

煤矿沿空留巷技术发展及研究现状

石 浩

宁夏宝丰能源集团股份有限公司 宁夏 银川 750000

摘 要：沿空留巷技术起源于上世纪60年代的英德两国，后在中国得到广泛应用和发展。目前，该技术已发展成为多样化、成熟的开采方法，其中柔模混凝土充填形式尤为突出。研究现状显示，矿压控制、支护技术及新工艺研发成为关注焦点。未来，沿空留巷技术将向智能化、自动化、环保节能及标准化、规范化方向发展，以适应煤炭行业的高效、安全、环保需求，推动煤炭开采向更绿色、可持续发展的方向发展，为煤炭行业的可持续发展和相关企业、研究机构提供广阔发展空间和机遇。

关键词：煤矿；沿空留巷；技术发展；现状研究

引言：沿空留巷技术作为煤炭开采领域的革命性创新，自上世纪60年代在英国和德国兴起以来，已在全球范围内得到广泛应用。该技术通过实现无煤柱开采，显著提高了煤炭回收率，降低了巷道掘进量，提升了开采安全性和经济性。随着科技的进步，沿空留巷技术在我国经历了从引进到自主创新的转变，形成了多样化、高效化的技术体系。本文旨在综述沿空留巷技术的发展历程、现状及其未来趋势，探讨技术创新、环保节能及标准化规范化等方面的发展机遇，以期为煤炭行业的可持续发展提供有力支持。

1 沿空留巷技术的发展历程

沿空留巷技术，这一在煤炭开采领域具有革命性的创新方法，其起源可追溯至上世纪60年代的英国和德国。这两个国家，作为当时工业革命的发源地和技术革新的领跑者，对煤炭资源的高效、安全开采给予了极高的重视。面对传统采煤方法所带来的资源浪费和巷道稳定性问题，他们积极探索并实践了沿空留巷技术，分别采用了前进式和后退式的工作面沿空留巷方法，以实现无煤柱开采，从而显著提高了煤炭的回收率。在我国，沿空留巷技术的引进始于上世纪70年代。然而，由于当时我国的经济基础相对薄弱，技术水平也相对落后，这一先进技术在中期的应用并不广泛。许多矿区由于缺乏必要的技术支持和资金投入，难以承担沿空留巷技术所带来的高昂成本和技术风险。然而，随着我国经济的快速发展和科技进步，沿空留巷技术在我国逐渐得到了重视和发展。从上世纪80年代开始，我国开始加大对沿空留巷技术的研发投入，积极引进和消化吸收国外的先进技术，并结合我国的实际情况进行了一系列的创新和改进。经过几十年的努力，我国的沿空留巷技术已经逐渐成熟，并在多个矿区得到了广泛应用。如今，我国已成

为世界上沿空留巷技术应用最为广泛的国家之一。许多大型煤矿企业都已经成功应用了这一技术，并取得了显著的经济效益。沿空留巷技术的应用不仅提高了煤炭的回收率，减少了资源浪费，还降低了巷道的掘进量，提高了巷道的稳定性，从而大大提升了煤炭开采的安全性和经济性。此外，该技术的应用还有助于改善工作面的通风条件，降低粉尘和有害气体的浓度，从而改善了井下作业环境，保障了矿工的健康和安全。

2 沿空留巷技术现状

2.1 主要形式

在我国煤炭开采领域，沿空留巷技术已经发展成为一种成熟且多样化的开采方法。目前，该技术主要分为传统式、膏体充填、高水材料充填及柔模混凝土充填等多种形式，各自具有不同的特点和适用条件。传统式沿空留巷技术主要依赖于简单的支护结构来维持巷道的稳定性，这种方法虽然成本较低，但在面对复杂地质条件时，其支护效果往往不尽如人意。我矿现采用的沿空留巷技术为，采用“切顶卸压+恒阻大变形锚索支护+U型棚挡矸+一梁四柱”为主体的设计方案，通过预裂切缝爆破，在局部范围切断工作面顶板应力传递，减弱巷道顶板压力，且预裂爆破能够很好地保护巷道顶板完整性。利用恒阻大变形锚索进行补强加固，控制顶板下沉，使所留巷道围岩能够最大限度地发挥自身承载作用，减少巷道变形，保证留巷效果。双向聚能爆破预裂技术是在对比研究多种聚能爆破和定向爆破方法的基础上发展起来的一种新型聚能爆破技术，施工工艺简单，应用时只需要在预裂线上施工炮孔，采用双向聚能装置装药，并使聚能方向对应于岩体预裂方向。爆轰产物将在两个设定方向上形成聚能流，并产生集中张拉应力，使预裂炮孔沿聚能方向贯穿，形成预裂面。由于钻孔间的岩石是

