开采技术与装备

复杂条件下综采工作面调斜开采技术与实践

李生生[1]，李光勇[2]
（1. 天地科技股份有限公司，北京 100013；2. 大同煤矿集团有限责任公司 同家梁矿，山西 大同 037025）

[摘 要] 为了减少资金投入和提高采出率，研究了综采工作面调斜开采的技术与工艺。经过技术方案对比，同家梁矿8801工作面采用“虚心”旋转调斜开采技术，旋转半径226m。通过加强端头支护和超前支护，合理控制工作面头尾的推进度，保证了同家梁矿8801工作面调斜开采试验的顺利进行，实现了安全高效生产、资源采出率大幅提高。

[关键词] 复杂条件；综采工作面；调斜开采技术
[中图分类号] TD822.1 [文献标识码] A [文章编号] 1006-6225（2016）03-0043-03

Practical of Tilt Modulation Mining Technology of Fully Mechanized Face with Complex Condition

LI Sheng-sheng[1]，LI Guang-yong[2]
（1. Tiandi Science & Technology Co.，Ltd.，Beijing 100013，China；2. Tongjialiang Coal Mine，Datong Mine Corporation Co.，Ltd.，Datong 037025，China）

Abstract: In order to decreasing investment and improving recovery ratio，tilt modulation mining technology of fully mechanized face was studied，through technical methods compared，‘false center’ rotate tilt modulation mining technology was applied in 8801 working face in Tongjialiang coal mine，rotate radius was 226m. According face-end supporting and advanced supporting were enhanced，the advanced distance between two sides of working face was controlled reasonable，tilt modulation mining experiment in 8801 working face of Tongjialiang coal mine，safety and high efficiency of production was realized，and the coal resource recovery ratio was improved obviously.

Key words: complex condition；fully mechanized face；tilt modulation mining technology

保持工作面长度恒定和较长的推进距离是避免回采过程中支架、输送机装拆、搬运和工作面频繁搬家的常用手段[1-3]。但遇到断层、破碎带、采空区、陷落柱等特殊地质条件时，需要及时调整工作面布置和掘进方向。针对上述问题，目前最常用的两种方法是重开切眼和调斜开采[4-6]。重开切眼工艺简单，但需增加切眼工程量、遗留三角煤，从而造成煤炭资源损失，且搬家费用昂贵。调斜开采相对于重开切眼方案具有井巷工程量小、节约搬家费用、提高煤炭采出率、减少三角煤损失、节省搬家停采时间、稳定煤矿产量等诸多优点[4-11]。显而易见，工作面调斜开采存在较大工艺难度，工作面旋转期间，支架及输送机位置及方向不易控制，常常出现支架倾斜、相互挤压的现象，同时输送机头上窜下滑现象明显[5-6]。为减少工作面搬家频次，工作面须进行调斜开采[6]。调斜开采技术是在前进式采煤和Z形采煤基础上发展起来的，其实质是工作面的小角度旋转，以工作面运输机头或机尾为旋转中心，另一端围绕旋转中心旋转，使工作面沿若干分割的小扇形推进[5-7]。

1 工程概况

断层及采空区煤柱的影响造成同家梁矿8801工作面巷道无法直线布置，如图1所示。工作面由两部分组成：外段为8801-1工作面，内段为8801-2工作面。其中8801-1面即将回采结束，前期开采遗留的两条空巷垂直穿越工作面，空巷间煤柱宽16m。靠近8801工作面回风巷外侧存在一条断层，落差2.8m，对工作面的开采具有较大影响。8801-2工作面推进长度总计可达880m，工作面长113m，拐点角度约25.22°。回采巷道沿煤层顶板掘进，矩形断面，其中胶带巷和轨道巷断面高分别为3.8m和3.4m，宽均为5m。顶板状况一般，支护方式为锚-网-索+钢带。工作面主要配套设备为采煤机、液压支架和工作面输送机，型号和技术特征见表1。通过对经济技术指标的论证，决定采用调斜方法开采8801-2工作面，但面临如下困难：调斜区域内过两条空巷；断层带极为破

[收稿日期] 2015-10-10 [DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2016.03.011
[基金项目] 天地科技股份有限公司创新基金（KJ-2015-BJZM-03）
[作者简介] 李生生（1981-），男，河北衡水人，硕士，助理研究员，主要从事岩土工程堵水与加固，地质灾害防治的研究与施工。
[引用格式] 李生生，李光勇．复杂条件下综采工作面调斜开采技术与实践［J］．煤矿开采，2016，21（3）：43-45.

