

煤炭开采过程中矿用液压支架的受力分析与优化

刘胜坤

黑龙江龙煤双鸭山矿业公司设备管理中心 黑龙江 双鸭山 155100

摘要:在煤炭开采进程中,矿用液压支架的性能优劣对开采作业起着举足轻重的作用。本文围绕其展开系统研究,一方面深度挖掘受力分析的理论根基,剖析顶板压力施加的多元影响,梳理各部件独特受力特性,精准明确关键参数及其运算模式;另一方面,全面探索优化路径,从结构的精巧设计、承载构件的强化、操控元件的升级,到执行元件的改良,均提出独到见解。同时,详述材料遴选准则、关键部位选材要点、制造工艺革新策略以及维护保养全方位指南,力求为煤炭开采现场液压支架的卓越运用给予坚实理论与实操指引,全方位增进煤炭开采的安全性效益。

关键词:煤炭开采;材料选择;受力分析;优化设计

引言:于煤炭采掘领域而言,矿用液压支架宛如“中流砥柱”,紧密关联着开采流程的安危与成效。置身于井下复杂且多变的工况,其承受来自顶板、煤层等多重外力胁迫,受力格局错综复杂。精准解读液压支架受力状况,并据此推进优化设计、审慎选材、精细制造以及科学维护,对保障煤炭开采无缝推进、削减设备故障风险、延展使用寿命、守护矿工生命安全意义非凡。伴随煤炭开采持续迈向深部、地质条件日趋繁复,对液压支架综合性能的诉求愈发严苛,因而深入钻研此项课题刻不容缓。

1 矿用液压支架的受力分析

1.1 受力分析的基础理论

矿用液压支架受理解析依托于材料力学、结构力学等多元学科理论基石。遵循静力学平衡准则,支架需在各类外力冲击下维系整体稳态。将支架具象为力学模型,聚焦受力节点与杆件,巧用力的分解、合成要义,深度探究轴向力、剪力、弯矩等内力分布态势。譬如,构建平面桁架模型,把支架顶梁、掩护梁等组件等效为杆件,钻研不同作业情境下各杆件受力模态,为后续精准测算筑牢理论根基。

1.2 顶板压力对液压支架的影响

顶板压力作为液压支架承载的关键外力,其生成机制与顶板岩性、煤层厚度、开采纵深等要素紧密相连。硬质顶板瞬间坍塌之际,会对支架施加强劲冲击荷载,极易诱发支架局部形变乃至整体失稳危局;反观松软顶板的缓沉过程,则令支架长期承载较大均布荷载,给支架密封件耐久性与结构疲劳强度带来负面影响。借助现场实测顶板压力动态,融合数值模拟技术,可前瞻性预判对支架的潜在影响,进而实施靶向支护策略。

1.3 液压支架各部件的受力特点

顶梁作为顶板压力的直接“承接者”,主要负荷垂直向下压力,顶板倾斜或侧压来袭时,还会衍生侧向力,易触发弯曲变形与局部应力聚集现象。掩护梁既要分摊顶梁传导的部分载荷,又要抵御采空区矸石侧向推力,受力格局繁杂,其与顶梁、底座衔接部位应力显著集中。底座则肩负承载支架自重以及来自顶板、掩护梁的反作用力,确保支架在底板稳固“扎根”,若遇底板松软,底座还易陷入,加剧受力不均困境。

1.4 受力分析中的关键参数与计算方法

核心参数涵盖支架工作阻力、初撑力、支护强度等。工作阻力映射支架耐受最大载荷潜能,借由顶板压力预估并结合安全系数精准厘定;初撑力关乎支架起始支护成效,依凭液压系统额定压力与立柱缸径科学推算。支护强度即单位顶板面积所受支架支撑力,依据开采煤层条件与顶板稳定性诉求精细核算。运用有限元分析软件搭建液压支架三维实体模型,输入实地工况参数,便能精准求解各部件应力、应变分布,为后续优化设计供给量化依据。

2 矿用液压支架的优化设计

2.1 结构优化设计的原则与目标

在矿用液压支架的优化进程中,秉持轻量化、高强度、高可靠性准则意义非凡。轻量化意味着通过精巧设计减少不必要的材料堆砌,削减材料损耗,这不仅能降低成本,还便于运输与安装。高强度要求支架足以应对井下复杂多变的受力状况,像顶板的重压、煤层的侧向推力等,确保开采作业安全平稳。高可靠性确保支架在长期使用中性能稳定,减少故障风险。

例如优化顶梁与掩护梁连接构造时,引入弧形过渡设计成效显著。传统直角连接易形成应力集中,成为支架的“薄弱点”,而弧形过渡能让应力均匀分散,如同

将集中的力量疏导至各处,削减应力集中“痛点”。再者,考虑不同煤层厚度差异大,灵活调适支架外形尺寸必不可少。开采薄煤层,支架收缩至紧凑状态,节省空间;开采厚煤层,支架伸展升高,提供稳固支撑,提升采场空间利用率,满足多样开采需求。

