

小青煤矿薄煤层刨煤自动化开采研究与应用

铁法煤业（集团）有限责任公司小青煤矿（以下简称“小青煤矿”）位于辽宁省调兵山市晓明镇，隶属于辽宁能源产业集团铁法煤业（集团）有限责任公司（以下简称“铁煤集团”）。小青煤矿于1984年12月15日建成投产，现有员工2411人，井田面积达35.19km²，核定生产能力为250万t/a。矿井采用立井开拓方式集中运输大巷开采，中厚煤层采用综合机械化开采，薄煤层采用刨煤机开采。煤种以长焰煤为主，主要用于动力煤和民用煤。多年以来，小青煤矿始终坚持“安全发展、科学发展、和谐发展”理念，曾先后获得全国高产高效矿井、全国煤炭工业特级安全高效矿井、全国科技十佳矿井、全国煤炭工业双十佳煤矿、全国煤炭工业先进煤矿、煤炭工业两化融合示范煤矿等荣誉称号，2018年顺利通过国家一级标准化矿井验收。

一、核心做法

我国煤炭储备中，薄煤层所占的比例相对较大，可采储量约占全国煤炭总储量的20%，但是实际采量却只占煤炭总产量的7.3%，远远低于储量所占的比例。小青煤矿开采的5个可采煤层中，4个属薄煤层，储量占比67%。因此，提高薄煤层开采技术，对薄煤层煤炭资源进行充分利用，是煤矿企业和专业技术人员应尽的职责。

（一）薄煤层的特点

1. 煤炭资源储量大

到目前为止，我国已经探明的薄煤层存储的煤炭资源总量已经达到61.5亿t，分布地域辽阔，地质条件复杂多样。一些地区薄煤层储量比重很大，其中，四川占比60%，贵州占比37%，山东占比52%。面对这一特点，提高薄煤层开采技术对于提高薄煤层产量有很大的推动作用。

2. 回采工艺复杂

薄煤层由于其自身的赋存特点，开采过程中劳动强度较大、机械化程度低、安全系数低，工效极其低下，这也使得薄煤层的开采难度极大，成本投入高，导致许多煤矿企业放弃了对于薄煤层的开采，造成了严重的资源浪费。

3. 安全隐患大

薄煤层在开采过程中，工作面采高低，如遇煤层厚度、地质构造等发生变化，机械化开采极易破坏局

部围岩,导致顶底板破碎;同时,由于开采中存在瓦斯气体、地下水等许多不确定因素,使得开采存在极大的安全隐患。

(二) 现阶段薄煤层开采难点

现阶段,我国薄煤层开采中普遍采用长壁采煤法,但是由于薄煤层的厚度偏小,与中厚煤层相比,具有如下开采难点。

1. 回采成本高

炮采工艺作业时,人员进出工作面行动受限制,工作面打眼时间长,爆破倒棚率高、工效低,同时人工消耗量大,回采成本高,造成工人“吃肥丢瘦”的现象。如遇地质变化带、顶板破碎、煤层压薄等现象,作业人员会考虑工效、经济利益、施工困难等问题避开回采,直接推进,造成局部煤量损失。

2. 工作条件差,设备移动困难

由于煤层厚度在1.3m以下,使得开采环境极差,尤其是当最大开采高度低于1m时,人员进出工作面以及在工作面内进行作业时,会处处受到限制,导致作业困难。同时,薄煤层开采中使用的采煤机械以及液压支架由于受到工作空间的限制,设计和制造难度极大,在工作面内的移动也十分困难。

3. 采煤工作面采掘接替困难

随着长壁机械化采煤技术的不断发展,薄煤层工作面推进速度大大加快,也使得开采工作效率不断提升。但是,由于薄煤层工作面回采巷道为半煤岩巷,巷道的掘进手段没有顺应发展的潮流而变化和改进,严重影响了巷道的掘进速度,使得薄煤层采煤工作面采掘接替紧张。

4. 受地质构造等因素影响较大

煤层遇厚度变化和断层、褶曲等地质构造,对薄煤层生产影响比开采中厚煤层更大,造成薄煤层长壁综采或机采工作面的布置比较困难,也在一定程度上加大了薄煤层的开采难度。

5. 投入与产出不成正比

薄煤层长壁机械化采煤工作面由于受到工作环境的限制,投入较高,但是所获得的经济效益却远远低于中厚煤层开采。薄煤层综采工作面的设备投资与中厚煤层基本一致,但是效率却只有后者的一半左右,投入与产出不成正比,也使煤矿不愿主动去对薄煤层进行开采,更不会投入资金引入机械化开采技术。

(三) 相应的解决措施

根据薄煤层开采难点和特点进行分析,可以看出,发展适合应用于薄煤层的机械化开采技术,实现综合机械化采煤,是实现薄煤层开采高产高效的主要途径,也是最为有效的途径。采用刨煤机可以有效解决薄煤层开采的难点和问题,提高薄煤层开采的效率和煤炭资源的利用效率。

