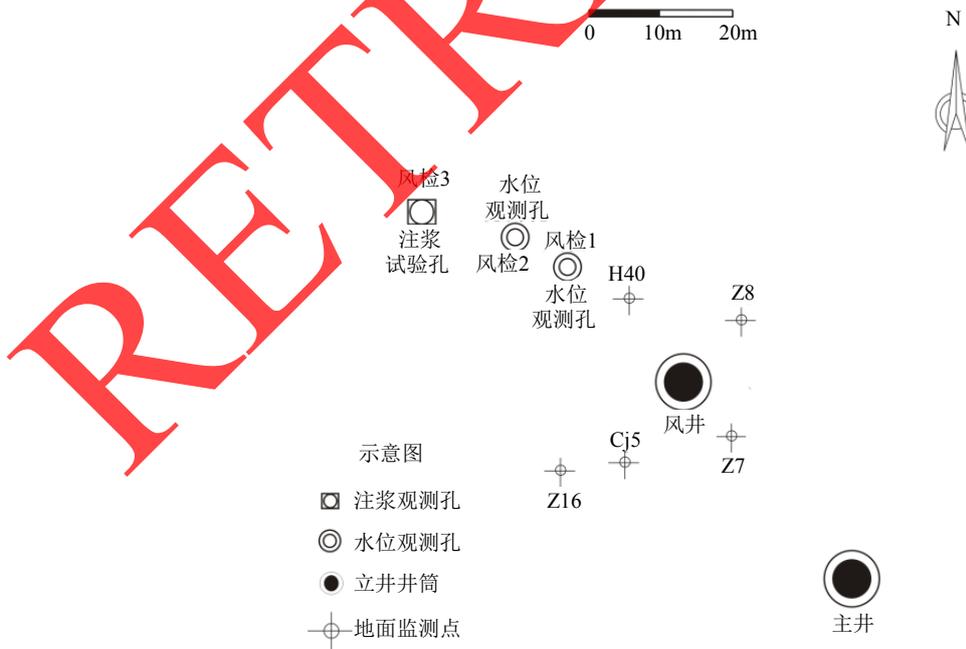


Figure 1. Plane position diagram of test hole  
图 1. 试验孔平面位置图

**Table 1.** Bottom aquifer static water level observation  
**表 1.** 松散底部含水层静止水位观测

孔号	风 1	风 2	主检孔	副检孔
水位(m)	-237.50	-145.46	-131.53	-127.61

## 5. 压水试验

钻孔压水试验通过对研究段施加一定压力注入清水, 统计试段压力和吸水流量, 根据 Darcy 定律以承压稳定流井方法计算岩体透水率和渗透系数的一种水文试验[3]。基本原理如图 2 所示。

### 5.1. 压水试验装置及步骤

本次压水试验分两次进行, 第一次压水试验检验孔为风检 1、风检 2、主检和副检孔。第二次压水试验为后期增加钻孔风检 3 孔。

本次试验采用单栓塞隔离试验段进行, 试验装置连接图见图 3 [9] [10], 压水试验相关步骤如下:

- 1) 洗孔: 对钻孔压入清水进行冲洗。
- 2) 下栓塞: 对所测试段下部放置栓塞, 对试段进行隔离。
- 3) 初始水位观测: 对压水前试段静止水位观测, 确定压力计算初始值。
- 4) 试验进行及压力与流量观测: 两次压水试验设计最大压力分别为 3 Mpa 以及 8 Mpa, 加压级数为 5 级, 第一次采用 0.5、1.0、1.5、2.2、3.0 (Mpa) 加压级数, 第二次采用 3.0、4.0、5.0、6.0、7.0 (Mpa) 级数, 当压力到达预定级数且稳定相应一段时间后, 每隔半小时对流量进行观测。
- 5) 试验资料整理及计算: 根据试验收集数据, 通过相应软件绘制 P-Q 曲线图, 计算吕荣值。

### 5.2. 水文地质参数计算

通过对各个检测孔压力与压入流量的收集, 随后计算岩石的透水率[11], 公式如下:

$$q = \frac{Q}{LP} \quad (1)$$

其中,  $q$  为试段的透水率, Lu;  $Q$  为压力阶段下的平均压入流量, L/min;  $L$  为测试段长度, m;  $P$  为该级压力, MPa。

求得各检验孔透水率分别为:  $q_{\text{风}1} = 0.94 \text{ Lu}$ ,  $q_{\text{风}2} = 1.907 \text{ Lu}$ ,  $q_{\text{风}3} = 0.94 \text{ Lu}$ ,  $q_{\text{主}} = 0.106 \text{ Lu}$ ,  $q_{\text{副}} = 0.193 \text{ Lu}$ 。

