

高压富水破损严重水源孔封堵技术研究

王立伟

冀中能源峰峰集团大社矿,河北邯郸,056200

1 破损钻孔概况

1.1 基本概况

破损钻孔位于峰峰集团大社矿井下-120水平,由峰四勘探注浆有限责任公司于2008年4月14日~2008年7月1日施工,孔口坐标(X :4045831, Y :38521501, Z :-120),终孔孔深160.3m,开孔层位为山青1号小煤与2号小煤之间粉砂岩,终孔进入奥灰50.1m,终孔水量 $6.6\text{ m}^3/\text{min}$,水压2.45MPa。该破损钻孔编号为小屯2#供水孔,担负着峰峰集团小屯矿工人村生活用水。

1.2 钻孔结构

0~26m, $\Phi 223\text{ mm}$ 开孔下 $\Phi 219\times 8\text{ mm}$ (即套管外径为219mm,套管壁厚为8mm,后同),孔口管长25.2m;

26~74.1m, $\Phi 173\text{ mm}$ 孔径下 $\Phi 168\times 8\text{ mm}$,套管长72.6m;

74.1~109.7m, $\Phi 146\text{ mm}$ 孔径下 $\Phi 140\times 8\text{ mm}$,套管长109.6m;

109.7~160.3m, $\Phi 91\text{ mm}$ 孔径裸孔。

1.3 钻孔出水情况

2014年6月6日21:50分,大社矿机电区二水平治水泵房开泵司机发现小屯2#供水孔钻窝底板出水,并向机电区及矿调度室进行汇报。调度室立即通知相关水文技术人员下井对钻孔进行检查,并向集团公司进行了汇报。

通过现场观测,发现该孔钻窝内底板已经出现底鼓,底鼓高度为0.4m,为防止钻窝内底板进一步受到破坏,采取将钻孔孔口与供水管道连接部分拆开,使钻孔内水充分流出,减少底板承受压力,经现场实测底板出水量及水流冒高,计算钻孔出水量 $7.5\text{ m}^3/\text{min}$ (其中底板出水量 $3.0\text{ m}^3/\text{min}$)。

2 钻孔破损位置确定

2014年6月7日夜班至6月8日夜班先后使用 $\Phi 108\text{ mm}$ 、 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管进行探孔,探明供水孔内2m、15m位置发生断裂错位。

探孔经过:

0~2m下 $\Phi 108\text{ mm}$ 套管,在2m处顶套管,确定2m位置发生断裂错位。

2~49m下 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管,在15m处浮力增大,确定15m位置发生断裂错位。

根据供水孔探明结果,矿决定对供水孔进行封堵。6月9日上午向集团公司有关领导进行了请示,集团公司同意对供水孔进行封堵。

3 钻孔封堵目的

经过探查发现该孔破损严重,不具备恢复条件,决定进行封堵。新屯矿2#供水孔位于大社矿西翼地堑水文条件复杂单元,奥灰水资源丰富,遭到破坏后,涌水量接近-120m水平泵房最大排水能力,如不及时进行封堵,有可能造成-120m水平泵房被淹,并殃及整个矿井。

4 钻孔封堵技术及实践

方案一:向钻孔内直接注骨料(花生、黄豆、绿豆、海带、锯末、编织袋条)及水泥浆进行封堵,为防止封堵时孔口装置及上部套管射出,孔口装置用4寸铁管压点柱固定。

封堵期间发现底板周围多处串浆,并伴有花生、海带等骨料被直接冲出,钻窝底板进一步底鼓,孔口装置压点柱铁管弯曲。为防止底板进一步破碎,孔口装置及上部套管喷出,造成更大的事故,决定放弃该方案。

原因分析:

