

复杂地质条件下综放面回采过空巷技术

许继宗

〔摘要〕回采工作面过空巷是一项技术难题。大水头煤矿在煤层松软破碎、地质构造复杂条件下，通过对巷预先加固、工作面调整、工序优化及针对性的技术措施，快速、安全、经济地回采通过了联络巷(空巷)，取得了良好的技术经济效益

〔关键词〕复杂地质条件；综放；回采；过空巷

1 概况

东103工作面是大水头煤矿东一采区首采工作面，于2003年3月份开始回采，工作面走向长1632m，倾斜长120m，平均煤层厚度105m，可采储量225万t。工作面采用ZFSB-4000-17/28型液压支架，AM-500型采煤机。

大水头煤矿属高瓦斯矿井，平均瓦斯涌出量为12m³/t，东一采区是井田内瓦斯含量较高的块段，煤层瓦斯含量最高达26m³/t。东103工作面在掘进准备时，为解决长距离独头掘进的瓦斯超限问题，在掘进至840m位置时，由回风顺槽向运输顺槽方向施工一横贯工作面的辅助联络巷。

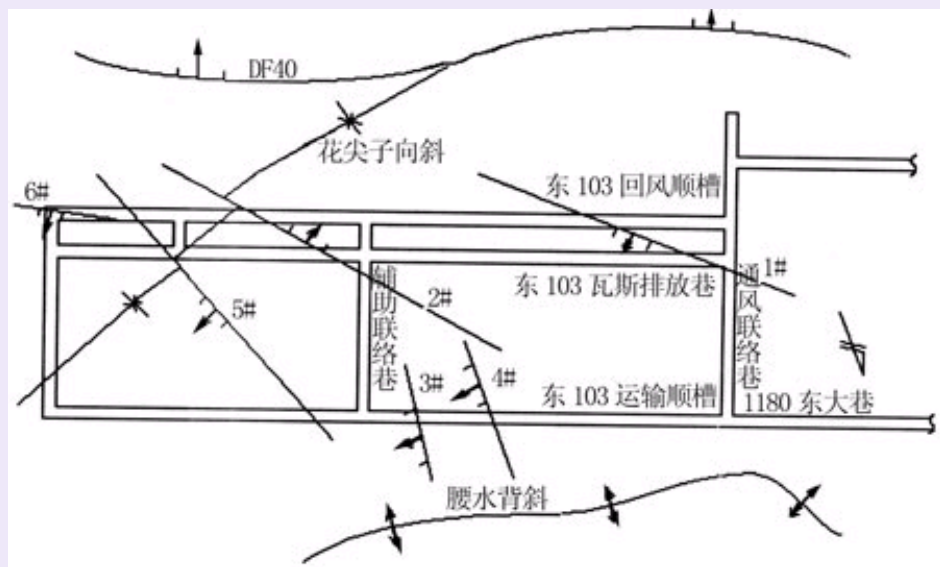


图1.1东103工作面布置及构造分布平面示意图

该辅助联络巷全长120m，沿倾斜方向连通运输顺槽、瓦斯排放巷和回风顺槽。巷道净宽3.4m，净高2.6m，采用锚网喷浆支护。该巷位于东103工作面几条断层的交叉影响地带，煤层松软破碎，巷道压力大，成形差。

2 项目开展的必要性

在复杂地质构造、大强度综放开采条件下，工作面过空巷是一项技术难

安全科普知识

- ◆ 不断发展的三维地震勘探技术
- ◆ 钻探勘查技术
- ◆ 中国煤炭能源新产业发展现状
- ◆ 中国煤炭煤质特征
- ◆ 中国煤炭煤质特征1
- ◆ 中国煤炭分类国家标准中各类煤
- ◆ 怎样做好煤矿新工人安全教育培训
- ◆ 我国煤矿职业危害的防治对策
- ◆ 数字解读山西煤炭
- ◆ 数字化矿井筑起安全保障线

