

煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术分析

陶叶青 张亚光

陕西彬长文家坡矿业有限公司 陕西 咸阳 713500

摘要：在煤炭采矿工程里，巷道掘进和支护技术是核心环节。本文围绕煤炭采矿工程巷道掘进与支护技术展开分析。先点明其在煤炭开采中的重要性，对保障开采安全、提升效率意义重大。接着详述巷道掘进的地质勘察、机械化掘进、大断面连续掘进、通风降尘等技术，以及巷道支护的预留煤柱、可伸缩支架、锚杆支护等多种技术。此外，还探讨了智能化、绿色开采技术的发展，新材料新工艺的应用，以及多学科交叉融合的趋势，为煤炭采矿工程巷道掘进与支护技术的优化升级提供理论依据与发展方向。

关键词：煤炭采矿；工程巷道掘进；支护技术分析

引言：煤炭是我国能源体系的重要组成部分，其稳定供应关乎国家能源安全。煤炭采矿工程中，巷道掘进和支护技术是关键环节，直接影响着开采作业的安全与经济收益。随着煤炭开采朝着更深、更大规模发展，传统的巷道掘进与支护技术面临挑战。因此，深入研究现有技术，探索新技术、新趋势迫在眉睫。本文将系统阐述煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术，并展望其未来发展前景，助力行业技术革新。

1 煤炭采矿工程巷道掘进和支护技术的重要性

在煤炭采矿工程里，巷道掘进和支护技术有着不可替代的重要性。从安全角度看，科学合理的巷道掘进能确保作业空间稳定，减少坍塌等事故风险，为矿工创造安全的作业环境。而可靠的支护技术可有效支撑巷道围岩，防止其变形、垮落，避免因巷道失稳导致的人员伤亡和设备损坏，是保障开采安全的关键防线。从开采效率层面而言，先进的掘进技术能够快速、高效地开辟巷道，使煤炭开采得以顺利推进，大幅提升开采进度。支护技术则为持续高效开采提供稳定基础，若支护不到位，频繁出现巷道修复工作，必然会中断开采流程，严重影响开采效率。从经济成本考量，精准的巷道掘进可避免不必要的挖掘浪费，降低材料、人力等资源消耗。合适的支护技术能延长巷道使用寿命，减少维修、重建等后续成本投入。所以，巷道掘进和支护技术对于煤炭采矿工程的安全、高效、经济开采至关重要，是推动煤炭行业稳健发展的核心技术要素^[1]。

2 煤炭采矿工程巷道掘进技术

2.1 地质勘察技术

地质勘察技术是巷道掘进的先行保障。在掘进前，需运用多种手段全面了解地质状况。一方面，采用地球物理勘探法，像地震勘探、电法勘探等，通过分析地质

体的物理性质差异，探测地层结构、断层位置及煤层赋存状态。例如，地震勘探能精准勾勒出地下地质构造的轮廓，为巷道规划避开复杂地质区域提供依据。另一方面，进行钻探取芯，直接获取岩芯样本，直观分析岩石特性、煤层厚度及煤质情况。详细的地质勘察数据可帮助工程师准确设计巷道走向、坡度与支护方案。若忽视勘察，可能导致掘进中遭遇断层破碎带，引发冒顶、突水等事故，严重影响工程进度与安全。

2.2 机械化掘进技术

机械化掘进技术极大提升了巷道掘进效率。如今，悬臂式掘进机成为主流设备，其切割头可灵活调整角度，适应不同形状巷道的挖掘。通过机械切割岩石，相比传统爆破掘进，减少了对围岩的扰动，降低了安全风险。例如在中等硬度岩石巷道掘进中，掘进机可连续作业，每小时能推进数米，大幅缩短工期。配套的转载运输设备能及时将碎岩运出，形成高效的掘进作业线。同时，机械化掘进可精确控制巷道尺寸，保障巷道成型质量，减少后期修整工作量。随着智能化技术发展，部分掘进机具备远程操控与故障诊断功能，进一步提高了作业安全性与设备维护效率。

2.3 大断面连续掘进技术

大断面连续掘进技术适用于高产高效矿井建设。随着采煤技术发展，对巷道断面尺寸与掘进速度要求提升。该技术通过多台设备协同作业实现连续掘进。比如采用连续采煤机配合梭车、锚杆钻机等，在完成一段掘进后，快速进行锚杆支护，然后继续向前掘进，实现掘进与支护的平行作业。大断面设计可满足大型设备运输、通风等需求，提高矿井生产能力。以某大型煤矿为例，采用大断面连续掘进技术后，单条巷道月进尺可达千米以上，且巷道稳定性好。同时，减少了巷道数量与