(1) 骨料被冲出,说明底板破坏严重,导水裂隙大于骨料直径,骨料起不到封堵作用,下部应考虑减小底板导水裂隙。

(2) 钻窝底板底鼓,孔口装置压点柱铁管弯曲,说明铁管压点柱强度低于孔内水的压力,应重新考虑孔口装置固定。

方案二:先用化学浆对钻孔周围底板进行加固,减小底板导水裂隙,然后再对钻孔进行封堵。化学浆具有化学反应速度快,能缩短施工时间,采用化学浆进行加固,加固眼用气腿式凿岩机施工。

施工过程中,因底板破碎,加固眼只能施工3m左右。注化学浆时,化学浆还没有凝固就被水直接冲出,后调整缩短化学浆凝固时间,仍不能起到加固作用,反而加固眼成了新的出水点,决定放弃该方案。

原因分析:

(1) 加固眼孔深浅,终孔位置在钻窝底板导水裂隙带中,在水流作用下,化学浆不向深部移动。

(2) 钻窝底板底板出水量大,化学浆浆液被稀释,减弱化学浆的化学反应,化学浆还没有凝固就被冲出。

方案三:先对钻窝进行浇筑和对钻窝外附近巷道底板加固,然后利用预埋引水管进行注浆再加固,最后对钻孔封堵。

预埋 $\Phi 108\text{ mm}$ 和 $\Phi 89\text{ mm}$ 引水管,将钻窝底板出水引出;接 $\Phi 168\text{ mm}$ 管路,将钻孔水引出。用37cm砖在钻窝外口闭墙,钻窝下半部用钢筋混凝土浇筑,上半部用木头摆架后再用水泥浆灌注。为防止封堵时水沿裂隙从钻窝外巷道涌出,

选用化学浆对钻窝外附近 14m 巷道底板进行加固,并每隔 2m 施工一个木底梁和木点柱。加固眼施工顺序采用"由外向内"的方法,即先加固钻窝外两侧巷道,再加固钻窝口巷道。

钻窝外附近巷道底板加固施工过程中,由于底板破碎,加固眼深度 3m~4m 左右。预埋引水管进行注浆再加固时,发现水从巷道加固段外侧涌出,同时加固段巷道底板来压,为防止巷道底板大面积破坏,决定停止注浆加固。

原因分析:
(1)受底板破碎影响和气腿式凿岩机能力限制,加固眼孔深度未能到底板破碎底部。

(2)因供水孔位于水文条件复杂单元,奥灰水资源丰富,供水孔水量达 $7.5\text{ m}^3/\text{min}$,钻孔 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管达不到泄压作用,从预埋引水管注浆时,水压仍较大,无法到达封堵底板导水裂隙的目的。

方案四:直接封堵供水孔,在骨料中加入木模块。木模块作为大骨料,花生、黄豆、绿豆、海带、锯末作为中小骨料,为防止木模块堆积堵孔,每次控制加入木模块的数量,且与中小骨料均匀加注。

模块材料的选择:模块材料的特点,比重略小于水的比重最好,强度足以抵抗水压破坏力,具有加工方便,同时价格相对便宜,通过对比,确定用松木作为模块材料。

木模块形状选择:木模块做大了容易堆积堵孔,做小了有可能从钻孔破损处冲出,确定木模块加工为长柱状。

木模块柱高的确定:木模块既要便于从 $\Phi 89\text{ mm}$ 注浆套管压进去,又要便于进入 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管与 $\Phi 140\text{ mm}$ 套管之间的空隙中。

$\Phi 89\text{ mm}$ 套管外径 $d1 = 89\text{ mm}$,内径 $d2 = 89\text{ mm} - 12\text{ mm} = 77\text{ mm}$,外半径 $r1 = 89/2 = 44.5\text{ mm}$,内半径 $r2 = 77\text{ mm}/2 = 38.5\text{ mm}$; $\Phi 140\text{ mm}$ 套管外径 $D1 = 140\text{ mm}$,内径 $D2 = 140\text{ mm} - 16\text{ mm} = 124\text{ mm}$,外半径 $R1 = 140\text{ mm}/2 = 70\text{ mm}$,内半径 $R2 = 124\text{ mm}/2 = 62\text{ mm}$ 。

