

#### 4.9 无 MCU 的创新设计

部分研究提出无需 MCU 的简化方案,如浙江中浩电子的专利技术,通过优化电路设计直接完成信号处理与传输,降低成本和功耗

#### 4.10 国家电网用电信息采集系统

集成双模通信(电力线载波+无线)、智能量测终端等技术,实现 6.12 亿只智能电表的实时数据采集,支撑窃电分析、线损管理等业务,日均数据增量达 14TB6、5G 基站电力管理:AMC16-DE6 智能采集装置通过高精度电流测量与远程监控,优化基站能耗,提升供电可靠性,电量采集器的功能从单一计量扩展至多模态数据融合、远程通信及智能控制,成为能源数字化转型的关键设备。

#### 4.11 高精度同步采集

GPS 时间同步:通过 GN-80 接收板实现微秒级时间标签,解决多节点数据同步问题,适用于广域电网监测,抗干扰设计:采用频域交织与分集拷贝技术,抑制电力线信道噪声,提升双模通信单元的可靠性,通过软件容错机制,冗余指令校验、滑动平均滤波等算法,提升数据稳定性。

#### 4.12 系统架构设计

分层分布式结构:分为设备层(传感器、互感器)、单元层(采集终端)和站控层(主站系统),通过高速总线实现数据交互。一体化平台整合:结合 IEC 61970 公共信息模型(CIM),构建支持多部门协同的电能量数据平台,实现电量计算、线损分析等功能。

#### 4.13 数据核对方法设计

数据清洗:剔除无效字段、填充缺失值(如插值法)。  
时间戳对齐:基于 NTP 协议或插值法校正时间序列。

#### 4.14 核心核对方法

冗余校验:利用哈希算法(如 MD5)检测重复数据包。  
时序完整性分析:检查时间戳连续性,识别断点或跳跃。  
阈值判定:设定合理范围(如电压波动  $\pm 10\%$ ),标记异常数据。

多源数据比对:与 SCADA 系统、用户侧电表数据交叉验证。

#### 4.15 算法优化

结合机器学习(如孤立森林算法)提升异常检测效率。  
分布式计算框架(如 Spark)处理大规模数据。

#### 4.16 实验与结果分析案例

##### ①实验设计。

数据集:某区域电网采集器数据(含正常数据与人工注入的异常数据)。

评估指标:数据完整率、核对准确率、处理耗时。

##### ②实验结果。

对比传统方法(如简单阈值法),本文方法在异常检测准确率上提升 20%。

时间戳校正后,时序连续性错误减少 85%。

③案例分析:某变电站因通信故障导致数据丢失,通过插值法与多源比对恢复数据。

④应用测试。某特高压工程在  $\pm 800\text{kV}$  特高压直流工程中,电子式电流互感器与电量采集终端协同工作,实现输电线路健康状态的实时监测,保障粤港澳大湾区电网稳定性。

⑤ 500kV 某变电站。通过安装主变压器中性点电抗器与抗短路能力改造,显著提升设备安全性。运维人员采用红外测温与超声波检测技术,日均完成 255 个点位的巡检,数据记录精度达 99% 以上。

#### 4.17 实际应用

在电力公司数据管理平台中部署核对算法,降低人工核验成本。

支持动态电价计算、用户用电行为分析等场景。

结合区块链技术实现数据不可篡改性与溯源。

探索边缘计算在数据采集端的实时核对能力。

### 5 电量采集器终端常见问题及解决方法

极端环境适应性 特高压场景下的强磁场、高电压环境仍可能导致传感器漂移或通信中断。

通信状态显示正常,但无上送数据。

数据上传为 0 假象。

加 485 板卡,使每块 485 板数据量减少,提高传输效率,提升稳定性。

启用新上送方案,改变不同的策略。

检查使用规约/协议,是协议更多元。

更换数据终端正负数据接线等。

更换光电转换器。

更换多模或单模尾纤。

查看电能表小数位,是否与电能采集器终端设置一致。

检查电能表地址,是否与电能采集器终端设置一致。

### 6 结论

电量采集器终端是智能变电站高效运行的核心,在特高压变电站中的实际应用,其技术优化需兼顾高精度采集、抗干扰能力及智能化水平体现了高精度传感、智能通信与可靠性设计的深度融合。提出的通讯中断解决方法能有效解决电量采集器数据的完整性与一致性问题,为电力系统智能化提供可靠数据基础随着量子测量技术的突破与 5G 通信的普及,未来特高压电网将迈向更高水平的数字化与智能化,为“双碳”目标下的新型电力系统建设提供核心支撑。

#### 参考文献

- 1 变电站综合自动化数据采集系统设计原理与硬件实现
- 2 一体化电能采集系统的功能扩展与案例分析
- 3 《电力系统交流电量采集器的设计》
- 4 《数字化变电站电能计量技术要点》
- 5 国家电网用电信息采集系统与双模通信技术

# Discussion on coal mine roadway support and its countermeasures

Qiusheng Liu Jun Zhao Jiubin Hu

Yanzhou Coal Industry Co., Ltd. Xinglongzhuang Coal Mine, Jining, Shandong, 272102, China

## Abstract

As a critical infrastructure process in coal mine operations, the quality of tunneling support systems is fundamental to ensuring stable excavation progress, safeguarding personnel safety, and facilitating smooth mining activities. With China's increasing coal resource extraction volume and deeper mining depths, coupled with increasingly complex geological conditions in mines, tunneling support faces severe challenges. The complexity and variability of coal mine geological conditions present numerous difficulties for support engineering. This study analyzes prominent issues in current tunneling support practices and proposes targeted solutions based on practical circumstances, aiming to enhance support system performance and ensure safe coal mine operations.

