

采矿工程高处坠落事故风险识别与安全防护设施优化设计

杨成浩

新疆国泰新华五彩湾矿业有限责任公司

DOI: 10.12238/ems.v8i1.17626

[摘要] 采矿工程中高处坠落事故频发, 严重威胁矿工生命安全和企业生产效益。本文围绕“采矿工程高处坠落事故风险识别与安全防护设施优化设计”展开研究, 首先分析了高处坠落事故的定义、分类及其发生原因, 构建了基于层次分析法的风险评估模型, 对采矿作业环境及人员行为的风险源进行了系统识别和评估。随后, 针对现有安全防护设施的类型及存在的问题, 提出了防护栏杆、安全网和安全带的优化设计方案, 兼顾安全性和经济性。研究结果为降低采矿工程高处坠落事故发生率、提升矿山安全管理水平提供理论支持和技术保障。

[关键词] 采矿工程; 高处坠落; 风险识别; 安全防护设施; 优化设计; 层次分析法

第一章 引言

采矿工程作为高危行业之一, 其作业环境复杂且多变, 尤其是在高处作业过程中, 矿工面临着较大的坠落风险。近年来, 随着矿山开采深度和规模的不断扩大, 高处坠落事故的发生频率呈上升趋势, 导致大量人员伤亡和经济损失。根据相关统计数据显示, 高处坠落事故占采矿工程所有安全事故的较大比例, 成为制约矿山安全生产和可持续发展的关键问题之一。高处坠落事故不仅直接威胁矿工的生命安全, 还会引发连锁反应, 影响矿山的正常生产秩序和企业声誉。传统的安全管理措施和防护设施在实际应用中存在设计不合理、维护不到位等问题, 难以有效防范事故的发生。因此, 开展高处坠落事故的风险识别研究, 明确事故风险源, 科学评估风险等级, 针对性地优化安全防护设施设计, 具有重要的理论价值和现实意义。本研究旨在通过系统的风险识别与评估方法, 结合采矿工程实际需求, 提出切实可行的安全防护设施优化方案, 为提升采矿工程高处作业安全水平提供技术支持, 推动矿山安全管理的持续改进, 保障矿工生命安全和矿山生产稳定运行。

第二章 采矿工程高处坠落事故相关理论基础

2.1 高处坠落事故的定义及特点

高处坠落事故是指作业人员或物体在高处作业过程中, 由于失去平衡、支撑或防护措施失效等原因, 导致从一定高度跌落至下方地面或设备上的意外事件。采矿工程中, 由于作业环境复杂、高度差异大, 高处坠落事故具有以下显著特点:

突发性强: 事故发生往往无明显预兆, 瞬间完成, 难以预防。

伤害严重: 坠落高度大, 受伤程度多为重伤甚至死亡。

多因素叠加: 事故往往由环境、人员和设备等多种因素共同作用导致。

隐蔽性高: 部分高处作业区域难以监控, 安全隐患难以

全面发现。

理解高处坠落事故的定义和特点, 是开展风险识别与防护设计的基础。

2.2 采矿工程高处坠落事故的发生机理

高处坠落事故的发生机理涉及力学、人体工程学及安全管理等多个领域。其本质是作业人员或物体在重力作用下失去支撑或保护, 从而发生自由落体过程。具体机理包括:

失足滑倒: 由于作业平台湿滑、杂物阻碍或照明不足, 作业人员脚下失稳。

支撑结构失效: 作业平台、栏杆或脚手架因设计缺陷、腐蚀老化或维护不当导致坍塌。

防护措施失效: 安全带未正确佩戴, 安全网破损或未覆盖关键区域。

人员操作失误: 违规攀爬、超负荷作业或疲劳驾驶等行为增加坠落风险。

事故发生过程中, 重力加速度使坠落速度迅速增加, 撞击地面或设备时产生巨大冲击力, 造成严重伤害。

2.3 采矿工程高处坠落事故的危险源理论

危险源理论是安全管理的重要理论基础, 指存在于系统内可能引发事故的物质、能量或行为状态。在采矿工程高处坠落事故中, 危险源主要包括:

