

# 碳酸盐岩漏层受控压力堵漏工艺的研究与实践

夏宗清, 颜丙宏

(山东省煤田地质局第四勘探队, 山东 潍坊 261200)

**摘要:**在滇黔桂等岩溶发育地区, 钻孔漏失一直是困扰钻探施工工作的一个主要技术难题。根据多年施工经验, 指出了漏层尺寸变化范围大、连通性好、水位低、动水环境是影响碳酸盐岩漏层可堵性的主要因素, 也是使常规堵漏方法无效的根本原因。并针对常规堵漏方法在堵漏材料和堵漏工艺方面的不足, 开发了受控压力堵漏工艺, 以压力灌注、水泥浆状态控制及水泥浆扩散控制等核心技术为支撑, 大大提高了碳酸盐岩漏层堵漏成功率。

**关键词:**碳酸盐岩漏层; 钻孔漏失; 受控压力堵漏

**中图分类号:** P634.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)S1-0163-03

**Research and Practice of Controlled Pressure Sealing Technology for Leaking Layer in Carbonate** XIA Zong-qing, YAN Bing-hong (No. 4 Exploration Team of Shandong Provincial Bureau of Coal Geology, Weifang Shandong 261200, China)

**Abstract:** Borehole leaking has been a big technical difficulty in drilling construction, especially in karst Areas. The paper introduces the controlled pressure sealing technology. Based on pressure-grouting, slurry condition and mud diffusion control, success rate of leakage stoppage greatly increased.

**Key words:** leaking layer in carbonate; borehole leakage; controlled pressure sealing

碳酸盐岩地层在国内分布广泛, 在西南诸省尤为发育。以黔北地区为例, 在煤田勘探中, 碳酸盐岩地层可占非煤系地层总厚的 70% 以上, 且多呈巨厚层状, 在构造运动及地下水的双重作用下, 成为各类漏层发育的良好场所, 给钻探工程施工造成极大困难。

与碎屑岩地层中常见的裂缝型、孔隙型漏层相比, 碳酸盐岩漏层形态尺寸变化极大, 且连通性好, 影响因素众多, 常用的、在碎屑岩漏层中行之有效的堵漏方法变得难以奏效。为此, 在滇、黔、桂等岩溶发育地区, 许多施工单位往往被迫采用全漏状态下的顶漏钻进工艺, 孔内安全毫无保障, 施工成本居高不下。

我队长期在黔北地区开展煤田地质勘探工作, 针对碳酸盐岩漏层的特点及其可堵性, 做了许多有益的探索工作, 获得了一些关于碳酸盐岩漏层及其可堵性的新认识, 并以此为基础, 开发了受控压力堵漏工艺, 基本淘汰了在该区广为沿用的顶漏钻进工艺, 大幅度降低了钻孔施工风险, 效益极为显著。

## 1 关于碳酸盐岩漏层的若干认识

与碎屑岩漏层相比, 碳酸盐岩漏层具有一些明

显不同的特性, 主要表现在以下几点。

(1)“洞”和“缝”是碳酸盐岩漏层的两种基本形态, 碎屑岩地层中常见的孔隙型漏层在碳酸盐岩地层中基本不存在。

(2)碳酸盐岩漏层既可由“洞”或“缝”单独构成, 也可由两种形态复合而成, 且以后者更为常见。

(3)碳酸盐岩漏层既可在钻孔的轴向上表现为复合形态, 也可在径向上以复合形态无限延伸。

(4)碳酸盐岩具有明显的水化学活性, 地下水活动在碳酸盐岩漏层的形成及演化中扮演重要角色, 并在很大程度上影响着漏层的可堵性。

(5)碳酸盐岩漏层的可堵性不仅与漏层形态密切相关, 还与区域水文地质环境关系密切。

所以, 在探讨碳酸盐岩漏层可堵性时必须基于如下两点: 第一, 同一漏层中漏失通道的几何尺寸可在很大的范围内变化, 微米级的缝型漏层和厘米级的洞型漏层可同时存在; 第二, 碳酸盐岩具水化学活性, 地下水的溶蚀作用可使漏层孔喉结构变差, 连通性明显增强(见图 1)。

