

化学注浆材料及其在煤矿安全生产中的应用

张 艳¹, 尚二考¹, 刘万会²

(1. 河北金牛股份有限公司 葛泉矿, 河北 沙河 054102; 2. 河北同成矿业科技有限公司, 河北 邢台 054001)

[摘 要] 论述了新型高分子化学注浆材料的物理力学性能, 介绍了这些新型化学材料在煤矿岩层加固、通风控制、地下水封堵及井下淤泥处理等方面应用的施工工艺及施工设备。

[关键词] 高聚物; 注浆设备; 岩层加固; 通风控制; 注浆堵水

[中图分类号] TD265.43 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1006-6225 (2008) 05-0052-02

Chemical Grouting Material and Its Application in Safety Mining of Colliery

我国在 20 世纪 90 年代初期开始研究煤矿井下化学注浆技术, 并已经取得较大进展。河北同成矿业科技有限公司研究生产的新型波雷因、威尔浮、威德克、德克因、哈斯浮和海克粉等化学注浆材料及其相应的施工工艺技术, 已广泛地应用于煤矿井下松软破碎围岩加固、巷道或工作面冒落空洞充填、快速构筑密闭墙、小煤柱及密闭墙喷涂和井下淤泥治理等工程领域, 为煤矿安全生产创造了可观的技术经济效益。

1 新型化学注浆材料的物理力学性能

新型矿用化学注浆产品包括波雷因、威尔浮、威德克、德克因、哈斯浮和海克粉共 6 类产品。

岩层加固材料主要有波雷因、德克因及威德克, 这几种材料可用于井下巷道破碎岩层或采煤工作面破碎煤岩体的注浆加固等, 通过注浆可显著提高破碎岩层的整体强度和完整性, 从而提高井下空间作业的安全性, 其物理力学性能如表 1 所示。

表 1 加固材料反应成型后的主要物理力学性能

产品名称	性能	凝固时间 /s	膨胀倍数	拉压强度 /MPa	粘结力 /MPa
波雷因 (PN-1)	中速反应加水发泡	60	2~5	80	15
德克因	快速反应低发泡倍数	30	1~2	30	3.5
威德克	快速反应不发泡	20	1	12	0.5

充填材料主要有威尔浮和哈斯浮, 充填材料可用于井下高冒区充填防瓦斯积聚、用于井下密闭墙快速构筑、巷旁充填防止采空区有害气体渗入工作空间等, 主要物理力学性能如表 2 所示。

堵水注浆材料主要有 PN-2 型波雷因和 NST-1

表 2 充填材料反应成型后的主要物理力学性能

产品名称	性能	凝固时间 /s	膨胀倍数	拉压强度 /MPa	粘结力 /MPa
威尔浮 (WF-1)	快速反应高发泡倍数	30	25	0.6	0.1
哈斯浮	快速反应高发泡倍数	20	25	0.2	未测

型, 其主要物理力学性能如表 3 所示。

表 3 堵水材料反应成型后的主要物理力学性能

产品名称	性能	凝固时间 /s	黏度 /MPa·s ⁻¹	拉压强度 /MPa	粘结力 /MPa
波雷因 (PN-2)	快速反应	35	350	80	15
NST-1	反应速度可调、粘度低	5	75	5	0.5

淤泥处理材料主要是海克粉, 当井下施工遇到淤泥时, 使用海克粉材料可将淤泥进行固结和稠化, 从而可以用人工将淤泥装入矿车运出, 解决了井下淤泥因太稀不能人工装车问题, 也解决了淤泥因太稠难以用水泵直接排出地面的难题。

表 4 淤泥处理材料主要性能

产品名称	性能	凝固时间 /s	密度 /g·cm ⁻³	吸水倍数
海克粉	固结、稠化	15	0.8	400~600

2 岩层注浆加固材料施工工艺

2.1 破碎围岩化学注浆加固机理

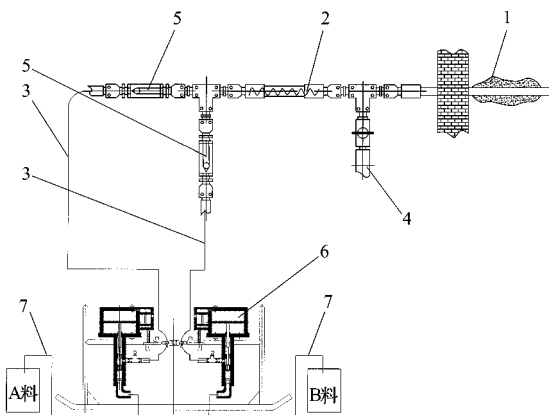
3 种岩层加固材料都由 A、B 两种液体组份组成, 施工时按 1:1 的比例充分混合并注入破碎岩层裂隙内后, 便发生一系列复杂的化学反应, 并在破碎岩层裂隙内生成具有一定强度的凝胶体, 提高了

