

煤矿井下火灾隐患识别与应急处置对策

冯海明

华电煤业集团有限公司 北京 100032

摘要：随着煤炭工业持续发展，安全至上理念深入人心。本文聚焦煤矿井下火灾隐患识别与应急处置。首先分析煤矿井下火灾成因，涵盖外源火灾、内源火灾、可燃物堆积以及管理疏漏等方面。接着阐述隐患识别技术，包括人工巡检、气体监测、温度探测、视频监控和红外热成像技术。最后提出应急处置对策，涉及初期火情确认与报警、通风系统调控、灭火措施与装备使用、人员疏散救援、现场指挥协调以及次生灾害防范等，旨在为煤矿安全生产提供全面的理论支持与实践指导。

关键词：煤矿井下；火灾隐患识别；应急处置对策

引言：煤矿生产中，井下火灾是重大安全隐患，严重威胁人员生命、设备安全及生产秩序。一旦发生火灾，不仅会造成人员伤亡，还会引发瓦斯爆炸等次生灾害，导致巨大经济损失。当前，煤矿井下火灾成因复杂，既有外源的人为与设备因素，也有内源的煤层自燃问题，同时可燃物堆积和管理疏漏也增加了火灾风险。准确识别火灾隐患并及时有效处置，是保障煤矿安全的关键。基于此，深入研究煤矿井下火灾隐患识别与应急处置对策具有重要的现实意义和紧迫性。

1 煤矿井下火灾的成因

1.1 外源火灾

人为因素是引发煤矿井下外源火灾的重要原因。井下作业人员违规操作，如违规使用明火、吸烟，或在易燃区域进行电气焊作业，都可能点燃周围可燃物。设备因素也不容忽视，电气设备老化、短路产生电火花，电缆破损漏电，以及机械设备摩擦产生高温等，都具备引燃可燃物的条件。此外，运输过程中煤炭与设备剧烈摩擦，也可能引发火灾。

1.2 内源火灾

煤层自燃是煤矿井下内源火灾的主要形式。煤具有自燃倾向性，在开采过程中，煤体破碎，与空气的接触面积增大，氧气吸附在煤表面，发生一系列物理和化学吸附作用，产生热量。若热量不能及时散发，会使煤体温度逐渐升高，当达到煤的着火点时，就会引发自燃。这一过程受到煤的变质程度、粒度、孔隙率、通风条件等多种因素影响。

1.3 可燃物堆积

煤矿井下存在大量可燃物，如煤炭、木材、油脂、橡胶制品等。在生产过程中，由于管理不善或作业需要，这些可燃物容易堆积。例如，巷道角落堆积的煤

炭、设备旁存放的木材和油脂等。可燃物堆积不仅增加了火灾发生的概率，还为火灾蔓延提供了物质基础。一旦有火源出现，可燃物会迅速燃烧，火势借助可燃物的连接和通风条件快速扩散，导致火灾范围扩大，增加灭火难度和灾害损失，严重影响煤矿的安全生产。

1.4 管理疏漏

管理疏漏是煤矿井下火灾防控的薄弱环节。在安全管理制度方面，可能存在制度不完善、执行不严格等问题，导致安全规定无法有效落实。人员培训不足，使作业人员缺乏火灾防范意识和应急处置能力，不能及时发现和处理火灾隐患。安全检查不细致、不全面，对一些潜在的火灾危险源未能及时发现和整改。此外，应急预案不完善、缺乏演练，在火灾发生时无法迅速、有效地组织救援和处置^[1]。

2 煤矿井下火灾隐患识别技术

2.1 人工巡检

人工巡检作为煤矿井下火灾隐患识别的基础手段，具有不可替代的直观性。巡检人员依据既定规程，对井下各区域展开全面且细致的检查。在巡检过程中，他们凭借自身感官和专业素养，对设备外观、运行状态以及周边环境进行综合判断。通过观察设备外壳有无变形、变色，判断其是否过热；倾听设备运转声音是否异常，有无摩擦、撞击等杂音；触摸设备表面感受温度变化，检查是否有局部过热现象。同时，留意巷道支护结构是否稳固，有无裂缝、变形等情况，以及通风设施是否正常运行，风量、风速是否符合要求。此外，还会检查巷道内是否存在可燃物违规堆放、电气线路私拉乱接等安全隐患。人工巡检能够及时发现一些表面明显的问题，但由于受人员精力、经验水平和巡检时间间隔等因素限制，对于一些隐蔽性较强的火灾隐患，如设备内部故

