

矿用移动式液态二氧化碳防灭火装置应用及 附属部件革新

王鹏 罗运国 宋广林 袁继峰 李洪生

国家矿山应急救援鹤岗队

一、研发创意

矿井火灾是煤矿重大灾害之一，严重威胁煤矿职工生命和国家财产安全，鹤岗矿区煤种主要以焦煤为主，是中国少有的高热值、低灰、低硫优质煤炭，这也造成煤炭自燃发火期较短，随着开采深度的增加，采空区、采掘工作面自燃发火频率较高。相较于传统的水灌注火区，打钻注浆、注砂等灭火手段，使用“矿用移动式液态二氧化碳灭火装置（以下简称罐车）”向灾区灌注液态二氧化碳，进行封闭区域发火隐患治理，能够快速使火区降氧降温，灭火效果明显，且易于复工复产。

但在使用罐车向灾区注液态二氧化碳治理发火隐患实际操作过程中，发现使用 DN25 高压软管将罐车与钻孔连接开始灌注，罐车内液态二氧化碳灌注完毕后，需要关闭罐体阀门，打开泄压阀门进行泄压（不泄压高压软管无法卸下），卸下高压软管，再连接到第 2 台罐车进行灌注。在这个过程中，经常出现钻孔凝水结冰堵孔的现象，需要更换钻孔继续灌注。这种方式每罐车灌注完成，都需要泄压 1 次，倒 1 次钻孔，既耽误时间又增加危险系数。为解决此问题，研制了“气（液）路分流控制器”，通过支路接头可一次性连接多个罐车和多个钻孔，实现连续灌注，并易于处理钻孔凝水结冰堵孔的现象。

同时发现装备罐体与压力表、液位计焊接的连接管常由于位移造成的端头易开焊、断裂的情况，维修率较高；为此研制高压低温不锈钢金属软管替代原有高压管路，由于该软管具有耐低温，耐高压，两端带有快换接头，更换方便等特点，在现有防灭火装置上得到有效应用，解决了因高压管路开焊、断裂造成二氧化碳泄漏对现场操作人员带来的危害。

二、成果简介

（一）罐车在矿井火灾及发火隐患治理的应用

为安全、有效、快速处理矿井火灾及煤炭自燃发火隐患，使用罐车向封闭灾区注入液态二氧化碳进行灭火，取得了非常好的效果。其主要优点是：化学结构稳定，能停留在燃烧物质的表面、隔绝燃烧物质与空气中的氧气，遂使燃烧停止；恢复易于排放，灭火后不留渣滓又易利用通风将余气吹走；体积快速膨胀，在温度 15℃ 和 1 个大气压下，液态二氧化碳气化后体积膨胀约 640 倍。降氧降温迅速，二氧化碳气体可以降低可燃物周围或防护空间内的氧浓度，产生窒息作用而灭火；同时，它由液态变成气态时能吸收大量的热能，

从而使火场温度降低，起到冷却作用。

（二）附属部件

1. 气（液）路分流控制器。在矿用移动式液态二氧化碳防灭火装置的实际应用操作中，为了解决不能向火区连续灌注液态二氧化碳的问题，研制了气（液）路分流控制器。其主要由气室、支路接头、控制阀、排水阀等部件组成，具有体积小、重量轻、操作简便，缩短操作时间，提升工作效率，提高操作人员安全系数等特点。通过支路接头可一次性连接多个罐车和多个钻孔，实现连续灌注，并易于处理钻孔凝水结冰堵孔的现象。

2. 高压低温不锈钢金属软管：在实际应用中，为解决矿用移动式液态二氧化碳防灭火装置内连接各部件的高压管路在运输过程中，由于位移造成的端头易开焊、断裂的情况，研制高压低温不锈钢金属软管替代原有焊接高压管路，由于该软管具有耐低温，耐高压，柔性大，两端带有快换接头，更换方便等特点，在现有防灭火装置上得到有效应用，解决了因高压管路开焊、断裂造成二氧化碳泄漏对现场操作人员带来的危害。