断裂的，爆破炸药单耗将大大下降，同时由于聚能装置对围岩的保护，钻孔周边岩体所受损伤也大大降低，可以达到实现预裂的同时又可以保护巷道顶板。通过几个工作面的操作和实际留巷效果的验证，随着采深的增加，留巷难度增加，留巷的变形量增大，工人劳动强度大，安全系数较低，留巷效果逐渐变差。周边矿井使用现浇水泥墩柱进行留巷作业，效果相差无几。

膏体充填和高水材料充填技术则通过在采空区注入特定的充填材料，以形成稳定的支护结构。这两种方法在一定程度上提高了巷道的稳定性，但施工过程相对复杂，且成本较高。近年来，柔模混凝土沿空留巷技术凭借其独特的优势逐渐崭露头角。柔模混凝土具有施工速度快、成本低、支护效果好等优点。其施工过程中，混凝土可以在短时间内快速凝固，形成坚固的支护结构，有效防止巷道变形和冒顶。同时，柔模混凝土还具有良好的变形能力，能够适应采空区的变形，进一步提高巷道的稳定性。由于这些显著优势，柔模混凝土沿空留巷技术在我国多个矿区得到了广泛应用，并取得了良好的经济效益和安全效益。

2.2 技术特点

柔模混凝土沿空留巷技术是一种创新的煤炭开采支护方法，其显著特点在于其施工工艺和支护效果的双重优势。（1）在施工工艺方面，柔模混凝土沿空留巷技术采用了先进的泵送混凝土技术和一次性矿用柔性模板。在支架或单体支柱的掩护支撑下，混凝土通过专用泵送设备被精确地注入柔性模板内。这一过程不仅高效快捷，而且能够确保混凝土的均匀分布和密实度。（2）在支护效果方面，柔模混凝土沿空留巷技术通过在采空区与巷道之间砌筑一道密闭的柔模混凝土连续墙，有效弥补了采煤工作造成的巷道一侧的缺失。这道连续墙不仅具有高强度和良好的整体性，而且能够与原有巷道内的支护形成一个整体，共同承担采煤动压的影响。（3）柔模混凝土沿空留巷技术还具有良好的变形适应能力。由于柔模混凝土具有一定的柔性和可塑性，它能够适应采空区的变形，从而有效地维护巷道的稳定性。

2.3 应用效果

沿空留巷技术在煤炭开采中的应用带来了显著而深远的影响，其效果表现在多个方面。（1）在资源回收方面，沿空留巷技术有效提高了煤炭资源的回收率。传统的采煤方法往往会留下大量的煤柱，造成资源浪费。而沿空留巷技术通过巧妙利用已采空区，实现了无煤柱开采，从而最大限度地回收了煤炭资源。（2）在巷道掘进方面，沿空留巷技术显著减少了巷道掘进量。传统的采

煤方法需要额外掘进大量巷道以支撑采空区，而沿空留巷技术则无需这一环节，从而降低了掘进成本和时间。

（3）在生产成本方面，沿空留巷技术也有着不俗的表现。由于减少了巷道掘进量和煤炭损失，该技术有效降低了生产成本，提高了煤炭开采的经济效益。（4）沿空留巷技术还能优化矿井采掘接续，实现Y型通风，从而提高矿井的安全性和生产效率。这种通风方式能够更好地控制瓦斯和粉尘，减少安全事故的发生，同时提高采煤效率。

3 沿空留巷技术的研究现状

3.1 矿压控制研究

矿压控制无疑是沿空留巷技术研究的核心与关键所在。在煤炭开采过程中，岩层运动和矿山压力的变化是极为复杂且多变的，这些因素直接关系到巷道的稳定性和安全性。因此，对岩层运动和矿山压力发展变化规律进行深入研究，显得尤为重要。正确的巷道矿压控制设计，无疑是预防和控制原煤柱护巷方案可能带来的重大事故的有效手段。通过科学合理的矿压控制设计，可以确保巷道在复杂应力环境下的稳定性，从而保障煤炭开采的安全进行。在这一领域，西安科技大学惠兴田课题组取得了令人瞩目的成果。他们凭借多年的研究积累和实践经验，成功研发了封闭模铸砌体结构等专利技术。这些技术不仅显著提高了巷道的支护强度和稳定性，而且为沿空留巷技术的实际应用提供了有力的技术支撑。此外，惠兴田课题组还注重理论与实践的紧密结合，他们的研究成果不仅在理论上具有创新性，而且在实际应用中展现出了良好的效果。

3.2 支护技术研究

支护技术作为沿空留巷技术不可或缺的重要组成部分，其研究与创新直接关系到整个开采过程的安全性与效率。随着科技的不断进步和开采条件的日益复杂，我国沿空留巷支护技术也在不断地发展和完善。目前，柔模支护技术已成为沿空留巷领域的一大亮点。这种技术以其施工速度快、成本低且支护效果显著而广受青睐。柔模支护不仅能够迅速形成稳定的支护结构，还能有效适应围岩的变形，从而确保巷道的长期稳定。与此同时，高水材料巷旁充填支护技术也展现出了强大的生命力。该技术通过向巷道旁充填高水材料，能够迅速形成一道坚固的支护屏障。这种材料不仅具有较大的初期支护阻力，还能有效适应顶板的下沉，从而确保巷道在整个开采过程中都能保持良好的维护效果。总之，柔模支护和高水材料巷旁充填支护技术各具特色，互为补充，共同构成了我国沿空留巷支护技术的完整体系。这些技

