

## 煤矿顶板事故分析与防治对策研究

张 强

江苏徐矿能源股份有限公司张双楼煤矿，江苏 徐州 221616

[摘要]煤矿顶板事故属于在煤矿生产进程中发生频次颇高且危害程度颇为严重的安全事故类别之一，其一旦发生，不但会对井下作业人员的生命安全构成严重威胁，而且还会给矿井生产系统的连贯性以及稳定性带来较为突出的影响。鉴于此，此文紧扣煤矿顶板事故的形成原理，从地质条件、采煤工艺、支护设计以及现场管理等多个方面来对顶板事故的关键成因展开系统剖析，并且在此根基之上着重对顶板支护优化、联合支护技术、复杂顶板控制以及监测预警等一系列关键防治技术予以深入探讨，希望能够为煤矿顶板事故的防控事宜给予一定的参考。

[关键词]煤矿顶板事故；采煤工作面；防治对策

DOI: 10.33142/ect.v3i11.18340

中图分类号: TD912

文献标识码: A

## Analysis of Coal Mine Roof Accidents and Research on Prevention and Control Countermeasures

ZHANG Qiang

Zhangshuanglou Coal Mine of Jiangsu Xukuang Energy Co., Ltd., Xuzhou, Jiangsu, 221616, China

**Abstract:** Coal mine roof accidents belong to one of the safety accident categories that occur frequently and have a serious degree of harm in the coal mine production process. Once they occur, they not only pose a serious threat to the life safety of underground workers, but also have a prominent impact on the continuity and stability of the mine production system. In view of this, this article closely follows the formation principle of coal mine roof accidents, systematically analyzes the key causes of roof accidents from multiple aspects such as geological conditions, coal mining technology, support design, and on-site management, and focuses on a series of key prevention and control technologies such as roof support optimization, joint support technology, complex roof control, and monitoring and early warning, so as to provide some reference for the prevention and control of coal mine roof accidents.

**Keywords:** coal mine roof accidents; coal mining face; prevention and control countermeasures

### 引言

煤矿安全生产在矿业领域一直备受关注，其中顶板事故因为突发性较强且致灾后果颇为严重，所以它已然成为影响煤矿安全生产的关键因素之一。在采煤工作面推进之时，受到地质构造出现变化、采动应力重新分布以及支护措施不够恰当等诸多因素的影响，顶板特别容易产生失稳破坏的情况，进而引发冒顶、片帮这类事故。对煤矿顶板事故成因展开深入研究，并且对防治技术与管理措施加以系统总结，这对于提高矿井的安全保障程度以及达成煤矿安全高效生产有着十分重要的实际意义。

### 1 煤矿采煤工作面顶板事故概述

煤矿采煤工作面顶板事故指在煤矿开采过程中，由于地质条件和采动工作面等因素影响，造成煤矿顶板失稳或发生坍塌。这类事故在煤矿生产中具有极高风险和严重的危害性，不仅威胁矿工生命安全，还会中断煤矿生产，加

剧经济损失，一方面会对矿井通风系统以及运输系统的正常运作产生不利影响，另一方面也会影响到后续采掘作业的有序开展。顶板事故通常突发性比较强，而且隐蔽性也很高，其破坏的范围往往还颇大，一旦发生，很容易引发一系列连锁的安全事故。所以，全面且细致地去剖析煤矿采煤工作面顶板事故的发生原理，充分探讨导致事故发生的各种因素，并且给出具有针对性的防治技术以及管理方面的对策，这对于增强煤矿顶板安全防护的能力，达成煤矿安全且高效的生产目标而言，有着十分重要的实际意义。

### 2 煤矿顶板事故成因分析

#### 2.1 地质条件对顶板稳定性的影响

地质条件对于煤矿顶板稳定性而言属于基础性的影响要素，不同煤层所处的赋存条件之下，其顶板在岩性方面、结构特征层面以及完整程度上都会呈现出明显的差异情况。那种软弱夹层、断层破碎带还有节理裂隙发育程度