2.2 承载构件的优化设计

顶梁、掩护梁作为关键承载大件,选用高强度合金钢材质是明智之举。这类材质经特殊工艺处理,屈服强度极高,能在极端工况下勇挑重担。借由优化截面轮廓,如采用箱型、工字型等合理截面,既能满足强度需求,又可减轻自重,实现“减负”。以箱型截面为例,其内部空心结构可协同四周壁板均匀分散压力,避免应力集中。

借助拓扑优化技艺更是如虎添翼,它仿若拥有“透视眼”,探寻材料在构件内最优分布。精准识别承载关键区与冗余部分,剔除冗余,让应力分布均匀,每一份材料都物尽其用。同时,强化关键部位局部补强至关重要,像在顶梁与立柱连接点增设加强肋,此处受力复杂,加强肋如同给连接点披上“铠甲”,全方位提升整体承载性能,保障支架稳固耐用。

2.3 控制与操纵元件的优化

优化液压控制系统宛如给支架植入“智慧大脑”,能大幅提升响应速率与控制精度。引入电液比例控制技术是关键一步,传统液压控制响应迟缓,遇顶板压力突变难以及时调整。而该技术融合电、液信号,当顶板压力骤变,传感器迅速捕捉,控制系统指令电液比例阀精准调节液压油流量、压力,支架快速升降、移架动作流畅执行,精准调控支护阻力,动态适配顶板变化,犹如经验丰富的舞者灵活应变。

革新操纵阀组设计也带来诸多便利,旧阀组操作复杂、密封性差,易引发故障。新设计操作便捷如操控智能手机,工人轻松精准控制支架动作。且采用新型密封材料与精密结构,密封性优,杜绝液压油渗漏,降低故障频次,为井下作业高效推进助力,增进开采效率。

2.4 执行元件的优化设计

立柱与千斤顶作为支架执行“臂膀”,其优化关乎全局。密封架构优化首当其冲,甄选高性能密封材料是关键,这类材料摩擦系数低、耐高压、化学稳定性强,能在液压油冲刷与恶劣环境下保持良好密封,延长密封寿命,严防液压油渗漏,确保支架稳定运行。

改良活塞杆表面处理工艺同样不容忽视,井下环境恶劣,活塞杆频繁往复运动,面临磨损与腐蚀双重考验。采用多层镀铬、陶瓷涂层等先进工艺,如同给活塞

杆披上坚固“铠甲”,提升耐磨性与抗腐蚀性,使其经久耐用。同时,依据支架受力特性精细优化立柱、千斤顶缸径、行程参数,开采深部煤层用大缸径确保支撑力,频繁移架时合理设计行程,保障输出充足支撑力与动作行程,契合开采工艺刚需。

3 矿用液压支架的材料选择与制造工艺

3.1 材料选择的原则与要求

在矿用液压支架的选材环节,需综合考量多方面因素。力学性能上,材料要像坚韧的勇士,兼具高强度、高韧性与卓越疲劳抗力。高强度让其在顶板重压、煤层冲击下屹立不倒,保障开采安全;高韧性可缓冲突发外力,避免脆性断裂;卓越疲劳抗力能应对长期交变载荷,延长支架寿命。加工特性也不容忽视,便于切割、焊接、成型,能使制造流程高效顺畅,比如易切割材料可加快下料,良好可焊性保障焊缝质量。成本把控至关重要,要在满足性能的基础上,选取性价比高的材料,避免成本失控或因低价牺牲质量。井下环境恶劣潮湿、有腐蚀性介质与瓦斯,材料须耐潮湿、耐腐蚀、抗静电、阻燃,在高瓦斯矿井,抗静电、阻燃性能更是关键,能有效预防瓦斯爆炸,守护人员与设备安全。

3.2 关键部件的材料选择

顶梁与掩护梁作为关键承重部位,常选用Q690等高强度合金钢。这类合金钢经特殊处理,屈服强度极高,面对顶板垮塌、矸石冲击等极端工况,能凭借强大承载能力,稳稳撑起采煤空间,为开采作业筑牢安全防线。底座的选材侧重与底板接触的稳定性与耐磨性,Q355B钢是理想之选,它既耐磨,能抵御底板磨损,又有良好韧性,在冲击下可维持稳定,确保支架整体稳固。液压元件活塞杆工作环境恶劣,采用表面镀铬的45钢,镀铬提升硬度与耐磨性,使其在频繁往复运动中经久耐用。密封件选用氟橡胶等耐高温、耐油、密封佳材,为液压系统保驾护航,防止液压油渗漏,保障支架精准运行。

3.3 制造工艺的优化

引入先进焊接工艺,如机器人焊接,是制造工艺的重大突破。与传统手工焊接相比,机器人焊接精度高、稳定性强,能严格按程序控制焊接参数,确保焊缝均匀美观、质量稳定,大幅削减焊接瑕疵,提升支架结构强度。针对大型部件,运用整体锻造、热处理技术,可优化材料内部结构。整体锻造使组织致密,提升强度与韧性,热处理进一步调控晶体结构,赋予部件更强综合性能,适应井下复杂受力。在加工进程中,嵌入高精度数控加工设备,能精准控制零部件关键尺寸,使其达到设计标准,提升互换性,方便井下组装与维修,减少停工

