

基建期井下临时供电与运输设备一体化优化布置及降本增效分析

薛永欢¹ 陈鹏飞²

1. 焦作煤业（集团）有限责任公司 河南 焦作 454100

2. 焦作煤业集团赵固（新乡）能源有限责任公司 河南 新乡 453634

摘要：煤矿井下基建施工存在作业点位分散、巷道动态延伸、机电设备频繁拆装迁移等典型工况特征，传统临时供电、运输系统采用独立规划、分开布置的模式，存在巷道空间利用率低、机电设备重复配置、迁移施工量大、运维成本偏高、工序协同性差等工程痛点。为解决基建期施工效率低、能耗损耗大、建设成本居高不下的问题，本文以两大系统耦合协同运行为核心切入点，系统剖析基建期井下临时供电与运输系统的运行特征、工况短板及内在耦合关联，确立一体化布置核心原则与整体架构，建立空间、负荷、运力三维参数计算模型，完成机电设备统筹选型与新旧方案对比论证。通过整合巷道空间优化、设备动态迁移、系统协同调度、全方位安全管控等关键技术，形成一套适配煤矿基建工况的一体化布置实施体系。

关键词：矿井基建期；井下临时供电；运输设备；一体化布置；降本增效

引言：矿井井下基建工程是煤矿投产前的核心基础工程，涵盖巷道掘进、围岩支护、轨道铺设、管路敷设、机电设备安装等多工序交叉作业。井下临时供电系统与运输系统作为基建施工的核心保障系统，其布置合理性、运行稳定性、施工协同性直接决定矿井基建工期、施工安全与建设投资成本。

当前国内多数煤矿基建工程仍沿用供电、运输系统独立设计、分开布置的传统模式，系统规划缺乏统筹衔接，巷道空间资源浪费严重，机电设备复用率偏低。受巷道动态延伸影响，设备、线缆频繁拆装迁移，极易引发工序脱节、工期延误、设备损耗加剧等问题。随着煤矿行业精细化施工、智能化建设、低成本运营管理要求持续提升，单一系统的局部优化已无法适配高效基建施工需求。

为此，本文依托矿井基建现场实际工况，通过系统耦合设计、设备集约选型、空间协同布局、动态联动运维的优化思路，打破两大系统独立运行壁垒，构建井下临时供电与运输设备一体化布置体系，有效破解传统施工模式的技术短板与经济短板，实现基建工程安全、效率、成本的协同最优。

1 基建期井下供电与运输系统特征分析

1.1 基建期井下供电系统特征

矿井基建期临时供电系统具备动态性、临时性、波动性三大典型特征。基建巷道持续向前延伸，掘进工作面不断推移，供电负荷点位动态变化，供电线缆需持续延伸、

改线、调整，供电系统无固定布局形态。施工设备方面，掘进机、提升绞车、局部通风机、支护设备等启停频繁，负荷瞬时冲击大，供电负荷整体波动幅度显著。

在传统独立布置模式下，临时供电多采用分段分散配置方式，变压器、馈电开关等设备重复布设，供电线缆杂乱敷设，不仅大量占用有限巷道空间，还易出现线缆挤压、漏电、过载、保护失效等安全隐患。同时分散式供电布局增加了日常巡检、故障排查、设备整改的工作量，严重制约井下基建施工的安全性与连续性。

1.2 基建期井下临时运输系统特征

基建期井下运输系统以矸石外运、物料输送、设备转运为核心功能，呈现阶段性、流动性、不确定性的运行特点。运输轨道、输送设备随掘进工作面推进持续延伸调整，设备移位、拆装频次高，物料与矸石运输量随施工工序波动较大，设备空载运行时间长、整体运行效率偏低。

基建巷道断面狭窄、交叉作业密集，运输设备、轨道设施与供电线缆、机电设备空间交叉重叠问题突出。传统运输系统独立规划设计未结合供电布局统筹考量，极易出现轨道挤占供电安全空间、设备布置相互冲突、管线与运输设备刚蹭碰撞等问题，直接导致运输工序衔接不畅、施工效率低下、工程整体经济性较差^[1]。

1.3 两者的耦合关系识别

井下临时供电系统与运输系统并非独立运行体系，二者在空间布局、设备运行、施工时序、运维管理四个

维度存在高度耦合关联,是实现一体化优化的核心理论基础。空间层面,两大系统设备、管线、设施均布置于有限巷道空间内,线缆敷设路径、设备安放位置与运输通道、轨道布局相互制约,空间规划的合理性直接决定巷道利用率与施工安全性。运行层面,所有井下运输绞车、皮带输送设备、轨道运输装置均依赖临时供电系统提供动力支撑,供电电压稳定性、保护可靠性、供电连续性直接决定运输系统的运行效率与安全状态。时序层面,供电线缆延伸、设备迁移改造需与巷道掘进、运输轨道拓展进度同步匹配,施工时序错位会造成工序等待、重复施工、工期延误等问题。运维层面,两大系统均需随工作面推进动态调整,独立运维模式下重复拆装、重复巡检、重复整改工作量大,人工与时间成本浪费严重。综上,精准识别两大系统的耦合关联,是破除独立布置弊端、实现一体化统筹优化、达成降本增效目标的核心前提。

