

厚煤层综放工作面放煤工艺参数调整与应用

冯昕辉

陕西彬长大佛寺矿业有限公司 陕西 咸阳 713500

摘要：综采放顶煤技术是厚煤层开采重要手段，而放煤工艺参数对煤炭回收率以及矿石混入率起着决定作用。本文通过对影响放煤工艺参数因素进行总结归纳得出放煤工艺参数主要包括放煤步距、放煤顺序、放煤速度以及采放比等几大方面内容，并对其进行了深入研究，分析得出放煤工艺参数之间相互影响关系，在此基础上提出一种基于时空综合考虑放煤工艺参数优化方法。即通过改变放煤工艺参数实现对煤炭回收率及矿石混入率控制。在此基础上还从设备适应性、煤层条件、管理等方面对放煤工艺参数优化应用支撑进行探讨，为类似条件厚煤层综放工作面提供借鉴意义。

关键词：厚煤层；综放工作面；放煤工艺参数；放煤步距；采放比

引言

厚煤层（一般是指厚度大于 3.5m 的煤层）在我国煤炭可采储量中占有很大比重，在山西、陕西、内蒙古等地大型煤炭生产基地中厚煤层资源丰富。综采放顶煤技术（简称“综放技术”）由于其具有生产率高、巷道掘进率低、适用范围广等特点而成为我国厚煤层乃至特厚煤层最常用的开采方式，其工作原理是割煤之后移动支架，在重力作用下顶煤被压碎并从尾梁放煤口排出。而在这一过程中，放煤工艺参数直接影响到顶煤回收率以及矸石排除情况：步距大造成资源浪费，步距小容易出现矸石混入；速度不合理会影响工作效率或者造成卡堵等故障。所以选择合适的参数并且能够及时调整对于保证安全生产至关重要。随着开采向大采高发展，采场形态日益复杂以及矿压特点发生变化，传统的靠经验和感觉选取参数的方法已经不能满足要求，必须进行改进。与此同时，放煤理论研究的深入——尤其是顶煤破碎机理、放煤椭圆理论以及数值模拟技术的进展——为参数的科学化确定提供了理论支撑。然而，从理论成果到工程应用的转化仍存在明显距离，参数调整过程中重局部轻系统、重经验轻论证的现象依然普遍。

1 放煤工艺参数体系及其作用机理

1.1 参数构成与定义

综放工作面放煤工艺参数是个多因素、相互影响的技术体系，主要有以下几个方面。一是放煤步距，是指工作面前进行一次放煤操作之间相隔的距离，一般用采煤机截割次数或者架数来表示；二是放煤顺序，即放煤口打开的先后及位置关系，有顺序放煤、间隔放煤以及

分组接力放煤等多种形式；三是放煤速度，是在一定时间内从一个放煤口放出煤的数量或者是这个放煤口开放的时间长度；四是采放比，即一次采煤厚度与放煤厚度的比例关系，对顶煤释放量有很大影响。这些参数并不是各自独立存在，在“什么时候放煤、放多少、从什么地方放”这三个问题的基础上形成一个整体，任何一个参数的变化都会引起顶煤流动场和矿山压力场相应变化进而影响其他方面。

1.2 各参数对回收率与贫化率的影响路径

回收率与贫化率是评价综放开采效果一对主要矛盾，而放煤工艺参数正是通过对顶煤破碎程度以及流动形态影响来控制二者之间关系。

1.2.1 放煤步距

对于回收率来说，步距大时，顶煤暴露面积增大，有利于顶煤破碎，但是部分破碎煤炭会在支架后面被压实，无法放出，导致“死煤”损失；步距小，则顶煤未完全破碎就放出，大块煤容易堵塞放煤口，造成阶段性放煤中断^[1]。而对于贫化率来说，步距大则每次放煤的距离远，顶板垮落矸石提前混入机会大大增加。

1.2.2 放煤顺序

主要是通过通过对顶煤流动场空间形态进行改造而降低贫化率。顺序放煤简单易行但是容易产生明显的矸石渗流通道；间隔放煤利用未放煤区煤体起到暂时挡板作用，可以很好地抑制矸石前锋前进速度；分组接力放煤同时具有前述两种方式优点，但是对现场组织管理有一定难度。放煤速度快会导致顶煤流动速度分布不均匀从而造成局部漏矸现象发生；放煤速度过慢又会使得工作

面推进速度受到限制进而降低产量。

1.2.3 采放比

表示顶煤在采场结构中的比例大小。采放比过大（放煤厚度占比过高）虽然放出大量顶煤，但是给顶板管理带来困难，矸石混入几率提高；采放比过小则不能发挥综放工艺优势，造成资源浪费。