$\Phi 89\text{ mm}$ 套管与 $\Phi 140\text{ mm}$ 套管之间最大空隙为 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管外圆切线与 $\Phi 140\text{ mm}$ 套管内圆交点的线段 L , $L = 2 \times \sqrt{(R2)^2 - (r1)^2} = 2 \times \sqrt{62^2 - 44.5^2} \approx 2 \times 43 = 86\text{ mm}$,木模块的柱高高度大于 $L/2 = 43\text{ mm}$ 容易堆积 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管与 $\Phi 140\text{ mm}$ 套管之间。 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管内半径 $r2 = 38.5\text{ mm}$,木模块的柱高高度大于 $r2 = 38.5\text{ mm}$ 容易堆积在 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管中。确定木模块柱高的高度为 30mm。

木模块的断面长宽的确定: $\Phi 89\text{ mm}$ 套管与 $\Phi 140\text{ mm}$ 套管之间最小间隙为 $\Phi 140\text{ mm}$ 套管内半径 $R2$ 与 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管外半径 $r1$ 之差, $R2 - r1 = 17.5\text{ mm}$,木模块的断面长宽必须

小于 17.5mm,否则木模块不能进入 $\Phi 89\text{ mm}$ 套管与 $\Phi 140\text{ mm}$ 套管之间,确定木模断面长宽 10~15 mm。

封堵初期,仍发现花生、黄豆、绿豆、海带、锯末小骨料冲出,但没有发现木模、海带。继续加注骨料封堵,发现水量减小后,不再加木模与海带,但仍加花生、黄豆、绿豆、锯末骨料进行封堵。不出水后,直用稠水泥浆直接向供水孔内施压进行封堵。由于钻孔位于富水单元,钻孔水量大,注浆上压困难,通过计算孔内体积约 1.5 m^3 ,决定对钻孔注完 6 吨水泥后将不继续注浆。至此对钻孔封堵全部结束,历时 18 天。

5 供水孔封堵经验、创新点及应用前景分析

5.1 经验
(1)高压大水量钻孔发生破损后,在高压大水量冲刷作用下,套管断裂裂缝进一步加大,钻窝底鼓造成底板破碎加剧,导水通道更加畅通。

(2)堵水骨料花生、黄豆、绿豆、海带在高压大水量作用下,会压碎压烂。

(3)受底板破碎影响和气腿式凿岩机能力限制,钻眼施工深度不深。

(4)钻窝底板出水量大时,化学浆还没有凝固就被冲出,不能采用化学浆进行底板加固。

(5)高压大水量钻孔封堵时,必须防止孔口装置及上部套管射出。对钻窝进行浇筑是最安全的方法。

(6)木模块加工方便、比重小、强度大,对封堵大裂隙可起到关键作用。

5.2 创新点
高压大水量破损严重钻孔封堵,用木模作为大骨料,对封堵大裂隙可起到关键作用。木模作为大骨料与中小骨料均匀配置,可以有效防止木模堆积堵孔。

5.3 前景分析
通过本次对高压富水破损严重的水源孔成功封堵,探索了高压富水破损严重钻孔封堵技术,摸索出封堵技术关键点,治理了一起破损钻孔诱导奥灰出水事故,取得了极为明显的技术经济效益和安全效益,具有较高的推广价值。

5.4 效益分析
(1)通过对新屯矿 2#供水孔的封堵,避免了钻孔导通奥灰水引发水害事故,为矿井消除了巨大的安全隐患。

(2)如不及时对供水孔进行封堵,每年浪费 394 万立方米的优质水资源,每年增加 213 万元的排水费用。

(3)通过对新屯矿 2#供水孔的封堵,探索了高压富水破损严重钻孔封堵技术,摸索出封堵技术关键点,在封堵技术上有新的突破。