

# Identification of hazard sources in mine well and roadway excavation construction

Wenlong Ma

Shanneng Luxi Mining Tangkou Coal Industry Company, Jining, Shandong, 272055, China

## Abstract

With the vigorous development of China's social economy, the mineral engineering gradually scale. However, in terms of practice, the construction safety situation needs to be improved, especially the danger and uncertainty of mine roadway excavation construction are high, and there are unpredictable accidents. If the lack of effective risk identification system and response mechanism, it will not only delay the construction period and increase the construction cost, but also lead to the overall project is forced to stop, resulting in serious economic losses and casualties. Therefore, this paper mainly discusses the identification method of hazard source in the construction of mine excavation, and optimizes the response strategy based on the evaluation results, aiming to ensure the effectiveness of hazard management, and truly nip in the bud. At the same time, this paper also combines the risk matrix method, fault tree analysis method, HACCP (hazard analysis and key control point) method and simulation drill method to quantify the risk, helping the construction personnel to quickly identify the hazard source in the whole construction process, and laying a solid foundation for risk prevention and control.

## Keywords

mine roadway; excavation construction; hazard identification and analysis

## 矿山井巷掘进施工中危险源的判别

马文龙

山能鲁西矿业唐口煤业公司, 中国·山东 济宁 272055

## 摘要

伴随我国社会经济蓬勃发展, 矿产工程逐渐规模化。但就实践情况来看, 施工安全形势有待改善, 尤其是矿山井巷掘进施工的危险性、不确定性较高, 存在不可预知的事故。如果缺乏有效的风险识别系统与响应机制, 不仅会延误工期、增加施工成本, 还会导致整体工程被迫停止, 带来严重经济损失和人员伤亡。因此, 本文主要对矿山井巷掘进施工中危险源的判别方法进行探讨, 并依托评估结果优化应对策略, 旨在确保危险源治理有效性, 真正做到防患于未然。与此同时, 本文还结合了风险矩阵法、故障树分析法、HACCP(危害分析与关键控制点)法以及模拟演练法对风险进行量化, 帮助施工人员在施工全过程快速判别危险源, 为风险防范和控制打下坚实基础。

## 关键词

矿山井巷; 掘进施工; 危险源判别; 分析

## 1 引言

目前, 我国矿山施工安全事故呈逐年上升趋势, 这是因为矿山本身具有一定特殊性, 如地质条件复杂、气候环境变化等, 同时错误操作也是影响施工安全不可忽视的重要因素。因此, 与其他各类安全事故而言, 井巷掘进施工的危险性相对较高。但是, 根据数据显示, 虽然井巷掘进施工事故每年都有发生, 但同比增长却呈下降趋势, 说明一些矿山企业开始高度重视施工安全管理工作, 并颇有成效。因此, 为了进一步提升矿山井巷施工质量, 应聚焦危险源判别方法

的应用, 旨在帮助施工人员及时发现安全风险并高效处理。以下对矿山井巷掘进施工中危险源判别方法进行详细说明:

## 2 矿山井巷掘进施工中危险源判别方法

### 2.1 风险矩阵法

在矿山井巷掘进过程中, 常常出现各种潜在风险, 通过系统地评估与识别, 可以提前做好防控, 确保施工安全。在此过程中, 需要施工人员对作业条件、现场环境进行充分调查, 包括人为因素、自然因素等。例如, 在矿山掘进过程中, 岩体稳定性是关键, 因此勘察必须辐射应力变化、岩石性质和地质构造等方面<sup>[1]</sup>。具体而言, 全面评估岩体稳定性, 可以采用力学性质测试, 并结合现场监测结果、地质勘探数据, 构建三维模型, 使岩石应力分布情况一览无余。这样一

【作者简介】马文龙(1983-), 男, 中国山东济宁人, 本科, 助理工程师, 从事煤矿工程研究。

来,施工人员可以快速识别可能存在风险区域。

在此框架下引入风险矩阵法,有助于识别矿山井巷掘进施工中的危险源。也就是说,对不同类型的危险源进行评估,包括其严重性与概率等,然后制定可操作性风险防控策略。在具体实施过程中,对所有危险源进行详细分类至关重要,同时把可能导致的后果程度、发生概率量化。接下来,将这些数据参数通过二维矩阵可视化,同时以图文方式呈现。一般情况下,危险源影响程度以矩阵纵轴表示;而危险源发生概率则以矩阵横轴表示。这样一来,将某个风险源评估结果嵌入风险矩阵当中,就能出现在矩阵的相应位置,并进行排序。与此同时,在风险矩阵中,风险系数较高的区域或危险源会被标记出来,作为重点风控对象。举例说明:据评估结果显示,抗压强度不足是软岩普遍存在问题,因此岩层表面会出现各种裂隙,这无疑对岩体结构的稳定性造成严重威胁。从而得知,基于该区域裂隙较多且岩层支撑不足,因此存在岩石掉落、塌方的风险概率较高。而此结果在风险矩阵图中的重点控制区域也得到呼应,为危险源判别提供有益参考。