## Keywords

Coal mine tunneling; Support issues; Response strategies

# 煤矿掘进支护问题及应对方法探讨

刘秋生 赵军 胡久彬

兖州煤业股份有限公司兴隆庄煤矿, 中国·山东 济宁 272102

## 摘要

掘进支护作为煤矿生产过程中的关键性基础工序, 掘进支护质量的好坏, 是确保掘进工作稳定推进, 保障人员安全, 保证开采工作顺利进行的基础。随着我国煤矿资源开采量的增大、开采深度的加大, 矿井地质条件的越来越复杂, 掘进支护面临着严峻的考验。煤矿地质条件的复杂性和多变性, 使得掘进支护工作面临着许多难题。通过对目前煤矿掘进支护中存在的突出问题进行了分析, 并根据实际情况, 提出了相应的对策, 以期提高掘进支护水平, 保证煤矿安全生产。

## 关键词

煤矿掘进; 支护问题; 应对方法

## 1 引言

从当前的发展趋势看, 煤矿开采已逐步向深层发展, 很多矿井深度已达千米以上。在这样的深度下, 地应力大幅增加, 掘进围岩承受的压力急剧增加, 从而增加了掘进的变形与破坏风险<sup>[1]</sup>。同时深部地质条件常伴有高水压和高瓦斯, 使掘进支护更加困难。同时随着环境保护与资源高效利用, 矿井对掘进服役寿命及稳定性的要求也越来越高, 传统的掘进支护工艺与方法已不能充分适应新的挑战。因此对其进行研究, 寻找有效的解决方案, 对保障煤矿产业安全、稳定、高效发展, 具有重要的实际意义。通过对掘进支护问题的研究, 能够有效地减少矿井安全事故的发生, 提高矿井的生产效率, 降低矿井的生产成本, 促进矿井的可持续发展。

## 2 煤矿掘进支护现状分析

### 2.1 掘进支护技术类型

目前, 掘进支护技术已经出现了多种形式, 锚杆支护、锚索、架棚支护、喷射混凝土和组合支护等是较为普遍的支护方式。锚杆支护因其施工简单、造价低廉、效果显著的优点, 利用锚杆与围岩之间的摩擦、粘着力、抗拉强度等特性, 使围岩成为一个整体, 已被广泛地用于掘进支护, 并衍生出诸如高强度锚杆等新产品<sup>[2]</sup>。锚索支护在复杂的地质条件下, 采用锚索对深层地层进行锚固, 以提高支护能力。架棚支护采用锚网支护, 虽然其支护强度高, 但安装、拆卸复杂, 费用高。喷射混凝土支护是一种能够封闭地表的支护形式, 它通常与其它支护方法相结合, 具有施工速度快、工艺要求高等优点。组合支护就是针对具体的工程地质情况, 综合运用几种不同的支护方法。比如在复杂地质条件下, 通过锚杆+锚索+架棚+喷射混凝土的组合, 可以使每种支护方法的优点互补, 达到对掘进围岩变形的有效控制, 实现最优的支护效果。

【作者简介】刘秋生(1999-), 男, 中国河南鹿邑人, 本科, 助理工程师, 从事掘进支护研究。

## 2.2 支护技术应用情况

在实际的煤矿开采过程中,各煤矿企业都要根据矿井的地质情况、采掘工艺、经济条件等来选用适合的掘进支护工艺。在地质条件简单、围岩稳定的矿井中,锚杆支护技术得到了越来越多的应用,并通过采用高强度锚杆、改进安装工艺及应用自动化技术,进行了不断的优化,提升了支护效果与安装效率。对于深部开采、地质结构复杂的矿井,常采用锚杆+锚索+喷射混凝土相结合的复合支护方式,即锚杆、锚索主动支护,喷射混凝土封闭围岩,协同抵御高应力变形。但是一些企业在使用支护技术方面还存在着一些问题,有些是因为没有充分考虑到地质情况,盲目地选用了不合适的方法,造成了不良影响;有些施工过程中没有严格按照相关规范进行,如锚杆支护的角度、深度、预紧力等,从而影响了支护效果,限制了掘进支护技术作用的有效发挥。