1. 刨煤机的主要特点

- (1) 可以保证采煤过程的连续性,保证煤炭开采的工作效率,缩短工作时间。
- (2) 可以实现对极薄煤层的综合机械化开采,保证开采过程的自动化和智能化,确保工作质量。
- (3) 开采出的煤炭完整性强,块煤出产率高,开采工作产生的煤尘量小,工作环境良好。
- (4) 机械整体结构相对简单,维护方便。

2. 影响刨煤机工作面正常生产的因素及处理方法

(1) 煤层变薄或遇断层，刨煤机将通过困难，不能正常刨削，为预防机械设备的损坏如刨链断，主要是采取打眼爆破的方法进行处理。

(2) 顶底板起伏变化快，应采取措施防止丢煤或顶底板岩石刨得过厚。如底板出现底煤，可用调斜千斤顶把运输机支起来，也可使刨煤机处于拉底状态进行局部刨煤；如底板岩石割得很厚，为防止对刨链造成损坏，采高理想时可以把运输机吊起来，底下垫上木料把岩石留住，采高不理想可采取底板打眼爆破的方法进行处理。

(3) 如遇冲刷带、顶板破碎或受煤层上方采空区影响，造成顶板局部压力增大，顶板破碎。生产过程中，如遇冲刷带、顶板破碎，应采取必要的措施加强顶板管理。首先，应保证冲刷带位置的液压支架接顶严密，达到初撑力，因此要使乳化液泵泵压达到额定值，利用液压支架杜绝跑、冒、滴、漏现象发生；其次，要加强工程质量管理，避免由于煤壁和运输机不直而造成应力集中，或造成挤架使移架困难；第三，如果液压支架顶梁浮货过多造成移架困难，应采取单体送架，不能频繁升降架破坏顶板稳定性；第四，如顶板破碎或抽条，应及时刹顶使支架接顶，避免由于支架不接顶造成顶板破碎带蔓延掉顶加高；第五，如果不能有效控制住顶板，必要时应采取帮顶打锚杆、打锚索的方法控制顶板。

3. 机械电气设备检修没有达到完好标准影响刨煤机工作面正常生产的因素及处理方法

(1) 刨链松紧度没有控制好影响刨煤机工作面正常生产。检修刨链是检修过程中重要的一项检修项目，按规定每天都要对刨链的松紧度进行测试，并检查刨链活环的磨损程度，如果刨链松紧度不合适要及时调整，以防拉坏活环造成刨链断裂。在生产过程中也应密切注意刨链的松紧度，如发现松紧度不合适要及时调整，同时要保证生产过程中运输机的平直，避免由于运输机滞后造成刨链过紧。

(2) PM4自动控制系统的使用和维护情况好坏也会影响刨煤机工作面正常生产。PM4自动控制参数一般是不变的，但有些参数也是可调的，如刨深，选择多大的刨深要根据实际情况而定。如果顶、底板状态比较好，煤壁比较松软，可以选择较大刨深；如果煤壁比较硬或局部顶、底板刨削岩石，可适当减少刨深，以防由于刨深过大造成阻力增大而断链；又如成组推移运输机的组数，能够执行自动拉架的压力值等都可以根据现场的实际情况进行调整。合理地调整PM4参数可以提高生产效率，减少工人的劳动强度，相反如果PM4一些参数没有进行合理调整或对PM4控制系统检修没有达到完好标准，不能实现自动控制就会减慢工作面的正常推进速度，增加工人的劳动强度。

(3) 工程质量不合格影响刨煤机工作面的正常生产。在生产过程中要严格控制机头、机尾的进尺，没有特别要求前后进尺必须保持一致，否则会使运输机上、下窜造成运输机与转载机搭接不合适，影响煤的运输和运输机的运行。

生产过程中必须使运输机和煤壁保持直线，防止由于应力集中造成顶板抽条、破碎和挤架现象。为使工作面平行推进可在工作面设一个或两个参考点，记下推移进度，生产过程中工作面参考点要与机头（尾）进尺经常核对，如有差别要及时调整。

在调斜千斤顶的使用过程中要求千斤顶伸出或收回要缓慢进行，不应操之过急，特别是收回过程中更

应缓慢进行，否则收得太急会出现台阶，如果这时采高不理想就很容易造成支架被压死。处理支架被压死主要采取打眼爆破的方式进行处理。

4. 刨煤机工作面生产中常见的中断生产事故及处理方法

(1) 断刨链。由于刨头的牵引是由安设在上下巷道，即机头、机尾的电动机驱动链轮带动无极链条来实现的。因此，当刨头受力过大时，很容易发生断链事故。

一是工作面遇有地质构造或煤层变薄，刨煤机割岩石发生断链事故。凡遇到地质构造，就必须采取打眼放炮的方法处理掉岩石，达到既保证支架顺利前移的高度，同时降低刨头的阻力，这样才能减少断链事故的发生。当煤层变薄时，要及时调整刨头高度适应煤层的变化，以防割顶、底板岩石。如果控制拉底或留底的调斜装置使用不当，工作面留底割顶或割底板岩石过多，也将造成刨链断裂。因此，要正确使用调斜装置使刨头既不能割顶板，也不能割底板。