## 2 影响碳酸盐岩漏层可堵性的主要因素

碳酸盐岩漏层是构造运动和地下水双重作用的

收稿日期: 2007-05-30

作者简介: 夏宗清(1968-), 男(汉族), 山东临沂人, 山东省煤田地质局第四勘探队钻探公司经理、高级工程师, 探矿工程专业, 从事探矿工程技术与管理工作, 山东省潍坊市坊子新区凤凰大街 88 号, xzq07881@163.com。

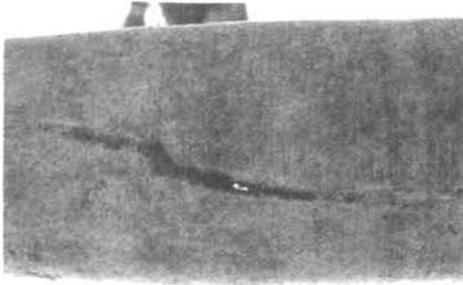


图1 溶蚀产生的缝型漏层

结果,与碎屑岩漏层相比,影响漏层可堵性的因素要复杂得多,在判断漏层可堵性及选择堵漏方法时应综合考虑以下因素。

### 2.1 漏失通道尺寸及其连通性

漏失通道尺寸及其连通性是决定漏层可堵性的首要因素。连通性良好的变尺寸复合漏层是岩溶地区钻孔堵漏的主要难题之一。

### 2.2 漏层含水性

漏层是否含水对漏层的可堵性具有重要影响。不含水的小尺寸漏层具有良好的可堵性,而含水漏层则要复杂得多,当地下水活动较强时尤其如此。

### 2.3 地下水活动的强弱

在岩溶地区,地下水活动往往比较强烈,尤其在区域侵蚀基准面较低的勘探区,含水漏层中的地下水往往具有很高的流速,使漏层处于强水环境中,降低了漏层可堵性。见图2。

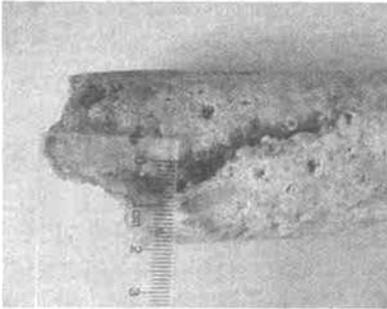


图2 受地下水改造的复合漏层

### 2.4 地下水水位

地下水水位高低是漏层水环境性质的重要内容。在一些侵蚀基准面低的勘探区,广泛发育低~特低水位碳酸盐岩漏层。总体而言,低水位削弱了漏层的可堵性,对封堵强度提出了更高的要求。比如在磨盘山勘探区(贵州·黔西),区内钻孔孔内水位普遍大于250 m,堵漏后漏层处循环压差可达6 MPa,对堵漏材料和堵漏方法提出了很高的要求。

## 2.5 漏层埋深

埋深也是影响漏层可堵性的不可忽视的因素。埋深大,不仅增加了堵漏难度,还限制了某些堵漏方法的应用,增加了堵漏工作面临的风险因素。

总之,影响碳酸盐岩漏层可堵性的因素非常复杂,岩溶地区常见的变尺寸、低水位、动水漏层对堵漏技术与工艺提出了更高的要求。

## 3 常规堵漏方法的局限性及失效原因

常规堵漏方法,如桥堵类、水泥浆类、投球类等,在云贵地区都曾尝试过,但效果普遍较差,总成功率不足10%,仅在小裂隙漏层中具有一定效果。究其原因,主要集中在:

- (1)漏层尺寸在钻孔轴向和径向上变化大,桥堵材料与漏层难以匹配;
- (2)常规水泥浆堵漏无法克服地下水干扰;
- (3)封隔层承压能力低,在低水位漏层中效果差;
- (4)常规堵漏工艺风险大,常发生吸附卡钻等恶性孔内事故;
- (5)本质上讲,在变尺寸、低水位、动水漏层条件下,常规堵漏方法的局限性突出表现在2个方面:一是堵漏材料的性状不理想,二是堵漏工艺有欠缺且风险大。

