

# 复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术的实践分析

王 君

山西灵石银源兴庆煤业有限公司 山西晋中 031300

**摘 要：**随着社会经济的不断发展，对煤炭资源的需求量不断加大，但煤矿开采强度和深度的增加，使煤矿开采面临的地质问题日益复杂，在如此复杂的地质条件下开采煤矿，容易影响煤矿掘进进度和安全。为了确保施工安全，工人需要在支护顶板之下开展工作，因此，加快煤矿掘进支护速度显得尤为重要。本文将重点探讨复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术，并提出煤矿掘进支护技术改进的措施，希望能通过安全支护，提高煤矿开采的效率和安全性。  
**关键词：**复杂地质；煤矿开采；掘进支护技术

## 引言

煤炭是我国重要的基础能源，在经济社会发展中发挥着重要作用。在煤矿开采过程中，比较关键的一个问题就是煤矿安全，不仅关乎作业人员的人身安全，还与煤矿开采行业的发展有着密切的联系，关乎社会的发展<sup>[1]</sup>。因此，需要重视煤炭开采的安全性，在面临复杂地质条件的情况下，采取合适的煤矿掘进支护技术，以有效提高煤矿开采的质量和效率，推动煤矿领域的稳定健康发展。

## 一、复杂地质条件下煤矿掘进的难点剖析

### (一) 地质条件的复杂性

在煤矿掘进中，遇到的最大困难就是地质情况复杂。由于软岩、断层和褶皱等地质结构的存在，给煤矿掘进带来了很大困难。在软弱岩层中，围岩强度低，稳定性差，容易造成巷道变形和塌方。断裂、褶皱等地质结构对煤矿的掘进也有很大的影响。由于断层的存在，容易岩石破碎，地层错动，导致巷道开挖时，极易发生顶板冒落、片帮等事故<sup>[2]</sup>。同时，由于褶皱结构的存在，使

煤层的厚度、倾向发生了改变，这给开采带来了困难，也给工程带来了很大的不确定性。另外，由于地质环境的复杂性，也会造成瓦斯、水等有害气体及物料的聚集，从而加大了煤矿的安全隐患。

### (二) 巷道变形与维护难题

在复杂的地质环境中，巷道变形是一种常见而又很难处理的难题。巷道的变形有很多种，有顶板塌陷、底鼓和片帮等<sup>[3]</sup>。采场顶板因自身重量及地应力的影响，导致顶板逐渐丧失其承载力而发生下移。底鼓是指底板岩层受压而上抬，从而缩小了巷道的空间。片帮是指巷道两帮岩体承受横向应力而产生离层、垮塌的现象。巷道的变形不但影响了施工的顺利进行，而且对矿井的安全也构成了极大的威胁。变形严重的巷道易造成通风不良，运输受阻，严重时还会发生冒顶事故。所以，巷道维护是非常重要的。但由于其特殊的地质情况，给巷道维护带来了很大的困难。在实际工程中，由于不确定的地质情况，很难对巷道的变形发展进行精确地预测，因而不能进行有效的维护。由于巷道开挖后的维修难度大、费用高，往往会消耗大量的人力、物力和财力。

### (三) 安全风险的增加

在煤矿掘进过程中由于复杂的地质环境，导致其安全风险明显增大。煤矿瓦斯突出、水淹、冒顶等重大安全事故的发生率增加，对人身安全及生产造成极大的威胁。瓦斯突出是一种非常危险的现象，其发生过程中往往伴随着大量的煤矸碎屑，造成重大的人员伤亡及装备损伤。突水事故也是煤矿掘进过程中面临的一种安全隐患。在地下水较多的区域，巷道开挖时，若遇含水层、导水断裂等，极易引起渗漏水。当大量的水流涌进巷道时，不仅会淹没设备，还会造成巷道的堵塞，给职工的

表 1 复杂地质构造对煤矿掘进的影响程度

地质构造类型	对煤矿掘进的具体影响	影响程度（以1-5级表示，5级为影响最大）
软岩	岩石强度低，易变形、坍塌，支护难度大	4
断层	岩石破碎，地层错动，易引发顶板冒落、片帮等事故	5
褶皱	煤层厚度和倾角变化，掘进难度增加	3
高瓦斯	瓦斯含量高，易引发爆炸事故	5
地下水丰富	涌水量大，易造成透水事故	5

安全带来极大的危险。而冒顶事故，是由顶板岩体的稳定性受到损害，从而导致垮落，严重影响矿井的正常生产和安全生产，造成了很大的经济损失。

## 二、常见的煤矿掘进支护技术分析

### (一) 锚杆支护技术

锚杆支护是一种广泛应用于煤矿掘进的支护方式，其基本原理是将锚杆锚固于围岩内，通过与围岩间的摩擦、黏结力，向深部稳定地层传递载荷，起到支撑围岩的作用。锚杆支护可以有效地改善巷道围岩的稳定性，预防巷道的变形、垮塌<sup>[4]</sup>。

