

# Data-Driven Intelligent Diagnosis and Optimization of Production Efficiency Bottlenecks in Coal Mining Faces

Xiongxiong Du

Shaanxi Huadian Yuheng Coal Power Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

## Abstract

With the deepening of intelligent construction in coal mines, data-driven technology will be deeply integrated with coal mining processes, and the accompanying diagnostic methods and optimization strategies for production efficiency bottlenecks will promote the innovation of intelligent coal mining workfaces. This will enable the production system to have stronger adaptability, thereby making the production of the working face more efficient and stable

## Keywords

Data-driven; Intelligent coal mining; Production efficiency; Bottleneck diagnosis; Optimization strategy

# 基于数据驱动的智能采煤工作面生产效率瓶颈诊断与优化

杜雄雄

陕西华电榆横煤电有限责任公司, 中国·陕西 榆林 719000

## 摘要

随着煤矿智能化建设的深入推进, 数据驱动技术与采煤工艺将深度融合, 随之而来的生产效率瓶颈诊断方法和优化策略将推动智能化采煤工作面的革新。这将使生产系统具有更强的自适应能力, 从而使工作面生产变得高效稳定, 首先分析了复杂地质条件下工作面生产的关键环节、影响因素及其相互关系。然后介绍了数据驱动的诊断模型构建方法和智能化决策支持系统。最后介绍了生产效率优化方案的实施路径与效果验证。

## 关键词

数据驱动; 智能化采煤; 生产效率; 瓶颈诊断; 优化策略

## 1 引言

随着煤炭工业转型升级、智能化矿山建设的快速推进, 传统采煤工作面即将步入全面智能化阶段, 做好生产效率瓶颈诊断与优化工作至关重要。智能化采煤工作面的建设, 应以实现安全高效生产为目标, 所有技术应用都应服务于生产效率提升, 安全可靠运行和资源节约利用。在复杂多变的地质条件下, 与传统采煤方式相比, 智能化工作面具有更高的技术要求, 对生产管理提出了新的挑战。应加强数据采集与分析能力, 深入研究地质条件、设备状态和工艺参数对生产效率的影响, 挖掘数据价值, 充分理解生产过程中的关键环节及其相互关系, 构建科学的评价体系。然后, 在数据挖掘、人工智能和优化算法等方面开展深入研究, 对生产过程从多角度进行系统分析, 确定优化目标, 工艺参数和设备配置均达到最佳状态, 从而建立以数据为驱动, 以效率为核心, 以安全为保障, 符合智能化矿山建设要求的生产优化体系。

## 2 智能化采煤工作面概述

### 2.1 智能化采煤工作面的基本概念

智能化背景下的采煤工作面是实现煤炭开采全过程自动化、信息化、智能化的综合系统, 或能够自主感知、决策和执行的智能单元。在数据支撑的环境下, 智能化采煤工作面应具备实时监测、动态调整、协同控制等能力, 建立高效、安全的生产模式, 优化对工作面生产过程的管理。因此, 智能化采煤工作面的核心, 在于数据驱动的生产决策和工艺优化, 亦即: ①以实时数据作为决策的依据; ②把生产管理的重点从经验判断和人工干预转移到数据分析和智能决策上来, 在数据驱动的智能生产中; ③以数据融合和智能分析作为实现生产过程优化的关键手段。在数据应用中, 还需要建立完善的数据治理体系, 并将其纳入煤矿安全生产管理体系, 尤其是大数据分析以及智能决策当中, 需要全面评估地质条件、设备状态、人员操作带来的影响, 以此构建完整的诊断模型和优化方案, 保证生产过程安全可控, 同时能够提升其整体运行效率。

【作者简介】杜雄雄 (1999—), 男, 中国陕西米脂人, 本科, 助理工程师, 从事电气工程研究。

## 2.2 智能化采煤工作面的发展现状

随着信息技术的快速发展和应用,智能化采煤工作面的建设水平和规模已显著提升,智能化采煤工作面的推广必须循序渐进、因地制宜。首先,在技术引进阶段,智能化系统是辅助工具,根据操作人员的经验进行生产管理;但当进入全面智能化阶段之后,要先建立数据基础,再实施智能化改造的策略。这不仅是技术升级的必然,更是安全和效率的保障。可见,智能化采煤工作面的建设应结合矿区实际条件,融合先进技术并适应现场需求<sup>[1]</sup>。其次,按照智能化建设下采煤工作面生产管理的要求和标准,智能化采煤工作面的建设水平和应用效果,现在在国内外不同应用场景中的成功案例可供参考。最后,对智能化建设的几点建议:①完善数据采集来支撑决策和优化;②加强系统的可靠性,尽量减少设备故障率和人为操作的失误;③加强人员培训;④加强数据安全防护和系统集成,增大智能化技术在煤矿生产中的应用比例。

