

煤田巷道防水侵水泥浆材的封堵试验

李 军, 姚平均, 陈道元, 张相乾, 曾艳军

(中原石油工程公司固井公司, 河南 濮阳 457001)

摘要:井下巷道掘进仍然是地下煤炭开采的主要方式,在开采过程中必然要穿过一些断裂地层带以及无胶结的松软地层及煤层顶板上的含水层。在掘进过程中,如果处理不当,地层中的水将沿着裂缝和采空塌陷区大量进入巷道内,造成严重的透水事故,使掘进工作无法顺利进行,严重时将导致井巷的报废,甚至造成重大的人身伤亡事故。针对传统水泥浆经水侵后不凝固或被流动水稀释而完全漏失,起不到应有的封堵固化作用等问题,研制出一种防水侵水泥浆封堵材料。该水泥浆与水按 1:1 的比例掺混后仍具有凝结时间快、凝结强度高特点,可在 25℃ 以上的温度条件下使用。在某煤矿 840 m 井深、120 m³/h 出水量情况下进行堵水作业试验,堵水效果良好,可在类似的条件下推广应用。

关键词:煤田;巷道;透水;防水侵水泥浆;封堵

中图分类号:TD265.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2015)03-0076-04

Sealing Test of Waterproof Cement Slurry Material in Coalfield Tunnel/LI Jun, YAO Ping-jun, CHEN Dao-yuan, ZHANG Xiang-qian, ZENG Yan-jun (Cementing Company of Sinopec Zhongyuan Oilfield Service Corporation, Puyang Henan 457001, China)

Abstract: Underground tunnel excavation is still the main way of coal mining, some fracture stratum zones, non cemented soft strata and aquifer on coal seam roof must be encountered in the mining process. If there is misconduct in the excavation, a large amount of formation water may enter along the cracks and through mined-out subsidence areas into the tunnel to cause severe flooding accident, the excavation work will be severely affected, the well lane might be abandoned and even serious personal injury accident might happen. According to the disadvantages of traditional cement slurry, a kind of waterproof has been developed, which is mixed with water at ratio of 1:1 with rapid condensation and high condensation strength and can be used at the temperature over 25℃. This cement slurry is tested in a mine water plugging operation, the well is 840m in height with outflow of 120m³/h, good water plugging effect is received.

Key words: coal mine; tunnel; flooding; waterproof mud; sealing

0 引言

我国是一个煤炭资源大国,煤炭资源相当丰富,是我国重要的能源资源。煤炭的开采方法主要有露天开采和井下开采 2 种形式,且以井下开采为主。由于煤炭的埋藏深度范围比较大,少则几十米,多则几百米,甚至达千米以上。地下煤炭开采过程中不可避免地要穿过地层断裂带、岩石裂缝以及回采形成的采空区。在煤层的上部地层中也经常存在含水层,如果地层断裂带、裂缝、采空区塌陷形成的裂缝与含水层相连通,在掘进过程中就会产生渗水、涌水或突水等现象,一旦出现轻度透水问题,轻者需要在地下架设排水系统,排出地下水,增加了煤矿的生产成本;当发生严重透水事故时,很可能导致停产、巷道报废,更可能造成重大的人身伤亡事故。煤矿为

了治理巷道透水问题,通常采用以建筑水泥浆和化学浆液进行挤堵,往往达不到预期的堵水效果。综合分析,这 2 种浆材主要存在以下缺点:(1)浆体替至目的层后未凝固前就已漏失殆尽,不能有效地胶结漏失层;(2)地层中的流动水一旦侵入浆体,浆体被稀释,造成堵漏浆大量流失,注入的浆液量大,成功率低;(3)注入的水泥浆密度低,胶结强度低,且易发生收缩,在界面形成裂缝,产生新的漏失通道;(4)化学浆液封堵作用时间短,易重新发生漏失。

针对过去堵漏浆液存在的问题,开展了新型防水侵水泥浆材的技术研究,提高井巷封堵地下水的成功率,减少井巷因透水所造成的事故,提高生产效率。

1 室内实验

1.1 实验材料与仪器

实验材料:防水侵水泥(特制),地层水,巷道岩土,分散剂,凝结时间调节剂。

实验仪器:凝结仪,水浴锅,压力试验机,高温高压养护釜。

1.2 实验方法

水泥外加剂采用外掺法,掺量按干水泥百分比,按照 API Spec. 10 配制水泥浆,水灰比为 0.5。分别测试了水泥浆的密度、流动度、凝结时间、抗压强度。采用水浴锅养护测试水泥浆的凝结时间,高温高压养护釜养护水泥石块测试水泥石的强度。堵水实验则采用先配好浆体,然后按 1:1 的比例(体积比)掺入清水,在搅拌条件下完成相应的实验。