锚杆按其构造及工作机理可分为很多形式，常用的有普通锚杆与预应力锚杆。普通锚杆依赖于锚杆与围岩间的摩擦来提供支撑，而预应力锚杆通过在锚固过程中对锚杆施加预应力，使得其在未受载荷前先对围岩进行预压，以增强其抵抗变形的能力。普通锚杆可用于围岩变形不大、地质条件相对稳定的巷道。但在复杂的地质条件和较大的围岩变形情况下，预应力锚杆更适合应用。软岩巷道围岩强度较低，稳定性较差，使用预应力锚杆可预先对围岩进行约束，减小围岩变形，改善支护效果。

### (二) 锚索支护技术

锚索支护是指在深部岩体中，通过锚索的拉伸力，将岩体与围岩联系在一起。锚索是一种高强度、高拉力的钢绞线组成。相对于锚杆支护，锚索支护具有较大的锚固深度和较高的承载能力，适合于复杂的地质条件、较大的巷道跨度和较高的顶板压力。锚索支护技术具有如下特点：①锚固深度大，常可达几米乃至数十米，能将不稳定地层锚定于深部稳定地层；②具有很强的承载力，锚索能够承受很大的拉力，很好地控制围岩的变形；③可施加预应力，通过对锚索施加预应力，从而实现了对围岩变形的主动控制，从而增强其稳定性。对于大跨度、顶板压力集中的大型硐室或巷道交叉点，应用锚索支护技术能有效地解决顶板稳定性问题。但当锚杆支护很难达到需要时，例如对软弱、破碎岩层等，则更需要锚索支护。锚索与锚杆支护的差异对比如表2所示：

表2 锚索与锚杆支护的差异对比

对比项目	锚杆支护	锚索支护
锚固深度	一般较浅，通常在1—3米	较大，可达数米甚至十几米
承载能力	相对较低	较高，可承受较大拉力
适用条件	地质条件相对稳定、围岩变形较小的巷道	地质条件复杂、巷道跨度大或顶板压力大的情况
施工难度	相对较小	较大，需要专业设备和技术

### (三) 喷射混凝土支护技术

喷射混凝土支护技术是利用喷射机将混凝土以极快的速度喷入巷道围岩表面，并快速凝固、固化，从而构成一种支护结构<sup>[5]</sup>。该技术的作用如下：一是具有增强抗风化的功能，可充填岩石的裂缝、孔洞，增强岩石的内聚力及内摩擦角，并可封闭岩石表层，使其不受水分、风化等因素的影响。二是改善围岩的受力状况，采用喷浆充填表面凹凸不平的部位，消除应力集中，从而实现了从单向、双向向三向受力的转变，从而增强了围岩的强度。三是柔性支撑效应，喷浆混凝土可与围岩紧密结合，其厚度小、柔性好，能与围岩协同变形，在变形时对围岩起支撑反力，从而抑制过大变形。

喷射混凝土支护技术包括以下步骤：首先，对巷道开挖质量进行检验，清除围岩表面的浮石、杂物，搭设工作平台；其次，配置混合料，将水泥、骨料、水泥添加剂按规定的配比进行拌和；然后，进行喷射工作，即用喷射机将混合物送至喷头，并在喷头附近添加水、速凝剂，使其以较快的速度喷向岩石表层；最后，是养护工作，在喷完混凝土后，应及时进行养护，以确保混凝土的强度成长。

喷射混凝土对材料具有一定的要求，水泥宜采用普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，其强度不小于42.5，不可使用受潮或过期的水泥；骨料由细骨料（沙子）和粗骨料（石子）组成，细骨料选择细砂颗粒大小为0.35—3.0 mm的中、粗砂，含泥量不得超过3%，粗骨料宜选用坚硬的河卵石或碎石，粗砂颗粒大小宜在15mm以内；水质必须干净无杂质；速凝剂按水泥重量的2.5% ~ 5%加入，起浆时间不得超过5分钟，凝结时间不得超过10分钟。在复杂的地质环境中，采用喷射混凝土支护技术可以迅速地组成支护结构，并对其进行有效地加固，从而避免了对围岩的进一步破坏。

### (四) 联合支护技术

联合支护技术就是将几种不同的支护方法有机地结合在一起，利用其各自的优点，从而取得良好的支护效果。常用的组合方法有锚喷联合、锚网索喷组合等。锚喷联合支护是将锚杆支护与喷射混凝土支护两种支护方式有机地结合在一起，前者能为深层提供锚固力，后者能封闭围岩表面，防止风化，并能改善围岩的受力状况，二者协同作用，可有效地提升巷道的支护强度。锚网索喷联合支护技术是在锚喷组合支护基础之上，增设锚索支护，使支护结构的承载力及稳定性得到进一步提高，适合于地质情况极其复杂的巷道。联合支护技术的设计

