

煤矿巷道抗爆快速式气囊式密闭

吴兵 王立兵 王海清 何斌斌 陈强盛 刘明明 王云

国家矿山应急救援大同队 中国矿业大学（北京）

一、技术特点

煤矿巷道快速密闭技术是控制火势发展、窒息灭火的有效手段，为煤矿火灾救灾实践广泛采用。其原理是隔离火区，阻断巷道供风，使的火源缺氧而减弱甚至熄灭。但是，密闭施工会造成风流减少，而封闭区域内瓦斯持续涌出，瓦斯浓度会迅速上升，加上火区内存在的火源，从而大幅增加瓦斯爆炸的危险，严重地威胁巷道密闭施工人员的生命安全。如发生在 2013 年，造成 36 人死亡的吉林八宝煤矿瓦斯爆炸事故，由于封闭工作面采空区煤自燃，导致发生瓦斯爆炸。因此，快速、安全、抗爆的巷道密闭技术，是煤矿火灾救灾工作的迫切需要。

本项目通过试验研究，测试分析了气囊受冲击波作用下的受力变形过程，分析确定了气囊材质，充气压力和多囊结构等优化抗爆缓冲特征参数。成果通过技术鉴定，并获得煤炭科技进步二等奖。

通过梳理现存气囊密闭专利的优点和不足，结合理论分析、实验以及数值模拟结果，设计发明了适应不同断面形状和尺寸的新型煤矿巷道抗爆快速式气囊式密闭成套装置。该密闭由抗爆多囊式气囊与桁架构筑物联合组成，密闭整体具有稳定、耐磨防静电、防爆、灵活轻便等特点，将传统大气囊分割成多个气囊单体，有效克服了大气囊沉重不便运输的问题，密闭气囊运输及安装拆卸均非常便利，有效地压缩了密闭施工的时间和材料运输成本。在每个气囊单体的相应位置处均设有安全泄压阀，只需将长方体气囊充气 5 分钟，救护队员便可撤离，极大提高了救援效率和救援人员安全系数。抗爆多囊式气囊由于后方有桁架构筑物与其联合密闭，使得气囊滑移的风险基本消除，有效避免了气囊的破损；抗爆多囊式气囊对冲击波衰减过后，桁架构筑物亦可对局部透过的剩余冲击波进行阻挡，再次削弱冲击波。经在开滦实验巷道实际安装测试，新型联合密闭相对于现有的密闭有快速、便捷构建的优势，且具备较好的抗爆性能。

二、创新性

1. 抗爆快速式气囊式密闭由于后方有桁架构筑物，使得气囊滑移的风险基本消除，气囊对冲击波衰减过后，桁架构筑物亦可对局部透过的剩余冲击波进行阻挡，再次削弱冲击波。

2. 抗爆快速式气囊式密闭不仅具有较好的抗爆缓冲性能，而且气囊由多个气室组成，

可以有效地规避单气室气囊破坏失效带来的损失，提高了密闭的容错率。

3. 密闭气囊中的长方体气囊和拱形气囊分两路充气，可为启封火区时的人员侦查提供通道，现有的气囊密闭，大多无法行人，只能全部拆卸；而设计中长方体气囊具有一定的强度，行人可以踩着通过，其占据巷道大部分体积，若火区未完全熄灭，只对拱形和副囊进行充气，十分快捷便可重新完成密闭。

4. 采用自力式压力控制阀可使操作人员接通气源后即可离开，提高了操作人员的安全系数。由于自力式压力控制阀的存在，可以使气囊始终保持稳压状态，不用担心漏气影响，即便是气囊有部分摩擦破损，由于持续充气也会使得其保持一定强度和形态。

5. 通过在两侧增加副囊，改善了底部与巷道的贴合能力增强了堵漏效果。

6. 桁架构筑物相对轻质铰接结构，强度大幅提高，克服了刚性密闭的重量大的关键问题。桁架构筑物墙体由桁架单体、转角连接体以及木板组成，桁架单体与转角连接体连接成的多种形状以适应各种巷道截面。

三、实践应用成效

“煤矿巷道抗爆快速式气囊式密闭”于 2019 年 11 月在国家矿山应急救援大同队使用，通过在国家矿山应急救援大同队所属队伍的应急操作训练，验证了研发气囊密闭应具有的基本特性。气囊整体具有密闭稳定、耐磨防静电、防爆、灵活轻便等特点。将传统大气囊分割成多个气囊单体，有效克服了大气囊沉重不便运输的问题，能够快速运输至所需地点，极大提高了救援的效率，由于气囊单体增加，极大提高了安全性能和缓冲性能，增加密闭气囊的容错率，为矿井救灾人员提供可靠地保障，能够较好地应用于煤矿企业实践。此外，该新型密闭装置还可在地面用于救护队员日常救援训练，提高救护队的灾害救援能力，目前已列为大同队应急操作训练项目之一。

四、推广应用情况

本项目首次研发了煤矿巷道抗爆多囊快速式气囊式密闭及其操作使用方法。目前该煤矿巷道抗爆多囊快速式气囊式密闭已经在大同集团、开滦集团等地区推广使用，多囊密闭整体具有密闭稳定、耐磨防静电、防爆、灵活轻便等特点，极大提高了救援的效率，克服了现有密闭措施对闭火区施封效率较低的问题，提高了施工人员安全系数，得到了使用单位的广泛认可。煤矿巷道抗爆多囊快速式气囊式密闭的研发为灾害发生时，提供了一种抗爆多囊式快速密闭的方法，极大提高了救援的有效性以及救灾人员的安全保障。该技术还可在地面用于救护队员日常救援训练，提高救护队的灾害救援能力，消除了灾害对井下作业人员生命安全的威胁，则可以产生客观的经济效益与社会效益。

五、成果产出情况

共计申请获批了发明专利 2 项，实用新型专利 4 项，发表了论文 1 篇。成果经中国煤炭工业协会专家组鉴定，研究成果达到国际领先水平，并获中国煤炭工业协会科技进步二等奖。

1. 一种抗爆多囊式气囊与桁架构筑物联合密闭装置及方法。ZL202110604627.8。（发

明专利)。

2. 一种抗爆多囊快速密闭气囊及其使用方法。ZL202010002439.3。(发明专利)。
3. 一种煤矿井下抗爆用桁架构筑物密闭装置。ZL202121200424.4。(实用新型)。
4. 抗爆多囊式气囊与桁架构筑物联合密闭装置。ZL202121200461.5。(实用新型)。
5. 一种多气室蜂窝式密闭气囊。ZL202121226572.3。(实用新型)。
6. 一种抗爆多囊快速密闭气囊。ZL202020007389.3。(实用新型)。
7. 赵君.煤矿巷道抗爆快速式气囊式密闭研究[J]. 同煤科技, 2021, No.178(02):53-55.

(论文)

六、代表性图片

1. 地面充气演练



气囊与桁架构筑物实物图

2. 井下现场操作演练



现场应用效果图

七、成果联系人

姓名: 陈强盛 邮箱: chqsh@888.com
座机: 手机: 13546059370
地址: 山西省大同市云冈区新平旺救护街 49 号