1.3 顶煤破裂特征与放煤椭球体理论的指导意义

掌握放煤工艺原理应建立在顶煤破裂、放出基础上。由于采动作用下，顶煤破裂是非均布，靠近采空区破裂良好、颗粒较小，而离顶板较远部位破裂较差、较大块。放煤椭圆理论认为放煤是由一个大致铅直长轴、水平短轴范围内的椭球所构成，而不是一个竖直圆柱体。这说明每次放煤都包括上面以及周围顶煤部分。这对放煤距离选择提供重要参考意见，即放煤距离要与椭球大小一致。如果放煤间隔太大，则相邻两个椭球之间不能相互重叠，造成“空白”，使顶煤不能利用；如果放煤间隔太小，又会造成过度重叠，频繁扰动顶煤，促进矸石通道形成。所以找到合适的放煤间隔与椭球大小关系是减少漏矸、提高回收率、合理确定放煤参数依据。

2 放煤工艺参数的系统化调整策略

2.1 放煤步距与截割深度的匹配原则

放煤步距的选择要兼顾截深、支架中心距以及椭球体大小等因素。一般情况下，我国综放工作面截深在0.6~0.8m范围内，支架中心距多为1.5m，放煤椭球体水平半径一般在1.0~1.8m左右（根据煤体裂隙发育情况而定）。由椭球体覆盖原理可知，在一刀一放的情况下，相邻两个放煤椭球体会有部分重叠，易导致矸石进入；而在三刀一放时，虽然有利于顶煤破碎，但是也存在椭球体之间的空隙无法被覆盖的问题^[2]。实际生产中，大多数中等强度顶煤条件下的两刀一放较为合适，此时放煤步距一般为1.2~1.6m左右（根据截深及支架参数而定），基本与椭球体水平半径相当。“匹配”并不是说两者数值完全相同，而是指前后两个放煤口之间所对应椭球体在水平方向刚好衔接或者略微有一点重合，在这种状态下，顶煤回收率最高而且矸石最少。如果煤层较厚或者顶煤硬度较大，则可适当增大放煤步距；相反，如果煤层较薄或者顶煤硬度较低，则可适当减小放煤步距。

2.2 放煤顺序选择与顶煤流动场控制

放煤顺序选择实际上是对顶煤流动方向控制，

在多个支架同时配合放煤情况下，放煤顺序影响着顶煤流动场时空演变过程。顺序放煤（从工作面一端到另一端依次放煤）方法简便易操作，适合顶煤裂隙发育良好且厚度变化较小情况，缺点是流动场只能单向运动，矸石-煤交界面很容易被该方向切割成“V”字型沟槽，使矸石前锋迅速靠近放煤口；间隔放煤（如每隔一个支架放一个支架）利用未放煤支架上面煤层作为天然障碍物分割整个工作面为多个小区域，使矸石渗流动性显著增加。这种做法适宜顶板压力较大、顶煤较厚情形，但是需要工人观察放煤情况更加仔细；分组接力放煤（将工作面上所有支架分成若干小组，在每组内部按顺序放煤，而在不同组之间则间隔放煤）结合以上两者优点，采用“组内连续、组间错开”，既保证放煤连续性，又可以有效减慢矸石前锋前进速度。这种方法对于现场组织管理水平要求较高，但是在超大采高综放工作面上应用效果很好。

2.3 放煤速度与采煤速度的协同控制

放煤速度与采煤速度的一致性，实质上就是“破煤”、“放煤”这两个工序在同一时间段内的配合问题。最佳的方式是：采煤机切割完一片区域之后，经过一定时间延迟（一般为1~3个支架间距的推移时间），这片区域的顶煤已经可以放，然后进行放煤，两者之间有一个比较稳定的距离差^[3]。放煤的速度不能大于刮板输送机的能力，还要考虑到顶煤的流动性。如果放煤速度太快（每架放煤的时间较短），顶煤可能还没有流动起来就被切断而造成放煤量不够；如果放煤速度太慢（每架放煤的时间较长），就会有大量的矸石进入，而且会影响整个工作面的进度。最好是以“煤流畅通”为原则，在此基础上适当调整每架放煤的时间使各个放煤口的放煤量基本一致，不能有大的起伏。这需要操作人员根据实际情况不断观察来决定。