2 一体化优化布置总体方案设计

2.1 一体化布置的基本原则

结合煤矿安全规程标准与基建施工动态工况,确立安全优先、统筹协同、动态适配、复用增效、经济合理的一体化布置五大核心原则。首先坚持安全第一原则,严格遵循煤矿安全生产相关规程,严控供电设施与运输设备安全间距,规避电气漏电、机械碰撞、管线刚蹭等交叉安全风险,保障系统本质安全。其次遵循统筹协同原则,打破供电、运输系统独立规划壁垒,统一统筹巷道空间资源、设备资源、施工资源,实现两大系统布局互补、功能适配、运行协同。坚持动态适配原则,结合巷道掘进节奏与工作面迁移规律,设计可延伸、可拆装、可调整的柔性布置方案,适配基建期动态施工、阶段性调整的工况需求。|

2.2 一体化布置的总体架构

结合基建期井下施工特点与系统耦合关系,构建“空间统筹、设备集约、线路规整、动态联动、协同运维”的一体化总体布置架构。空间层面,统一划分巷道功能分区,合理规划运输通道、供电设备安放区域、线缆敷设路径,实现空间分区不冲突、功能互补不干扰。设备层面,整合供电变压器、开关、馈电装置与运输绞车、轨道、移动输送设备,集中集约布置,减少分散设备占用空间。线路层面,规范电缆桥架、吊挂高度与走向,与运输轨道保持安全间距,规避机械刚蹭、挤压损伤^[2]。运行层面,建立供电与运输动态联动机制,随巷道延伸同步完成线路拓展与设备移位。运维层面,实行一体化巡检、统一整改、同步迁移的管理模式,形成布局规整、运行稳定、迁移便

捷、运维高效的一体化布置体系。

2.3 关键设计参数与计算模型

一体化布置设计以巷道空间参数、供电负荷参数、运输能力参数为核心,建立标准化计算模型。空间参数模型结合巷道净高、净宽,精准核算运输设备通行安全间距、电缆吊挂最小安全高度、机电设备安放安全距离,确定最优空间布局参数,实现巷道空间最大化利用。供电负荷计算模型根据掘进、运输、支护设备总负荷,结合同时间工作系数、线路损耗系数,精准核算变压器容量、电缆截面、开关额定参数,规避设备容量冗余过剩或容量不足的问题。运输能力计算模型依据日均矸石外运量、物料运输量、施工工期要求,匹配运输设备运行速度、输送能力、作业班次,保障运力与施工进度精准匹配。同时建立动态损耗计算模型,量化对比传统独立布置与一体化布置模式下的设备投入量、拆装迁移工时、电力能耗、设备损耗差值,实现降本增效效果的数据化、可视化。

3 一体化设备选型与配套优化

3.1 供电设备优化选型

针对基建期负荷动态波动、设备频繁迁移的工况特点,摒弃传统分段分散、小容量零散的设备配置模式,采用模块化、集成化、移动式成套供电设备,实现集中供电、分区馈电、按需配能。

变压器优先选用移动式干式变压器,具备体积小、迁移便捷、抗震性强、适配井下潮湿复杂工况的优势,可满足频繁拆装周转需求。馈电开关、综合保护装置选用智能一体化设备,集成漏电、过载、短路、风电闭锁、失压保护等多重功能,大幅提升临时供电系统安全防护能力。供电线缆选用高强度耐磨、抗拉、阻燃专用移动电缆,适配巷道延伸与设备移位带来的拉扯、弯折工况。同时基于负荷计算结果精准匹配设备容量,杜绝“大马拉小车”的能耗浪费,预留合理负荷冗余,满足后续施工设备增容需求,实现供电设备安全适配、节能高效、可周转复用。

3.2 运输设备优化选型

结合基建巷道断面狭小、施工动态变化的特点,优化临时运输设备选型,摒弃大型固定式运输设备,全面适配一体化空间布置要求。短距离掘进工作面优先采用可调速轻型运输绞车、移动式皮带输送机、模块化拼接轨道组件,设备结构紧凑、拆装便捷、迁移速度快,可随工作面快速调整。根据巷道断面尺寸、运输距离、物料荷载精准匹配设备规格,保证运输能力与施工进度高度适配。优先选用标准化、通用化运输设备,降低设备