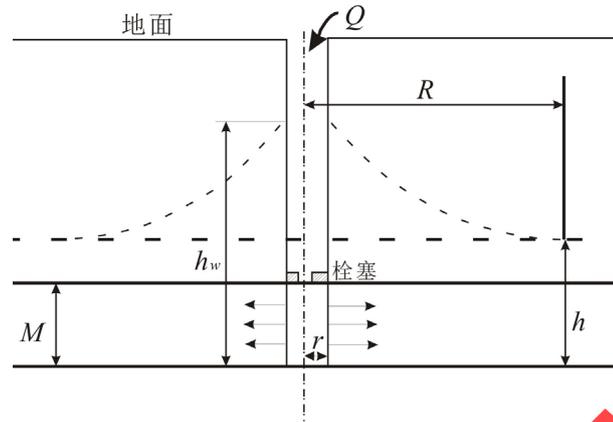
随后计算岩体渗透系数  $K$ , 由于压水试验与抽水试验原理大致相同, 只是形成了相反的漏斗曲线, 可根据承压井稳定流计算公式计算结果, 公式如下:

$$K = 0.366 \frac{Q}{M(h_w - h)} \lg \frac{R}{r} \quad (2)$$

其中,  $K$  为渗透系数, m/d;  $Q$  为压入流量, m<sup>3</sup>/d;  $M$  为承压含水层厚度, m;  $R$  为压水影响半径, m;  $r$  为钻孔半径, m。  $h_w$  为稳定后水位至含水层底板高度, m;  $h$  为静止水位至底板高度, m。

随后根据(1)式与(2)式将  $Q$  的单位换算为 L/min, 含水层厚度  $M$  改为试段长度  $L$ ,  $R = \alpha L$ , 得出渗透系数经验公式为:

$$K = 0.527 \frac{Q}{PL} \lg \frac{\alpha L}{r} \quad (3)$$



$Q$ -压水流量;  $h_w$ -含水层稳定水位至含水层底板高度;  $h$ -含水层静止水位至含水层底板高度;  $M$ -含水层厚度;  $R$ -影响半径;  $r$ -注浆孔半径。

Figure 2. Principle of borehole water pressure test  
图 2. 钻孔压水试验原理

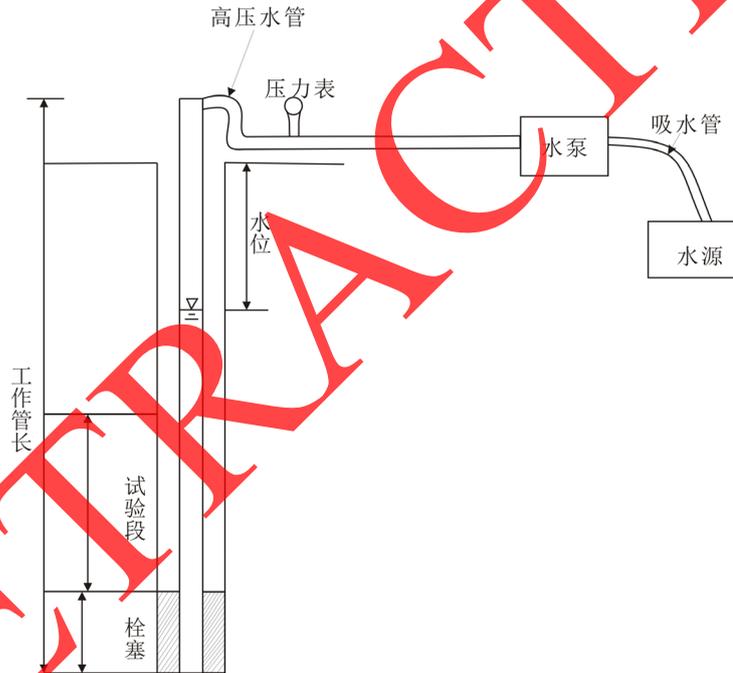


Figure 3. The connection diagram of test device  
图 3. 试验装置连接图

其中  $P$  为压力水头,  $m$ ;  $\alpha$  的系数选择当含水层厚度  $\geq L/3$  时,  $\alpha$  为 1.32; 当含水层厚度  $\leq L/3$  时,  $\alpha$  为 0.667。

根据公式求得各试验孔松散底部含水层的渗透系数分别为:  $K_{\text{风}_1} = 0.022 \text{ m/d}$ ,  $K_{\text{风}_2} = 0.026 \text{ m/d}$ ,  $K_{\text{风}_3} = 0.012 \text{ m/d}$ ,  $K_{\text{主}} = 0.00133 \text{ m/d}$ ,  $K_{\text{副}} = 0.0026 \text{ m/d}$ 。

## 6. 地面注浆规划

根据钻孔前期压水试验资料整理、参数计算以及水文资料的收集, 根据情况相应的选取适当的注浆参数, 为注浆施工提出相应规划方案, 设计方案如下:

地面注浆工程选取浆材的为单相液水泥浆, 由于水泥浆价格便宜, 方便制造成为注浆工程经常使用的材料。另外根据松散层底部含水层前期静水位观测可知该层地下水自东向西运动且水力坡度较大, 遂西边注浆选取较稠的泥浆, 而东边选择较稀的浆液, 保证注浆效果。