三、技术特点

（一）矿用移动式液态二氧化碳防灭火装置应用

为保障矿工生命安全，减少国家财产损失，达到科学、安全、快速、高效治理煤矿火灾隐患和处理煤矿火灾事故。改善打钻注浆、注砂灭火周期长，后期恢复工作量大的情况。使用矿用移动式液态二氧化碳防灭火装置，近距离对火灾隐患和火灾事故进行处理，充分发挥液态二氧化碳吸附阻氧、吸热降温、惰化降氧防治煤自燃机理，达到安全、高效消除事故。

（二）附属部件

1. 气（液）路分流控制器。在气（液）路分流控制器的支路接头上做好数字标记 1~8 号，1~4 号使用高压软管连接 4 台罐车，5~7 号使用高压软管连接 3 个钻孔，8 号可作为泄压使用。灌注前，所有气（液）路分流控制器的支路接头控制阀都处于关闭状态，灌注时，打开对应罐车的支路接头号码控制阀，打开某个钻孔控制阀，可向钻孔进行灌注液态二氧化碳；罐车内液体灌注完成后，可关闭对应控制阀，打开另一罐车对应的支路接头控制阀，实现连续灌注。期间可单独对某支路管路进行泄压，也可所有管路同时泄压。这种方式更换罐车和钻孔既节省时间又提高了工作效率，而且减轻了频繁泄压对灌注人员的危害，保证了灌注人员的安全。

2. 高压低温不锈钢金属软管。管体材质 304 不锈钢，网套材质 304 不锈钢（双层网套结构），可补偿管路或设备连接端的相互位移，吸收振动能量，能够起到减振、消音等作用，具有柔性好、重量轻、耐腐蚀、抗疲劳、耐低温、耐高压，更换快速方便等特点。极大减少管路所带来的开焊漏气（液）等现象。

四、实践应用成效

液态二氧化碳灭火速度快、周期短，二氧化碳比空气的密度大，在熄灭底部的火灾时，

可快速沉入底部而挤出氧气，降低火区的氧浓度，既能扑灭大的明火火灾，又能抑制并扑灭隐蔽火源，灭火效果较好。同时能控制火势的发展、降低火场周围温度的效果，在一定限度内能给救援队伍创造一个相对宽松的、可以进行其它工作的空间和时间。灭火成本低、效率高、实用性强，工艺流程简单、易操作，易存储，运输及时、方便，注入过程完全实现了自动操作，降低人员的劳动强度，增加了安全系数。灭火后，可通过恢复通风排除残余的二氧化碳气体，减少了事后的恢复工作量。液态二氧化碳灭火技术曾经多次在处理煤矿火灾事故及发火隐患治理中进行应用，取得了很好的效果。

2024 年处理黑龙江龙煤鹤岗矿业有限责任公司峻德煤矿、兴安煤矿、富力煤矿、新陆煤矿发火隐患工作，共计出动 209 队次、1400 人次，共计灌注液态二氧化碳 3276 罐车；对发火隐患治理起到了积极的作用，缩短了隐患治理时间，减少了恢复正常生产的工作量，保障了煤矿安全生产，达到了预期的目的，取得了令人满意的效果。黑龙江龙煤矿业控股集团有限责任公司将此项技术向所属鸡西、双鸭山、七台河矿业公司全面推广。

五、代表性图片



图 1 矿用移动式液态二氧化碳防灭火装置



图 2 灌注液态二氧化碳治理发火隐患现场



图 3 气（液）路分流控制器



图 4 救援人员正在操作“气（液）路分流控制器”实施液态二氧化碳灌注



图 5 原焊接高压管路



图 6 更换高压低温不锈钢金属软管

六、成果联系人

姓名：袁继峰 联系方式：18714629667

地址：黑龙江省鹤岗市兴安区峻德路 210 号