维护成本,优化了矿井生产布局。

2.4 通风与降尘技术

通风与降尘技术关乎作业人员健康与生产安全。在巷道掘进中,良好通风是关键。压入式通风通过风机将新鲜空气送入掘进工作面,排出污浊空气与有害气体,如瓦斯等,保障作业环境安全。合理的通风系统设计能确保风量、风速满足要求,防止瓦斯积聚。降尘技术同样重要,喷雾降尘装置在掘进机切割头、转载点等部位设置,利用高压水雾化成微小水滴,吸附粉尘,降低空气中粉尘浓度。此外,还可采用泡沫降尘等先进技术,进一步提高降尘效果。高浓度粉尘不仅危害工人肺部健康,长期积累还存在爆炸风险。

3 煤炭采矿工程巷道支护技术

3.1 预留煤柱技术

预留煤柱技术是煤炭采矿工程巷道支护中一种较为传统且实用的方法。其原理是在巷道掘进过程中,特意保留一定宽度和形状的煤体作为支撑结构。这些煤柱能够承担上覆岩层的部分载荷,有效维持巷道的稳定性。在一些地质条件相对简单、煤层赋存稳定的矿区,预留煤柱技术应用广泛。例如在薄煤层开采中,根据煤层厚度和顶板岩性,合理设计煤柱尺寸,通常煤柱宽度在数米到十几米不等。煤柱不仅能防止巷道顶板垮落,还能后续开采提供安全通道和作业空间。与其他支护方式相比,预留煤柱技术操作相对简便,无需复杂的支护设备与工艺。然而,该技术也存在明显弊端,大量煤柱的预留会造成煤炭资源浪费,降低矿井回采率。

3.2 可伸缩支架技术

可伸缩支架技术是现代化煤炭采矿工程巷道支护的重要创新成果。这种支架主要由可伸缩的金属构件组成,具备灵活适应巷道围岩变形的能力。其工作原理基于支架的伸缩节设计,当巷道周边围岩因开采活动产生压力变化而发生变形时,支架能够自动伸长或收缩,始终与围岩紧密贴合,持续提供稳定的支撑力。在复杂地质条件下,如断层附近、软岩巷道等,可伸缩支架技术优势显著。相较于传统刚性支架,它能有效避免因围岩变形过大导致支架损坏、巷道失稳的情况。例如在某矿深部软岩巷道支护中,采用可伸缩支架后,巷道变形量得到有效控制,维护成本大幅降低。该技术安装便捷,可根据巷道实际情况快速调整支架高度与跨度,提高施工效率。

3.3 锚杆支护技术

锚杆支护技术是煤炭采矿工程巷道支护中广泛应用的手段。它通过在巷道围岩钻孔,插入锚杆并固定,利

用锚杆与围岩的摩擦力及锚固力,将不稳定的浅表围岩与深部稳定岩体连接为一体,从而增强围岩自身承载能力,维持巷道稳定。在各类地质条件下均有良好适用性,尤其在中等稳定及以上围岩的巷道支护中效果突出。施工时,先依据巷道设计确定锚杆布置间距与角度,随后使用钻孔设备打孔,清孔后将锚杆插入,注入锚固剂使锚杆与围岩紧密结合。该技术成本相对较低,操作简便,能快速实施支护作业,有效缩短巷道掘进循环时间,提高施工效率。同时,锚杆支护不影响巷道通风与运输空间,且可根据实际围岩状况灵活调整支护参数。

3.4 锚喷与锚索支护技术

锚喷与锚索支护技术在煤炭采矿工程巷道支护中发挥着关键作用。锚喷支护,先通过锚杆将巷道浅层围岩与深部稳定岩体锚固,随后利用喷射设备将混凝土喷射到巷道围岩表面,形成一层具有一定强度和厚度的防护层。这不仅能封闭围岩裂隙,防止风化和碎落,还与锚杆共同作用,提高围岩整体稳定性。锚索支护则适用于深部高应力巷道或围岩破碎严重区域。锚索采用高强度钢绞线,通过专用钻孔设备将其深入到稳定的岩体内部,利用锚索的强大锚固力,对深部围岩施加较大预紧力,从而有效控制巷道变形。施工时,先钻孔安装锚索并施加预应力,再进行锚喷作业。锚喷与锚索支护技术相辅相成,能适应复杂地质条件,在松软破碎、高地应力巷道支护中表现卓越。其提高了巷道的承载能力,减少了后期维护工作量,为煤炭安全生产提供坚实保障,有力推动了煤炭高效开采进程^[2]。

3.5 管棚支护技术

管棚支护技术是一种在特殊地质条件下保障巷道掘进安全的重要支护手段。它主要由一系列沿巷道拱部轮廓线外按一定间距排列的钢管构成,形似棚状,故而得名。施工时,先在巷道开挖轮廓线外的设计位置钻孔,将带有特殊构造(如注浆孔)的钢管逐根顶入孔内,随后通过钢管向围岩内注入水泥浆或其他加固材料。注入的浆液会在围岩与钢管间形成一个高强度的结合体,一方面增强了围岩的自身强度,另一方面通过管棚的梁效应,将上覆岩体的荷载传递到两侧稳定岩体上,有效阻止巷道顶部围岩的坍塌。管棚支护技术特别适用于穿越断层破碎带、软弱地层以及富水地层等复杂地质区域。例如在某煤矿穿越断层区域的巷道施工中,采用管棚支护后,成功避免了掘进过程中因围岩破碎引发的大规模坍塌事故,保障了施工人员安全与工程进度。凭借其对复杂地质条件的良好适应性和强大的支护能力,管棚支护技术在煤炭采矿工程中占据着不可或缺的地位。