## 3 煤矿掘进支护存在的问题

### 3.1 支护参数设计不合理

煤矿掘进支护过程中,为了保证施工质量,必须对支护参数进行合理的设计。但煤矿地质环境复杂多变,掘进顶板、围岩强度不稳,且顶板、围岩间距不等,难以精确确定支护参数。部分煤矿企业在支护设计中没有充分考虑上述因素,仍沿用以往的经验公式或单纯的理论计算方法,致使支护参数不能满足工程需要<sup>[1]</sup>。比如在一些顶板较为破碎、围岩强度较差的地方,如果仍然采用传统的方法对锚杆长度、间距及锚索的预紧力进行合理选择,将导致支护强度不够高,从而导致掘进顶板出现沉陷、开裂,甚至冒顶等安全事故。反之在某些地质情况良好的地区,如果支护参数设置得太大,不仅会浪费支护材料,而且还会提高采矿费用。

### 3.2 支护材料质量参差不齐

支护材料的质量直接影响到支护的使用性能,一方面部分煤炭企业为了降低成本,在购买时过分注重价格,而忽略了原材料的品质和性能,导致不合格的材料进入了使用环节,例如锚杆的强度不够,锚索的锚固力不够,喷射混凝土的配合比不合理,很难使其发挥出应有的支护效果。另外在运输、贮存过程中,如果处理不好,还可能导致锚杆的碰撞变形,水泥的受潮变质,从而对支护质量产生不利影响。还有一些企业为了追求利润而降低了自己的标准,加之缺乏对市场的监督,致使许多劣质原料进入了煤矿,对其安全生产造成了很大的威胁。因此如何从企业采购、物料管理、市场监督等多个层面,对其进行系统的解决,已成为制约其发展的瓶颈。

### 3.3 现场施工管理不到位

煤矿掘进支护施工管理是掘进支护质量的保证,部分施工队伍由于自身专业素质问题,对煤矿掘进支护施工工艺、施工规范不熟悉,出现了锚固角度、锚固深度、锚索张拉未达到设计预紧力等违规现象,造成支护作用削弱。企业

质量管理也同样存在着漏洞,如原材料进场检测工作,不合格的原材料进入施工作业,对关键环节过程缺少检测、验收等,不能及时发现产品的质量风险。企业当前安全形势不容乐观,企业对安全教育力度不足,工人安全意识不高,在高空作业等不系挂安全带等易发生安全事故,从人员作业、质量控制、安全防护等几个方面严重影响了煤矿支护质量及施工安全,亟需改善。

### 3.4 地质条件复杂多变

我国煤矿地质情况十分复杂,不同区域和不同矿井的地质条件有着很大的差别。煤矿掘进施工中经常遇到断裂、褶皱、破碎带等地质结构,同时也存在着松软煤层和高应力区等复杂的地质情况。由于其特殊的地质环境,使得掘进围岩稳定性显著降低,对隧道支护提出了更高的要求<sup>[4]</sup>。如在通过断裂破碎带时,围岩破碎,节理裂隙发育,极易发生片帮和冒顶等灾害;在松软煤层中,由于煤层强度较小,导致掘进产生较大的变形,常规的支护方法很难对其进行有效的控制。同时随采深加大,地应力加大,掘进围岩变形与损伤加剧,对支护工艺及材料提出了更高的要求。但是当前一些煤矿企业在遇到复杂的地质情况时,由于缺少有效的处理方法,致使支护效果欠佳,严重制约着矿井的正常生产。

## 4 煤矿掘进支护问题的应对方法

### 4.1 优化支护参数设计

在煤矿施工中,要进一步研究和分析矿山地质条件,完善支护参数。在掘进开挖前,采用地质雷达、瞬变电磁法等先进的地质勘探方法,对掘进围岩的地质结构、围岩性质、煤层赋存状态及地应力分布状况进行详细的研究。采用FLAC3D、ANSYS等数值分析方法,开展不同支护方案的数值模拟,分析不同支护参数对围岩变形和受力状态的影响,并给出合理的支护参数。同时在实际工作中,要根据具体的工程条件,适时地对支护参数进行调整和优化。例如在遇有地质结构的情况下,可适当加大锚杆和锚索的布置密度,并加大锚索的长度,从而提高支护强度;对于大变形区,应加大锚杆的预紧力,增强对围岩的约束作用。同时搜集整理了地质条件下的支护工程实例,为以后的支护设计提供参考。

### 4.2 严格把控支护材料质量

煤炭企业应对支架材料的质量问题给予足够的重视,并制定出严密的物资采购管理体系。在采购支护材料时,要选择信誉好,产品质量可靠,进货时严格把关的供应商合作。对所用材料的材质、规格、强度及锚固力等进行检查,以保证所用材料的质量满足设计及有关规范。对于关键的支护材料,如锚杆、锚索等,应要求供货商提供产品的质量测试报告及合格证书。材料在搬运、贮存时,应采取有效的保护措施,以避免物料被破坏或侵蚀。比如锚杆和锚索要分门别类地堆放,防止它们之间发生碰撞;喷浆混凝土中的水泥和骨