故障率,提升设备通用性与周转性,减少与供电设施的空间交叉干扰,契合一体化协同布置要求^[3]。

3.3 共用与复用设备

设备资源共用复用是一体化布置降本增效的核心抓手,通过整合两大系统通用资源,彻底解决设备重复投入问题。空间设施方面,统一利用巷道吊挂支架、固定基座,实现电缆吊挂支架与小型运输设备固定支架通用,减少支架重复搭设与拆除工程量。电源设备方面,取消各施工设备独立配电模式,采用集中供电体系,掘进、支护、运输、通风设备共用一套供电系统,大幅减少变压器、开关、线缆的冗余配置。辅助设备方面,巡检工具、接地装置、保护设施实现系统共用,避免设备重复采购、闲置浪费。同时建立设备全周期复用管理制度,对临时供电、运输设备统一编号、规范管控、完工回收、检修复用,大幅降低新设备采购成本与施工耗材损耗。

3.4 新旧布置方案多维对比

通过传统独立布置方案与一体化优化布置方案开展多维度对比分析,明确优化方案优势。设备配置层面,传统模式设备分散布设、冗余量大、投入成本高;一体化模式集约配置、资源共用、设备投入大幅减少。空间利用层面,传统模式线缆杂乱、设备零散、巷道空间挤占严重;一体化模式分区规整、布局有序、空间利用率显著提升。施工工期层面,传统模式拆装迁移工序独立、交叉干扰大、辅助工期长;一体化模式同步迁移、协同施工,大幅压缩无效辅助工时。运维成本层面,传统模式巡检范围广、故障点位多、能耗与设备损耗高;一体化模式运维集中、故障可控、能耗损耗显著降低。综合对比可知,一体化优化布置方案相较于传统模式具备全方位优势,降本增效、提质保安全效果显著。

4 一体化布置关键技术与实施要点

4.1 巷道断面空间优化布置技术

巷道空间优化是一体化布置的基础核心技术。结合巷道净断面尺寸实施功能分区精细化布局,巷道上部空间统一规划为电缆吊挂、小型供电设备布置区域;巷道下部两侧布设固定机电设备与检修通道;巷道中部预留标准化专用运输通道,实现各区域功能清晰、互不干涉。通过精准测算安全间距参数,严格规范电缆吊挂高度、水平间距,确保与运输轨道、移动运输设备保持安全距离,从根源杜绝机械剐蹭、挤压、损伤线缆的安全

隐患。将固定式供电设备布置于围岩稳定、无运输干扰的巷道侧边区域,移动设备随工作面动态调整,彻底解决传统布置杂乱无序、空间浪费、交叉干扰等突出问题,保障两大系统安全稳定同步运行^[4]。

4.2 供电系统动态迁移技术

针对基建巷道持续延伸的动态工况,采用模块化装配式供电施工技术,将供电设备、线缆线路设计为可快速拆装、伸缩调整的模块化结构,替代传统固定式敷设方式。结合巷道日掘进进度,提前制定供电线路延伸、设备移位专项方案,实现供电系统改造与巷道掘进同步规划、同步施工、同步成型。采用滑动吊挂、可伸缩电缆适配工艺,有效缓解巷道延伸过程中电缆拉扯、应力集中、线路破损等问题。建立迁移验收与动态巡检机制,设备移位、线路延伸完成后,及时开展绝缘检测、负荷测试、安全验收,保障供电系统迁移后运行稳定可靠,解决传统供电改线滞后、迁移繁琐、故障多发的工程难题。

结束语

传统矿井基建期井下临时供电、运输系统采用独立布置模式,普遍存在巷道空间利用率低、设备冗余投入量大、系统协同性差、运维成本高、施工效率偏低等突出问题,无法满足现代化矿井精细化、高效化、低成本的基建施工要求。本文系统剖析井下临时供电与运输两大系统的运行特点及耦合关联特性,搭建供电与运输设备一体化优化布置体系,明确一体化布置核心原则与整体架构,建立标准化参数计算模型,开展设备集约选型、资源复用优化及新旧布置方案对比分析,提炼形成空间优化布局、设备动态迁移、系统协同调度、全过程安全管控的成套关键技术。

参考文献

- [1]刘全,哈斯.智能供电装置在煤矿井下临时用电适应性评价[J].内蒙古煤炭经济,2026(2):23-25.
- [2]欧阳敏,杜三思,李文俊,等.基于广域电流暂态分量的井下供电系统接地故障区段定位方法[J].工矿自动化,2022,48(3):47-54.
- [3]张健,张丽峰,刘晋锋.基于红外图像的井下电缆故障检测装置在煤矿井下供电系统中的应用标准[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(17):118-120.
- [4]李志乾.煤矿井下低压供电系统漏电保护研究[J].能源与节能,2025(2):33-35,39.