

# 西部高强度采煤矿井灾害新灾种——突水溃沙\*

范立民<sup>1)</sup>, 冀瑞君<sup>2)</sup>

1) 陕西省地质调查院, 西安, 710065;

2) 中国矿业大学(北京)煤炭资源与安全开采国家重点实验室, 北京, 100083

突水溃沙是在井下开采矿产资源时, 裂隙或小断层导通富水且因风化等原因失去抗剪性的砂(沙)体, 砂(沙)体原有平衡被打破, 在重力作用下, 水沙流加速流入井下, 直至淹井, 水沙重新达到平衡稳定状态的一种地质灾害, 又称溃水溃沙。突水溃沙主要发生在以鄂尔多斯盆地北部矿区为代表的浅埋藏、薄基岩、古冲沟发育、厚松散含水层矿区。研究突水溃沙, 一是为了保证煤矿安全生产, 确保矿工生命安全, 二是为了保护矿区环境, 做到采煤与保水的统一(范立民, 2005)。

## 1 突水溃沙地质灾害实例

突水溃沙在西部地区煤矿已经发生多次, 造成重大经济损失, 甚至给煤矿带来灭顶之灾!

(1) 瓷窑湾煤矿突水溃沙灾害: 1990 年 4 月 20 日, 开采 2-2 号煤, 发生冒顶突水溃沙灾害, 涌水量最初为 50m<sup>3</sup>/h, 后增至 200 m<sup>3</sup>/h, 溃沙量 4000 m<sup>3</sup>, 造成一采区 304m 长皮带巷被沙充填厚达 2m (巷道高 4.5m); 地面形成直径 28m, 深 14m 的圆锥形塌陷坑, 地下水位迅速下降, 附近的水库干涸。同年 12 月 28 日, 又一次冒顶突水, 涌水量只有 50m<sup>3</sup>/h, 溃沙量 6000 m<sup>3</sup>, 严重影响了煤矿安全(范立民, 1996, 1996, 2005), 两次事故, 造成瓷窑湾煤矿基建搁浅。

(2) 哈拉沟煤矿突水溃沙灾害: 2010 年 7 月 28 日 8 时, 哈拉沟煤矿 22402 工作面在推进到离切眼 38m 时, 发生突水溃沙事故。该工作面开采 2-2 煤层, 煤厚平均 5.54m, 萨拉乌苏组含水层厚度 15-30m, 煤层顶板基岩厚度 29.5~64.70m, 突水溃沙事故发生后, 对应的地面形成了一个直径 47m、深 12m 的塌陷漏斗坑(宋亚新, 2012)。

(3) 隆德煤矿突水溃沙灾害: 2012 年 11 月 17 日下午 3 时许, 神木隆德煤矿在地面打钻, 钻孔与采空区导通, 发生突水溃沙事故, 导致德隆煤矿大面积塌陷, 井下巷道、作业面及设备淹埋, 损失惨重, 无人员伤亡, 于 2013 年 6 月恢复生产。

鉴于此, 在类似条件矿井工作面投产前, 必须采取了严密措施, 确保工作面安全。

## 2 突水溃沙地质灾害发生机理

突水溃沙发生的基本条件: 一是高强度采煤(范立民, 2014), 只有高强度开采条件下, 冒落带、裂隙带发育高度大, 具有发生溃沙的空间条件和溃沙的通道; 二是煤层顶板基岩厚度小(图 1), 煤层在高强度开采条件下, 冒落带、裂隙带发育到顶板基岩面以上(许家林, 2012), 或者存在小断层的薄弱地段, 断层成为突水溃沙通道, 并快速扩大, 导致水沙溃入矿井; 三是富水性较强沙源, 地下水是溃沙灾害发生的物质组成和动力条件(伍永平, 2004)。