比较高的顶板结构，它的整体承载能力是比较薄弱的，在受到采动扰动的作用之时，特别容易出现变形以及破坏的现象。除此之外，顶板岩层的厚度存在着变化，并且岩性组合也不够均匀，这就会致使顶板在受力分布上出现不均衡的情况，进而引发局部冒落或者整体失稳等问题。随着开采深度一步步地增加，原本就存在的原岩应力水平以及构造应力的作用变得更加突出起来，顶板围岩的稳定性也会随之进一步地下降，灾害演化的整个过程也就变得更为复杂了。所以说，在地质条件较为复杂的状况下开展采煤作业活动，顶板事故发生的可能性会大幅度地提升，这已然成为限制煤矿安全生产的关键因素之一。

## 2.2 采煤工艺与作业方式因素

采煤工艺以及作业方式会对顶板的受力状态及其稳定性产生直接影响，不合理的采煤方法会让顶板灾害风险明显增加，在实际生产过程中，工作面推进速度过快、回采顺序安排不合理、采高控制不合理或者支护与采掘节奏不协调等情况，都可能导致顶板应力集中、围岩失稳以及结构破坏。部分矿井在地质条件复杂或者顶板岩性多变的特殊地段仍然沿用传统采煤方式，没有结合顶板承载能力及时调整工艺参数，使得顶板长时间处于不利受力状态，这增加了局部顶板下沉、离层和悬顶的发生概率，也加大了整体顶板事故风险，给矿井安全生产带来了潜在威胁。所以，科学地选择采煤工艺、合理地安排作业方式，是有效降低顶板事故发生率的关键技术措施。

## 2.3 顶板支护设计与施工因素

顶板支护设计及施工质量乃是确保顶板稳定的极为重要的一项技术环节。要是支护参数选取得不合理，又或者支护形式和顶板实际条件不相匹配，那么通常情况下会使得支护系统的整体承载能力大打折扣，进而致使局部顶板出现受力过于集中的情况，甚至还会造成支护系统彻底失效。除此之外，在施工进程当中，像锚杆（索）没有安装到位、预紧力不够充足以及液压支架初撑力过低等一系列问题，同样会对支护效果产生极为严重的影响，让顶板在采动扰动以及应力重新分布的作用之下一步步地丧失稳定状态。尤其是在地质条件相对复杂或者顶板岩层厚度存在较大变化的工作面，这类施工技术方面存在的缺陷更是容易诱发冒顶或者片帮这类事故的发生。并且，支护施工过程当中缺少严格的针对质量的控制以及检验的相关手段，这也进一步增加了顶板事故发生的潜在可能性。所以说，科学且合理的支护设计再加上严格规范的施工管理，二者相结合才是减少顶板事故发生的最为关键的保障所在。

## 2.4 现场管理与人员行为因素

现场管理的水平以及作业人员的行为，这两者对于顶板安全有着直接的影响。部分矿井在开展顶板管理工作的时候，存在着制度落实不够彻底、现场监管力度不够严谨的情况，所以没能及时察觉并处置顶板方面存在的隐患。与此作业人员的安全意识比较淡薄，违规操作的现象也时常出现，比如没有按照规定去做支护工作，或者擅自把支护构件给拆除了，这些情况都会让顶板安全保障的条件受到削弱，进而使得事故发生的可能性增大。

# 3 煤矿顶板事故防治关键技术

## 3.1 顶板支护参数优化与结构设计

在面对不一样的顶板情况时，对支护参数以及支护结构予以合理的优化，这可是提升顶板稳定性的一项极为关键的技术举措。仔细且系统地去剖析顶板岩层的力学特性，如此一来便能够较为科学地确定出锚杆的具体长度、布置时的间距、所呈现的倾角还有预紧力的大小等。并且要综合考量顶板岩性以及开采的实际条件，合理地去安排液压支架的支护强度以及支撑的方式方法，进而构建起一个完整的支护体系。经过优化之后的支护结构，一方面能够强化顶板整体的承载能力，另一方面也能够有效地将因采动而引发的应力集中给分散开来，对顶板出现下沉、离层以及悬顶这类现象起到抑制的作用。与此借助参数方面的优化操作，可以让支护系统的适应性以及稳定性都得以提高，确保其能够在不同的采煤深度、采高乃至各种各样的地质条件之下都能够充分发挥出良好的支护效果，进而为矿井的安全生产给予可靠的技术保障。

