

爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统的技术分析

樊铁山¹ 胡殿科²

- (1. 山西煤矿安全监察局吕梁监察分局；
2. 山西鑫飞能源投资集团有限公司)

摘 要 本文从黄金救援时间内及时救援对于爆炸事故中减少大面积人员伤亡的重要性入手，分析了在煤矿发生爆炸事故后通过电话逐级上报事故信息的技术缺陷以及贻误黄金救援时间的后果。提出爆炸冲击气传感器接入煤矿安全监控系统的必要性。分析了当前来自于正在进行的煤矿安全监控系统升级改造的政策依据。详细地介绍了两种煤矿安全监控系统接入爆炸冲击气压防爆传感器的技术。客观地分析了煤矿爆炸冲击气压传感器接入安全监控系统技术的可行性。指出了爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统技术所存在的问题和所面临的困难，提出了针对性的技术措施和政策建议。

关键词 煤矿 爆炸 冲击气压 传感器 安全监控系统

0 引言

煤矿发生爆炸事故，影响恶劣，危害极大，造成的后果是毁灭性的。爆炸事故导致绝大部分人员伤亡的原因不是爆炸本身而是爆炸产生的大量有毒有害气体引起的中毒或窒息，因此黄金救援时间内及时救援对于减少爆炸事故中大面积人员伤亡是非常重要的。利用先进的技术手段进行爆炸事故监测和信息传送是不可逆转的发展趋势。无处不在的互联网当然是解决目前技术难点的首选。

多年来，爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统的技术研究持续进行，而且已经取得突破性成果，为此次煤矿安全监控系统升级改造奠定了一定的技术基础。

1 技术介绍

在煤矿发生爆炸事故后，现在报告事故的主要方式是电话逐级上报。由于煤矿爆炸事故往往事发突然，电话逐级报告，存在逐级核实，往往不能按规定的每级两小时内完成事故报送。国家安全监管总局、各省市频频曝光爆炸事故迟报以及因此被追责的新闻。在技术层面究其原因，很大程度是通过电话逐级上报事故信息的技术缺陷造成的。煤矿爆炸事故会产生大量有毒有害气体，对爆炸波及区域被困人员进行救援的工作需要专业的救护队伍；且煤矿爆炸事故中人员遇难的绝大部分原因不是爆炸而是中毒或窒息，因此黄金救援

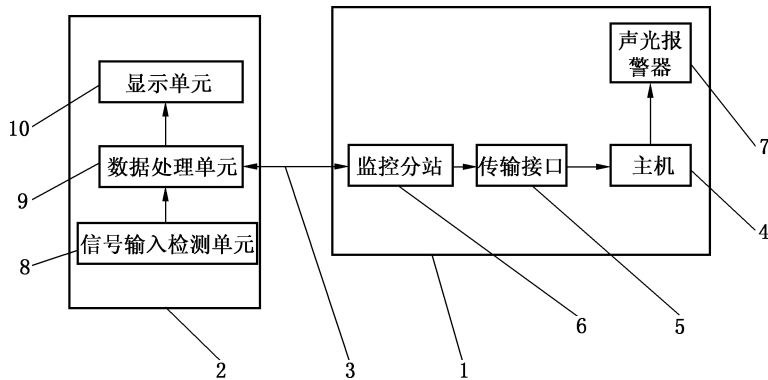
时间内及时救援对于减少煤矿爆炸事故中大面积人员伤亡是十分重要的。

爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统技术，是把安装在通风系统各环节上的爆炸冲击气压传感器精确测量到的爆炸信息，利用先进的煤矿安全监控系统进行传输，达到及时报告的目的。其优点是测得的爆炸信息准确，传输报告速度快。

2 取得成果

2009年1月20日，名称为“接入爆炸冲击气压防爆传感器的煤矿安全监控系统”的技术申请了实用新型专利，2010年4月7日获得专利权。同日同名称的技术申请了发明专利，2011年7月6日获得专利权。