## 3 数据驱动的生产效率诊断方法

### 3.1 数据驱动的生产效率评价体系

随着智能化矿山建设的不断深入,数据驱动的生产效率评价将更加精准,将成为衡量工作面生产能力和具有科学指导意义的评价体系。作为一个完整的评价体系,其核心是在满足安全生产和资源高效利用的前提下,使生产的各个环节达到最优状态,为生产决策提供科学依据。因此,评价指标体系需要涵盖采煤机运行参数、液压支架状态、运输系统效率,以及地质条件和人员配置的合理与否等,基本上由多维度数据构成,以确保生产安全为前提,综合考虑设备运行数据、环境监测数据和人员操作数据的关联性。从数据分析角度,对于生产效率诊断需要建立科学的评价模型,如运用机器学习及深度学习算法,能够通过数据挖掘对设备运行状态、地质条件变化等进行预测,这样才能对生产过程进行精准诊断,从而提出有效优化措施<sup>[2]</sup>。作为智能化系统更要合理地运用数据分析工具,以及先进的算法模型,保证诊断结果和优化建议能够相互印证,促使生产效率持续提升,也能提升决策的科学性和可靠性。

### 3.2 生产效率瓶颈诊断模型

随着大数据技术的广泛应用,数据驱动的生产效率诊断方法日益成熟。智能化生产诊断,是指利用数据挖掘和分析技术对生产过程进行监测和评估,例如数据挖掘、机器学习、深度学习等。但是,由于煤矿环境的特殊性,生产效率瓶颈诊断面临诸多挑战:①对数据质量的要求,即对数据完整性和准确性的要求;②对分析方法的要求,即数据分析方法对生产过程的适用性;③对诊断精度的要求;④对诊断时效性的要求:对诊断速度的要求,即对数据分析和诊断结果的实时性要求。而且,在复杂地质条件下,将多源异构数据与生产过程以特定方式关联与整合。因此,在考虑其对生产

各方面影响的基础上,做好这些数据在实际应用中的有效处理。随着人工智能技术的发展,促使诊断模型得以优化,数据分析也在向实时化、精准化方向推进,诊断系统应该构建完整的数据处理体系,其中应该包括数据清洗、特征提取等,同时要合理地应用分类、聚类算法工具,对生产过程的状态进行识别及预测,以保证诊断结果更准确可靠。另外,更要整合多源数据、构建诊断模型,形成系统的诊断方法、完善的优化策略。

## 4 生产效率优化策略

### 4.1 优化策略的基本框架

随着智能化技术的不断进步,在进行生产效率优化时,将整合多源数据的分析结果,最终在工艺参数和设备配置的优化调整中实现突破,而工艺参数和设备配置的优化调整则仍需基于数据驱动的科学决策。这种优化方法确立了智能化采煤工作面将作为一个动态的、自适应的生产系统,设备和工艺的协调,向工作面生产提供稳定、高效和安全的运行保障,并实现持续优化,以提升其生产能力和资源利用率<sup>[3]</sup>。同时,应建立完善的优化决策机制和执行反馈系统,优化建议可以实施,但执行效果需要持续监测。智能化优化应形成闭环管理,在对地质条件、设备状态、工艺参数、人员配置及生产环境、数据质量、诊断结果和优化建议等要素的综合分析,形成科学的优化方案和实施计划。另外,还要关注优化措施对生产安全及其长期效益的影响,加强安全评估和效果验证等方面的管理工作。

### 4.2 生产效率瓶颈的识别与分类

1) 地质条件制约。随着开采深度的增加,地质条件将向复杂化发展,由于煤层赋存条件的不确定性,地质数据的准确性也会降低,地质条件的复杂性,则生产效率也会受到相应的影响。另外,还包括断层发育和煤层厚度变化的地质特征的不确定性,这是影响生产效率的关键因素,它受到地质勘探精度和数据整合程度的影响。2) 设备协同问题。随着工作面推进速度的提高,设备协同由人工经验根据现场情况调整,设备的协同配合往往难以精确控制,这对安全生产来说都是隐患,给效率提升带来障碍。3) 数据应用不充分。包括数据采集不全面、数据处理不及时等问题。在生产的管理中,管理者从经验的角度出发,会忽视数据的价值,导致决策的科学性不足,系统也难以优化;并且,随着对数据价值的认识,系统可以实现智能决策,生产效率的优化也将更加精准,甚至达到最优的生产状态,这些都对数据应用提出了更高要求,原来的简单数据分析方法已不能满足需求。除了引入先进算法来提升诊断精度外,也可以采用多模型融合策略,以便更全面地分析生产过程中的各种因素。4) 人员技能不足。例如:由于操作人员的技能不足导致设备性能不能充分发挥是常见问题。5) 系统集成度不高。系统中有些模块存在接口不兼容的问题,而模块之间的数据交互往往是