受控压力堵漏工艺正是在这2个方面实现了突破,使该工艺在碳酸盐岩漏层中取得了成功。

## 4 受控压力堵漏工艺的基本原理及其关键技术

受控压力堵漏工艺借鉴“压力灌浆技术”的基本原理,利用液态浆液漏层尺寸匹配性好、封堵强度高的特点,通过对堵漏浆材的流动状态、位置和进入漏层时的封堵压力进行实时控制,较好地解决了常规堵漏技术的一系列缺陷。该工艺包含3项关键技术。

### 4.1 压力灌注技术

利用压力灌注技术,可以实现3个方面的目的:

- (1)准确控制浆材位置;
- (2)强力挤入堵漏浆液,控制封隔层承压能力;
- (3)杜绝恶性孔内事故发生。

### 4.2 堵漏浆液状态控制技术

对堵漏浆液进入漏层时的状态进行控制,其根本目的在于提高浆材抗水能力。这一技术的关键在于堵漏浆液的配比设计,及对特定配比浆液随时间演化性质的准确了解。

#### 4.3 堵漏浆液扩散控制技术

控制浆液扩散范围,确保堵漏方法的经济效果。

上述技术方法的组合使用,使受控压力堵漏工艺在碳酸盐岩漏层中的堵漏成功率大为提高,很大程度上解决了无水、低水位动水漏层的堵漏难题。

#### 5 受控压力堵漏工艺的堵漏效果及存在的不足

该工艺自投入使用至今,封堵碳酸盐岩漏层数十次,经统计,一次封堵成功率可达 80% 以上,取得了良好的使用效果(典型堵漏实例见表 1)。

表 1 受控压力堵漏工艺典型堵漏实例

勘探区	孔号	漏层部位/m	地下水位/m	漏层类型	漏失状态	压灌浆液	堵漏效果
磨盘山	904	316~417	-254	动水裂隙	全漏	桥塞剂抗水水泥浆	不漏失
磨盘山	405	270~285	无	无水溶孔、裂隙	全漏	桥塞剂水泥浆	不漏失
磨盘山	502	271~318	无	无水微裂隙	全漏	可固化高粘切浆	不漏失
磨盘山	303	261~390	-350	低水位裂隙	全漏	桥塞剂水泥浆	慢消耗
磨盘山	1008	477~493	-230	动水裂隙	全漏	桥塞剂抗水水泥浆	不漏失
磨盘山	804	390~400	-265	动水裂隙	全漏	水泥浆	不漏失
新街	602	392~415	-190	静水裂隙	全漏	水泥浆	不漏失
龙场	1304	260~310	-80	强动水裂隙	全漏	桥塞剂抗水水泥浆	无效

但是,该工艺在实际应用中也还有一些不足之处,尤其在强动水漏层环境下,堵漏效果尚难尽如人意。

#### 6 结语

受控压力堵漏工艺虽然尚有不足之处,但相关技术的发展,尤其是水泥浆状态控制技术及压力灌注技术的发展,为岩溶地区漏层堵漏找到了一个新的技术方向,较之循环桥塞堵漏、水泥浆静态堵漏等常规堵漏方法,受控压力堵漏工艺已大幅度提高了

碳酸盐岩漏层的可堵性,配合套管封隔,基本淘汰了危险性极高的顶漏钻进工艺,为岩溶地区的钻探工程施工提供了一个安全的施工环境。

#### 参考文献:

- [1] 傅英,郭建春,等. 裂缝诊断技术[J]. 西部探矿工程,2006,(5).
- [2] 邵维志,王晓杰,等. 用 PP 波识别并旁裂缝技术在碳酸盐岩地层中的应用[J]. 测井技术,2001,25(5).
- [3] 关义君. 桥浆承压堵漏关键技术[J]. 西部探矿工程,2006,(5).