浆液在地层的扩散是不均匀的, 由于裂隙发育程度, 注浆的压力等一些参数影响, 因此采用“有效扩散半径”(即在该半径范围内形成较完整的注浆帷幕)来确定。根据实践资料, 工作面注浆有效扩散半径一般在 6~10 m 之间, 根据计算, 选择有效扩散半径为 8 m [12]。

以风 3 孔为例, 注浆压力根据压水试验压力参数并且综合考虑浆液的扩散距离, 井壁的侧向抗剪强度, 地下水压力等因数, 以压水试验表头最大压力值的 1.5 倍作为该孔注浆的最大表头压力, 采用最大表头压力 9 Mpa, 采用大压力一次性注浆方式, 注浆同时也需对检测孔水位进行观测, 若水位逸出井口, 即采用间断性注浆。

通过前期压水试验采集数据, 对注浆量进行估计, 根据岩石裂隙率经验公式计算注浆量[12]:

$$Q = \frac{AH\pi R^2 n\beta}{m}$$

公式中  $Q$  为浆液注入量,  $m^3$ ;  $A$  为浆液消耗系数, 一般取 1.2;  $H$  为注浆段高,  $m$ ;  $R$  为浆液有效扩散半径,  $m$ ;  $n$  为岩层扩散率, %;  $\beta$  为浆液充填系数;  $m$  为浆液给石率。

根据上述经验公式, 对注浆量进行计算:

$$Q = \frac{1.2 \times 34.44 \times 3.14 \times 8^2 \times 4\% \times 0.75}{0.80} = 311.447 m^3$$

通过计算, 风检 3 孔松散层底部含水层注浆大约需要 311.447  $m^3$  水泥浆量。

## 7. 结论

通过上述松散层底部含水层静水位观测数据、压水试验水文地质参数计算结果以及注浆量经验公式分析了解到:

1) 松散层底部含水层水流由东向西运动, 且水力梯度过大, 流速较快, 在注浆施工时需考虑对东西两侧注浆孔的水灰比进行调整。东侧注浆孔由于水流流出, 可以适当减少对东侧副井旁的注浆孔, 并选择调制水灰比较大的水泥浆材, 而西侧注浆孔, 因水流汇入, 可增加注浆孔数量, 并调制水灰比较小的浆材, 防止过稀无法形成注浆帷幕, 影响注浆效果。

2) 压水试验压力与压入流量数据观测并计算得出含水层渗透性参数, 从中可以了解到: 同一含水层, 渗透率及渗透系数相差过大, 风检 2 孔透水率及渗透系数为 1.907 Lu、0.026 m/d, 副检孔为 0.193 Lu、0.0026 m/d。二者相差十倍左右。所以风检 2 孔注浆时注浆压力可选择稍小的压力, 而副检孔因透水率较小, 可注难度增大, 需加大注浆压力, 将水泥浆注入含水层中。

3) 以注浆有效扩散半径为 8 m 为目的, 根据注浆量经验公式, 求得风检 3 孔注浆量为 311.447  $m^3$ 。在注浆真正施工时, 可以此为标准在适当范围内选取注浆量。

## 参考文献 (References)

- [1] 赵宏伟. 钻孔压水试验预测井筒涌水量的研究与实践[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(8): 100-102.
- [2] 孙晓宇, 杨红军, 董庆欢. 压水试验在大贾庄铁矿地面与注浆工程中的[J]. 现代矿业, 2016, 6(6): 11-14.
- [3] 袁东峰. 注浆孔压水试验在立井地面预注浆工程中的应用[J]. 建井技术, 2013, 34(2): 33-35.
- [4] 范波, 罗平平. 钻孔压水试验理论研究现状及展望[J]. 煤炭工程, 2010, 1: 91-93.
- [5] 李念军. 论钻孔压水试验参数选择及成果计算方法[J]. 云南水力发电, 2008, 24(1): 25-27.

- [6] 朱平. 钻孔压水试验介绍[J]. 水文地质与工程地质, 1957, 8: 20-27.
- [7] 孙建荣. 地面预注浆中压水试验的研究与应用[J]. 煤炭技术, 2014, 33(7): 115-117.
- [8] 周华群, 邵士普. 立井井筒地面预注浆效果检测的计算方法[J]. 煤炭科学技术, 2009, 37(6): 36-38.
- [9] 乔欣欣. 注水试验与压水试验在工程应用中的分析比较[J]. 价值工程, 2015, 34(33): 111-113.
- [10] DL/T 5331-2005. 水电水利工程钻孔压水试验规范[S].
- [11] 孙晓宇, 杨红军, 董庆欢. 压水试验在大贾庄铁矿地面与注浆工程中的[J]. 现代矿业, 2016, 6(6): 11-14.
- [12] 张永成. 注浆技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2012.

**期刊投稿者将享受如下服务:**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [me@hanspub.org](mailto:me@hanspub.org)

**Hans** 汉斯