更多>>

专家答疑

- ◆ 主巷道的风力
- ◆ 煤矿启封密闭的安全技术措施
- ◆ 主井的防腐处理
- ◆ 上隅角瓦斯治理
- ◆ 请问有没有办法让烟煤变成无烟煤变无烟煤
- ◆ 请问缺失挥发份的值怎么计算
- ◆ 证件
- ◆ 皮带断带的问题
- ◆ 抽出式局部风机的用途

更多>>

题，现实意义深远。

第一，目前，煤矿开采技术发展非常迅速，动压条件下回撤通道技术的研究成功并成熟应用，使大吨位综放设备的末采回撤技术有了质的提高和改进，技术经济效益显著。同时应当看到，在条件许可的前提下，如若将回撤通道预先掘出，或者实现一巷两用，将现成的巷道直接用做设备回撤通道，会使设备回撤速度更快，施工组织更简便。但是该技术的应用并非易事，其突出难点是动压条件下的巷道维护技术，即巷道在经历大强度综放开采后持续高应力破坏下，巷道如何能可靠维护并最终保证正常使用，特别是在煤层松软破碎，地质构造相当复杂的困难条件下。1#联络巷可理想地模拟为1条设备回撤通道，通过在联络巷内设点进行矿压观测，系统掌握随工作面推进巷道的顶帮移近量和变形破坏特征，为预掘回撤通道技术的支护参数设计提供理论依据。

第二，随着区段几何尺寸的加大，中间辅助联络巷的应用将日趋广泛。研究在复杂地质条件下，综放工作面过空巷适用的施工方案和相关技术措施，降低施工成本，保证工作面快速、安全、经济地通过联络巷，提高单产和工效。

3 关键技术方案

工作面通过联络巷是一项较为复杂的系统工程，所涉及的问题多，特别是前期准备、联巷加固、工作面调整是关键环节，细化每一环节，有利于整体方案的可靠实施。因此，必须分阶段、有步骤地抓好每一过程，以保证各环节的合理衔接和实施。

3.1 联巷预先加固

联巷预先加固的目的是有效控制巷道在强烈采动压力下的破坏变形，使巷道的变形量控制在允许范围内，以确保工作面与联巷能直接衔接，不致发生巷道塌落冒顶。该巷道原始支护方式为锚网喷浆形式，设计采用双排带帽木点柱进行加固，既保证了加固支撑效果，又利于回采时人工直接回收。带帽点柱排距1.2m，柱距0.8~1.2m。在联巷与三巷交岔地带，缩小点柱间距并增设小孔径树脂锚索进行补强。

3.2 工作面顶板控制

对于松软破碎煤层，通过联络巷的主要难点之一是顶板控制问题，特别是工作面与联络巷的沟通衔接工作。由于1#联络巷位于条断层的交叉影响地带，伴生的滑动面、错动面构造相当多，瓦斯压力大，煤体的瞬间流变破坏显著，在正常回采时，架前片冒影响常常是防不胜防，制约正常生产。因此，在工作面与联巷采通前的煤壁控制问题是决定工作面能否顺利通过联巷的关键性技术之一。针对煤体极其松散易冒的特点，从距离1#联络巷10m处开始，采取了“控制放顶煤、加快推进度”的技术管理措施，人为控制架顶煤体的垮落破断线前倾，减缓周期来压的破坏性影响。在操作工艺上，严格执行“带压擦顶、打提柱拉移”和“超前移架、煤帮超前维护技术”，杜绝一切操作不慎造成的片帮抽冒，并且一旦有抽冒空洞，立即进行棚严绞实，防止抽冒范围的扩大。

3.3 伪斜调整技术

根据不同的施工条件，可采取不同方式通过空巷。在大强度综放开采和复

杂地质条件下，一般不宜采取“全长正过”方式，必须对工作面提前予以调整。因为若工作面全长与空巷采通，其不良后果将是全局性的，一旦发生抽冒现象，抽冒造成的影响使推进速度减慢，进而使抽冒范围迅速扩展后可能波及工作面全长，造成工作面全长范围内的顶板急剧下沉，恶化项板状况。因此，为便于控制顶板，必须设法减小空巷在工作面每次推进空间内所占面积，以做到分片、分时治理，合理有序通过。

