

技术研究

煤矿井下紧急避险技术装备现状与发展

张亚飞

(山西华阳集团新能股份有限公司一矿, 山西 阳泉 045008)

摘要: 探讨了煤矿井下紧急避险技术装备的现状与发展。通过对国内外煤矿事故概况进行分析, 揭示了煤矿事故的严重性及其对人员安全和生产稳定的影响。在介绍煤矿井下紧急避险技术现状的基础上, 重点分析了紧急避险装备的种类、性能特点以及应用案例; 进一步探讨了煤矿井下紧急避险技术的发展趋势, 包括技术创新方向和应用前景; 同时, 为当前煤矿井下紧急避险技术装备面临的挑战制定了相应的对策。

关键词: 井下避险; 煤矿事故; 装备; 技术创新

中图分类号: TD774

文献标志码: A

文章编号: 2095-0802-(2025)03-0112-04

DOI:10.16643/j.cnki.14-1360/td.2025.03.037

Current Situation and Development of Underground Emergency Avoidance Technology and Equipment of Coal Mines

ZHANG Yafei

(No. 1 Coal Mine, New Energy Co., Ltd., Shanxi Huayang Group, Yangquan 045008, Shanxi, China)

Abstract: The present situation and development of underground emergency avoidance technology and equipment of coal mines were discussed. By analyzing the situation of coal mine accidents at home and abroad, the seriousness of coal mine accidents and their influence on personnel safety and production stability were revealed. On the basis of introducing the present situation of emergency avoidance technology in underground coal mine, the types, performance characteristics and application cases of emergency avoidance equipment were emphatically analyzed. The development trend of underground emergency avoidance technology of coal mines was further discussed, including the direction of technological innovation and application prospect. At the same time, the corresponding countermeasures were formulated for the current challenges faced by the underground emergency avoidance technology and equipment of coal mines.

Key words: underground emergency avoidance; coal mine accidents; equipment; technological innovation

煤矿事故的严重性和影响不容忽视。煤矿事故往往导致大量人员伤亡和财产损失, 给事故发生地区带来巨大的损失。不仅对失去生命的矿工家庭经济造成沉重打击, 更削弱了社会的生产力和建设力, 其离世将给家庭和社会带来长期的经济和心理负担, 对社会稳定和和睦产生深远影响。

煤矿事故还会对矿井生产和当地经济造成重大影响。事故发生后, 矿井生产的停滞, 导致生产能力下降和经济收入减少, 进而影响当地居民的生计和就业。同时, 事故调查和善后处理所需的人力、物力和财力也将耗费大量资源, 增加了地方政府的负担, 进一步影响了地方经济的发展^[1]。因此, 加强煤矿安全管理, 预防和减少煤矿事故的发生, 对维护社会稳定、促进经济发展和保障人民生命财产安全至关重要。

1 煤矿事故概述

1.1 煤矿事故类型

煤矿事故类型多种多样, 主要包括煤尘爆炸、瓦斯爆炸、顶板事故、矿井火灾等。煤尘爆炸是煤矿中最常见的事故类型之一。当矿井中的煤尘与 O_2 混合并遇到点火源时, 产生爆炸。这种事故具有迅速、威力巨大的特点, 常常导致大量的人员伤亡和设备损坏; 瓦斯爆炸也是造成煤矿事故的主要原因之一。在地下矿井中, 瓦斯 (主要为 CH_4) 常常会通过矿井工作面的钻孔或矿井底部的矿体被释放出来, 一旦与空气混合并遇到火花或明火时, 就会发生爆炸。瓦斯爆炸的特点是威力巨大, 影响范围广, 严重威胁着矿工的生命安全。

此外, 顶板事故也是煤矿事故中常见的类型之一。

收稿日期: 2024-04-15。

作者简介: 张亚飞 (1975—), 男, 山西榆社人, 本科, 助理工程师, 主要从事煤矿生产方面的工作。

顶板事故指的是地下矿井顶部岩层的坍塌或倒塌，导致工作面或巷道被埋压，造成人员伤亡和设备损坏。顶板事故的发生往往与地质条件、采煤方法、支护措施等因素密切相关，其特点是难以预测，一旦发生，后果非常严重；矿井火灾是另一种常见的煤矿事故类型。矿井中的火灾可能由多种因素引起，包括煤矿设备故障、人为操作失误、矿井通风系统失效等。矿井火灾通常会导致大量烟雾、有毒气体的释放，严重威胁矿工的生命安全，同时也对矿井设备和环境造成严重损害。因此，掌握各种煤矿事故类型及其特点对于有效预防和应对煤矿事故具有重要意义。