碎；顶板为复合层顶板且顶板不完整；高瓦斯区域；通过一条盲巷。

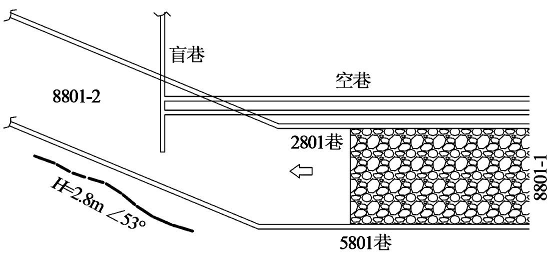

图1　8801工作面布置

表1　工作面主要配套设备型号及技术特征

设备名称	设备型号	主要技术特征
采煤机	MXA－600/30	电牵引采煤机，总装机功率1130kW，滚筒直径2000mm，卧底量402mm，滚筒截深800mm，采高1800～3076mm
液压支架	ZZ－6000－22/35	共77架，支架工作阻力6000kN，支架高度2.2～3.5m，支护强度0.83～0.87MPa，底座比压1.79MPa
工作面输送机	SGB－764/400	双边圆环式刮板链，电动机功率为2×200kW，输送量800t/h，可铺设长度180m

2　调斜开采优化设计

2.1　选择调斜旋转方式

合理的旋转中心点不仅关系到调斜和旋转的成败，同时也决定了方案的经济技术指标[9－10]。综采工作面旋转方式有实心旋转和虚心旋转两种。实心旋转调斜开采以输送机头为旋转中心，该方案的优点是旋转工作量相对较小、工艺简单、操作方便；但该方案旋转中心端支架移架步距小、支架对顶板多次反复支撑，不利于顶板管理，同时存在支架下滑、挤架和输送机与转载机搭接困难等问题。虚心旋转方式以调斜弧圆心为旋转中心，该方法的优点是输送机机头机尾协调前进，可显著改善旋转中心附近的顶板管理状况；但虚心旋转方式工艺复杂，难以精确控制旋转参数和旋转进度，并且也存在输送机和转载机搭接困难[11]的问题。通过对比，结合本工作面的实际情况，选择虚心旋转方式。

2.2　确定旋转半径及“虚心”

在调斜过程中要求头尾进度之比为1∶2，从而旋转半径为2倍的工作面长度。旋转“虚心”的确定方法如图2所示，具体为：在采掘平面图上分别作与调斜前后巷道平行的直线，该直线至巷道的距离为工作面长度L，这两条直线的交点即为旋转“虚心”O。过“虚心”O作与工作面推进方向垂直的直线，分别与工作面交于A，B，C，D四点。其中AB为调斜开始线，CD为调斜结束线，由几何关系可得：

$$AF = CF = OA \times \tan(\alpha/2) = 24.16(\mathrm{m}) \quad (1)$$

$$BI = DI = OB \times \tan(\alpha/2) = 50.56(\mathrm{m}) \quad (2)$$

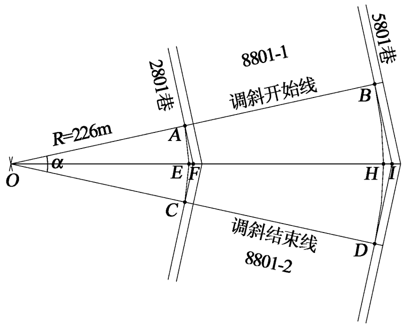

图2　工作面调斜旋转中心确定

2.3　计算最大开帮量

机头侧开帮量为EF，机尾侧最大开帮量为HI。由图2，根据几何关系得：

$$EF = OF - OE \quad (3)$$

$$OE = OA = R/2 - d \quad (4)$$

$$OF = OA/\cos(\alpha/2) \quad (5)$$

式中，R为旋转半径，226m；L为工作面长度，113m；d为工作面长度，5m；α为工作面旋转角度，25.22°；代入数据可求得$EF = 2.67$m；采用同样的方法，可求得$HI = 5.59$m。

2.4　计算长刀割煤进刀数

工作面调斜过程中各处都有进度，机尾处支架整步移动，机头机尾的移动按1∶2计算。长刀割煤，工作面每进1刀，工作面旋转的角度δ由式(6)计算，代入数据可得δ。

$$\delta = \arctan(B/R) \approx 0.2028° \quad (6)$$

式中，B为采煤机截深，0.8 m。

工作面需旋转角度$\alpha = 25.22°$，从而需长刀割煤进刀数N_1为：

$$N_1 = \alpha/\delta = 25.22/0.2028 = 124.36 \approx 125 \quad (7)$$

3　工作面调斜施工

3.1　调斜工艺准备[7－11]

（1）通风措施　针对通风安全制定专门的技术措施，首先凿开胶带尾盲巷密闭，采用压风机疏散有害气体，然后加装回风空巷风桥以改变回风风流，最后安设调节风窗，以控制风量。

（2）空巷支护　为防止空巷顶板及煤帮在调

斜开采的过程中出现意外，必须对空巷加强支护。在原锚杆 + 钢带支护基础上，采用锚索 + 钢带加强支护。

（3）清理巷道　将两条空巷和盲巷中的杂物清理干净，特别是金属物品，防止调斜期间损坏采煤机、刮板输送机、胶带等设备。

3.2　调斜开采措施

（1）开帮　为了在调斜段形成圆弧状巷帮，在转弯处对 2801 巷外侧开帮，开帮量介于 0～2.8m 之间，长度约为 50.6m；对 5801 巷内侧开帮，开帮量介于 0～5.5m 之间，长度约为 98.8m。

