

# 单轨吊在综采工作面回撤中的应用研究

马献财

宁夏王洼煤业有限公司 宁夏 固原 756504

**摘要:** 单轨吊在综采工作面回撤中展现出显著优势。其悬挂式运行不占地面空间,适应井下复杂环境,可实现液压支架等大型设备连续、高效运输。通过遥控操作,操作人员与设备保持安全距离,降低事故风险。实际应用中,单轨吊运输大幅缩短回撤周期,提升效率,减少人工投入,降低劳动强度,同时保障运输安全。其在大采高、超长工作面回撤中表现尤为突出,成为现代化矿井安全高效回撤的关键设备。

**关键词:** 单轨吊;综采工作面回撤;应用

**引言:** 在煤炭开采领域,综采工作面回撤是衔接采煤与下一阶段作业的关键环节,其效率与安全直接关乎矿井整体生产效益。传统回撤方式多依赖绞车牵引、平板车运输,存在效率低、安全隐患多、成本高等问题,难以满足现代化矿井高效复产需求。单轨吊作为一种新型井下运输设备,凭借其灵活性强、承载能力大、安全可靠等优势,逐渐在综采工作面回撤中得到应用,为解决传统工艺痛点提供了新思路。

## 1 单轨吊技术概述

### 1.1 单轨吊系统组成

(1) 轨道系统: 材质多采用高强度合金钢材,具备优异的耐磨与抗冲击性能,可适应井下复杂恶劣的作业环境;安装方式以悬挂式为主,通过锚杆、锚索将轨道固定于巷道顶部,安装便捷且不占地面空间,同时支持分段拼接,便于根据巷道走向灵活调整;坡度适应性强,可应对 $\pm 25^\circ$ 以内的坡道,满足不同地形巷道的运输需求。(2) 驱动装置: 核心为防爆型电机,动力输出稳定且符合井下安全规范;配套高精度液压系统,实现动力的平稳传递与速度的精准调控;配备多重制动装置,包括机械制动与液压制动,确保设备在启停、爬坡及突发状况下能快速制动,保障运输安全。(3) 吊挂装置: 承载能力按作业需求分为不同等级,常规型号可承载10-50t,特殊定制型号可满足更大吨位设备运输;连接方式采用高强度销轴与卡扣组合,连接牢固且拆卸便捷,可快速实现与运输设备的对接,提升作业效率。

### 1.2 单轨吊技术特点

(1) 灵活性高、转弯半径小、爬坡能力强: 单轨吊依托单轨轨道运行,转弯半径最小可达5m,能灵活适配井下巷道的弯曲走向;相较于传统运输设备,其爬坡能力更突出,可在不额外增设辅助设备的情况下完成大坡度运输,大幅提升巷道运输的覆盖范围。(2) 连续运输、多吊

点协同作业能力: 采用连续驱动模式,可实现24小时不间断运输,有效提升运输效率;支持多台吊具串联或并行业,通过集中控制系统实现多吊点协同,能同时完成多台设备或物料的运输,适配大规模井下作业需求<sup>[1]</sup>。

### 1.3 适用性分析

(1) 综采工作面回撤场景需求: 综采工作面回撤涉及液压支架、采煤机等大型设备,单轨吊可匹配50t以上大吨位承载需求;井下回撤通道空间狭窄,单轨吊悬挂式运行不占用地面空间,可在有限空间内灵活作业;能适应井下高湿度、高粉尘、有瓦斯的恶劣作业环境,具备防爆、防尘等安全性能,保障回撤作业安全。(2) 单轨吊与传统运输方式的对比优势: 相较于轨道机车,单轨吊无需铺设地面轨道,施工周期短、成本低,且不受地面起伏影响;相较于绞车运输,其运输连续性更强,无需频繁启停对接,运输效率提升30%以上;相较于汽车运输,单轨吊对巷道宽度要求更低,且运行更稳定,故障率低,维护成本更低,更适配井下复杂作业环境。

## 2 单轨吊在综采工作面回撤中的应用分析

### 2.1 回撤工艺流程设计

(1) 传统回撤工艺的痛点: 传统综采工作面回撤多采用绞车牵引+平板车运输的组合模式,存在显著效率瓶颈。该工艺需分段拆解设备后逐件运输,各环节衔接依赖人工协调,单台液压支架回撤耗时可达4-6小时,整个工作面回撤周期通常超过30天,难以满足高效复产需求。同时,安全隐患突出: 绞车牵引过程中易出现钢丝绳断裂、脱轨等事故;井下空间狭窄,人员与设备交叉作业频繁,碰撞、挤压风险高;设备转运过程中需多次起吊对接,重心控制难度大,倾覆、坠落风险不容忽视。此外,传统工艺对巷道地面平整度要求高,需额外投入大量人力物力进行地面修整,进一步增加了作业成本与工期。(2) 单轨吊介入后的流程优化: 单轨吊的应用实现