破碎岩层的整体强度，从而可有效地对破碎围岩进行加固。

由于 PN-1型波雷因浆液材料具有粘结性强、凝固时间可调、韧性较好的优点，适用于控制较弱岩层，如采煤工作面破碎煤岩体的注浆加固及富水岩层的注浆加固。德克因材料反应后其抗压强度较高，其凝胶时间可调，反应生成物具有一定的脆性，因而这种材料适用于井下煤巷破碎煤岩体的化学注浆加固。威德克反应后其凝胶体抗压强度低，混合比为 1:1，由于其黏度低、渗透性强、可注性良好，宜于长距离泵送，威德克浆液为水基材料，注浆完成后可用水直接冲洗注浆泵，因而多用于细微裂隙岩层或地基的渗透加固注浆。

2.2 化学注浆施工工艺

采用专用的液动注浆泵将化学注浆材料两种组份等量地注入到工作面煤岩体中，注浆材料将在煤岩裂隙内产生固化反应，并将松散煤岩体加固成有机整体，提高其强度及整体性。施工工艺可分为钻孔、封孔、压注 3个工序，施工工艺如图 1所示。



1—封孔器；2—混合器；3—注浆管；4—卸荷胶管；
5—单向阀；6—气泵；7—吸浆管

图 1 QB型气动注浆泵注浆工艺

2.3 ZBQ-5/12型气动双液注浆泵

采用专用气动注浆泵将波雷因两种组份等量压注到巷道破碎围岩的裂隙内，达到提高巷道围岩整体强度的目的。巷道加固与工作面加固原理基本相同，只是所用设备不同，因巷道围岩加固一般没有乳化液动力源，所以采用压风较为方便。为此，研制了 ZBQ-5/12型气动双液注浆泵。该气动双液泵以压缩空气作动力，气控自动换向，注浆压力可调，体积小，重量轻，最大注浆压力可达 30MPa，该泵可用于井下巷道快速密闭、破碎围岩注浆加固、透水岩层注浆治水。

3 井下冒落空间充填材料的应用

3.1 威尔浮充填材料

威尔浮由 A、B 两液体组份组成，使用时按 1:1 比例混合并充填到巷道或工作面冒落空洞，便可产生低密度的泡沫材料，可防止瓦斯聚集，从而提高矿井的安全性。威尔浮材料反应后其膨胀倍数可达 25 倍，单位体积空间所用材料少，运输工作量小，每小时可施工 50m³，可快速构筑密闭墙。此外，威尔浮材料为难燃材料，可用于巷道或工作面较大裂隙的破碎围岩加固，也可用于高冒区充填、矿井边角危险地区快速构筑防火墙。充填威尔浮所用施工设备也可用 ZBQ-5/12 型气动注浆泵，施工工艺与波雷因的施工工艺大体相同。

3.2 哈斯浮充填密闭材料

哈斯浮充填密闭材料加风起泡，多用于通风密闭喷涂及采空区防灭火注浆。

哈斯浮是一种双液有机高分子材料，A、B 液都是水基材料，黏度低，易于泵送，且易于充分混合。此外，哈斯浮材料有以下优点：

(1) 材料的反应为吸热反应，反应后生成的泡沫体温度低于环境温度，而且为不燃材料，特别适用于采空区注浆防灭火。

(2) 泡沫体密度低，干燥后仅为 25 kg/m³，喷涂施工效率高，运输工作量小。

(3) 材料的反应速度快，可在 20~50s 内完全成型，有效减少了在喷涂施工过程中的材料浪费。

(4) 材料的混合比为 1:1，且施工后的设备管路可以用水清洗。

(5) 喷涂施工时，通过调节加气量可以调节泡沫体的密度。

施工时，A、B 液按 1:1 比例混合，压缩空气经过喷枪并在喷涂泵的泵压作用下将 A、B 浆液充分混合并形成泡沫，最终喷涂到需密闭的空间，发泡后体积膨胀系数可达 25 倍。

4 化学注浆堵水材料

化学注浆堵水材料主要有 PN-2 型波雷因和 NST-1 型堵水材料，这两种材料都能与水反应并形成致密的凝胶体，将岩体内的裂隙涌水通道堵住，从而达到堵水效果。

PN-2 型波雷因是由体积相等的 A、B 两种组份组成的有机高分子聚合物，当其高压注入含水煤岩体裂隙内后，A、B 两种组份等量充分混合且能

(下转 94 页)

矸层和顶煤都得到了充分破坏, 顶煤冒放性好。

(2) 在不处理顶板的条件下, 可利用顶板压力压碎 $9^{\#}$ - $10^{\#}$ 煤层间的夹矸层, 使顶煤能够顺利放出。第 1 轮放煤最后无煤放出的现象说明由于夹矸层悬臂梁的作用, 使夹矸层以上煤不能放出。在第 1 轮与第 2 轮放煤停顿间, 因夹矸层下已空, 在上部顶板压力作用下, 将此夹矸层压碎, 是第 2 轮放煤时可将上部的煤顺利放出的原因之一。