2 室内评价

2.1 水泥浆基本性能

根据煤田巷道所处的深度,选择不同的温度,利

用水浴锅养护进行水泥浆凝结时间、抗压强度等性能试验,实验结果见表 1。

表 1 水泥浆基本性能参数

温度/ ℃	凝结时间/min		抗压强度/MPa		流动度/ $m \times 10^{-2}$
	初凝	终凝	8 h	24 h	
25	52	57	5.3	15.7	23
35	43	46	7.1	18.8	
45	27	42	7.8	21.3	

水泥浆水灰比 $W/C = 0.5$, 密度 1850 kg/cm^3 。
掺 0.5% 分散剂水泥浆性能见表 2。

表 2 0.5% 分散剂水泥浆性能参数

温度/ ℃	凝结时间/min		抗压强度/MPa		流动度/ $m \times 10^{-2}$
	初凝	终凝	8 h	24 h	
25	65	70	4.0	13.2	25.3
35	50	55	5.3	15.8	
45	7	42	6.1	19.5	

水泥浆凝固变化过程见图 1。

从表 1、表 2 可以看出,水泥浆凝结时间适中,

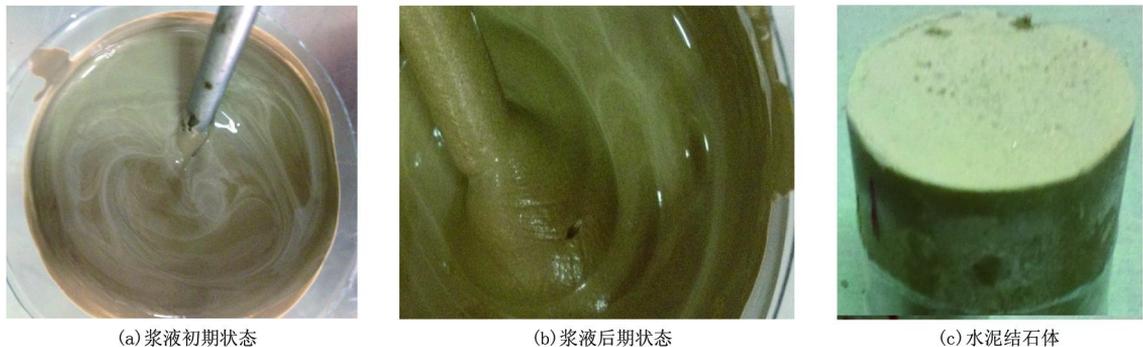


图 1 水泥浆凝结过程与结石体

45℃ 条件下净浆时间较短。但通过掺加分散剂后凝结时间延迟,可以满足 1000 m 深巷道作业施工的需要。由图 1 可知,水泥浆从混合搅拌开始至初凝前流动性基本一致,接近初凝时浆体会突然增稠。水泥浆初凝时间与终凝时间均在 10 min 以内,说明水泥浆能很好地凝固。而且凝结后 8 h 就可以形成较高的强度,有利于阻止地层水的冲蚀。

2.2 水泥浆防水侵试验

采用地面水按 0.5 的水灰比配制出密度 1900 kg/m^3 的水泥基浆,然后将地层水与水泥浆按 1:1 比例(体积比)再次混配,在水浴锅中以不同的温度养护,测定水泥浆的性能,其结果见表 3,水泥凝结后的状态见图 2。

由表 3 可知,掺水后水泥浆凝结时间比净浆有所

表 3 按 1:1 掺水水泥浆性能

温度/℃		凝结时间/min		抗压强度/MPa		流动度/cm	
		初凝	终凝	8 h	24 h	净浆	掺混后
25	净浆	52	57	5.3	15.7	23	28
	掺混后	67	73	3.2	8.3		
35	净浆	43	46	7.1	18.8		
	掺混后	55	61	5.4	12.7		
45	净浆	27	42	7.8	21.3		
	掺混后	43	49	6.4	14.6		

延迟,但初凝时间最长不超过 16 min,比油井水泥、建筑水泥遇水稀释后的凝结时间要短得多,具有较强的抗水侵能力。水泥浆终凝后很快形成强度,8 h 有较好的抗压强度,图 2 是 24 h 形成的水泥石。从图 2 可知,水泥石密实,无收缩现象,在裂缝、空洞中凝结后将不会产生新的裂缝。可以预料这种水泥浆