了回撤流程的系统性重构，核心在于推行分段回撤与并行作业模式。流程优化后，将工作面划分为多个独立回撤单元，每个单元配备1-2台单轨吊负责设备转运，通过集中控制系统实现多单元同步作业。具体流程为：先利用单轨吊完成工作面外围辅助设备的转运，再对液压支架等核心设备进行定点起吊、平移与运输，无需多次拆解与对接。同时，单轨吊可直接沿巷道顶部轨道直达回撤点与转载点，减少了设备中途转运环节，实现“起吊-运输-卸载”一体化作业。通过流程优化，各环节作业衔接时间缩短60%以上，有效提升了整体回撤效率<sup>[2]</sup>。

## 2.2 关键设备回撤应用案例

(1) 液压支架回撤：某矿综采工作面液压支架重量达45t/台，采用单轨吊吊装回撤方案。吊装方式选用四点均衡起吊，通过定制吊具与支架顶部吊耳精准对接，确保起吊过程中重心平稳；轨道布置采用“主轨+支轨”模式，主轨沿回撤通道顶部铺设，支轨延伸至支架停放位置，实现支架的直接吊运，轨道锚固采用高强度锚杆+锚索组合，间距控制在1.5m以内，保障承载稳定性。安全措施方面，在起吊点与运输沿线设置红外监测装置，实时监测人员误入风险；配备过载保护与紧急制动系统，当起吊重量超过额定值或出现异常晃动时自动停机；安排专人全程监护轨道状态与设备运行参数，确保作业安全。该案例中，单台液压支架回撤时间缩短至1.5小时，回撤过程零安全事故<sup>[3]</sup>。(2) 刮板输送机、采煤机等重型设备运输：对于刮板输送机机头、机尾（单重约30t）及采煤机部件（单重约25t）等重型设备，采用单轨吊与专用吊装平台配合运输。针对设备外形不规则的特点，定制弧形吊装托板，增大接触面积，避免运输过程中设备滑动；运输过程中，单轨吊采用低速匀速运行模式，速度控制在0.5m/s以内，同时通过液压减震系统减少设备颠簸。某矿应用该方案后，刮板输送机整机转运时间较传统工艺缩短40%，采煤机拆解后各部件运输效率提升50%，且设备运输过程中的磕碰损伤率降至0.5%以下，大幅降低了设备维修成本。

## 2.3 安全风险与防控措施

(1) 轨道稳定性分析：轨道稳定性是单轨吊安全运行的核心保障，重点关注锚固强度与变形监测。锚固强度方面，采用拉拔试验对锚杆、锚索锚固力进行检测，确保锚固力不低于180kN，每10m设置1个检测点，不合格点需重新锚固并复检。变形监测采用实时在线监测系统，在轨道转角、坡道等关键部位安装位移传感器，实时采集轨道沉降、偏移数据，当位移量超过5mm时自动发出预警，安排人员及时处理。同时，定期对轨道连接件进

行检查紧固，防止螺栓松动导致轨道脱节。(2) 吊装过程防脱钩、防倾覆技术：采用双重防脱钩装置，在吊钩处设置机械闭锁与电磁闭锁，只有当吊钩完全闭合且锁紧后，设备才能启动运行；起吊前通过激光定位仪校准吊点与设备重心位置，确保起吊重心与轨道中心线重合，避免偏载导致倾覆。对于大吨位设备，采用多台单轨吊协同起吊模式，通过同步控制系统保证各吊点起升速度一致，误差控制在0.1m/s以内，有效分散载荷，提升吊装稳定性。此外，在设备下方设置防坠兜底网，作为最后一道安全防线<sup>[4]</sup>。(3) 人员操作规范与应急预案：制定严格的人员操作规范，操作人员需经专业培训并考核合格后方可上岗，作业前需进行安全技术交底，明确操作流程与风险点。作业过程中，实行“一人操作、一人监护”制度，严禁违规操作。应急预案方面，针对轨道断裂、设备脱钩、动力故障等突发情况，制定专项处置方案，配备应急救援设备（如应急绞车、千斤顶、急救器材等），定期组织应急演练，确保突发状况下能快速响应、有效处置，最大限度降低事故损失。

