

影响井下煤矿采矿工程质量安全的技术因素

冯 楠

陕煤集团铜川矿务局煤矿管理有限公司 陕西 铜川 602300

摘 要：采矿工程安全受多方面技术因素影响。地质勘探精度不足会引发多种事故；采矿工艺、巷道与工作面布置不当埋下隐患。支护材料性能、设计合理性及施工质量控制关乎井下围岩稳定。采掘、提升运输与通风等设备性能、可靠性及监测维护技术影响开采安全。安全监测技术存在盲区、精度不足有风险，信息传递与分析技术影响决策效率，应急救援技术与装备适用性决定事故处置效果。

关键词：井下煤矿；采矿工程；质量安全；技术因素

引言：在采矿工程中，技术因素贯穿于各个环节，对工程安全与高效推进起着决定性作用。从地质勘探与开采设计，到支护与加固、设备与装备，再到监测预警与应急，每一项技术都紧密相连且至关重要。精准的地质勘探、合理的采矿工艺、适配的支护材料、可靠的设备性能以及完善的监测预警和应急救援技术等，共同构建起采矿工程的安全防线，确保采矿作业在复杂环境下顺利开展。

1 地质勘探与开采设计技术因素

1.1 地质勘探精度

地质勘探数据的精准程度，是采矿工程开展设计与施工的基石所在。在采矿工程启动前，全面且精确地掌握地质情况，能为后续工作提供可靠依据。然而，若勘探技术手段滞后，在探测煤层厚度、倾角、顶底板岩性、断层分布以及水文地质条件等关键参数时，就难以保证精度。这种精度缺失会引发严重后果。未探明的隐伏断层就像隐藏在暗处的“杀手”，在开采过程中，巷道一旦触及，可能瞬间引发突水事故，大量地下水汹涌而出，淹没设备、冲毁巷道，严重威胁作业人员生命安全。同时，隐伏断层还可能破坏顶板的稳定性，导致顶板失稳垮落。另外，瓦斯含量预测若出现偏差，瓦斯抽采工作就无法做到充分有效，煤层中残留的瓦斯在开采时积聚，遇到火源极易引发爆炸，给矿井带来灭顶之灾。

1.2 采矿工艺选择

采矿工艺的适用性对工程质量与安全起着决定性作用。不同的煤层赋存条件，如厚度、倾角和稳定性的差异，要求采用与之相匹配的开采工艺，像综采、炮采、放顶煤开采等。若工艺选择失误，会埋下诸多安全隐患。在破碎顶板条件下采用大采高综采，由于破碎顶板自身支撑能力弱，大采高综采的大强度开采会进一步

加剧顶板压力，导致顶板垮落风险大幅增加。而在高瓦斯煤层中采用非正规采煤法，这种采煤法通风不畅，瓦斯无法及时排出，极易造成瓦斯积聚，当瓦斯浓度达到爆炸极限，一旦遇到电火花等火源，就会引发瓦斯爆炸事故。

1.3 巷道与工作面布置

巷道与工作面的布置技术，在采矿工程里是决定开采系统合理性的关键要素。科学合理的布置，是实现开采工作高效、安全推进的重要前提。（1）一旦巷道间距设置过小，且支护强度无法满足实际需求，在开采作业过程中，周围岩体所承受的应力便会集中，超出巷道原本的承受极限，最终引发巷道变形，严重时甚至会出现坍塌事故，给开采工作带来巨大阻碍。（2）工作面推进方向与断层、含水层的相对位置设计若不合理，会显著增加透水、溃砂的风险，威胁井下作业安全。此外，通风巷道与回采巷道匹配性不佳，会造成通风效率大幅降低，瓦斯、粉尘等有害物质无法及时、有效地排出，在井下超标积聚，不仅严重危害作业人员的身体健康，还会大幅增加爆炸等严重事故发生的可能性，给采矿工程带来不可估量的损失^[1]。

2 支护与加固技术因素

2.1 支护材料性能

支护材料的物理力学性能在保障井下围岩稳定方面起着至关重要的作用，堪称井下安全的“守护者”。井下环境复杂多变，围岩时刻承受着各种压力，支护材料需要具备足够的强度和良好的耐久性，才能有效抵御这些压力，维持围岩的稳定状态。常见的支护材料包括锚杆、锚索、金属网、混凝土等。如果这些材料的强度不足，在围岩压力的持续作用下，就如同脆弱的树枝难以承受重物的压迫，极易发生断裂。而耐久性不佳的材料，在井下潮湿、腐蚀等恶劣环境下，会加速老化，性