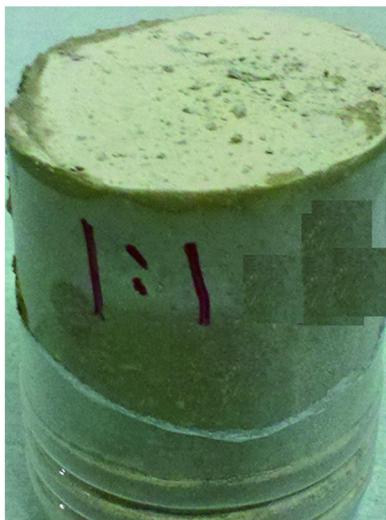


图2 按1:1比例稀释后水泥的凝结体



图3 煤及矸石样品



图4 煤样品

具有良好的抗水侵效果和封堵性能。现场施工中如果想达到少量水侵或者不发生水侵,只需增大注浆排量,使其注入浆体的速度大于地层水的流速,这样就可以把水驱除,给后续的水泥浆提供一个无水或少水的环境,从而达到加快水泥浆凝固的目的。

2.3 水泥浆与地层物相容性试验

煤矿巷道上方地层除岩石外,还存在胶结性能差的薄煤层,以及先期自己封堵使用过的材料。为检验所研究的水泥浆材的可靠性,在室内对巷道中的泥土、流淌的浆体、煤块、先期注入的材料进行水泥浆相容性试验,结果见表4。水泥胶结后的情况见图3~8。

表4 地层中的浆体对水泥浆性能影响

温度/℃		凝结时间/min		抗压强度/MPa	
		初凝	终凝	8 h	24 h
25	净浆	52	57	5.3	15.7
	掺混后	59	71	3.5	7.9
35	净浆	43	46	7.1	18.8
	掺混后	51	68	4.1	10.6
45	净浆	27	42	7.8	21.3
	掺混后	39	51	6.0	13.7

表4是水泥浆与地层中的浆体按1:1比例混合后的试验结果。结果表明:地层中的浆体对水泥浆性能影响较小,且与表3基本一致,说明了水泥浆具有较强的抗流体侵蚀和胶结性。图3、图4和图5是巷道中存在的固体物质样品,将这些物质掺混在水泥浆中,经8h后所形成的胶结物如图6、图7、图8所示。由图6、图7与图8可知,无论地层中的浆体,还是地层中的固体物质,所研制的水泥浆均能

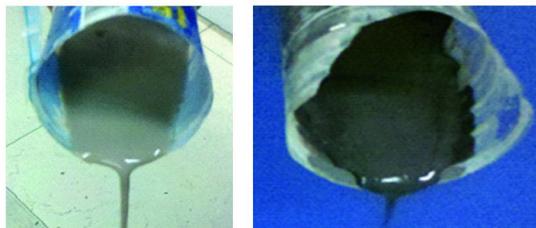


图5 采集的巷道中的浆体样品



图6 水泥浆与地层泥土的胶结物



图 7 1:1 地层中的浆体与水泥浆胶结物



图 8 地层浆体及固体物与水泥的胶结物

顺利凝结并形成具有一定强度的胶结物,可以应用于实际工程中的堵水作业。

3 现场应用

某煤矿地下巷道深度为 820 m,在巷道的挖掘过程中发生了垮塌和透水事故,经三维地质资料分析,确定该段长度约 120 m,为软泥岩层,其上部存在着含水层,且水量较大。煤矿采用了各种挖掘技术,甚至采用液氮冷冻技术,历时 3 年,注入建筑水泥浆 30000 m³,树脂胶 1000 m³,耗资 1 亿多元,没有达到封堵目的,不但没有向前掘进,反而因上部注浆后造成了巷道坍塌,淹埋了 10 m,距离巷道挖掘面 100 m 的范围内巷道四周流淌着地层水、注入的水泥浆以及树脂胶。煤矿决定采用防水侵水泥浆进行封堵治理方案。先在地面沿巷道走向方向上长 140 m,宽 10 m 的范围内,分别布置 10 个 Ø215.9 mm 的钻孔,深度至软泥层或含水层的底部。当钻至预定孔深后,进行地面预注浆,之后再钻第二个孔,再注浆。每孔注入水泥浆 1000 m³。注浆采用两台大功率水泥灌注车,注浆泵的排量为 3 m³/min,当注浆压力达到时结束注浆。10 年钻孔共计注入防水侵水泥浆 14000 m³。注浆后,候凝 2 天,在