系统整体性能提升的关键，这样就会对生产效率的全面提升带来阻碍。6) 环境因素影响。众所周知，恶劣的作业环境会给生产带来不利影响，而这往往是难以避免的。

诊断工作要精准识别效率瓶颈，使诊断结果的准确性和可靠性，相对于传统的经验判断来说更为科学。如何构建高效的数据驱动诊断方法，是智能化采煤工作面建设的核心任务。

#### 4.3 优化策略的实施路径

1) 对地质条件的适应性和设备性能来说，需要建立动态的地质模型、设备性能预测及工作面布局的优化设计。2) 对生产过程控制来说，智能化优化必然使生产过程更加协调并实现动态平衡：一旦出现异常，容易影响整个系统的稳定性，因此需要实时监测、智能预警或自动调整的控制策略来保障系统的稳定性和可靠性。3) 生产效率优化策略应从技术层面和管理层面进行分析，评估技术可行性和管理适应性。一方面，针对特定地质条件，提出针对性的优化方案，例如以复杂地质条件为背景，提出自适应调节的控制策略，在考虑设备性能的同时，综合考虑地质条件变化的影响和环境因素的制约。另一方面，在原有的优化基础上引入新的优化方法，例如基于深度学习的优化方法，就是在传统优化方法基础上融合了人工智能技术的优化策略。4) 优化策略的验证与迭代。由于生产环境的动态变化、不确定性，因此在实施中还要关注优化效果的持续评估。一种好的优化策略能适应不同地质条件和生产状态，并能平衡短期效益和长期发展的关系，以确保优化策略的持续有效性。

#### 4.4 优化效果评估体系

1) 效率指标评估。随着数据分析技术和优化算法的发展，使得效率评估方面更加科学全面，例如生产效率指数等，它们衡量的是系统的整体效能，现在效率评估的要求更加精细。系统的评估指标，要求更加精确，例如工作面推进速度在采煤、支护和运输中的应用。数据驱动的评估方法和智能分析工具的应用。其中：生产效率指数为衡量系统达到最优状态而设定的指标和权重；优化效果指数为因实施优化措施达到预期效果而产生的效益评估。2) 安全性能评估。安全生产是煤矿工作的核心，是效率提升的重中之重。目前，安全性能评估在智能化系统中都有所体现，但评估方法仍需完善。为了提高安全性能评估的科学性，需要关注以下方面：

确定安全评估的关键指标及风险预警的阈值设定；根据数据特征建立安全评估模型；对安全风险进行动态监测和预警；系统在运行过程中对安全状态进行评估，安全评估结果应实时反馈到生产决策中。3) 设备协同评估。由于设备协同一般难以量化评估，因此，当进行优化时，将评估设备的运行状态、协调性和响应速度，系统的稳定性和可靠性。这就要求评估系统对协同效果进行定量的评估。

4) 综合效益评估。例如，在生产过程中，环境因素的影响会更加复杂，因此进行优化效果评估时还必须考虑对环境因素的适应性。另外，可以在系统的评估基础上引入多维度评价和综合决策，例如系统引入了模糊综合评价对生产效率优化效果进行了评估，并得到了更加全面客观的评估结果。为了能够让优化策略实施有科学的依据，可以应用数据可视化、模型仿真等技术，使得评估结果能够达到直观展示、精准预测等目的，这样能够提升其应用价值。对于评估结果的分析还需要专业的技术支持，尤其要在数据分析上投入更多资源。

## 5 结语

智能化建设和数据驱动是煤矿发展的必然趋势，因此需要对智能化采煤工作面的建设、运行及优化策略等方面持续研究，以适应煤炭工业的高质量发展。数据驱动的生产效率诊断将更加精准化，智能化的优化策略也需要更加系统化。由数据驱动的生产决策的效率、安全性、稳定性、可靠性和适应性等都将不断提升，而且需要专业的技术支持。在智能化发展趋势下，数据驱动的生产优化已经取得了显著成效，它更趋向于精细化的管理，智能化技术的引导下，生产系统能够实现自主优化，更能提升决策的科学性，同时能够保障安全、高效的生产运行，在优化过程中需要关注地质、设备、人员等方面的协同配合，利用先进的数据分析手段与优化方法，保证生产效率持续提升。

#### 参考文献

- [1] 王国法, 张建中, 刘再斌, 等. 煤炭绿色开发复杂巨系统数智化技术进展[J]. 煤炭科学技术, 2024, 52(11):1-16.
- [2] 雷小平. 基于数字孪生驱动的矿井智能监管平台研究[J]. 中国煤炭, 2025, 51(10):110-118.
- [3] 贾龙, 张哲豪, 石成虎, 等. 采煤机状态数据实时特效渲染技术[J]. 陕西煤炭, 2024(003):43-45.