（2）过空巷　过空巷过程中始终保持溜尾滞后溜头 5～10m 以上进度开采，即工作面溜头先于溜尾 5～10m 以上。接近空巷时应严格控制采高，防止因采动影响造成空巷顶板冒顶。

（3）端头加强支护　调斜开采期间，扩帮造成上下端头空顶面积增大，采用“4 对 8 梁”方式加强支护，梁长 2.4m，保留关门柱子，1 梁 2 柱，迈步前进。

（4）超前支护[12]　调斜开采过程中，若巷道宽度大于 4m，超前支护变为 3 排，在巷道超高处或顶板破碎处必须架设双梁、木抬棚，并保证接顶良好。采用 1 梁 4 柱，梁长 6m，错距 3m，单体液压支柱间距 1.5m，作用点距梁端 0.75m。

工作面旋转过程如图 3 所示，调采过程中，工作面头尾的推进度采用巷道顶板上提前标好长度刻度来控制，工作面头尾推进度之比保持为 1∶2。工作面每刀进度主要依靠支架推移千斤顶调整。严控头尾进度即可保证调采工作面始终沿虚拟调斜中心旋转。

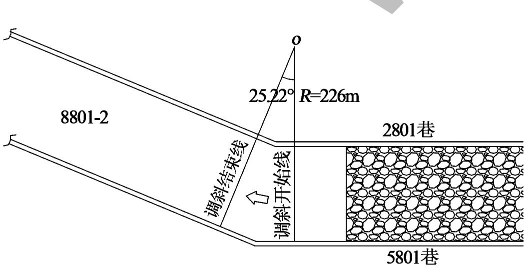

图 3　工作面调斜示意

4　调斜开采试验结果

本次调斜开采施工于 3 月 15 日正式开始，并于 4 月 1 日结束，仅用 18d 就顺利完成了调斜开采，与重开切眼方案相比，减少了井巷工程近 200m，节约搬家费用约 300 万元，多回收煤炭 42kt，提高了采出率。同时提高了综采设备的利用率，保证了工作面稳产高产，取得了较大的经济效益。

5　结束语

同家梁矿 8801 工作面在复杂条件下，通过科学规划，采取有的放矢的技术措施，解决了施工中出现的问题，调斜开采取得圆满成功，经济效益显著，调斜开采经验从无到有。通过本次调采试验可以得出：虚心旋转调采相比实心旋转调采可明显减少支架下滑、挤架和输送机与转载机搭接困难等问题，有利于顶板管理。合理有序的调采准备工作是调采成功的重要影响因素，巷道顶板上提前标好的长度刻度能较好地控制工作面头尾推进度。本次调斜开采为今后进一步研究与推广调斜开采技术积累了成功的经验，也为残留盘区、边角煤采用旋转开采经济合理地回收煤炭资源打下了坚实基础。

参考文献

[1] 姜学云．综采面工艺参数研究［M］．徐州：中国矿业大学出版社，1994．

[2] 李　伟，王乃国，张治高．煤矿安全高效开采理论技术与实践［M］．徐州：中国矿业大学出版社，2010．

[3] 陈炎光，徐永圻．中国采煤方法［M］．徐州：中国矿业大学出版社，1991．

[4] 屠世浩，郝明奎，谢耀社．孤岛煤柱综采工作面旋转开采关键技术［J］．中国矿业大学学报，2004，33（5）：520－523．

[5] 孙希奎．综放工作面大角度弧线旋转开采的设计［J］．煤炭科学技术，2004，2（4）：28－30．

[6] 邢　相，许盛运，张春华．大角度旋转开采技术在晓南矿的应用［J］．煤炭科学技术，2011，39（8）：39－41，49．

[7] 陈立才．旋转开采工艺在大倾角综采工作面的应用［J］．华北科技学院学报，2012，9（3）：68－70．

[8] 周希应．综采工作面调斜开采技术［J］．科学之友，2013（6）：2－3．

[9] 赵新汶．综采调斜技术研究与应用［J］．山东煤炭科技，2006（2）：45－46．

[10] 王　琪，赵明洲．综采工作面连续多次旋转开采技术及应用［J］．煤炭科学技术，2009，37（6）：14－16．

[11] 陆　伟，杨　科，杨晓杰，等．大倾角三软厚煤层综采工作面旋转开采技术［J］．煤炭科学技术，2014，42（7）：18－21，25．

[12] 刘桂仁，任保明．缓倾斜煤层综采面旋转开采方法［J］．西安科技学院学报，2001，21（4）：319－321．

[13] 陈兴民，王　峰，王振栋．“三软”煤层综采工作面旋转开采接架技术［J］．煤炭工程，2010，1（10）：37－39．

[14] 杨夫刚，孙　琪，张永刚，等．综放工作面大转角调斜开采实践［J］．山东工业技术，2015（14）：272．

[15] 雷引民．调斜开采和旋转式开采技术的应用［J］．山西焦煤科技，2003，27（4）：25－26，46．

［责任编辑：周景林］