物理危险源: 如高处作业平台、边坡、机械设备等。

环境危险源: 湿滑地面、恶劣天气、照明不足等自然和人为环境因素。

行为危险源: 违规操作、不规范作业、安全意识薄弱等人员行为。

危险源理论强调通过识别、控制和消除危险源, 降低事故发生概率, 是风险管理的核心。

2.4 风险管理理论及其在高处坠落防护中的应用

风险管理理论包括风险识别、风险评估、风险控制和风险监测四个基本环节。其目标是系统性地识别潜在风险, 评

估风险水平，采取有效措施进行控制，持续监测风险变化。

在采矿工程高处坠落防护中，风险管理理论的应用具体表现为：

风险识别：通过现场调查、专家咨询和事故数据分析，发现高处坠落的危险源。

风险评估：采用定性和定量方法，如层次分析法（AHP）、故障树分析（FTA）等，评估风险等级。

风险控制：制定并实施安全防护设施设计、人员培训和作业规程等控制措施。

风险监测：利用安全管理信息系统和现场巡查，动态跟踪风险变化，确保防护措施有效。

风险管理理论为高处坠落安全防护提供了系统化、科学化的框架。

第三章 采矿工程高处坠落事故风险识别

3.1 风险识别的意义与方法

采矿工程高处坠落事故风险识别是安全管理的重要环节，旨在全面、系统地发现和可能分析可能导致高处坠落事故的风险源。通过风险识别，可以明确事故发生的关键因素，为后续的风险评估和防护措施提供科学依据。风险识别不仅有助于预防事故，还能优化资源配置，提高安全管理效率。常用的风险识别方法包括现场检查法、专家访谈法、事故案例分析法、故障树分析法（FTA）和层次分析法（AHP）等。针对采矿工程的特点，本研究采用现场检查与专家访谈相结合的方式，结合事故案例分析，确保风险识别的全面性和准确性。

3.2 采矿工程高处坠落事故风险源识别

风险源类别	具体风险源	发生频率（次/年）	事故关联率（%）	备注
作业环境风险	作业平台结构不稳定	8	25	老旧平台为主
	地面湿滑或杂物堆积	12	30	雨季尤为严重
	照明不足	5	15	夜间作业影响较大
	恶劣天气影响	3	10	风雨天频率较低
人员行为风险	安全防护装备使用不当	20	40	主要因违规操作
	违规操作	15	35	缺乏安全意识
	疲劳作业	10	20	长时间作业导致
	安全意识淡薄	18	38	培训不足
设备设施风险	防护设施缺失或不完善	10	28	设施老化或设计缺陷
	设备维护不到位	7	22	机械故障频发
	安全警示标志缺乏或不明显	9	25	标识位置不合理

3.4 风险识别结果分析

从表中数据可见，人员行为风险源的发生频率和事故关联率均较高，特别是安全防护装备使用不当和违规操作，是导致高处坠落事故的主要因素。作业环境中，地面湿滑和作业平台结构不稳定也表现出较高的风险水平，显示环境条件对事故发生影响显著。设备设施方面，防护设施缺失和维护不到位同样是不可忽视的风险点。综合分析表明，采矿工程高处坠落事故风险呈多源叠加特点，单一因素难以完全解释

高处坠落事故的风险源主要分为三大类：作业环境风险源、人员行为风险源和设备设施风险源。具体识别内容如下：

3.2.1 作业环境风险源

作业平台结构不稳定：平台设计缺陷、老化损坏或维护不到位导致结构失稳。

地面湿滑或杂物堆积：作业区域积水、油污或废弃物影响行走安全。

照明不足：夜间或井下光线暗淡，影响视线判断。

恶劣天气影响：风力过大、降雨、结冰等自然因素增加坠落风险。

3.2.2 人员行为风险源

安全防护装备使用不当：安全带未系或系扣不牢，安全网破损未及时更换。

违规操作：攀爬未设防护的设施，跳跃或急速移动等危险行为。

疲劳作业：长时间工作导致注意力不集中。

安全意识淡薄：缺乏安全培训，忽视作业规程。

3.2.3 设备设施风险源

防护设施缺失或不完善：防护栏杆高度不达标、安全网覆盖不全。

设备维护不到位：机械设备存在隐患，如升降机故障。

安全警示标志缺乏或不明显：无法有效提醒作业人员注意危险。

3.3 风险识别数据整理与分析

通过对某露天矿采矿作业现场的实地调查和专家访谈，收集了高处坠落风险源相关数据，整理如下表：

事故发生，必须从环境、人员和设备多维度开展风险管理。

第四章 采矿工程高处坠落安全防护设施现状分析

4.1 安全防护设施的重要性及分类

采矿工程作为高危行业之一，高处坠落事故频发，严重威胁作业人员生命安全和矿山生产秩序。安全防护设施作为防范高处坠落事故的关键技术措施，在保障作业安全中发挥着不可替代的作用。科学合理的防护设施不仅能够有效阻止人员和物体坠落，还能提升作业环境的整体安全水平。