障、煤层内部自燃初期迹象等，可能难以察觉。

2.2 气体监测技术

华电煤业集团有限公司构建了“全要素、高精度”的气体监测体系，覆盖井下采空区、巷道、机电硐室等火灾高风险区域。公司采用激光光谱分析技术，部署多参数气体传感器阵列，可实时监测 CH_4 、 CO 、 C_2H_4 、 C_2H_2 等8类火灾标志气体，检测精度达 $\pm 0.1\text{ppm}$ ，响应时间 < 5 秒。针对动火作业审批流程执行不严的问题，公司开发了智能气体监测终端，集成电子围栏与生物识别技术，作业前需通过人脸识别验证审批权限，并同步检测作业区域气体浓度，数据自动加密上传至安全监管平台，确保审批与监测环节闭环管理。此外，公司建立气体监测数据溯源机制，通过区块链技术记录传感器校准、维护等全生命周期信息，解决消防器材点检记录缺失导致的责任追溯难题。目前，该体系已实现井下重点区域100%覆盖，年识别气体异常隐患超400起，为火灾早期预警提供了可靠数据支撑。

2.3 温度探测技术

华电煤业创新应用“分布式光纤测温+红外热成像+智能温控装置”三重防护技术，形成井下温度动态监控网络。分布式光纤测温系统沿巷道、电缆桥架敷设，采用拉曼散射原理，实现连续测温距离达15km，空间分辨率0.2m，温度精度 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，可精准定位高温区域。针对皮带机滚筒、变压器等设备过热问题，公司部署红外热成像仪，配合AI图像识别算法，自动识别温度异常点并分级预警。为解决消防器材点检记录缺失问题，公司为灭火器、沙箱等设备配备智能温控标签，当环境温度超过 55°C 或点检周期超期时，标签自动发送报警信息至安全员终端，确保应急物资处于可用状态。此外，公司研发的矿用本质安全型温控装置，集成PT1000铂电阻传感器与无线通信模块，实时监测设备表面温度，当温度超过设定阈值时，自动触发声光报警并切断电源。目前，该技术组合使华电煤业井下设备故障率下降70%，火灾事故发生率降至行业领先水平。

2.4 视频监控技术

视频监控技术为煤矿井下火灾隐患识别提供了可视化的直观途径。通过在井下各个区域安装高清摄像头，构建全方位的视频监控网络，能够实时监控井下的生产活动和环境状况。监控人员可以在地面控制中心通过显示屏随时查看井下画面，对设备运行状态、人员操作行为以及巷道环境变化进行实时观察。一旦发现异常情况，如电气设备冒烟、巷道内有烟雾弥漫、可燃物堆积过多等，能够及时记录并发出警报。视频监控具有覆盖

范围广、实时性强的特点，能够记录火灾隐患发生的过程和细节，为后续的事故分析和责任认定提供有力依据。不过，视频监控在光线较暗、有遮挡物或粉尘较大的环境下，监控效果会受到一定影响。而且，长时间观看监控画面容易导致监控人员视觉疲劳，可能出现漏检情况。为了提高监控效率，可结合智能视频分析技术，自动识别异常画面，实现对火灾隐患的快速准确识别。

2.5 红外热成像技术

红外热成像技术是一种能够“透视”隐蔽高温的先进火灾隐患识别技术。它基于物体表面发射的红外辐射原理，通过红外热成像仪将不可见的红外辐射转换为可见的热图像，直观地显示物体表面的温度分布情况。在煤矿井下，该技术可以穿透一定的烟雾、粉尘和遮挡物，检测到隐蔽部位的高温区域。对于早期煤炭自燃，红外热成像技术能够在尚未出现明显烟雾和火焰时，发现煤体温度异常升高区域，实现火灾隐患的早期识别。与传统的温度探测技术相比，它具有非接触、大面积检测、直观显示温度场等优势，能够快速扫描大面积区域，及时发现潜在的高温隐患点。然而，红外热成像设备价格相对较高，对操作人员的技术要求也较高，需要经过专业培训才能准确解读热图像^[2]。同时，其检测结果会受到环境温度、物体发射率等因素的影响，需要结合实际情况进行准确分析和判断，以确保火灾隐患识别的可靠性。

3 煤矿井下火灾应急处置对策

3.1 初期火情确认与报警

井下作业环境复杂，火灾初期迹象可能并不明显，但每一秒都至关重要。工作人员需时刻保持警惕，留意异常气味、烟雾、温度升高等细微变化。一旦察觉疑似火情，要迅速对周边环境进行全面查看，精准确定火灾位置、规模以及燃烧物质。比如，判断是电气设备起火、煤炭自燃还是其他可燃物燃烧。确认火情后，立即使用井下配备的固定电话、手动报警按钮等设备，向矿调度室清晰准确地报告。报告内容应涵盖火灾发生的具体地点、火势大小、燃烧物质类型等关键信息。矿调度室接到报警后，要迅速启动应急响应机制，通知相关专业救援人员和部门赶赴现场。快速准确的初期火情确认与报警，能为后续的火灾处置争取到宝贵的黄金时间，有效防止火势进一步扩大，减少损失。