正常回采期间, 未对顶板进行处理时, 支架受力超过 2000kN 的占到了 63% 左右; 而对顶板处理过后, 支架受力超过 2000kN 只占 36% 左右, 在 1000kN 以下的也占到将近 30%。弱化顶板后, 支架的受力明显减小, 反映到顶煤上, 也就是其上位岩层对顶煤的作用力减弱了, 对于夹矸层之上的 $9^{\#}$ 煤来说, 其冒放性必然受到影响。

(3) K2 石灰岩上部为一层状泥岩, 厚度达 21.4m, 由于强度低, 形不成稳定的平衡结构, 因

此其重量基本上由下位 K2 石灰岩承受, 有利于 K2 石灰岩的破坏。除此之外, $9^{\#}$ - $10^{\#}$ - $11^{\#}$ 煤层顶煤厚度大, 煤质松软, 变形量大, 顶板在顶煤垮落线之前就已经有了较大程度的变形, 同时 K2 石灰岩下部顶板冒落后遗留约 6.8m 的空间高度, 顶板在上部矿山压力作用下发生小步距破断, 由于其滞后垮落距离小, 从而减小了由于顶板不能及时充满采空区而造成的顶煤损失。

5 结论

通过处理坚硬顶板与不处理坚硬顶板对顶煤采出率影响的对比研究、证明在该工作面地质条件下, 不处理坚硬顶板反而更有利于顶煤的采出率和产量的提高。从而为该技术方案在新阳矿后继综放工作面以及整个集团公司的推广应用提供依据, 并为其他矿区坚硬顶板条件下的综放开采提供了可以借鉴的方法。

[责任编辑: 王兴库]

(上接 53 页)

与裂隙内的水份发生一系列复杂的化学反应, 生成对煤岩体具有较高粘结性的致密有机弹性体, 堵塞裂隙内的涌水通道, 起到充填密实与堵水作用。

NST-1 型注浆堵水化学材料也是由 A、B 两种组份组成, 且都为水基材料, 并可直接用水清洗注浆系统, 可长距离泵送, 工艺较简单, 成本低, 但具有强度相对较低、易风化的缺点, 因而主要用于微细裂隙渗水的封堵, 流砂地层的固结和堵水^[2]。

5 井下淤泥处理材料

海克粉是一种粉状的亲水胶凝剂, 具有快速高倍强力吸水性能, 当井下施工遇到淤泥时, 人工撒敷海克粉材料到淤泥表面, 并充分搅拌即可将淤泥进行固结和稠化, 稠化后的淤泥可以人工装入矿车运出。

(上接 59 页)

从 2003 年潞宁煤矿技改至今, 先后在副斜井、风井、胶带及轨道下山、22102 和 22105 两巷、切眼等处进行了锚杆支护试验, 取得了良好的支护效果, 锚杆支护得到全面推广。

煤层巷道淘汰了传统的包括砌碛、木棚支护和型钢支护等被动支护形式。采用锚杆支护, 不仅巷道支护效果良好, 改善了工人作业环境, 加快了掘进速度, 保证了巷道安全状况, 而且节约了大量支护材料, 减少了支护材料运输量, 减轻了工人劳动

6 结论

新型矿用化学注浆材料包括 PN-1 型波雷因、威尔浮、威德克、哈斯浮、PN-2 型波雷因、NST-1 型堵水材料及海克粉淤泥处理材料等高聚物产品, 其施工技术已在邢台、峰峰、邯郸、淮南、潞安、阳泉、西山、淄博、新集、焦作、平庄等矿区大量应用, 为煤矿井下松散破碎围岩加固、通风控制及注浆堵水等提供了新的技术手段, 并已创造了显著的社会技术经济效益。

[参考文献]

- [1] 黄德发, 王宗敏, 杨 彬. 地层注浆堵水与加固施工技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.
- [2] 宋彦波. 有机高水材料注浆堵水机理及其工程应用研究 [D]. 北京: 中国矿业大学 (北京), 2005. [责任编辑: 林 健]

强度, 对实现矿井的安全生产和高产高效具有重大意义。

[参考文献]

- [1] 林 健, 吴拥政, 申志平, 等. 宁武矿小煤柱护巷技术及其应用 [J]. 煤炭科学技术, 2005 (10).
- [2] 吴拥政, 申志平. 联合支护在小煤柱巷道中的应用 [J]. 煤炭工程, 2006 (12).
- [3] 宁武矿副斜井过空巷及小煤柱护巷技术研究 [R]. 开采所技术资料, 2004.

[责任编辑: 林 健]