1.2 事故原因分析

煤矿事故带来的后果和影响十分严重，不仅给事故发生区域的家庭和社会带来巨大的痛苦和损失，也给矿井生产和当地经济造成了严重影响。事故造成的人员伤亡和财产损失是最直接的后果，给家庭带来长期的经济和心理负担，对社会稳定和家庭和睦产生深远影响。而且事故发生后，矿井的生产将被迫停止，导致生产能力下降和经济收入减少，进而影响当地居民的生计和就业。同时，事故调查和善后处理所需的人力、物力和财力也将耗费大量资源，增加了地方政府的负担，进一步影响了地方经济的发展。煤矿事故还可能导致环境污染和生态破坏，威胁着周边区域居民的生命安全和健康，对当地生态环境产生长期影响^[2-4]。因此，预防和控制煤矿事故，保障矿工的生命安全和健康，对于维护社会稳定、促进经济发展和保护生态环境具有极其重要的意义。

导致煤矿事故的主要原因是多方面的，其中包括人为因素、技术因素和管理因素。人为因素是煤矿事故的主要原因之一。矿工违章作业、安全意识淡薄、操作不当等行为常常是事故发生的直接原因，例如矿工可能忽视安全操作规程，擅自改动设备，或者忽略瓦斯检测等安全程序，从而导致事故的发生；技术因素也是导致煤矿事故的重要原因之一。矿井设备的故障、通风系统的失效、安全防护设施不完善等技术因素可能引发事故。例如，矿井设备长期运行导致磨损，未及时进行维护和更换，可能造成设备故障而引发事故。通风系统失效或不当运行可能导致瓦斯积聚、煤尘堆积，增加事故发生的风险；管理因素也是导致煤矿事故的重要原因之一。矿井管理不善、安全生产责任未落实、监管不到位等管理因素为事故的发生提供了土壤。例如，矿井管理者可能对安全生产工作不重视，未能建立健全的安全管理制度和培训机制，地方政府和监管部门监管力度不够，导致矿井安全隐患未能及时发现和处理。

煤矿事故的发生往往是多种因素相互作用的结果，

包括人为因素、技术因素和管理因素。因此，预防和控制煤矿事故需要综合考虑各种因素，采取有效的措施加以防范和管理。

2 国内外煤矿井下紧急避险技术现状

国内煤矿井下紧急避险技术的现状主要集中在以下几个方面：1) 煤矿逃生系统是国内紧急避险技术的重要组成部分，包括矿井避险通道、避险集结点和逃生设备等，这些系统在煤矿事故发生时能够为矿工提供有效的逃生通道和安全避难地点（见图 1）；2) 通信和监测技术在煤矿紧急避险中起着关键作用，包括矿井通信技术、矿井监测技术等，能够实时监测矿井内部环境和人员情况，为事故发生后的救援和逃生提供支持；3) 煤矿应急救援队伍和装备也得到了不断加强和完善，提高了应对突发事件的能力和效率。总体而言，国内煤矿紧急避险技术在设备设施、通信监测和救援队伍建设等方面取得了一定进展，但仍需要进一步加强和完善。



图 1 避难室

相比之下，国外煤矿井下紧急避险技术的发展更为成熟。在紧急避险装备方面，国外煤矿普遍配备高效的逃生设备、呼吸器、防爆设备等，能够有效保障矿工在事故中的生命安全。此外，国外煤矿还注重通信监测技术的应用，引入了先进的无线通信系统、矿井环境监测技术等，提高了事故发生后的应急响应能力。另外，国外煤矿还注重应急救援队伍的培训和建设，形成了一套完善的救援机制和体系。总的来说，国外煤矿紧急避险技术在装备设施、通信监测和救援队伍建设等方面较为成熟，值得国内借鉴和学习。因此，国内煤矿应进一步加大技术研发投入，完善应急预案和装备配备，提高紧急避险的能力和水平。

3 煤矿井下紧急避险装备

3.1 紧急避险装备种类

紧急避险装备种类多样，常见的包括逃生器（见图 2）、呼吸器、防尘面具（见图 3）、防爆服等。逃生

器是一种便携式的逃生设备，通常由氧气瓶和面罩组成，能够为矿工提供短时间内的 O₂，帮助其撤离事故现场。呼吸器是一种用于防止吸入有毒气体或烟雾的装备，分为自吸式和供氧式两种，能够有效保护矿工在有毒环境中呼吸正常空气。此外，防尘面具主要用于防止煤矿作业中产生的煤尘对矿工呼吸系统的影响，保证矿工的呼吸健康。防爆服则是一种防火、防爆破的特殊服装，能够有效保护矿工在煤矿作业中不受火灾和爆炸的影响。这些紧急避险装备在煤矿事故发生时能够为矿工提供关键的安全保障。