3.2 通风系统调控

通风系统在煤矿井下火灾应急处置中起着关键作用。火灾发生时，合理调控通风系统能有效控制烟流的扩散方向和范围，避免烟雾蔓延至其他作业区域，保障

人员的呼吸安全。根据火灾位置和火势,可采用局部反风的方式,将烟雾引向安全的回风巷道排出。同时,要严格控制通风量,防止瓦斯积聚。因为火灾可能破坏通风设施,导致瓦斯涌出异常,若通风不当,极易引发瓦斯爆炸等次生灾害。通风系统的调控必须由专业人员根据实际情况进行科学决策和精准操作,实时监测瓦斯浓度和烟雾情况,根据监测数据动态调整通风参数,确保通风调控既能有效控制烟流和瓦斯,又不会引发新的安全隐患。

3.3 灭火措施与装备使用

针对不同类型的火灾,需采用合适的灭火措施和装备。对于电气火灾,首要任务是切断电源,防止触电事故发生,然后使用干粉灭火器、二氧化碳灭火器等进行灭火,这些灭火器能有效隔绝氧气,扑灭火焰。若是煤炭自燃引发的火灾,在火势较小且范围局限时,可采用直接灭火法,如用水枪、灭火器等进行扑救;当火势较大难以直接控制时,可采用隔绝灭火法,通过构筑密闭墙等方式,切断火灾区域的氧气供应,使火焰逐渐熄灭。井下还应配备消防沙、惰性气体等灭火材料,以应对不同情况。作业人员要定期接受培训,熟练掌握各种灭火装备的使用方法和注意事项,确保在火灾发生时能够迅速、准确地采取灭火行动,有效扑灭火灾。

3.4 人员疏散救援

在煤矿井下火灾发生时,保障人员的生命安全为首要任务。应立即启动人员疏散预案,通过广播、警报等方式通知井下人员按照预定的疏散路线有序撤离。疏散路线要清晰明确,标识醒目,确保人员在紧急情况下能够快速找到。在疏散过程中,要有专人负责引导和指挥,避免出现拥挤、踩踏等事故。对于受伤或被困人员,要组织专业的救援队伍进行搜救。救援人员要配备必要的防护装备,如氧气呼吸器、安全绳等,确保自身安全的前提下开展救援工作。同时,在井口等安全地点设立医疗救治点,对撤离出来的人员进行身体检查和初步救治,及时将重伤员送往医院进行进一步治疗,最大限度地减少人员伤亡。

3.5 现场指挥与协调

现场指挥与协调是煤矿井下火灾应急处置的核心环节。应迅速成立由矿领导、专业技术人员和救援专家组成的现场指挥部,全面负责应急处置工作的指挥和协调。指挥部要根据火灾的实际情况,制定科学合理的处

置方案,明确各救援小组的职责和任务,合理调配救援资源和力量。各救援小组之间要保持密切沟通和协作,及时反馈处置进展情况,共同解决处置过程中遇到的问题。例如,灭火小组在灭火时,若发现通风系统需要调整,要及时与通风小组沟通;人员疏散小组在疏散过程中遇到困难,要及时向指挥部报告寻求支持。同时,要加强与上级部门和相关单位的沟通协调,争取外部支持和援助,形成强大的应急处置合力,确保火灾应急处置工作高效有序进行。

3.6 次生灾害防范

煤矿井下火灾可能引发瓦斯爆炸、煤尘爆炸、顶板垮落等次生灾害,严重威胁人员生命安全和救援工作的顺利进行。因此,在火灾应急处置过程中,要高度重视次生灾害的防范工作。加强对瓦斯、煤尘等有害气体的监测,增加监测频率和点位,及时掌握其浓度变化情况。一旦发现瓦斯或煤尘浓度接近爆炸极限,要立即采取通风、洒水等措施降低浓度。对火灾区域的顶板进行密切观察,安排专人定时检查顶板的稳定性,采取支护等措施防止顶板垮落。同时,要对周边巷道和设备进行全面检查,及时发现和处理潜在的安全隐患,如损坏的电缆、松动的支架等,阻断灾害的连锁反应,确保整个应急处置过程的安全可靠^[1]。

结束语

煤矿井下火灾隐患犹如高悬的“达摩克利斯之剑”,时刻威胁着矿井安全与人员生命。通过精准识别诸如电气设备老化、煤炭自燃倾向、违规操作等隐患,我们筑牢了第一道防线。而完善的应急处置对策,从初期火情迅速响应、合理调控通风,到科学灭火、有序疏散与高效指挥,再到严防次生灾害,构成了全方位的守护体系。然而,安全工作永无止境。我们需持续强化隐患排查力度,提升应急处置能力,将安全意识深植于每位矿工心中。

参考文献

- [1]金元甲.煤矿井下通风及瓦斯爆炸的防治措施探究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(18):46-48.
- [2]代亚东.煤矿井下采煤技术[J].当代化工研究,2024,(09):85-87.
- [3]周鹏.煤矿井下通风系统安全管理及瓦斯治理技术研究[J].应用能源技术,2023,(02):165-167.