## 2.2 故障树分析法

故障树分析法的原理是沿着顶事件逐步追溯到每一个基础事件,它运用的是反向推理。具体而言,安全事件的成因可能由多个方面,而每一个基础事件对应一个单一原因,包括外部环境异常、操作失误、设备故障等,这些都是导致系统失效的重要因素<sup>[2]</sup>。因此如何利用故障树分析法辨别潜在风险成为一个重要议题。首先,运用多层次分解方法。即采用模型化方法拆解复杂系统中的各类风险,旨在将每一个基础事件的风险概率量化,从而预测它们事故发生率。其次,在推理过程中,逆向思维还有利于梳理事件脉络,从中发现哪些是直接导致基础事件的导火索,同时探究各个基础事件间的必然联系与规律。举个例子,设备老化导致性能下降,而操作不当则会加快设备老化,由此可见,设备老化和操作不当这种互动关系大大增加了触电、短路、火灾等安全事故发生概率。因此,必须全面建立系统化风险模型,并结合历史事件考量多个基础事件组合带来的交互影响与集成效应。

以下对构建系统化风险模型的具体步骤进行详细说明:首先,逻辑性、系统性是故障树分析法的显著优势。主要体现在它可以将多层次风险关系通过结构化呈现,同时深入剖析复杂环境中矿山掘进过程面临的各种交互作用。在此基础上,矿山企业应结合实际情况与施工需要,建立自身的风险模型框架,再根据环境、操作人员、设备等系统组件增加独立的风险子树。为了优化风险模型,还可以引入大数据分析工具进行演算、模拟,从根本上确保所有风险来源均被全面覆盖。当然,为了提升风险模型适应性,工程师应基于已有历史记录与事故数据持续优化、校正模型,确保其能够满足不同工作环境要求。

最后,根据不同的风险评估结果,故障树分析法还可以辅助工程师制定可行性安全管理方案。举个例子,就拿掘进设备故障来说,通过定期分析故障树,能够洞察设备故障对矿山井巷掘进进程造成的多方面影响,如液压故障、电气故障等。在此背景下,施工人员预先对关键设备制定维修保养计划,可以从根本上避免设备故障引发的安全事件。为了培养施工人员危险源高敏感度,施工单位还可以基于故障树分析结果组织开展技术交底与专项人员培训活动,旨在确保人员熟练掌握施工要点、专业技能,并充分理解矿山井巷掘进施工相关理论知识<sup>[3]</sup>。进而在施工过程中正确判别危险源并做出正确反应,从根本上减少操作失误带来的风险。

## 2.3 HACCP (危害分析与关键控制点)法

在矿山井巷掘进施工中,HACCP(危害分析与关键控制点)法得到广泛应用。其工作原理是标注掘进施工过程中所有可能存在的危险源,然后重点控制每一个环节的关键点,以期有效判别每一个危险因素并控制。举例说明,支护系统在井巷掘进工程中发挥不可替代作用,其稳定性为矿山井巷掘进施工安全奠定基石。特别是在地质条件相对复杂情况下,如果支护失效将面临冒顶片帮风险、人员伤亡风险。而HACCP法在分析不同地质环境危险源方面具有显著优势,同时提供可行性改进建议。具体操作步骤为:详细勘探施工现场地质结构,然后结合所在区域历史记录,对掘进遇到的异常情况进行分析,如水源渗透、岩层裂隙、沉降等,从这些问题能够初步评估阶段性支护结构的强度需求。为了进一步提升支护性能,还可以通过材料选择、工艺优化实现<sup>[4]</sup>。一般情况下,支护材料以耐腐蚀性、高强度为主,旨在从根本上确保支护结构刚度和强度,防止荷载不足引发的危险事件。

众所周知,矿山井巷的隐蔽性较高,因此通风系统设计的重要性不言而喻。因为矿井内的温度、气流速度、气体成分均会对人体健康、安全产生威胁。特别是通风不良区域,容易导致中毒、爆炸等危险事件。以下对HACCP法在施工过程中如何判别危险源进行详细说明:首要任务是结合作业区域内气体分布情况、不同作业面进行危害分析,进而明确通风设施功能。就拿有害气体浓度来说,包括但不限于一氧化碳、甲烷,如果超过正常含量后果不堪设想。基于此,HACCP法要求实时监测矿井气体浓度变化并灵活调整通风方案。例如,增加通风设施安装,涵盖送风管道、风机等,以期提高井巷作业区域通风性能。另一方面,除了24小时监测有害气体外,对于空气质量、气流方向和风速也要纳入考量范畴,这些参数对正确判别危险源有重要意义。