术的成功应用,不仅提高了煤炭开采的安全性和效率,也为我国煤炭工业的可持续发展注入了强劲动力。

3.3 新技术新工艺研发

为了进一步提升沿空留巷技术的适用性和效率,我国煤矿企业正致力于新技术和新工艺的研发与应用。这些创新举措不仅有助于解决传统技术中的瓶颈问题,还能显著提高煤炭开采的安全性和生产效率。(1)在设备研发方面,一些具有前瞻性的煤矿企业已经成功研发了自移式挂模支架、自移式混凝土泵送机和混凝土投料井等先进设备。这些设备能够显著提高柔模混凝土沿空留巷技术的机械化水平,减少人工操作环节,降低劳动强度,同时提高施工速度和质量。(2)在工艺创新方面,同样涌现出了许多值得关注的成果。例如,一些企业创新了柱式沿空留巷立体隔离防漏风技术,该技术通过在巷道周围设置立体隔离结构,有效防止风流短路和漏风现象的发生,从而确保了巷道的通风安全。(3)还有企业致力于研发智能化监测和控制系统,实现对沿空留巷过程的实时监控和自动调节,进一步提高技术的精确性和可靠性。

4 沿空留巷技术的未来发展趋势

4.1 技术创新

随着科技的飞速发展,沿空留巷技术正站在一个新的历史起点上,面临着前所未有的发展机遇。未来,该技术将继续向智能化、自动化方向迈进,以适应煤炭行业对高效、安全、环保的迫切需求。智能化方面,物联网、大数据、人工智能等先进技术的引入,将为沿空留巷技术注入新的活力。通过实时监控巷道内的各项参数,如应力、位移、温度等,可以实现对沿空留巷过程的全面感知和精确控制。这不仅可以提高技术的适用性和效率,还能有效预防和处理各种突发情况,确保开采过程的安全稳定。自动化方面,未来的沿空留巷技术将更加注重设备的自动化程度。

4.2 环保节能

在全球气候变化问题日益凸显,国家对环保节能要求日趋严格的背景下,沿空留巷技术作为煤炭开采的关键环节,其在环保节能方面的表现显得尤为重要。未来,沿空留巷技术将进一步加大在环保节能材料研发和应用方面的投入。传统的支护材料和充填材料在生产、

使用和废弃过程中可能对环境造成一定影响。因此,研发更加环保、可降解的材料将成为重点。这些新材料不仅具备优异的支持性能,还能有效降低对土壤、水源和大气的污染。优化沿空留巷工艺也是实现环保节能的重要途径。通过改进施工方法、提高设备效率、减少能源浪费等措施,可以显著降低能源消耗和废弃物排放。

4.3 标准化、规范化

标准化、规范化是推动沿空留巷技术广泛应用和可持续发展的重要保障。未来,该技术将更加注重标准化、规范化工作。通过制定完善的技术标准和施工规范,可以明确各项技术要求和操作流程,提高技术的可靠性和安全性。同时,标准化、规范化还有助于统一行业标准和规范市场秩序,推动沿空留巷技术的健康发展。总之,沿空留巷技术的未来发展趋势将朝着智能化、自动化、环保节能以及标准化、规范化的方向发展。这将为煤炭行业的可持续发展提供有力支持,同时也为相关企业和研究机构带来了广阔的发展空间和机遇。

结束语

沿空留巷技术自上世纪60年代在英国和德国诞生以来,经历了多年的发展与创新,已成为煤炭开采领域的一项革命性技术。在我国,经过几十年的努力,沿空留巷技术已逐渐成熟并广泛应用,取得了显著的经济效益和安全效益。未来,随着智能化、自动化技术的引入,以及环保节能要求的提高,沿空留巷技术将朝着更高效、更安全、更环保的方向发展。同时,标准化、规范化工作的加强也将为技术的广泛应用和可持续发展提供有力保障。我们有理由相信,在相关企业和研究机构的共同努力下,沿空留巷技术将不断取得新的突破和进展,为煤炭行业的可持续发展注入新的活力。它将继续在煤炭资源的高效、安全开采中发挥重要作用,为保障国家能源安全和推动经济社会发展作出更大贡献。

参考文献

- [1]管洲.沿空留巷技术在煤矿综采中的应用研究[J].矿业装备,2019(06):92-93.
- [2]原红波.东峰煤矿综放工作面沿空留巷技术研究[J].能源技术与管理,2019,44(04):56-58.
- [3]韩海军.高档普采工作面沿空留巷支护方案优化[J].山东煤炭科技,2019(07):72-74.