图 2 逃生器



图 3 防尘面具

除了逃生器、呼吸器、防尘面具和防爆服之外，还有其他一些常见的紧急避险装备。例如，紧急救生绳索是用于从井下逃生的重要装备，通常由高强度的绳索和安全连接器组成，能够帮助矿工在井下急速撤离事故现场。逃生避险背包是一种紧急逃生工具，通常装有食物、水源、急救药品等生存用品，能够为矿工提供在事故现场等待救援时的生存保障。此外，紧急避险指示灯和警报器也是煤矿紧急逃生系统中的重要组成部分，能够为矿工提供事故发生时的及时警示和指引。这些装备在煤矿事故发生时发挥着重要作用，为矿工提供关键的生命安全保障和逃生支援。因此，在煤矿工作中，保持这些紧急避险装备的完好状态，

并进行定期检查和维修，对于提高矿工的安全意识和应对突发事件至关重要。

3.2 装备性能与特点

3.2.1 逃生器

逃生器是一种便携式的呼吸器材，主要为矿工在遇到突发事件时提供一定的 O₂。逃生器通常由气瓶、面罩、O₂ 供给系统等部件组成，其具有简易操作和高效功能等特点。逃生器的设计非常简洁，矿工在遭遇紧急情况时，只需佩戴面罩并启动 O₂ 供给系统，即可获得足够的 O₂ 支持，避免因缺氧而导致身体不适甚至死亡。

逃生器的氧气瓶容量一般较小，主要针对短时间内的使用，通常在 15 ~ 30 min 内提供充足的 O₂。由于其高效便捷，逃生器在煤矿作业中得到了广泛应用，尤其在矿井瓦斯泄漏、火灾或有毒气体泄漏等紧急情况下，可以为矿工争取宝贵的逃生时间。

3.2.2 呼吸器

呼吸器是煤矿作业中不可或缺的紧急避险装备。根据 O₂ 供应方式的不同，呼吸器可以分为自吸式呼吸器和供氧式呼吸器两种。自吸式呼吸器通过内置的过滤系统过滤空气中的有害物质（如煤尘、毒气等），为矿工提供新鲜的空气。该类呼吸器不仅能够为矿工提供充足的 O₂，而且具有相对较长的使用时间，适合在事故发生后需要长期待在密闭空间的矿工使用。自吸式呼吸器的优点是能够在较长时间内保障矿工的呼吸需求，尤其适用于待救援的情况。其使用过程中不需要外部 O₂ 供应，独立性较强，但其工作原理要求呼吸器本身具有较高的过滤效率。

而供氧式呼吸器则通过外部气源（通常是氧气瓶）为矿工提供 O₂。这类呼吸器的特点是较为轻便、易于佩戴和使用，但由于需要依赖外部氧气源，供氧式呼吸器的使用时间相对有限。对于在事故现场无法及时逃生的矿工，供氧式呼吸器能够提供短时间的 O₂ 支持，帮助其等待救援。尽管使用时间有限，但其便携性和操作简单等特点，使该呼吸器成为在短时间内应对突发状况的理想装备。

3.2.3 防尘面具

煤矿作业中，煤尘是矿工健康的重大威胁，长期暴露在煤尘环境中容易引发呼吸系统疾病，如尘肺病、肺癌等。因此，防尘面具应用而生，其主要功能是有有效过滤空气中的煤尘颗粒，保护矿工的肺部健康。防尘面具工作原理是通过高效的过滤材料，如 HEPA 滤网等，将空气中的煤尘、细菌和其他有害物质隔离。

防尘面具的设计通常采用密封性强、舒适的材料，佩戴后能够紧密贴合面部，减少空气泄漏的可能性。对于不同工种的矿工，防尘面具可以根据作业环境的

差异，选择适合的过滤效果和佩戴方式，确保在高煤尘浓度的环境中工作时，不会受到煤尘的侵害。随着煤矿作业环境的不断改善，防尘面具也在不断升级，新的过滤技术和舒适设计不断被采用，以提高其保护能力和佩戴舒适度。

