

煤矿综采工作面机电设备布局优化方案研究

张国堂

国能神东煤炭集团

DOI:10.12238/gmsm.v8i4.2222

[摘要] 煤矿综采工作面的生产效率与安全水平,在很大程度上取决于其工作面机电设备布局的科学性与合理性。随着煤炭开采向智能、高效方向迈进,对高强度、快节奏、少人化以及无人化的生产需求更加强烈。本文旨在系统探讨综采工作面机电设备布局的优化方案。研究强调,综采工作面机电设备布局优化的本质在于通过对设备操作流程、电液系统设计综合考虑,确定空间规划,最大限度减少设备间的空间交叉干扰,提高设备有效利用率和可操作性,进而降低劳动强度、优化操作流程、提高系统可靠性和工作效率,提升工作面的系统运行效能与安全保障能力,为现代化高产高效矿井的建设提供关键的技术支撑。

[关键词] 综采工作面; 机电设备; 布局优化; 协同运行; 安全保障

中图分类号: TV734 文献标识码: A

Research on the Optimization Scheme of Electromechanical Equipment Layout in Fully-Mechanized Coal Mining Face

Guotang Zhang

Shenhua Shendong Coal Group Co., Ltd.

[Abstract] The production efficiency and safety level of a fully-mechanized coal mining face largely depend on the scientific and rational layout of its electromechanical equipment. As coal mining advances towards intelligent and efficient directions, the demand for high-intensity, fast-paced, minimally manned, and unmanned production becomes increasingly prominent. This paper aims to systematically explore optimization schemes for the layout of electromechanical equipment in fully-mechanized mining faces. The research emphasizes that the essence of optimizing the layout lies in comprehensively considering equipment operation processes and electro-hydraulic system design to determine spatial planning. This approach minimizes spatial interference between equipment, enhances equipment utilization efficiency and operability, thereby reducing labor intensity, optimizing operational processes, improving system reliability and work efficiency, and ultimately boosting the systemic operational effectiveness and safety assurance capability of the mining face. This provides crucial technical support for the construction of modern, high-production, and high-efficiency mines.

[Key words] Fully-mechanized mining face; Electromechanical equipment; Layout optimization; Collaborative operation; Safety assurance

引言

煤矿综采工作面是矿井生产的核心环节,其机电设备的科学布局对安全高效生产具有重要意义。该生产系统以采煤机、液压支架和刮板输送机为核心,以转载机、破碎机、泵站、移动变电站等配套设备为辅助,在巷道有限空间内构成了一个复杂且紧密关联的设备运行链。然而,当前部分矿井的设备布局仍存在诸多不足:设备间距设置不合理易引发移动干涉和增加维护难度,管线敷设杂乱影响安全通行和造成故障频发,供电供液能力不足形成系统瓶颈。这些问题的根源在于对设备动态运行关系系统性认识不足,缺乏系统工程视角的优化设计。因此,开展机

电设备布局优化研究具有重要工程价值。

1 综采工作面机电设备系统构成

煤矿综采工作面是一个集机械、电气、液压、控制于一体的复杂运行系统。其高效运行依赖于工作面机电设备的精准布局与协同作业。要对其进行布局优化,首先必须清晰认识其系统构成及各组成部分对布局的具体要求。