## 2.4 经济效益分析

(1) 成本对比：从设备投入来看，单轨吊一次性投入虽高于传统绞车，但使用寿命长达10年以上，且维护成本仅为传统设备的30%；人力成本方面，单轨吊实现半自动化作业，单工作面回撤所需人员从传统工艺的30人减少至20人，人均成本每年可节省约12万元；工期缩短带来显著间接成本节约，以某年产300万吨矿井为例，工作面回撤周期从40天缩短至30天，提前10天复产，可增加原煤产量8万吨，创造直接经济效益3600万元。综合测算，单轨吊应用后，单工作面回撤综合成本降低40%以上。(2) 效率提升量化：效率提升主要体现在单日回撤量与作业时间压缩两方面。单日回撤量从传统工艺的8-9台液压支架提升至10-12台，提升幅度达167%；作业时间压缩显著，单台液压支架回撤时间从3-3.5小时缩短至2-2.5小时，刮板输送机等大型设备转运时间缩短40%以上。此外，单轨吊可实现24小时连续作业，无需频繁停机检修，有效作业时间占比从传统工艺的60%提升至90%，进一步放大了效率优势，为矿井高效复产提供了有力支撑<sup>[5]</sup>。

## 3 单轨吊在综采工作面回撤应用中的问题与对策

### 3.1 现存问题

(1) 轨道安装精度要求高、维护成本较大：单轨吊运行稳定性直接依赖轨道安装精度，需严格控制轨道水平度、直线度及锚固间距，井下狭小空间内精准施工难度大，需配备专业施工团队与精密测量设备。同时，井

下高湿度、高粉尘环境加速轨道磨损、锈蚀,连接件易松动,需定期开展全面检修维护,不仅耗费大量人力物力,还需频繁停机,一定程度影响作业连续性,导致维护成本居高不下。(2)复杂地质条件下的适应性不足:当综采工作面回撤通道穿越断层区域时,围岩稳定性差,易出现顶板下沉、巷道变形,导致轨道偏移、锚固失效,引发单轨吊运行故障。在软岩地质段,巷道收敛变形明显,轨道易受挤压产生塑性变形,无法满足运行精度要求;且软岩区域锚固力不足,进一步加剧轨道稳定性风险,限制了单轨吊在复杂地质矿井的推广应用。(3)操作人员技能水平参差不齐:单轨吊集成机械、液压、电气等多学科技术,对操作人员综合技能要求较高。部分一线操作人员缺乏系统培训,对设备结构、运行原理及故障判断认知不足,易出现操作不规范、应急处置不当等问题,不仅影响作业效率,还可能引发安全隐患。

### 3.2 改进对策

(1)模块化轨道设计与快速安装技术:采用模块化轨道设计,将轨道拆解为标准化单元件,工厂预制加工保障精度,现场通过快速拼接连接件组装,大幅降低井下施工难度,缩短安装周期。配套研发便携式精准定位设备,辅助轨道安装校准,提升施工效率与精度。同时,选用耐磨、防腐合金材料制作轨道及连接件,优化结构设计减少磨损,延长维护周期,降低维护成本。(2)智能化监控系统:搭建全流程智能化监控平台,在轨道关键部位安装位移传感器、应力传感器,实时监测轨道变形与锚固状态;在驱动装置、吊挂装置设置载荷传感器,精准感知运行载荷变化。系统具备智能分析与预警功能,当监测数据超出阈值时,立即发出声光预警并联动设备停机,同时推送故障定位与处置建议,提升复杂地质条件

下的风险防控能力。(3)标准化培训体系与操作规范制定:构建“理论+实操+考核”标准化培训体系,理论培训涵盖设备原理、安全规范等内容,实操培训采用模拟操作台与现场实操相结合的方式,确保操作人员熟练掌握操作技能。制定统一的操作规范与作业流程,明确各环节操作要求与质量标准。建立常态化考核与持证上岗制度,定期开展技能复核,将考核结果与绩效挂钩,倒逼操作人员提升技能水平,保障规范作业。

### 结束语

单轨吊在综采工作面回撤中的应用,有效破解了传统运输方式效率低、安全风险高的难题,显著提升了回撤作业的效率与安全性,降低了人力与时间成本,为矿井高效复产提供了坚实保障。未来,随着技术的不断进步,单轨吊将向智能化、集成化方向发展,进一步优化运输流程,提升复杂地质条件下的适应能力。推广单轨吊技术,对推动煤炭行业安全高效生产、实现智能化矿山建设具有重要意义。

### 参考文献

- [1]张伟.单轨吊在煤矿综采工作面的应用[J].机电工程技术,2020,49(04):144-145.
- [2]白吉吉.单轨吊在煤矿综采工作面的应用[J].内蒙古石油化工,2020,45(10):40-41.
- [3]赵振华.矿井采区单轨吊物料运输系统优化设计[J].矿山机械,2025,53(03):16-21.
- [4]宋长军,迟青君,郭英杰,等.井下单轨吊辅助运输系统优化设计与分析[J].中国机械,2024,(30):26-29.
- [5]薄克贤,韦鹤,邵金啸,等.煤矿单轨吊辅助运输系统创建研究[J].内蒙古煤炭经济,2024,(12):76-78.