3.2.4 防爆服

防爆服作为煤矿作业中的重要防护装备，主要用于防止矿工在火灾和爆炸等危险环境中受到严重伤害。防爆服通常采用阻燃材料，如芳纶、碳纤维等，能够有效阻挡火焰和高温对矿工身体的伤害，具有耐高温、防爆破的特点。

防爆服的设计考虑到矿工的舒适性和安全性，通常采用双层结构，一层用于防火防爆，另一层用于提供舒适的穿着体验。防爆服不仅具备抗高温、抗火焰的能力，还能够发生爆炸时为矿工提供一定的保护，减少爆炸冲击波和飞溅物对矿工的伤害。除此之外，防爆服还常常配备其他保护设备，如防爆鞋、防爆手套等，以确保矿工在极端环境中的全方位保护。

4 煤矿井下紧急避险技术发展趋势

煤矿井下紧急避险技术的发展趋势将主要集中在以下几个方面。1) 智能化技术将成为未来的发展方向。通过引入人工智能、物联网、大数据等先进技术，实现对矿井内部环境、设备状态的实时监测和分析，以及对矿工状态的智能识别和预警，从而提高煤矿事故的预防和应急响应能力。2) 装备性能将进一步提升。紧急避险装备将采用更轻便、更耐用的材料，提高 O₂ 供应时间和呼吸效率，以适应煤矿深部开采和复

杂工况下的应急需求。3) 应急逃生系统将实现更高水平的智能化和自动化，提升矿工在事故中的逃生效率和安全性。

在技术创新方面，可能的突破点包括新型材料的应用、装备结构的优化设计、紧急逃生系统的智能化改造等^[5-6]。例如，通过引入先进的阻燃材料和高效过滤材料，改进防爆服和防尘面具的性能；设计更人性化、便携式的逃生器和呼吸器，提高矿工在紧急情况下的生存能力；开发智能化的紧急逃生系统，实现自动化的应急响应和逃生导引，减少人为操作的依赖，提高应对突发事件的效率和准确性。

煤矿井下紧急避险技术有望在提高矿工安全生产水平、减少事故损失方面发挥更加重要的作用。随着智能化技术的不断发展和应用，紧急避险技术将进一步提升其预警、救援和逃生能力，为矿工提供更可靠的安全保障。同时，随着技术创新的不断推进，煤矿井下紧急避险技术有望实现更高水平的智能化、自动化和人性化，为煤矿安全生产带来全新的发展前景

5 结束语

煤矿井下紧急避险技术的发展趋势指向智能化、高性能化和创新化。未来，随着智能技术和新材料的应用，紧急逃生装备将更轻便、更高效，紧急逃生系统将更智能化、自动化。技术创新将持续推动煤矿安全生产水平的提升，为矿工提供更可靠的安全保障。随着煤炭行业对安全生产的高度重视，煤矿井下紧急避险技术的应用前景将更加广阔，助力煤矿实现安全稳定的发展。

参考文献：

[1] 杨大明.煤矿井下紧急避险技术装备现状与发展[J].煤炭科学技术,2013,41(9):49-52.
[2] 杨大明.关于井下紧急避险系统设计的探讨[J].煤矿安全,2012,43(1):118-121.
[3] 盛武,高明中,杨力.煤矿井下紧急避险系统模型构建[J].西安科技大学学报,2011,31(6):799-802.
[4] 杨大明.煤矿井下紧急避险系统建设中的重要问题研究[J].中国煤炭,2011,37(11):79-82.
[5] 孙继平.煤矿井下紧急避险关键技术[J].煤炭学报,2011,36(11):1890-1894.
[6] 杨大明.煤矿井下紧急避险系统的建设与发展[J].煤炭科学技术,2010,38(11):6-9.

(编 辑：岳姝江)

(上接第 111 页)

参考文献：

[1] 李晨.煤矿防治水面临的问题及对策[J].能源与节能,2023(12):161-163.
[2] 曹鹏.煤矿防治水工作面临的新问题分析[J].内蒙古煤炭经济,2023(14):133-135.
[3] 马海鹏.煤矿防治水常见问题对策措施讨论[J].内蒙古煤炭经济,2023(11):151-153.
[4] 牛睿.浅析煤矿回采工作面防治水问题[J].石化技术,2019,26(7):216.
[5] 兰鹏飞.煤矿回采工作面防治水问题分析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(5):116-118.
[6] 刘晓斌.煤矿地质防治水工作面临的质量问题及防治策略研究[J].当代化工研究,2022(15):105-107.

(编 辑：岳姝江)