1.1 核心生产设备及其布局关联性

核心生产设备主要指采煤机、液压支架和刮板输送机。

(1) 采煤机。作为工作面的“切削刀具”,它骑跨在刮板输送机上往复运行,完成破煤和装煤作业。其布局核心在于与刮板

输送机的匹配关系,包括导向滑靴与齿轨的配合间隙、摇臂与支架顶梁的防干涉距离、摇臂与过渡槽的防干涉距离、截割滚筒与两端头的卧底量选择,以及拖拽装置的尺寸与刮板输送机的空间限制等。优化布局必须确保采煤机在全程运行中无卡阻碰撞,同时保证采煤机在两端头卧底量满足过渡和割通要求,且其拖拽装置能顺畅收放,避免挤压、刮卡干涉。(2)液压支架。承担支护顶板、推移刮板输送机和提供安全作业空间的重任。其布局呈现为沿工作面全长的密集排列。布局优化需考虑推移行程与采煤机截深的一致性,确保循环进度准确;顶梁与顶板、底座与底板的接触状态,影响着支护效果;相邻支架侧护板的配合,影响着作业空间区域的安全性,侧护板和底调装置的配合,影响着支架架型和支护效果,其与刮板输送机的连接关系,都需在布局中精确规划,对于放顶煤工作面,其与后部运输机的连接关系直接影响着后部运输机的前移、支架的前移以及放煤效果。端头支架和过渡支架的布置,因其空间结构复杂,更需要精确设计保证三角区的有效支护。(3)刮板输送机。承担煤炭运输和作为采煤机运行轨道双重功能。其布局关键在于保证整机平直度,以减少运行阻力和链条磨损。机头、机尾传动部的安装位置与高度,需与转载机有效搭接,保证煤流转运落煤顺畅,其变线槽和过渡槽的设计和布局直接影响着两端头过渡的平缓性和两端头能否正常割通以及两端头三角区的支护效果。同时其溜槽的强度和连接可靠性,直接影响着整个运输系统的稳定性。

1.2 关键辅助设备及其布局约束

辅助设备虽不直接参与割煤,但对生产系统的连续性和可靠性至关重要。

(1)转载机与破碎机。通常布置在运输巷,用于承接转运刮板输送机运出的煤炭并进行破碎,以便通过带式输送机运出。其布局需确保与刮板输送机机头有合理的卸载高度和重叠长度,转载机与自移机尾搭接铰接座布局高度要合理,防止输送链、刮板之间干涉造成刮板变形、断链等事故,防止各煤炭卸落点卸落不畅造成底链道拉回煤停机,或者转载卸落点堵塞严重引发皮带机尾掩埋。破碎机的安装位置应留有足够的检修空间,破碎机的高度调整应满足自身和顺槽破碎机破碎能力要求。(2)泵站系统。为液压支架和喷雾降尘提供动力源。通常布置在辅运巷或专用硐室内。布局时需综合考虑:第一,应尽量靠近用液点以减小沿线管路压力损失,确保用液点压力和流量满足要求。特别是对于盘区设计远程集中供液,首先需要计算设计选择合适管径和材质的管路,减少沿线管壁压力损耗,同时采取合理增压稳压措施,保证供液压力和供液流量满足要求。第二,远离电气设备密集区以防止液体泄漏引发电气故障。泵站设备的基础固定、散热通风、噪音控制以及储液箱的补油液通道都是布局需要考虑的因素。(3)移动变电站及配电设备。为整个工作面设备提供电力。其布局应遵循“深入负荷中心”的原则,缩短供电距离,降低电压损失,在满足经济合理的要求下保证系统的稳定性和可靠性。特别是远程集中供电首先需要计算设计选择合适截面

的电缆,同时满足供电系统的电压压降和容量要求。对于10KV高压直接供电综采工作面新技术的实施,首先需要满足长距离供电系统电压质量要求,其次综合工作面配点设备数量、隔离变电站安装位置、数量、容量和二次侧中性点接地方式、变电站高压进线电缆选择等优化供电网络结构,最后要综合考虑10KV设备驱动方式、漏电保护范围、保护接地技术要求、主要部件绝缘性能和技术要求等方面,确保供电安全可靠。同时,必须布置在顶板完好、通风良好、无淋水的安全地点,并留有足够的安全通道和检修空间。

2 机电设备布局优化的核心原则

2.1 系统整体性原则

综采工作面是一个不可分割的有机整体。布局优化绝不能看单个设备,必须树立系统工程的理念。要充分认识到核心设备、主辅设备、设备与人员、设备与环境之间的复杂关系。例如,采煤机的切割速度受刮板输送机运输能力的制约,刮板输送机的负载受其驱动部的功率限制;刮板机、转载机的运输能力、破碎机的破碎能力之间相互匹配。因此,优化决策需要从系统总体效能的角度出发,进行全局性的权衡,避免因局部优化而导致系统性能的下降。