## 3.2 锚杆（索）与液压支架协同支护技术

锚杆（索）与液压支架协同支护技术，借助这两种支护形式所具备的互补优势，达成对顶板的综合性掌控。其中，锚杆和锚索着重于加固围岩结构，以此提升顶板的整体性，防范局部裂隙不断扩展以及顶板出现离层情况。液压支架则给工作面给予持续且稳定的支撑力，能够承受采动荷载，并且维持顶板处于初始的位置。经由对锚杆布置方式、预紧力以及液压支架支撑参数予以合理的规划设计，这两者协同发力，便能有效地遏制顶板下沉、悬顶以及片帮等现象的发生，进一步强化顶板整体抵御破坏的能力。此项技术在地质条件较为复杂、顶板岩层厚薄不一或者结构破碎程度颇为严重的情形下尤为适用，而且还能提升支护系统的适应性与可靠性，从而为安全高效的开采作业筑牢坚实的保障。

## 3.3 坚硬顶板与复杂顶板控制技术

在坚硬顶板或者复杂顶板这样的条件下，顶板通常很

难做到及时垮落，反而很容易形成大跨度的悬顶结构，如此一来便增加了发生事故的风险。借助采用合理的顶板控制技术，像是对采高做出调整、让推进速度得到优化，还有实施必要的顶板弱化举措等，能够促使顶板按照预期的方式去破断，进而减少应力出现集中的情况。并且，在面对复杂顶板条件的时候，得结合现场的实际状况动态地去调整控制方案，以此来增强顶板管理所具有的针对性以及有效性。

### 3.4 顶板监测与预警技术应用

顶板监测与预警技术依靠实时获取顶板变形、应力变化以及支护位移等关键参数，给事故防控给予科学技术方面的有力支撑。凭借现代传感器、光纤监测、无线数据传输还有信息化管理平台，可以达成对顶板状态的动态监控以及数据分析，能及时察觉潜在风险区域并且自动发出预警信号。此技术手段一方面能为管理人员提供精准的顶板安全信息，使其在危险出现之前采取有效的防控举措，另一方面还能够凭借历史数据积累来预测顶板失稳的趋势，进而提升决策的科学性与准确性。借助持续运用监测与预警技术，矿井顶板安全管理的水平得到了明显提升，为实现安全且高效的煤矿生产提供了稳固的保障。

## 4 煤矿顶板事故防治管理对策

### 4.1 完善顶板安全管理制度

健全的安全管理制度对于顶板事故的防治而言，可算是极为重要的一项保障。煤矿企业需要依据自身的生产实际情况，去构建起较为完善的顶板管理制度以及相应的责任体系，要清楚明确各级各类人员在顶板管理工作当中所应承担的具体职责、具体任务以及操作规范等方面的要求，务必要保证每一个环节都有人切实负责起来。这一制度务必要将顶板支护设计的审批事宜、施工过程中的操作事项、日常的巡查检查工作、隐患的细致排查情况以及应急处置等相关事宜都囊括进去，实现对整个管理过程的全程覆盖<sup>[1]</sup>。与此还应当建立起奖惩方面的机制以及定期开展考核的制度，以此来推动各项制度得以切实有效地执行下去。借助于制度所形成的约束作用以及对操作行为加以规范的做法，不但可以让作业流程变得更加规范有序，而且能够提升现场管理的整体水平，还能够形成一套较为科学合理的安全管理闭环，进而从源头上降低顶板事故发生的可能性，保证矿井能够实现安全生产，并且可以持续且稳定地运行下去。