采用的技术方案是：将爆炸冲击气压防爆传感器设置在煤矿井下采掘工作面、主要巷道和主要硐室内，用专用通信电缆与现行安全监控系统的监控分站直接相连（图1）。



1—安全监控系统；2—爆炸冲击气压防爆传感器；3—专用通信电缆；4—主机；5—传输接口；

6—监控分站；7—声光报警器；8—信号输入监测单元；9—数据处理单元；10—显示单元

图1 接入爆炸冲击气压防爆传感器的煤矿安全监控系统

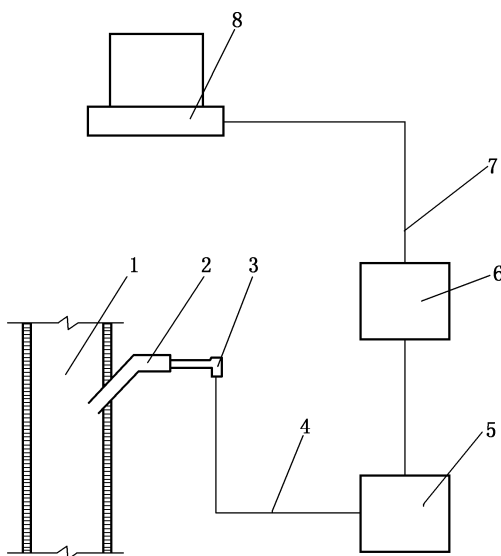
创新点：将爆炸冲击气压防爆传感器设置在煤矿井下采掘工作面主要巷道和主要硐室内，用专用通信电缆与安全监控系统的监控分站直接相连。利用现有先进的煤矿安全监控系统，实现爆炸信息的实时传输，为应急救援工作及时开展提供了技术支撑。

在研发过程中发现，煤矿井下发生爆炸事故的破坏性是巨大的，爆炸事故发生的时候往往会将煤矿安全监控系统的传感器、监控分站及传输线路破坏，事故本身的破坏属性可能影响上述方案的具体实施。改进方法有两种：一种是开发具有抗破坏性能传感器、监控分站及传输线路。其成本较大，但监测所获得的爆炸信息精确度较高。另一种是研究新的方案。由于煤矿井下毕竟是一个封闭的环境，可以将监测爆炸冲击气压的传感器设置在不受爆炸破坏的地点，即在风井井筒之外，通过管路将爆炸冲击气压的信息引导出来进行测量，该方法虽然牺牲了其监测的精度，但会大大降低项目成本。

2013年5月11日，名称分别为“一种基于分站式的煤矿回风井高气压实时监测系统”“一种基于光电传输的煤矿回风井高气压实时监测系统”“一种基于中继器的煤矿回风井高气压实时监测系统”的三种技术申请了实用新型专利，先后分别获得专利权。同日

同名称的“一种基于分站式的煤矿回风井高气压实时监测系统”技术申请了发明专利，2015年11月25日获得专利权。

“一种基于分站式的煤矿回风井高气压实时监测系统”采用的技术方案是：在煤矿回风井井筒1的井壁上预埋一根钢管2，该钢管2的一头和回风井井筒1内的空气相通，该钢管2的另一头和高气压传感器3连通并密封；高气压传感器信号线4和监控分站5相连；监控分站5和数据传输接口6相连；数据传输接口6通过传输线路7和监控主机8相连；监控主机8对高气压传感器3传输来的井筒内气压值信号进行实时监测并记录，并在瞬间压力超过1 atm的时候记录瞬间压力峰值并报警（图2）^[2]。



1—回风井井筒；2—钢管；3—高气压传感器；4—高气压传感器信号线；5—监控分站；
6—数据传输接口；7—传输线路；8—监控主机

图2 基于分站式的煤矿回风井高气压实时监测系统

创新点：为防止监控分站、传输线路受爆炸本身影响，将井筒内的爆炸冲击气压用耐压钢管从井筒中引导出来再连接冲击气压传感器，保证冲击气压信号正常监测和传输。利用现有先进的煤矿安全监控系统，实现爆炸信息的实时传输，为应急救援工作及时开展提供了技术支撑。

