

综采工作面液压支架支护强度与顶板压力匹配性分析

杨 令

四川川煤华荣能源有限责任公司铁山南煤矿 四川 达州 635763

【摘 要】：液压支架是综采工作面顶板控制的核心设备，其支护强度与顶板压力的匹配效果直接关系到工作面开采安全、生产效率及顶板长期稳定性。本文结合煤矿现场开采实践，首先明确液压支架支护强度与顶板压力的核心内涵及关键影响因素，再通过“顶板压力精准预测-支护强度科学计算-匹配性动态评价”三步法，构建完整的匹配性分析框架，研究成果为综采工作面液压支架选型、顶板安全控制提供了理论依据与实践参考。

【关键词】：综采工作面；液压支架；支护强度；顶板压力；匹配性；矿压监测

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.031

引言

据《中国煤矿安全年度报告（2024）》统计，顶板事故占煤矿井下事故总数的32%，其中70%的事故根源在于液压支架支护强度与顶板压力不匹配。当前，部分煤矿在液压支架选型与使用中仍存在“经验主义”问题：仅参照相邻工作面参数确定支护强度，未结合本工作面顶板岩性、采高、推进速度等实际条件精准计算；同时，缺乏实时监测与动态调整手段，难以应对老顶来压期间的压力骤增现象。基于此，本文构建科学的匹配性分析体系，旨在为综采工作面顶板安全控制提供可落地的技术方案。

1 核心概念与影响因素

1.1 液压支架支护强度

液压支架支护强度是指支架对单位面积顶板的支撑能力，核心评价指标包括初撑力与工作阻力，二者共同决定支架控制顶板的效果。支架升架后，立柱腔内压力达到泵站额定压力时的支撑力，其核心作用是快速压实顶板岩层，抑制顶板早期离层变形。根据《煤矿液压支架通用技术条件》（MT/T 1097-2021）要求，初撑力不得低于工作阻力的80%，若初撑力不足，易导致顶板岩层出现缝隙，后期难以通过工作阻力弥补。支架在顶板压力作用下，安全阀开启时的最大支撑力，是抵抗顶板最终压力（尤其是老顶破断冲击压力）的关键指标。工作阻力的确定需综合考虑多方面因素：安全系数（根据顶板硬度分类选取，软岩顶板取1.2-1.3，硬岩顶板取1.3-1.5）、顶板岩石容重（通常取值25-28kN/m³）、工作面采高、支架中心距（行业常规为1.5m左右），确保能完全抵抗顶板最大压力并预留一定安全缓冲空间。

1.2 顶板压力构成与影响因素

综采工作面顶板压力主要由静压力与动压力两部分组成，二者共同作用于液压支架，其大小受地质条件、开采参数等多

因素影响。结合现场实践，顶板压力的核心影响因素及作用规律如下表所示，这些因素需在匹配性分析中重点考量。

表1 综采工作面顶板压力主要影响因素及作用规律

影响因素	作用规律	实证案例(某矿1201工作面)
顶板岩性	硬岩（如砂岩）老顶的动压力峰值更高、来压更剧烈；软岩（如泥岩）老顶易分层垮落，压力波动较小	老顶为细砂岩（单轴抗压强度65MPa），动压力峰值达6800kN，来压时压力骤增幅度超30%
工作面采高	采高越大，顶板暴露面积与岩层自重越大，静压力与动压力同步增加，通常采高每增加0.5m，顶板压力提升10%-15%	采高从3.0m增至3.5m后，顶板总压力增加12%，动压力峰值提升800kN
推进速度	日推进速度过快（超6m）会导致顶板无法充分垮落压实，动压力波动幅度增加20%以上；推进过慢则易造成顶板压力长期集中	推进速度5m/d时，压力波动幅度±5%；增至8m/d后，波动幅度扩大至±12%，且来压步距缩短
工作面长度	工作面长度超150m时，压力分布均匀性下降，两端压力通常比中部低8%-10%（受边界效应影响）	工作面走向长度1200m，倾向长度200m，中部支架压力比两端高9%，且来压时间提前1-2天

2 支护强度与顶板压力匹配性分析框架

2.1 顶板压力精准预测

采用“现场实测+数值模拟”相结合的方法,避免单一手段的局限性,确保压力数据准确可靠。在综采工作面均匀布置3组KJ616型矿压监测仪(分别位于工作面中部、距两端50m处),实时采集支架承受的压力数据、顶板下沉量,监测频率为每5分钟1次,连续监测1个完整采场周期(约30天),获取顶板静压力平均值、动压力峰值、来压步距(老顶两次破断的推进距离)、来压持续时间等关键参数。运用FLAC3D软件构建与工作面实际地质条件一致的三维模型,模拟不同采高、推进速度下的顶板压力分布规律,验证现场实测数据的合理性。例如某矿1201工作面通过数值模拟得出老顶来压步距为18m,与现场实测的17.5m误差仅2.7%,说明实测数据可信度高,可作为支护强度计算的依据。