2.2 人-机-环境协同原则

优化布局必须充分考虑人的因素。这包括为操作人员提供清晰、安全的观察视野和便捷的操作位置;为巡检维护人员预留充足空间。同时,要致力于改善作业环境,如将噪音大、发热量高的设备(如泵站)尽可能布置在远离人员长时间停留的区域;合理设计通风路径和喷雾降尘系统,降低工作面的粉尘浓度。对于智能化综采工作面要满足少人、无人的原则做好机电设备集中设计控制布置工作,要保证集控中心位置现场操作集中、人为干预操作便捷。一个完美的布局,应能实现人、机、环三者的和谐统一,既保障健康安全,又提升工作效率。

2.3 生产流程顺畅原则

布局的本质是生产过程在空间上的投影。因此,设备布局必须服从并服务于生产工艺流程。煤炭的“破、装、运、支”流程应呈现出清晰的单向流,尽可能减少折返、交叉和迂回,要实现煤炭的“破、装、运、支”流程联动性。从采煤机落煤开始,到装煤至刮板输送机,经转载机、破碎机转运至胶带机,整个煤流路径应顺畅连续,转载点落差要小,密封要良好,以降低煤炭破碎率和粉尘产生量。同样,液压支架的移架、采煤机的行走、系统供电供液等,都应流程清晰、衔接紧密。布局优化就是要通过空间位置的合理安排,为这种顺畅的流程提供物理保障。

2.4 安全性与可靠性前置原则

安全是煤矿生产的生命线。在布局设计的初始阶段,就必须将安全作为最高优先级进行考量。所有设备的布置必须严格遵守《煤矿安全规程》及相关行业标准中关于安全间距、通风断面、防爆要求、防火隔离等强制性规定。例如,高低压电气设备的安全距离、供电供液点与工作面的合理位置、消防材料的设置地点等。可靠性方面,布局应便于开展预防性维护检修。设备周

围需留有足够的空间用于日常检查、更换部件。对于易损件,其更换通道和作业空间应尤其充裕,以最大限度地缩短作业时间。

3 机电设备布局优化的关键方法与实践策略

3.1 空间几何匹配与干涉分析优化

这是布局优化的基础,旨在确保设备在静态和动态状态下均无空间冲突。

(1)静态空间规划。利用设备图纸和巷道断面图,在二维或三维空间中进行精确的布置。重点核实:液压支架在最大最小高度时与顶底板的关系;采煤机摇臂在升降到极限位置时与支架顶梁的最小间隙;刮板输送机机头、机尾传动部与巷道支架、带式输送机机尾的相对位置。所有固定安装的设备,如泵站、开关群等,其外形轮廓与巷道帮部、顶部及其他设备的安全距离必须得到保证。(2)动态运行轨迹模拟。重点分析采煤机运行至工作面端头时,其滚筒、摇臂与端头支架、巷道支护设施设备的相对运动关系,防止切割到支护构件。分析采煤机电缆拖曳装置在整个工作面长度范围内的运动轨迹,确保其不与支架等发生刮擦。(3)管线综合布置。对管路、电缆等进行统筹规划。应采用标准化敷设方式。强弱电电缆应分开敷设,保持足够距离。所有管线应标识清晰,走向平直,避免凌乱交叉。阀门、接线盒等应设置在便于操作和检修的位置。

3.2 生产工艺协同与流程再造优化

布局优化需要与生产工艺的优化紧密结合,从而提升系统效率。

(1)采煤工艺与设备布局的互动。分析不同的采煤工艺(如单向割煤、双向割煤)对设备运行方式的要求,进而优化设备之间相对位置。例如,在采用跟机自动化时,液压支架的移架顺序与采煤机位置紧密相关,布局需确保支架电液控制系统有可靠的通信和供电。(2)工序并行与时间优化。研究如何通过布局调整,使得某些辅助作业能与主要生产工序并行进行。例如,将设备列车的前移作业规划在检修班进行,并为其设计高效的连接工艺;优化备件库的位置,使其能快速向工作面补给物资,减少生产班的影响。(3)煤流系统一体化优化。将刮板输送机、转载机、破碎机、带式输送机视为一个完整的煤流系统进行统一优化。确保各转载点落差最小、密封良好、对中准确。破碎机的破碎能力必须与工作面最大出煤量匹配,其位置应考虑到部件更换的便捷性和对巷道通风断面的影响。