3 政策依据

2012年10月23日，“接入爆炸冲击气压防爆传感器的煤矿安全监控系统”的技术项目被国家安全监管总局以安监总厅科技〔2012〕148号文列为2012年安全生产重大事故关键技术研究项目。

2016年12月29日，国家煤矿安全监察局下发了《关于印发〈煤矿安全监控系统升级改造技术方案〉的通知》（煤安监函〔2016〕5号，以下简称《方案》）。《方案》的目的是为提高煤矿安全监控系统准确性、灵敏性、可靠性、稳定性和易维护性，增强煤矿安

全保障能力。

其第一部分“目标任务”提出：促进安全监测监控新技术新装备的推广应用，提高安全监控系统技术性能和安全可靠性，适应煤矿安全生产的需要；促进安全监测监控多元融合和信息共享，提高煤矿安全预测预警水平，实现安全监测监控信息的深度分析和综合利用。

其第三部分“主要内容”第3节提出：推广应用先进传感技术及装备。

其第三部分“主要内容”第10节提出：在瓦斯超限、断电等需立即撤人的紧急情况下，可自动与应急广播、通信、人员定位等系统应急联动。

随着信息化、智能化的迅速发展，拓展煤矿安全监控系统的功能已成势不可挡的发展趋势。目前煤矿安全监控系统的功能仍局限于生产或建设时期对正常环境的监测控制，而没有实现对非正常时期的监测控制，如发生事故时的监测。关于“推广应用先进传感技术及装备”“促进安全监测监控多元融合和信息共享”“应急联动”“提高煤矿安全预测预警水平”和“实现安全监测监控信息的深度分析和综合利用”的相关内容已经写入《方案》中。尽管本次升级改造方案中并没有对与应急救援技术的融合提出明确的要求，但并不排斥。相反，作为主要用于保障生产安全的煤矿安全监控系统引入爆炸冲击气压传感技术，对于煤矿安全监控系统的应用拓展到应急救援领域具有深远的历史意义和现实意义。

4 可行性分析

爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统的技术已获得多项专利授权。该技术对于煤矿爆炸信息的实时传输，解决当前事故信息电话上报速度较慢的问题具有革命性的意义。但是，该技术的应用是否存在技术障碍，运行环境是否稳定可靠，在当前经济条件下是否可以承受，以及我国产业政策能不能成为推广瓶颈，仍然是制约该技术能否顺利推广应用的关键因素。

技术成熟度：从专业技术文献可知，煤矿井下爆炸压力为0~20 atm，而市场上达到该数值范围的冲击气压传感器比较常见，能够达到技术要求。

稳定性：目前使用的技术成熟可靠，本技术中爆炸冲击气压传感器作为系统中传感器中的一类，只要所选用的爆炸冲击气压传感器本身技术性能稳定，接入爆炸冲击气压传感器的煤矿安全监控系统的运行也应该是稳定的。

兼容性：现使用的煤矿安全监控系统中本身就有负压传感器，其区别只是数值设定的问题，所以，煤矿安全监控系统接入爆炸冲击气压传感器的技术具有很好的可兼容性。

可扩展性：本技术在实施过程中，如果切实找不到可靠的传输线路，可以只将爆炸冲击气压传感器设置在地面。如果能够找到可靠的传输线路，该技术中所述的爆炸冲击气压传感器可以设置在井下任何地点，具有可扩展性。

经济性：如果将爆炸冲击气压传感器设置在地面，该技术使用的总成只有传感器、连接钢管及普通传感信号线，没有特别要求的元器件，成本很低，经济合理。

产业政策：虽然《方案》已下发，但是《方案》大多技术要求只进行了原则性规定。而且《方案》也没有明确对煤矿安全监控系统应用于应急救援领域做出规定。爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统的技术，作为一种非常见监控技术或者说是偶然情况下造成严重后果的监控技术，各级监管部门、生产厂家及各类煤矿的负责人、技术人员认识