2.2 支护强度科学计算

以精准预测的顶板压力为基础,结合行业标准与现场需求,确定合理的支护强度参数。首先参考实测的动压力峰值,再根据顶板岩性选取对应的安全系数(硬岩顶板取1.3-1.5),同时预留5%左右的缓冲空间(应对突发压力波动),最终确定工作阻力数值。严格遵循《煤矿液压支架通用技术条件》要求,初撑力不得低于工作阻力的80%。在实际调定时,需略高于标准值(通常高1%-2%),确保快速压实顶板岩层,避免早期离层。如1201工作面工作阻力为7200kN,初撑力调定为5800kN。

2.3 匹配性动态评价

建立“量化指标+现场表征”双维度评价体系,实时监测匹配效果并动态调整。量化评价指标一是支护强度系数,即支架工作阻力与顶板动压力峰值的比值,合理范围为1.05-1.2。若比值小于1.05,说明支护强度不足,易出现顶板下沉量大、压架风险;若比值大于1.2,则属于支护强度过剩,造成设备资源浪费。二是顶板下沉量,根据顶板岩性控制在合理范围:硬岩顶板需控制在150mm以内,中硬岩顶板控制在180mm以内,软岩顶板控制在200mm以内,超过该范围即判定匹配性不佳。现场表征评价通过肉眼观察与日常巡检,判断工作面是否存在顶板裂隙扩展、支架倾斜或压架、煤壁片帮等现象。若未出现

上述问题,且工作面推进顺畅,则说明支护强度与顶板压力匹配良好。

3 匹配性优化中的关键问题与解决策略

3.1 常见问题

在综采工作面支护强度与顶板压力匹配实践中,易出现三类关键问题,影响匹配效果。受地质条件变化(如断层、裂隙发育)影响,现场实测压力与理论计算偏差超15%,导致支护强度计算依据不准确,例如某工作面因未发现隐藏断层,压力预测值比实际低20%,造成支架选型偏小。老顶来压具有突发性,若无法实时监测压力变化并调整支护参数,易出现“来压时强度不足、正常时强度过剩”的问题,部分工作面因人工调整滞后(需1-2小时),仍发生压架事故。部分煤矿为追求“绝对安全”,将安全系数取1.5以上,导致支架工作阻力远超实际需求,吨煤成本增加20%-30%,造成设备资源浪费。

3.2 解决策略

针对上述问题,在传统监测基础上,增加微震监测系统,实时捕捉顶板岩层破裂信号,提前预判老顶来压时间与压力峰值,使预测偏差控制在10%以内;同时,开采前详细勘察地质条件,标注断层、裂隙位置,针对性调整压力预测参数。在液压支架立柱上安装压力传感器,与地面监控中心实时联动,当压力超阈值(如设定为动压力峰值的90%)时自动报警,运维人员可通过远程控制系统在10分钟内完成支架压力调整,快速应对突发压力变化。根据工作面不同区域的压力分布差异(如中部压力高、两端压力低),差异化设定支架工作阻力。例如某工作面中部支架工作阻力设定为7200kN,两端设定为6800kN,在保证安全的前提下,使吨煤支护成本降低8%,避免资源浪费。

4 结论

综采工作面液压支架支护强度与顶板压力的匹配性需以“精准预测、科学计算、动态评价”为核心,支护强度系数控制在1.05-1.2时,可实现“安全保障与成本控制”的平衡,避免强度不足或过剩问题。后续需进一步提升压力预测的实时性与准确性,推广分级支护、远程动态调整等技术,推动综采工作面顶板控制向“智能化、精准化”转型,为煤矿安全高效开采提供更有力的技术支撑。

参考文献:

- [1] 崔会兵.煤矿综采工作面超前液压支架支护特性研究[J].晋控科学技术,2025,(04):1-4.
- [2] 张彦杰.综放工作面液压支架选型及应用[J].机械管理开发,2025,40(06):321-322+326.
- [3] 郝翰,胡华嵩,王肃猛.大采高综采工作面液压支架选型研究[J].山东煤炭科技,2024,42(12):1-4+9.