覆岩破坏形式较多(徐永圻, 1999)(杨荣明, 2012)将神东矿区覆岩破坏形式划分为弯曲、垮落、离层、层间错动、块体运动等, 其中垮落和层间错动往往更容易造成突水溃沙。如图 2, 在古冲沟处, 覆岩厚度较小, 高强度采煤导致顶板基岩垮落至萨拉乌苏含水层组底部, 在重力作用下, 水流溃入井下, 进而带动沙层一起涌动, 沙粒加剧了水沙流的动能, 原有裂隙不断被扩大, 水沙涌入采空区或巷道, 直到井下井上水沙达到新的平衡, 形成突水溃沙事故。范立民总结了榆神府区煤炭开采强度的指标划分体系, 并探讨了高强度开采与地质灾害发育的关系(范立民, 2014)。

注: 本文为国家重点基础研究发展“973”计划(编号 2013CB227900)资助的成果。

收稿日期: 2015-02-03; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 周健。

作者简介: 范立民, 男, 1965 年生, 教授级高级工程师。Email: 498518851@qq.com。

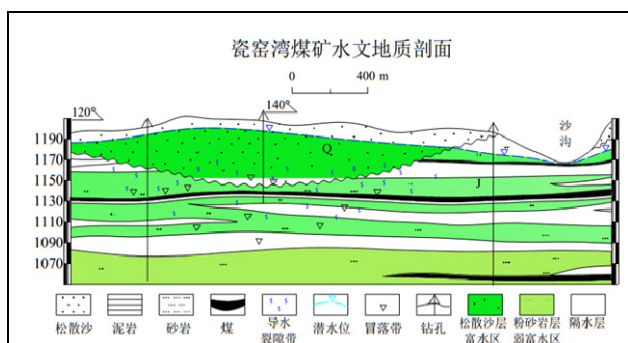


图1 瓷窑湾煤矿突水溃沙地段水文地质剖面图

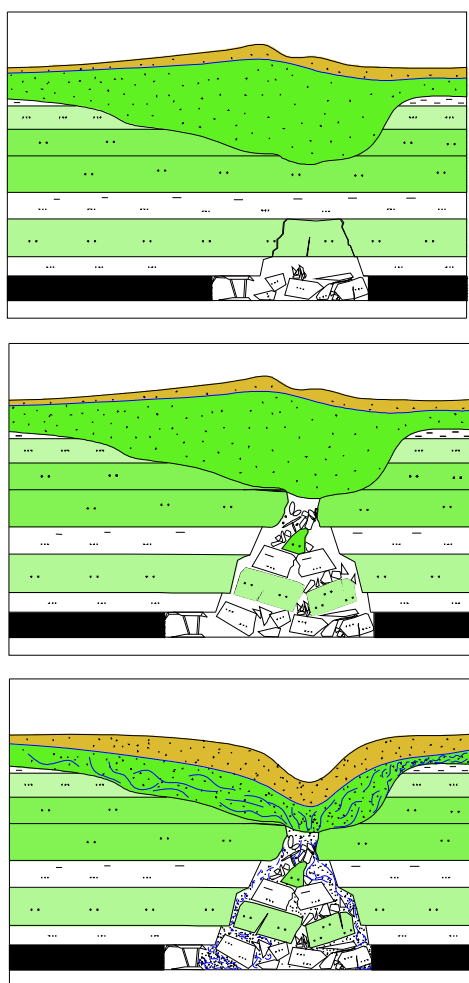


图2 突水溃沙灾害发生过程示意图

我国西北地区侏罗系煤田浅埋深、薄基岩、厚松散层、大采高、潜水含水层富水性强，在基岩采厚比小于 30 的条件下，裂隙带直接沟通松散沙层含水层。在重力作用下，水流溃入井下，进而带动沙层一起涌动，沙粒加剧了水沙流的动能，原有裂隙不断被扩大，直到井下井上水沙达到新的平衡。