能迅速下降,同样无法发挥应有的支护作用。此外,支护材料与围岩条件的匹配度也至关重要。不同的围岩具有不同的特性和力学参数,若选用的支护材料与之不匹配,就难以形成有效的支护体系。例如,在高地应力区域,围岩压力巨大,若使用普通强度的锚杆,锚杆可能会因无法承受巨大的压力而屈服,进而导致顶板下沉。一旦顶板下沉失控,就可能引发严重的冒顶事故,对井下作业人员的安全构成巨大威胁。

2.2 支护设计合理性

支护设计并非一成不变,而是需要基于地质条件与开采方案进行动态调整,犹如为井下量身定制的“防护服”。地质条件复杂多样,煤层埋深、围岩岩性等因素都会对支护设计产生重要影响。同时,开采方案的不同也会导致围岩受力状态发生变化,因此支护设计必须与之相适应。在支护设计中,若未能充分考虑这些因素,支护参数的设置就会出现。比如锚杆长度、间距、预紧力等参数不合理,会导致支护强度不足,无法有效控制围岩变形;或者出现过度支护的情况,造成资源浪费。以软岩巷道为例,软岩具有变形量大、持续时间长等特点,若仅采用单一的锚杆支护,而不配合注浆加固,围岩就会持续变形,支护结构很快就会失效。相反,对于硬岩巷道,如果过度支护,不仅会增加成本,还可能因为支护结构刚度太大而引发应力集中,导致新的安全隐患^[2]。

2.3 支护施工质量控制

支护施工的技术规范程度直接关系到支护效果的优劣,是确保支护质量的关键环节。在施工过程中,每一个细节都容不得半点马虎。例如,锚杆钻孔深度不足,就无法为锚杆提供足够的锚固力;锚固剂搅拌不充分,会影响锚杆与围岩的粘结强度;锚索张拉预紧力不够,会导致锚索无法有效发挥作用。同样,混凝土喷射厚度不均、强度未达标,也会使支护结构与围岩结合不紧密,无法有效传递载荷。此外,支护作业与掘进进度的协调性也至关重要。如果掘进速度过快,而支护作业未能及时跟上,暴露的顶板就会处于无支护状态,形成临时空顶区。在围岩压力的作用下,临时空顶区极易发生垮落,引发安全事故。因此,必须合理安排支护作业与掘进进度,确保顶板及时得到支护。

3 设备与装备技术因素

3.1 采掘设备性能与选型

采掘设备的技术性能是保障井下开采作业顺利开展的关键要素,必须能够充分适应井下复杂多变的环境条件。在煤矿开采过程中,采煤机和掘进机等核心采掘设

备发挥着至关重要的作用。其功率大小以及切割能力的强弱,必须与所开采煤层的硬度等特性相匹配。(1)如果采煤机的功率过小,而煤层硬度较大,那么在切割煤层时就会显得力不从心,导致切割速度缓慢,开采效率低下。同时,设备会因长时间处于高负荷运行状态而频繁出现故障,如刀具磨损严重、传动部件损坏等,这不仅会增加设备的维修成本和时间,还会严重影响整个开采进度。反之,若采煤机功率过大,而煤层硬度较小,虽然切割过程较为轻松,但可能会造成能源的浪费,并且过大的功率可能会引发煤层的过度震动,进而诱发顶板失稳等安全隐患。(2)井下环境特殊,存在高瓦斯、高水害等危险因素。因此,采掘设备的防爆、防尘、防水性能必须达到严格的标准要求。如果这些性能不达标,在高瓦斯环境中,设备运行时产生的电火花可能会引发瓦斯爆炸事故;在高水害环境中,设备可能会因进水而损坏,影响正常开采,甚至危及作业人员的安全。

3.2 提升运输与通风设备可靠性

提升运输设备和通风设备在煤矿生产中同样占据着举足轻重的地位,其可靠性直接关系到物料运输、人员升降以及井下通风的安全。(1)提升运输设备主要包括绞车、刮板输送机等。绞车的制动系统是其安全运行的关键部件,如果制动系统失灵,在提升或下放物料和人员时,就可能导致跑车事故的发生,造成严重的人员伤亡和设备损坏。刮板输送机的链条长期处于高负荷运行状态,如果磨损超标而未及时更换,就容易发生断链事故,影响物料的正常运输,甚至可能引发其他连锁反应,导致更严重的后果。(2)通风设备则负责为井下提供新鲜空气,排出有害气体。主扇和局扇等通风设备的风量、风压必须满足井下实际需求。如果风量不足,井下的瓦斯、有毒气体等就无法及时排出,浓度会逐渐升高,当达到一定程度时,就会威胁作业人员的身体健康,甚至引发爆炸等重大安全事故。而且通风设备运行不稳定,时开时停或风量波动过大,也会对井下通风系统造成干扰,影响通风效果。