二是刨头撞击运输机机头、机尾、刨煤机滑道限位卡（WT轴）发生断链事故。由于刨头到机头或机尾停车后要自动滑行一段距离，这个滑行距离是靠调整延时来控制的。因此，要根据上、下端头的煤体硬度情况随时调整好停车延时时间。

三是刨煤机运行过程中刨链过松，刨头受到较大阻力会发生断链事故。刨链过紧刨煤机在运行中，将会增大刨链与链轮之间的磨损。因此，要保证刨链的松紧度适当，利用专用紧链器将刨链紧到35MPa时余一个至一个半链环为最佳。

四是支架梁端过低在支架拉靠时，刨煤机在运行中很容易撞到支架梁端而造成断链事故。因此，要保证支架前梁不能过于低头。如果支架前梁过低时，为了防止刨头撞击，支架前梁可将该支架拉架参数设定为预留200mm行程，即让该支架滞后。这样就可以避免刨头撞击梁端，进而避免断链事故的发生。

五是随着刨煤机不断的往复运行，尤其是抗拉强度低于链环的锯齿型连接活环更容易受到损伤。因此，要经常检查锯齿型连接活环的完好情况，发现受损要立即更换，从而减少断链事故的发生。

断刨链是全自动控制的刨煤机生产很容易出现的事故之一。一旦刨链断裂，将会造成至少2h的停产，严重的将会造成5h以上的停产，因此只有减少断刨链的次数，才能确保正常生产。

(2) 上、下巷道端头管理不当。由于全自动控制的刨煤机刨削速度较快，要求上、下端头支架的前移要跟得上工作面运输机的推移速度，这样才能保证工作面的正常生产，因此，上、下端头的管理是至关重要的。首先要保证巷道支护的可靠性，其次要保证巷道的高、宽达到设计的要求。如果顶板压力较大，支护强度不够，造成顶板下沉或巷道的断面达不到设计要求，就会造成端头支架前移困难，使刨煤机有20%以上的效能得不到发挥，即每天将会损失4h以上的生产时间。

(3) 机电设备事故。和滚筒采煤机采煤一样，机电设备必须维护到位，而全自动控制的刨煤机维护的难点在于自动控制部分。自动化的特点决定了每一个控制单元都必须处于完好的状态下才能正常运行。除了自身产品的可靠性外，还要加强设备的使用和维护。从主控台到终端元件，以及其他电器部分、运输机、转载机和支架也都要保证完好，这样才能减少因事故损失掉的生产时间，确保生产顺利进行，保障出煤稳定。

(4) 中断生产事故影响效益评估。从小青煤矿全自动控制的刨煤机现有工作面条件下生产情况看（不

计外围运输能力和主井提升能力)，每小时至少生产原煤500t，按目前煤炭价格210元/t计算，那么每因事故每中断生产1h，将会有10余万元的产值损失。因此降低中断生产事故次数、提高开机率，将会给企业带来巨大的经济效益。

影响刨煤机开机率的因素还有很多，诸如参数的设置是否合理、外部运输能力的大小、地质构造、人员的素质等，都会影响到开机率，因此方方面面的管理都到位，才能确保正常生产。

二、应用成效

通过对薄煤层刨煤自动化开采研究与应用可以看出：刨煤机功率高，能最大限度地提高煤炭产量，实现薄煤层的高产高效；刨煤机由机械元件组成，所有易损元件均可在井下更换，减少了维修量和中断生产时间；刨煤机运行速度快，在薄煤层中可以实现快速推进。

进口刨煤机共计37个工作面，出煤量1559.69万t；国产刨煤机共计2个工作面，出煤量21.8万t；铁煤集团5套刨煤机总计39个工作面，出煤量1581.49万t，采用薄煤层刨煤机自动化开采技术可将原来无法开采的薄煤层煤储量进行回采，根据每年刨煤机工作面开采量，按照2012—2016年原煤评价售价280元/t，可算出刨煤机带来的经济效益为49280万元。

三、推广价值

（一）刨煤机优势

薄煤层因工作面内作业困难，使用刨煤机采煤工艺，由计算机控制的定量割煤机组与配有电液系统的液压支架配套，可提高采、支、运工序的自动化程度，减少工作面内的操作人员，实现工作面自动化采煤。

（二）薄煤层自动化开采潜力

现阶段我国薄煤层煤炭资源的储备量极其巨大，但是由于开采难度较大，开采量所占存储量的比例很小，具有很大的开采和发展空间。随着新的采煤技术和采煤设备的不断应用，薄煤层的开采问题也逐渐得到解决。煤矿企业要根据自身的实际情况，结合薄煤层的存储状况，因地制宜地对采煤机械进行选择，提高薄煤层开采的高效性，提高对于煤炭资源的利用率，减少资源的浪费，实现经济的可持续发展。

（主要完成人：王洪凯 刘刚 郭绍坤 宋鹏 曹忠臣 史廷彬 白龙 杨兵 王鑫 左辉）