不足。

5 问题及对策

由于煤矿爆炸事故发生的时间很短，一般研究是以毫秒级进行，目前使用压力传感器进行监测是没有问题的。但是，煤矿安全监控系统中传感器数量较多，信号传输按顺序进行，即有巡检周期。《方案》第三部分“主要内容”的第11节“提升系统性能指标”要求：系统巡检周期不超过20 s；异地断电时间不超过40 s。在技术层面，爆炸冲击气压传感器虽然发出了爆炸信号，有可能在巡检到来之时发生漏检。为此，2009年1月20日申请的“接入爆炸冲击气压防爆传感器的煤矿安全监控系统”技术在应用的时候，要求监控分站具有爆炸冲击气压传感器信号最大值的记忆功能。因此，该技术的成功应用对于煤矿安全监控系统提出了更高的要求，需要对监控分站进行适当的改造。

为了减少传感器、监控分站及传输线路不受爆炸破坏给煤矿安全监控系统带来的成本压力，可以采用2009年1月20日提出的技术方案，结合2013年5月11日申请的“一种基于分站式的煤矿回风井高气压实时监测系统”发明专利提出的技术方案；同时系统增加监控分站具有爆炸冲击气压传感器信号最大值的记忆功能，是一种为应急救援提供技术支撑的优化选择，可以达到煤矿爆炸信息通过煤矿安全监控系统实时传输的最佳效果。

随着技术进步、经济发展以及安全保障能力的提升，采用2013年5月11日申请的“一种基于分站式的煤矿回风井高气压实时监测系统”发明专利提出的技术方案，或者采取同日提出的“一种基于光电传输的煤矿回风井高气压实时监测系统”“一种基于中继器的煤矿回风井高气压实时监测系统”两种技术实用新型专利中的技术方案，自成系统，使煤矿爆炸信息不通过煤矿安全监控系统进行传输，将为应急救援提供更精准的技术支撑。届时，煤矿井下发生的是瓦斯爆炸，还是煤尘爆炸、火工品爆炸，自成系统的技术方案可以进行判断，而且可以对爆炸事故的强度等级甚至是爆炸机理进行个案性的分析研究。

此外，建议国家出台提高应急救援能力的一系列法律、法规，并稳步加大应急救援的投入力度。对于特殊行业特殊领域的应急救援体系建设，建议加大资金扶持力度，鼓励支持应急救援新技术新产品，采取税收减免等政策激发企业和社会的研发热情。

6 结语

本文从黄金救援时间内及时救援对于爆炸事故中减少大面积人员伤亡的重要性入手，分析了在煤矿发生爆炸事故后通过电话逐级上报事故信息的技术缺陷以及贻误黄金救援时间的后果。提出推广使用爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统技术的必要性。

本文详细地介绍了“接入爆炸冲击气压防爆传感器的煤矿安全监控系统”的技术、“一种基于分站式的煤矿回风井高气压实时监测系统”的技术，以及目前取得的技术成果。爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统技术，是把安装在通风系统环节上的爆炸冲击气压传感器精确测量到的爆炸信息利用先进的煤矿安全监控系统，进行实时传输，达到测得爆炸信息准确，传输报告速度快的目的。

本文还分析了来自于国家煤矿安全监察局下发的《煤矿安全监控系统升级改造技术方案》。客观地分析了爆炸冲击气压传感器接入煤矿安全监控系统技术的可行性。并指出

了“接入爆炸冲击气压防爆传感器的煤矿安全监控系统”技术推广使用所存在的问题和所面临的困难，提出了针对性的技术措施和政策建议。本文将应急救援的理念带入在线煤矿安全监控系统，拓展了煤矿安全监控系统的应用领域，将为煤矿爆炸事故发生后的应急救援提供必要的技术支撑。

参 考 文 献

- [1] 樊铁山. 接入爆炸冲击气压防爆传感器的煤矿安全监控系统[P]. 中国专利: ZL2009100061288. 2011-07-06.
- [2] 樊铁山. 一种基于分站式的煤矿回风井高气压实时监测系统[P]. 中国专利: ZL2013101851783. 2015-11-25.