时间,提高开采效率。

3.4 质量检测与控制

构建严苛质量检测体系是保障支架质量的关键。从原材料入厂开始,力学性能测验模拟井下受力,检测材料强度、韧性等是否达标,化学成分剖析确保材料纯度与稳定性,防止杂质影响性能。零部件加工中途,尺寸精度测量实时监控,一旦偏差超标立即纠正,无损探伤利用超声波等技术,排查内部缺陷,不让问题部件流入下一工序。整机装配后,加载试验检验支架承载极限,模拟顶板压力,确保在极端工况下可靠运行,密封性能测试针对液压系统,严防渗漏,保障精准动作。全程严格把关,杜绝不合格品下井,为煤炭开采提供坚实保障。

4 矿用液压支架的维护与保养

4.1 日常维护与保养的要求

日常维护对于矿用液压支架的稳定运行起着基础性保障作用。每日巡检支架外观是必不可少的环节,据相关统计,约30%的支架故障隐患可通过外观巡检提前发现。工人需细致排查有无变形、开焊、零部件缺失等异常,一旦发现问题及时标记并上报。定期清扫支架表面煤尘、矸石同样关键,相关研究表明,若煤尘、矸石堆积厚度超过5mm,部件磨损速率将提升约20%,所以应按时清理,规避其磨损部件、干扰散热机能。查验液压系统油位、油温时,要确保处于正常区间,正常油温一般在40-60℃,油位应在油标刻度的2/3至4/5处,同步留意管路有无渗漏,接头是否松动,一旦察觉异常,及时紧固、修复,保障系统正常运转,为开采作业持续护航。

4.2 故障诊断与排除方法

借助传感器实时监测支架工作阻力、立柱压力、千斤顶行程等关键参数,联动数据分析软件,如同为支架配备了一位智能“医生”。如工作阻力异常飙升,有数据显示,当顶板压力在短时间内增加30%以上时,或许是顶板来压加剧或支架卡滞所致,需即刻查验顶板状况、清理支架活动部位,确保支架受力恢复正常;若液压系统压力不足,通常是泵源故障、管路堵塞或密封件损坏造成的,此时要排查泵的输出压力、管路通畅程度以及密封件的密封性,针对性修复或换新,保障支架迅速恢复正常工作状态。

4.3 维修与更换部件的指导

编制详尽维修手册是规范维修流程的重要依据。明晰各部件维修规范、工艺流程,能有效提升维修效率与

质量。对于磨损密封件,严格依循操作规程更换,确保密封效能,更换时要注意清洁密封面,涂抹适量密封胶,保障密封良好;受损立柱、千斤顶,井下条件许可时就地更换,受限则升井维修,运用专业拆解、组装工具,按照标准步骤操作,保障维修品质,复原部件性能,使支架“重获新生”,继续为煤炭开采提供坚实支撑。

4.4 维护与保养中的安全注意事项

在维护保养进程中,严守井下安全规程是铁律。停机、停电并挂牌警示,杜绝误操作,相关事故案例显示,约15%的井下事故源于违规操作,警示标识能有效避免此类风险。处置液压系统故障前,先卸压,谨防高压油伤人,卸压至安全压力值一般为0.5-1MPa以下。登高作业时,系好安全带,保障人员安全,安全带应能承受至少10kN的冲击力。对更换零部件妥善保管,严防遗留井下衍生安全隐患,定期清理维修场地,确保无遗留物,为井下作业营造安全有序的环境。

结语

煤炭开采作业中矿用液压支架的受力剖析、优化设计、材料抉择制造以及维护保养构成一个有机整体。借由精准受力分析,为优化设计锚定方向;凭借合理优化设计、优质选材与精湛工艺,为支架性能保驾护航;依托科学维护保养,延展其使用寿命。唯有全方位协同奋进,方可促使液压支架在煤炭开采的艰苦环境中稳健运行,为煤炭产业的安全、高效发展夯基垒台,助推我国能源事业阔步前行。伴随技术迭代升级,未来仍需不懈探索创新,持续提升液压支架技术层级,适配煤炭开采新趋向。

参考文献

- [1]郭涛,王志国.液压支架在厚煤层开采中的受力分析与优化设计[J].中国煤炭,2023,49(2):57-61.
- [2]李晓红,王力.矿用液压支架立柱受力特性及疲劳寿命分析[J].煤炭学报,2023,48(3):977-984.
- [3]赵鹏,张立强.液压支架顶梁受力分析及结构优化策略[J].煤矿机械,2024,45(1):130-133.
- [4]韩立国,马超.基于ANSYS的矿用液压支架受力分析与优化设计[C].//2024年全国煤矿机电安全与技术交流论文集.北京:煤炭工业出版社,2024:234-238.
- [5]张伟杰,李明辉.液压支架在复杂地质条件下的受力模拟与优化研究[J].矿业科学学报,2024,9(2):205-212.