3.3 设备监测与维护技术

完善的设备监测与维护技术是确保设备正常运行、减少故障发生的重要保障。如果缺乏对设备关键部件的有效监测手段,就无法及时发现设备潜在的问题。(1)轴承温度过高可能是润滑不良或轴承损坏的信号,电机电流异常可能预示着电机存在故障,液压系统压力不稳定可能会影响设备的正常运行。若不能通过在线监测系统实时获取这些关键部件的运行参数,就无法在故障初期采取相应的措施进行处理,导致设备“带病运行”。

(2) 维护保养技术的落后也会对设备的使用寿命和安全性产生不利影响。如果润滑不及时,设备的摩擦部件会加速磨损,降低设备的使用寿命;部件更换不规范,可能会导致新部件与设备不匹配,影响设备的整体性能。这些都会增加设备突发故障的概率,进而影响开采的连续性和施工安全^[3]。

4 监测预警与应急技术因素

4.1 安全监测技术应用

井下安全监测技术的覆盖范围以及监测精度,在煤矿风险防控工作中占据着核心地位。井下环境复杂且危险因素众多,瓦斯浓度、顶板状态、地应力以及地下水位等参数的细微变化,都可能预示着潜在事故的发生。为了准确捕捉这些变化,需要布置全面且合理的监测系统,其中包括瓦斯传感器、顶板离层仪、应力传感器和水位监测仪等多种设备。然而,如果这些监测系统布置得过于稀疏,就会存在监测盲区,无法对井下各个区域进行有效监控。数据传输延迟也是一个严重问题,即使传感器捕捉到了异常数据,如果不能及时传输到控制中心,也会使预警失去时效性。此外,监测精度不足同样不容忽视,不准确的数据可能会导致对事故前兆的误判或漏判。例如,瓦斯浓度已经接近爆炸极限,但传感器显示的数据却低于实际值,就会使相关人员放松警惕,错失采取防范措施的时机,最终可能引发严重的瓦斯爆炸事故。

4.2 信息传递与分析技术

监测数据的处理与传递技术对于提高决策效率至关重要。在煤矿生产过程中,监测系统会持续产生大量的数据,这些数据包含了井下各种环境参数和设备运行状态的信息。如果缺乏智能化的数据分析平台,这些海量数据就难以得到及时有效的整合和分析。人工分析不仅效率低下,而且容易出现疏漏,无法快速准确地形成风险评估结果,从而影响决策的科学性和及时性。同时,信息传递渠道的畅通与否也直接影响着预警信息的传达。如果通讯系统覆盖不全,部分作业区域无法接收到预警信息;或者信号中断,导致信息传递受阻,都会使作业人员不能及时了解危险情况,延误撤离或应急处置

的时间,增加事故发生的可能性和危害程度^[4]。

4.3 应急救援技术与装备

应急救援技术与装备的适用性是决定事故处置效果的关键因素。在事故发生后,井下避险硐室是作业人员的重要避难场所。如果避险硐室设施不完善,例如供氧不足,人员在硐室内无法长时间生存;通讯中断,无法与外界取得联系,获取救援信息,都会降低避险硐室的保障作用。应急救援设备的性能和数量也至关重要。自救器性能落后,可能无法为人员提供足够的氧气和防护时间;生命探测仪数量不足,会延长寻找被困人员的时间;灭火装置效果不佳,无法及时控制火势,都会扩大事故造成的人员伤亡和财产损失。此外,应急支护、堵水、瓦斯抽采等专项技术的欠缺,会使事故后的抢险救援工作面临更大困难,阻碍险情的快速控制和生产秩序的尽快恢复。

结束语

综上所述,地质勘探与开采设计、支护与加固、设备与装备、监测预警与应急等各方面技术因素,在采矿工程中紧密交织、相互影响。精准的地质勘探与合理设计是开采基础,可靠支护保障井下稳定,先进设备与科学维护确保作业高效安全,完善监测预警与应急技术则能防患未然、降低事故损失。只有全面重视并优化这些技术因素,不断提升各环节技术水平,加强协同管理,才能有效应对采矿工程中的复杂挑战,保障生产安全有序进行,实现矿业可持续发展,为行业稳定与人员安全筑牢坚实防线。

参考文献

- [1] 庞晶波.影响井下煤矿采矿工程质量安全的技术因素[J].矿业装备,2022(04):182-183.
- [2] 刘长.影响井下煤矿采矿工程质量安全的技术因素[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(20):35-36.
- [3] 马贵生.探究影响井下煤矿采矿工程安全的技术因素[J].内蒙古煤矿经济,2019(21):132-133.
- [4] 赵联文,刘志恒.采矿工程施工工程中不安全技术因素和对策解析[J].内蒙古煤炭经济,2020(08):125.