2.4 基于煤层条件变化的动态调整机制

煤层条件的差异给放煤工艺参数的确定带来最大的不确定因素。煤层厚度的变化对采放比的影响：厚度大时要相应增大放煤厚度（即提高采放比）；厚度小时要相应减少放煤厚度。顶煤硬度的空间非均质性需要放煤步距有一定的灵活性——硬度大时要适当加大步距让顶煤有更多的时间受力而破碎；硬度小时要适当减小步距以防矸石提前进入。建立动态调整机制的基本思路是“监测-评价-响应”。监测方面，以放煤过程中矸石的比例、放煤的数量以及支架的工作阻力等可观察的数据作为参数调整的依据。评价方面，以回收率与贫化率的优

劣来进行权衡。响应方面,制定分层次的措施:轻微的变化可以通过调节放煤的速度或者每架放煤的时间来解决;较大的变化需要改变放煤步距或者放煤的方式;如果条件发生根本性的变化(如顶煤由硬变软或者厚度有较大变化),就要重新确定采放比等相关结构参数。

3 参数调整的应用路径与保障条件

3.1 参数调整的工作流程设计

科学的参数调整应该是一个由“基准确定—现场试验—效果评判—优化固化”的过程。基准参数的选取应该是通过理论计算以及临近工作面的实践经验来确定,是调整的基础。在现场试验中应用单因素轮换法或者正交试验方法,在保证安全的情况下寻求每个参数的最佳值域。效果评判应该以回采率和贫化率为主,同时考虑推进速度及设备磨损等。优化固化就是要将经过验证有效的参数组合固化为操作规范,在这一步中重点是要让操作者清楚哪些参数是最重要的,在有多个可以变化的参数时不会迷茫。

3.2 设备条件与煤层条件的适应性支撑

放煤工艺参数的变化需要有相应的能力做保障。放煤口的形式以及开启的方式会影响放煤的速度可调的程度——插板式的放煤口方便调节但是磨损较大,尾梁摆动式的放煤口较为结实但是调节不够灵活,选择时要结合预计的放煤参数变化的大小来决定。刮板输送机的能力也要有一定的富余量以防放煤量突然增大造成瞬间过载。支架的工作阻力也要考虑到采放比的影响——采放比大时顶板下沉的力量就大,对于支架的压力也就更大。煤层条件方面,顶煤的节理发育情况、含水量、粘结性等因素都会影响到放煤参数的灵敏度^[4]。节理发达的顶煤容易破碎,放煤的距离应该近些;含水量较高的顶煤不易流动,要适当地延长放煤的时间才能够达到放煤的要求;粘结性较强的顶煤容易在放煤口处形成“棚架”,在这种情况下就需要采取适当的爆破等手段才能使放煤参数得以实现。

3.3 管理因素对参数执行效果的制约

综放工作面参数调整的效果在很大程度上由管理层决定。操作人员的经验判断能力是参数微调的第一道关卡——熟练掌握放煤工作的放煤工可以根据煤流的声音、颜色及颗粒大小的变化迅速做出反应,而这是规章制度所不能做到的。因此,制定放煤操作人员培训及考核制度是保证参数调整目的得以实现的重要手段。参数调整过程中应有相应的记录和总结制度。每次参数改变的原因、时间和地点、工作面情况以及放煤效果等都应有详细的记载,形成参数调整台账。定期对这些内容进行研究可以逐渐形成参数与条件之间的经验关系数据库,在以后遇到相同的情况时就可以很快地找到合适的参数。这一步是综放技术从“经验”到“数据”的重要基础。

4 结语

厚煤层综放工作面放煤工艺参数调整需具备系统化思维。放煤步距、顺序、速度及采放比共同构成“煤流连续、时序协调、空间互补”的三维调控体系。本文核心观点包括:一是旨在回收率与贫化率间寻求随煤层条件变化的动态平衡;二是基于放煤椭球体理论,确保参数使相邻椭球体有效覆盖且避免过度重叠;三是依赖“监测—评估—响应”闭环机制及设备管理同步支撑。未来,随着智能化技术发展,放煤参数调整将向实时化、精准化演进。基于煤岩识别与大数据分析的智能系统有望实现参数自动感知与自适应调节,推动综放技术迈向更高水平。

参考文献

- [1] 王家臣. 厚煤层综放开采理论与技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2021.
- [2] 刘长友, 杨培举, 万志军. 综放工作面顶煤放出规律及放煤参数优化研究 [J]. 煤炭学报, 2020, 45(12): 4048-4057.
- [3] 张益东, 张吉雄, 缪协兴. 基于椭球体放矿理论的放煤步距确定方法 [J]. 采矿与安全工程学报, 2022, 39(3): 521-529.
- [4] 许家林, 轩大洋, 朱卫兵. 超大采高综放工作面放煤工艺参数优化 [J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(1): 56-64.