巷道内采用隧道钻机钻孔取样检测注浆效果,取样结果见图 9。



(a) 混合胶结物



(b) 煤及矸石与水泥胶结物



(c) 纯水泥石

图 9 巷道钻孔取样实物照片

由图 9 可以看出,注入的水泥浆与地层中的岩石及煤产物均能形成良好的胶结物,胶结物的强度高,胶结效果好。在注浆效果得到验证后,煤矿进行巷道继续挖掘,挖掘过程中再没有发生透水及地层坍塌等问题,顺利地通过了透水的地层段,达到了预期的注浆堵水的效果。

4 结论

(1) 防水侵水泥浆与水按 1:1 掺混后形成的浆体,其凝结时间与不掺水基本相当,但水泥石同期抗压强度略有下降,最终强度仍能达到 20 MPa 以上,克服了传统水泥浆掺水后凝结时间延长或不凝固、强度低的技术难题,具有很强的抗水侵固化作用。

(2) 防水侵水泥浆在 25 ℃ 以上均能较好地凝结,并能形成强度较大的结石体,应用温度范围大,可适用于煤田 1500 m 井深的堵水作业。

(下转第 84 页)



图7 露天爆破防护棚搭设实例照片

(5) 监测爆破震动强度弱小于计算值。围檩爆破震感明显, 支撑爆破震感弱, 与震动波传播衰减规律一致。测得距离最近35 m处厂房的震动强度为



图8 围檩与支撑爆破效果照片

1.2 cm/s, 10 m处工房无玻璃损坏, 表明爆破产生的震动对周边保护的建筑物与设施不构成损伤。

参考文献:

- [1] 汪顺庆, 杨志, 等. 超大面积钢筋混凝土支撑爆破拆除[J]. 工程爆破, 2007, (2).
- [2] 刘君, 谭雪刚, 等. 大型深基坑支撑爆破拆除中的技术措施[J]. 爆破, 2005, (4).
- [3] 徐健, 周华俊. 临近居民区钢混凝土支撑梁爆破拆除施工技术[J]. 江苏建筑, 2008, (1): 46-49.
- [4] 赵坤, 蒋昭懿. 预埋炮孔法在钢筋混凝土支撑爆破拆除中的应用研究[J]. 爆破, 2005, (2).
- [5] 谭雪刚, 谢兴博. 支撑爆破的震动控制[J]. 工程爆破, 1998, (1).
- [6] GB 6722—2003, 爆破安全规程[S].
- [7] 沈云刚, 邵晓蓉. 深基坑钢筋混凝土支撑的爆破拆除[J]. 四川建筑, 2006, 26(6): 151-151, 153.
- [8] 黄甫. 超大、超深基坑的钢筋混凝土支撑爆破拆除[J]. 建筑施工, 2010, 32(7): 676-678.

(上接第79页)

(3) 在堵水作业中为防止浆液被稀释, 可增大注入排量, 使浆体的流速大于动水的速度, 可以应用在地层水流动的情况下的堵水作业, 可获得良好的封堵效果。

参考文献:

- [1] 邱元瑞, 李家库, 王桂军, 等. 凝胶堵漏技术在冀东油田唐29X1(侧)井的应用[J]. 钻井液与完井液, 2012, 29(3): 40-43.
- [2] 钱志伟, 王平全, 白杨. 钻井液用特种凝胶的适应性[J]. 钻井液与完井液, 2012, 29(2): 51-54.

- [3] 李旭东, 郭建华, 王依建, 等. 凝胶承压堵漏技术在普光地区的应用[J]. 钻井液与完井液, 2008, 25(1): 53-56.
- [4] 杨振杰, 李美格, 郭建华, 等. 油水井破损套管的化学堵漏修复[J]. 石油钻采工艺, 2001, 23(4): 68-71.
- [5] 聂勋勇. 段塞堵漏机理及技术研究[D]. 四川成都: 西南石油大学, 2010.
- [6] 杨立华, 李早元, 王小勇, 等. 长庆安塞油田出水套损井封堵微膨胀水泥浆体系研究[J]. 石油与天然气化工, 2012, 41(3): 314-316.
- [7] 王小勇, 杨立华, 何志武, 等. 智能凝胶尾追微膨胀水泥套损井化学封堵技术[J]. 钻井液与完井液, 2013, 30(6): 17-20.
- [8] 谷穗, 乌效鸣, 蔡记华. 纤维水泥浆堵漏实验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(4): 4-6.