突水溃沙发生的必要物质条件为松散沙层，主要来源为地表风积沙、萨拉乌苏组松散弱胶结砂岩，以及白垩系等弱胶结基岩中风化弱抗剪切的砂岩。主要动因是重力失衡或水流诱发；但在新疆等地有时尽管没有水流诱发，松散的沙流在重力作用下也会溃入井下造成淹井事故。突水溃沙的特点是突发性强、过程缓慢、难治理，一般不会造成人员伤亡，但是事故后期恢复治理难度大，成本高。

### 3 突水溃沙地质灾害的防治对策

目前，国内主要策略以防为主、以治为辅。预防方面，目前以探放水工程为主，采用“上抽下泄”的原则对松散沙层实施地面钻探工程和井下钻探工程，并设置长期水文观测孔。1995 年作者在大柳塔煤矿开展了首次突水溃沙地质灾害防治工程（范立民，1996，2005），神东矿区第一个高强度工作面——20601 工作面投产前，在工作面开切眼附近施工了多个钻孔，进行强抽水（抽出的地下水转移储存到母河沟泉域补给区），当地下水水位下降到基岩面后，工作面开始安全回采。这种手段尽管解决了突水溃沙的启动诱因，但是加剧了生态水位的下降，会影响生态环境。从沙源角度出发，采用冒落带注浆加固工程，使松散沙层固结，加强沙层整体性和抗剪切能力。神东上湾煤矿 51208 开采 1-2 煤时，切眼处基岩厚 16~42m，且风化严重，完整性差；导水裂隙带发育高度 48.7m，含水层厚度 20.3m，松散层厚度 17~33m，实施了井上井下联合疏放水，地面注浆加固，顶板加强支护，工作面回采期间未发生突水溃沙和较大冒顶事故。但是这两种预防手段对沙层孔隙度和渗透性依赖较大。

治理方面，突水溃沙一旦形成，切忌使用强排抽水工程，否则只会加剧潜水降深漏斗的进一步扩大，从而加剧突水溃沙强度，隆德煤矿突水溃沙发生初期，曾经强排井下沙、水，从而诱发二次溃沙，这时主要从加大沙层抗剪强度着手，缪协兴、白海波、许家林教授建议，采用地面塌陷坑投掷石料的方法，增大沙层的内摩擦系数，形成沙层骨架，从而使水沙尽快平衡减少突水溃沙量，为科学救灾找到了有效途径。

突水溃沙地质灾害已经得到国内科技界的广泛关注，发表了系列论著，并作为 2013 年国家 973 计划的核心研究内容，我们相信，通过科学家的长期研究，一定会破解突水溃沙机理，找到“价廉物

美”的防控技术,为占我国原煤产量 35%以上的鄂尔多斯盆地煤炭资源安全高效绿色开采提供技术支撑。

### 参 考 文 献 / References

范立民. 1996. 神府矿区矿井溃沙灾害防治技术研究. 中国地质灾害与防治学报, 7(4):35~38.

范立民. 2005. 论保水采煤问题. 煤田地质与勘探, 33(5):50~53.

范立民. 2014. 榆神府区煤炭开采强度与地质灾害研究. 中国煤炭, 40(5):52~55.

宋亚新. 2012. 哈拉沟煤矿 22402 工作面初采期溃水溃沙机理及防治技术. 煤矿安全, 44(12):91~93.

伍永平, 卢明师. 2004. 浅埋采场溃沙发生条件分析. 矿山压力与顶板

管理, 3:57~58+61~118.

徐永圻. 1999. 煤矿开采学. 徐州: 中国矿业大学出版社.

许家林, 朱卫兵, 王晓振. 2012. 基于关键层位置的导水裂隙带高度预计方法. 煤炭学报, 37(5):762~769.

杨荣明, 陈长华等. 2012. 神东矿区覆岩破坏类型的探测研究. 煤矿安全, 44(1): 25~27

Fan Limin. 1996. Study on geological disaster from water inrush and sand bursting in mine of Shenfu mining district. In: Groundwater Hazard Control and Coalbed Methane Development and Application Techniques ——Proceedings of the International Mining Tech'96 Symposium. CCMRI. Xi'an:154~161.