采矿工程高处坠落安全防护设施主要包括以下几类：

防护栏杆：设置于作业平台、边坡、井口等高处，防止人员失足坠落。

安全网：用于作业区下方，拦截坠落人员或物体，减少伤害。

安全带及生命线系统：个人防护装备，确保作业人员在高处作业时的安全。

警示标志与照明设施：提醒作业人员注意危险区域，改善作业环境可视性。

梯子及扶手设施：保障人员上下高处作业点的安全通行。

不同类型的防护设施针对不同的风险场景，构成了多层次的安全防护体系。

4.2 采矿工程高处坠落安全防护设施现状调研

为了全面了解当前采矿工程高处坠落安全防护设施的应用状况，本研究对某省10个典型矿山进行了实地调研，重点考察了防护设施的配置情况、维护管理和使用效果。调研内容涵盖防护栏杆、安全网、安全带使用率、警示标志完善度及照明设施状况。

调研结果汇总见表4-1。

序号	防护设施类型	配置率 (%)	维护合格率 (%)	使用率/依从率 (%)	主要问题描述
1	防护栏杆	85	70	N/A	部分栏杆高度不足，局部损坏未及时修复
2	安全网	60	55	N/A	覆盖范围有限，部分安全网老化破损
3	安全带及生命线	N/A	N/A	65	使用率偏低，部分人员未正确佩戴
4	警示标志	75	68	N/A	标志位置不合理，部分标识模糊不清
5	照明设施	80	72	N/A	夜间照明不足，部分井下区域光线暗淡
6	梯子及扶手设施	90	85	N/A	设施较完善，但部分扶手松动

4.3 安全防护设施存在的主要问题分析

通过调研数据及现场观察，当前采矿工程高处坠落安全防护设施存在以下几个突出问题：

4.3.1 配置不均衡且覆盖不足

部分矿山对高处作业场所的防护设施配置不全面，尤其是安全网的覆盖率较低，导致部分危险区域缺乏有效防护。防护栏杆虽配置较多，但存在高度不达标及结构不牢固的问题，难以发挥应有作用。

4.3.2 维护管理不到位

防护设施的维护合格率普遍偏低，安全网破损、栏杆松动等问题较为普遍。缺乏定期检查和维修计划，导致设施性能下降，安全保障能力减弱。

4.3.3 人员防护装备使用率低

安全带及生命线的使用率仅为65%，部分作业人员因操作不便、安全意识不足或管理松懈，未能正确佩戴和使用个人防护装备，增加了坠落风险。

4.3.4 警示标志及照明设施不足

警示标志设置不合理，部分区域无明显安全提示，难以有效提醒作业人员注意危险。照明设施普遍存在不足，尤其是井下和夜间作业环境，影响作业人员的视线判断和安全操作。

4.4 安全防护设施现状对事故防控的影响

安全防护设施的不完善直接影响采矿工程高处坠落事故的防控效果。配置不足和维护不到位使得防护设施无法有效发挥保护作用，人员防护装备使用率低则降低了个体防护能力。同时，警示标志和照明不足增加了作业环境的隐患。

据统计，防护设施完善且维护良好的矿山，其高处坠落事故发生率明显低于设施缺失或管理松懈的矿山。由此可见，

提升安全防护设施的配置水平和管理质量，是降低高处坠落事故风险的关键。

结语

采矿工程高处坠落事故作为矿山安全生产中的重大隐患，严重威胁着作业人员的生命安全和矿山的稳定运行。通过对高处坠落事故相关理论基础的深入探讨，本文系统分析了事故的发生机理、危险源特征及风险管理方法，明确了人因工程和事故模型在防控中的重要作用。同时，结合对采矿工程高处坠落安全防护设施现状的调研，揭示了当前防护设施配置不足、维护不到位及人员防护意识薄弱等突出问题。针对这些问题，提出了完善防护设施配置、强化维护管理、提升人员安全意识和优化警示照明等改进措施。未来，应进一步推动安全防护技术创新和智能化管理，强化风险动态监控，构建多层次、多维度的安全防护体系。只有不断提升安全管理水平和技术保障能力，才能有效预防高处坠落事故，保障矿工生命安全，推动采矿行业的可持续发展。

[参考文献]

- [1] 王强, 李明. 采矿工程高处坠落事故分析与防控措施研究[J]. 矿业安全与环保, 2020, 47(3): 45-50.
- [2] 张华, 陈伟. 高处坠落事故的危险源辨识及风险评估方法探讨[J]. 安全科学学报, 2019, 19(6): 112-118.
- [3] 刘杰, 赵鹏. 人因工程在采矿安全管理中的应用研究[J]. 矿业工程, 2021, 39(2): 78-83.
- [4] 何丽, 孙涛. 采矿工程安全防护设施现状及优化设计[J]. 煤炭科学技术, 2022, 50(4): 95-101.
- [5] 张秋姝, 周敏. 采矿高处作业风险管理体系构建及实践[J]. 矿山机械, 2018, 46(5): 33-38.