3.3 设备配套能力与系统瓶颈消除

系统能力不取决于最强的一环,而取决于最弱的一环。布局优化必须着眼于消除系统瓶颈。

(1)能力校核与平衡。对核心设备能力进行精确校核。采煤机的理论小时产量、刮板输送机和转载机的额定运输能力、液压支架的跟机速度和破碎机的破碎能力、泵站的流量和压力、供电系统的容量等,必须相互匹配。布局时,对于能力处于临界状态的设备,应给予更多关注,如其周边空间、维护条件等,以便于后续升级或强化维护。(2)供电系统优化布局。移动变电站是供

电系统的核心。通过负荷计算和电压损失校验,确定其最优安装位置,通常是在满足供电半径的前提下,尽可能靠近负荷中心。高低压开关的排列顺序应符合供电流程,减少电缆交叉。(3)供液系统优化布局。泵站的位置和管径的选择,直接影响支架的动作响应速度和工作阻力。布局时应尽量缩短主干管路长度,减少弯头,以降低压力损失。回液管路同样重要,应保证回液畅通,防止背压过高。泵站水箱的容量和补水能力需满足工作面高峰用液需求。

3.4 安全通道、应急避险与维护空间优化

这是体现“以人为本”和“安全第一”思想的具体实践。

(1)规范安全通道设计。工作面内必须保持至少一条宽度不小于0.8米的人行道。设备与巷道帮部之间、设备与设备之间的间隙,凡作为通道使用的,都必须满足安全规程要求。管线敷设不得侵占有效通行空间。在卸落点、机头机尾等危险区域,应设置牢固的防护栏和警示标志。(2)应急设备布局。消防器材、设施等应布置在取用方便、位置醒目的地点,如油脂存放点、移动变电站附近。通讯电话、应急广播应覆盖整个工作面 and 巷道,确保人员在任何位置都能及时发出信号。(3)维护检修空间预留。这是衡量布局优劣的重要指标。更换采煤机截齿、更换液压支架油缸等常规维护作业,都需要特定的空间。布局时必须预先考虑这些作业需求,留出足够的三维空间,并考虑使用千斤顶、手拉葫芦等工具所需的位置,特别对于超前支护区域的空间要求。对于大型部件的更换(如采煤机电机、滚筒、摇臂,刮板输送机电机、减速器、链轮),应规划出完整的拆卸、运输和安装路径。

4 结束语

煤矿综采工作面机电设备布局优化是一项涉及多学科、多专业的系统性工程,它远非简单的设备位置摆放,而是深度集成生产工艺、设备性能、安装工艺工程与安全管理的综合性技术。随着数字孪生、物联网等新技术的成熟与应用,布局优化将与智能感知、动态调控更深度融合,推动综采工作面向更加安全、高效、智能的方向持续演进。现场工程技术人员应深刻理解布局优化的方法论精髓,结合具体工作面的地质与设备条件,创造性地加以应用,为构建现代化高产高效矿井贡献力量。

[参考文献]

- [1]王国法.智慧煤矿与智能化开采关键核心技术分析[J].煤炭学报,2019,44(1):34-41.
- [2]毛善君.综采工作面“三机”协同控制技术与系统[J].煤炭科学技术,2019,47(4):139-145.
- [3]黄曾华,张科学,张辰.综采工作面智能化关键技术探析[J].工矿自动化,2020,46(5):1-7.

作者简介:

张国堂(1989--),男,汉族,陕西榆林人,本科,工程师,研究方向为煤矿机电。