### 4.2 强化顶板灾害风险分级管控

通过针对不同区域以及不同作业环节的顶板风险展开系统性的辨识，并且实施分级管理的方式，是能够切实

有效地达成对顶板灾害予以精准防控这一目标的。企业需要依据地质方面的具体条件、顶板所呈现出的岩性特点、采煤所采用的工艺流程以及过往的历史事故相关数据等情况，去对各个工作面以及各项作业环节的风险等级做出科学合理的划分，要清晰明确地界定出高风险区域、中风险区域以及低风险区域，并且与之相对应地确定好相应的管理举措。对于那些处于高风险区域的地方，应当制订出极为严格的巡查方面的制度、监测方面的方案以及应急处置的相关预案，以此来保障潜在存在的各类隐患可以被及时地察觉到、完整地记录下来并且妥善地加以处理<sup>[2]</sup>。与此还应当将信息化的手段以及数据分析的方法相结合起来运用，依据实际情况动态地去对风险等级以及防控策略作出调整，进而让顶板事故防治工作的开展具备更强的主动性、更为超前的前瞻性以及更加严谨的科学性，最终实现提升矿井整体在安全管理方面水平的目的。

### 4.3 加强施工过程与支护质量控制

在整个施工进程里，其质量把控情况可是和顶板支护所达成的效果以及矿井所具备的安全水准紧密关联着的。煤矿企业在施工期间务必要严格遵守施工方面的各项规范还有技术层面的相关标准，针对支护材料、施工工艺、锚杆安装以及液压支架调试等诸多环节展开全方位的管理工作，以此来保证每一个工序都能够契合设计方面的要求<sup>[3]</sup>。在此期间，还需进一步完善施工过程当中的检查、验收以及记录方面的相关制度，加强施工现场的监督管理以及质量追踪工作，做到能够及时察觉并且纠正施工过程中出现的偏差或者材料存在的缺陷，避免因支护出现问题而致使顶板出现下沉、悬顶或者片帮这类事故的发生。借助科学且合理的施工质量管理方式，不但能够让支护系统在可靠性与耐久性这两个方面都得以提升，而且还能为顶板的防控事宜给予稳固有力的保障，进而确保采煤工作面能够实现安全且高效的运行状态。

### 4.4 提升从业人员安全培训与技术水平

作业人员作为顶板安全管理的直接执行者，其安全意识、操作规范以及技术水平在事故防治方面有着十分重要的影响。煤矿企业应当定期开展系统化且安全性较高的教育培训工作，让从业人员全面知晓顶板灾害的形成原理、预防办法以及应急处置手段，以此提高他们识别风险和自我防护的能力。与此还需强化技术人员的专业培训与技能提升，促使他们可以熟练运用顶板支护设计、施工管理以及监测预警技术，推动顶板防治措施朝着科学化、规范化以及持续改进的方向发展。凭借全员共同参与、分层管理

以及持续教育的方式，能够有效降低违规操作与人为失误的发生概率，提升矿井顶板安全管理的整体水准，从而为达成安全且高效的生产目标给予强有力的保障。

## 5 结语

煤矿顶板事故的发生往往呈现出多种因素相互交织的复杂特点，其防治工作得从技术以及管理这两个不同层面来协同开展推进。通过对顶板事故成因展开系统分析，并且结合支护优化、协同支护、顶板控制以及监测预警等一系列关键技术，与此同时进一步完善安全管理制度以及人员培训机制，如此便能够有效地提升煤矿顶板事故防控的整体水平。本文所展开的相关研究对于煤矿顶板安全管理而言具备一定的参考价值，能够为达成煤矿安全、稳定

且高效的生产目标给予相应支撑。

## [参考文献]

- [1] 马秋聪, 卢晗, 朱春. 煤矿顶板事故分析与防治对策研究 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2024(12):100-102.
- [2] 陈堃, 谭吉玉, 丁元春. 煤矿顶板事故的知识发现及灾害链网络分析 [J]. 煤矿安全, 2024, 55(8):249-256.
- [3] 宣强磊. 煤矿顶板事故致因分析与危险性评价 [D]. 河南: 河南理工大学, 2023.

作者简介：张强（1985.7—），男，毕业院校：中国矿业大学，学历：本科，所学专业：采矿工程，当前就职单位：江苏徐矿能源股份有限公司张双楼煤矿，职务：技术主管，及所在职务的年限8年，职称级别：助理工程师。