3.6 型钢支护技术

型钢支护技术在煤炭采矿工程巷道支护领域发挥着关键作用。该技术主要采用工字钢、U型钢等各类型钢作为支撑材料。其工作原理是利用型钢自身较高的强度和刚度,构建起稳固的支护结构,以承受巷道围岩产生的压力。在结构形式上,常见的有梯形、拱形等,会根据巷道的具体形状、尺寸以及围岩条件灵活选择。施工时,首先要精准测量并确定型钢的安装位置,确保其垂直度与间距符合设计要求。随后,将型钢通过连接件牢固地组装在一起,形成完整的支护体系。型钢支护技术适用于围岩破碎、地压较大的巷道。在一些深部矿井,由于地应力高,巷道围岩变形剧烈,型钢支护凭借其强大的承载能力,能够有效控制巷道变形。例如某煤矿深部采区巷道,采用U型钢支护后,成功应对了高应力环境,巷道稳定性显著提升,减少了频繁维修带来的成本与安全隐患。其优势在于安装简便、支护效果立竿见影,为煤炭开采作业的安全开展提供了坚实保障。

4 煤炭采矿工程巷道掘进与支护技术的发展趋势

4.1 智能化技术的应用

智能化技术正引领煤炭采矿工程变革。在巷道掘进环节,智能掘进机借助AI算法,能根据地质雷达反馈的实时地质数据,动态调整刀具转速、推进速度等参数,实现精准破岩,大幅提高掘进效率与巷道成型质量。支护方面,智能液压支架可通过压力传感器,自动匹配围岩压力变化,智能调节支撑力,确保支护稳定。同时,结合5G通信,管理人员能远程监控整个作业流程,提前诊断设备故障,推动煤炭开采向少人、无人化迈进,显著提升生产安全性与管理效能。

4.2 绿色开采技术的发展

绿色开采技术是煤炭行业可持续发展的关键。巷道掘进采用水力割缝、高压水射流破岩等低尘工艺,从源头减少粉尘产生,降低对工人健康与环境的危害。支护设计融入绿色理念,优化结构以减少材料用量,采用可回收支护材料,降低资源消耗。通风系统引入智能调控技术,按需供风,减少能耗;利用生物降尘、泡沫降尘等先进手段,净化作业环境。绿色开采技术在保障煤炭生产的同时,最大程度减轻对生态环境的影响,促进人

与自然和谐共生。

4.3 新材料、新工艺的研发与应用

新材料与新工艺为巷道掘进与支护注入新活力。研发超高性能纤维增强混凝土用于喷射支护,其高强度、高韧性可大幅提升支护结构耐久性,减少后期维护。新型记忆合金锚杆,能在围岩变形时自适应伸长,持续提供稳定锚固力。掘进工艺上,等离子体破岩技术利用高温等离子体瞬间破碎岩石,效率高且对围岩扰动小。3D打印技术也逐步应用于定制化支护构件制造,实现快速、精准生产,全面提升巷道工程的质量与效率。

4.4 多学科交叉融合的发展趋势

多学科交叉融合推动煤炭采矿技术突破。地质学家运用地球物理探测,为掘进提供精确地质构造信息,帮助避开复杂地质区域。材料科学家研发纳米增强复合材料,用于制造更轻质高强的支护设备。机械工程师结合自动化、机器人技术,打造智能掘进装备。计算机专家利用大数据、云计算构建围岩稳定性预测模型。多学科携手,攻克深部开采高地压、大变形等难题,为煤炭行业高质量发展奠定坚实技术基础^[3]。

结束语

煤炭采矿工程巷道掘进与支护技术在保障煤炭安全高效开采中起着举足轻重的作用。从智能化技术带来的精准作业与远程管控,到绿色开采技术对生态环境的呵护;从新材料新工艺赋予的强大性能提升,到多学科交叉融合催生的创新突破,这些技术的发展极大地推动了行业进步。展望未来,随着各项技术的持续优化与协同发展,必将进一步提高煤炭开采的效率与安全性,在满足能源需求的同时,实现煤炭行业与生态环境的协调可持续发展,为国民经济的稳健前行提供坚实的能源保障。

参考文献

- [1]罗瑞鹏.煤矿采矿工程巷道掘进与支护技术措施探析[J].当代化工研究,2023,128(03):107-109.
- [2]包有才.采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J].世界有色金属,2023,615(03):199-201.
- [3]杨铭.煤矿采矿工程巷道掘进和支护技术措施研究[J].内蒙古煤炭经济,2023,366(01):166-168