最后,HACCP法也可以应用到排水系统的维护与设计之中。因为在矿山井巷掘进施工中,常常出现地下水水位频繁变化情况,导致积水问题,这对施工安全、进度产生负面影响。通过HACCP法应用,可以分析出现有排水系统可能存在危险源或不足之处,并帮助施工人员制定符合施工阶段特点、

地质条件的排水方案。例如,根据淹水或塌方区域的评估结果,积水严重,为了提高井巷排水能力,可布设多个泵送设备与排水管道减轻排水压力。当然,基于施工特点存在阶段性,因此应制定个性化排水方案。如在雨季,应选择容量较大的排水管,同时及时清理管道中的异物,避免管道堵塞、排水不畅带来的安全风险。

## 2.4 模拟演练法

在矿山井巷掘进施工过程中,反应能力和危险源判别是重中之重。采用模拟演练法,有利于培养人员对危险源的识别能力与应急能力,对矿山掘进施工中危险源的判别产生积极影响。具体而言,施工单位可以就矿山井巷掘进过程中可能面临的突发情况、施工环境进行仿真模拟,以增强人员对危险作业环境、复杂条件的熟悉程度。这种模拟演练有助于培养人员应变能力、处理问题能力。例如,因为实践操作是模拟演练的核心,通过各类危险源的仿真模拟,施工人员能够快速判别危险类型、等级,进而迅速响应。以下对模拟演练过程进行详细说明:首先,演练内容设计需要以掘进的作业特点为导向,根据不同的潜在危险因素、危险性进行排序,进而规划演练内容与程序。在演练过程中,应涵盖常见紧急事件,如火灾、瓦斯泄漏、塌方和设备故障等。确保人员亲身接触核心环节与应急处理流程。同时模拟覆盖所有危险源类型。就拿设备故障演练来说,可以分成两个阶段进行。一是模拟设备故障给施工带来的影响,可利用多媒介演示不同设备故障引发的安全事件,然后引导人员通过这些事件追溯危险源,并制定应急方案。二是模拟人为因素对矿山井巷掘进工程带来的干扰,采用提问式方法培养人员在压力环境下的应急决策能力,这些都是正确判别危险源的关键要素。

此外,演练方案还可以根据具体任务设置。这样可以锻炼施工人员阶段性风险源或具体类型风险源的判别。例

如,在初期阶段,演练应着重设备使用、人员安全方面,到了施工后期,则将重点向突发事件应急响应偏移,如处理大规模塌方等。并鼓励人员积极参与判断与模拟不同的应急措施,以检验不同应急策略的效果,从而帮助他们形成正确的危险源判别意识。由此可见,这种基于不同施工任务的演练设计可以确保阶段性危险源得到充分考虑,大幅度提升矿山井巷整体安全施工水平。

## 3 结语

综上所述,矿山井巷掘进施工中的危险源判别是保障施工安全、减少事故发生的关键环节。通过采用风险矩阵法、故障树分析法、HACCP法和模拟演练法等多种措施,可以有效识别和分析潜在危险源,为制定科学的安全管理措施提供理论依据。尤其是在矿山井巷掘进施工中,复杂的地质条件、瓦斯泄漏、设备故障等因素对施工安全构成了巨大挑战。只有加强对危险源的持续监控和预防,才能确保每一个环节都在安全框架下运行。与此同时,模拟演练对提升施工人员应急响应能力产生积极作用,为矿山施工安全提供了可靠保障。未来,通过这些措施的实施,将大大提升矿山井巷掘进施工的安全性,为矿山企业长期稳定发展奠定坚实基础。

## 参考文献

- [1] 张健,张波.地下矿山工程井巷掘进爆破技术探究[J].科技资讯, 2024, 22(6):114-116.
- [2] 刘彬,张文锋,张小伟.地下矿山工程井巷掘进爆破技术应用研究[J].中国金属通报, 2023(5):37-39.
- [3] 王要平,张凤林,徐火祥,冯依赞,张海骅,唐彬.TBM掘进煤矿巷道研究现状与展望[J]. 2023.
- [4] 王晓凯.直孔掏槽对角起爆光爆技术在李楼铁矿井巷掘进中的应用[J].石材, 2025(2).