原则包括：第一，根据工程和巷道的实际情况，选择合理的支护形式及参数；第二，保证多种支护手段的协调配合，使其成为一个有机的整体。第三，从工程可行性、经济角度出发，在满足支护要求的同时，尽可能地减少巷道维修带来的工程造价。

### 三、煤矿掘进支护技术改进的措施

#### （一）加大资金与设备投入，推动机械化进程

随着社会和经济的迅速发展，煤矿掘进支护技术也开始向先进化、现代化的方向发展。增加掘进支护方面的投入是提高煤矿经济效益和社会效益的一个重要手段。在工程实践中，将各种先进的机器装备如掘锚一体机、掘锚护一体机等有机结合起来，有效地提高掘进支护效率与安全性。如掘锚一体机可以将掘进、钻孔、锚固等工序集成在一起，缩短工序切换周期，提升施工效率，而且其稳定的工作性能，可以提升巷道支护的稳定性和安全性。增加投资可以引进更加先进和性能更好的装备，使煤矿掘进支护工作的机械化水平得到进一步提高，同时还可以减轻工人的劳动强度，降低因人为错误造成的安全风险，保证工程的高效和安全。

#### （二）强化技术人员培训，打造专业队伍

为确保煤矿掘进支护工作的顺利开展，需要有专业的技术人员作为支撑。目前，煤矿掘进支护工作中还存在着许多问题和违章隐患，因此，必须加强对施工人员的培训和指导。首先，要根据施工队伍的技术和素质，建立专门的掘进支护管理部门，对培训规划课程的安排和实施进行统筹规划。安全培训的内容要准确、实用、有针对性，培训计划要充分考虑到矿井掘进支护工作的各个环节需要，优化培训方案。在培训中，转变传统的、单纯的理论灌输方式，对课程进行合理地安排，提高实践操作环节的比重，运用现场施工、案例分析等方法，使员工在实际工作中掌握掘进支护技术。另外，要制定一套严格的培训考核机制，新进人员如不符合要求，就要进行岗位调整；对于一线的技术人员，为他们制定系统的培训制度，定期开展安全方面的培训，考核合格之后方可上岗作业，打造一支专业素质高、安全意识强的掘进支护队伍。

#### （三）优化支护方案，适应复杂地质

巷道开挖时，由于地质情况的差异，其支护方式也各不相同。在复杂的地质环境中，常规的掘进支护方案已经很难适应这种要求，因此有必要对其进行进一步的

优化和改进。在深埋巷道施工中，设计者必须充分考虑到复杂地质环境对巷道开挖支护的特殊需求，才能最大限度地利用现代化的掘巷支护技术。在确定深部巷道开挖支护方案时，必须充分考虑软岩、断层、褶皱等地质结构、地应力分布、巷道使用年限等多方面的影响。如在软岩巷道中，使用高强锚杆、锚索与喷射混凝土联合支护，并对其支护参数进行合理调整；在通过断层带时，应预先进行超前支护，并采取专门的加固措施。通过对支护方案进行科学、合理的优化，增强其对复杂地质环境的适应能力，保证其在建设和服役期间的稳定和安全。

### 结论

综上所述，在社会经济发展对煤炭资源需求不断增长的背景下，复杂的地质条件给煤矿掘进工作带来很大的挑战，使其面临着地质条件复杂、巷道变形难以维护、安全风险增加等问题，严重制约着煤矿掘进的施工进度和安全。常见的煤矿掘进支护技术有锚杆支护技术、锚索支护技术、喷射混凝土支护技术以及联合支护技术等，在煤矿支护中发挥了很大的作用，但在复杂的地质条件下还需要不断进行改进。通过加大资金与设备投入，来推动机械化进程；强化技术人员培训，打造专业队伍；优化支护方案，使其适应复杂地质等措施，有效地应对复杂条件下给煤矿掘进工作带来的挑战。今后，随着技术的进步和实践经验的积累，需要不断地创新和发展，探索新的技术、新材料和新工艺，才能更有效地解决复杂的地质问题，提高矿井的安全和高效，保证国家煤炭行业的稳定和可持续发展。

### 参考文献

- [1] 安保山. 煤矿复杂地质条件下的掘进支护技术分析[J]. 能源与节能, 2024, (04): 137-139+143.
- [2] 伊正红. 复杂地质条件下煤矿掘进支护技术分析[J]. 中国高新科技, 2023, (06): 43-45.
- [3] 陈洪, 于春雨, 袁强, 等. 复杂地质条件下煤矿掘进支护技术的应用分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023, (05): 187-189.
- [4] 闫甫, 于翠翠. 复杂地质条件下的煤矿掘进支护技术分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (21): 191-193.
- [5] 燕杰星, 智强. 复杂地质条件下煤矿掘进支护技术实践分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (01): 201-202.