因此，工作面在接近联络巷之前，必须预先将工作面最大限度地调整为伪斜，使工作面逐段通过联络巷。东103工作面在采至联络巷之前，将工作面伪斜角度调整为 5° ，即回风顺槽超前运输顺槽侧11m，工作面平均每推进一帮，将有4~6架支架与联络巷沟通。

3.4 工作面底板坡度调整

由于联络巷位于几条断层影响地带，造成区域内底板起伏变化大，为少采石头，工作面从联络巷以东20m(即还未过联络巷时)开始，机头~40#段即进行底板抬升仰采，调整后的效果是：与联络巷采通后，工作面40~80#段与联络巷平面沟通，直接穿越；40#~机头段从联络巷顶部立体穿越，工作面底板标高与联络巷顶板标高相差0.5~2. m，即工作面底板与联络巷顶之间留有实体煤，工作面从顶部跨越回采。

3.5 工序组织

根据大强度综放开采超前压力显现强烈的特征，从整体上，采取“伪斜调整，逐段通过”技术；同时，在工作面倾斜长度范围内，因分段压力显现各异，因此在通过方法上也针对性地有所不同。压力显现最为剧烈的地段一般表现在上下出口范围内的应力集中地段，因此，上下出口段是过联络巷顶板管理的核心部位。据此，工作面在回风顺槽首先揭露联络巷后，采用“两头快速通过、中间整体调整”的思路，对工作面机尾段，先集中力量短插刀快速通过，之后平稳通过中部段，并为工作面全部通过联络巷做好准备与调整，最后在机头段短刀快速通过。从实际通过时的压力显现状况来看，上下出口各15~20m范围内的压力显现明显强于其它地段，顶板压力增大明显，并普遍达额定工作阻力。采用这一技术，很好地缓解了高应力、大压力造成的顶板控制上的被动性，有效抑制了支架的大幅下缩和顶板下沉。

4 矿压观测及显现特征分析

矿压观测是过联络巷的一项基础性技术管理工作，观测内容包括：在采场超前压力作用下联络巷始动变形起始距离，联络巷随工作面推进的顶帮移近量大小和变形特征，工作面液压支架在通过联络巷前、中、后的压力变化情况，煤壁的片帮深度、抽冒高度等现场原始资料。通过这些数据的分析总结，掌握评价联络巷的原始支护效果，为及时采取合理有效的加固方法提供依据；掌握工作面随着接近联络巷，工作面以及联络巷内的压力发展变化趋势，以便及时采取相应的顶板控制加强措施，保证顺利通过联络巷。

4.1 测站布置

在联络巷内布设5个测点，1#点位于联络巷与回风顺槽交岔处，2#点距回风顺槽15m，3#点距回风顺槽60m，4#点距运输顺槽15m，5#点位于联络巷与运输顺槽交岔处，从距离工作面75m处开始进行实测。工作面液压支架每隔3架装一压力表。

4.2 观测结果

观测数据见下表：

表1

1#联络巷顶帮移近量观测统计单位：m

| 点号 | | 75 | 65 | 55 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | 3 | 0 |
|----|----|-----------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1# | 两帮 | 0 | 7 | 11 | 19 | 41 | 63 | 187 | 190 | 245 | 300 | 319 | 341 | 352 | 364 |
| | 顶底 | 6 | 13 | 21 | 30 | 69 | 129 | 169 | 201 | 234 | 265 | 287 | 341 | 360 | 385 |
| 2# | 两帮 | 0 | 6 | 10 | 13 | 16 | 35 | 54 | 97 | 108 | 117 | 129 | 140 | 144 | 147 |
| | 顶底 | 0 | 3 | 6 | 10 | 15 | 29 | 39 | 85 | 91 | 109 | 121 | 130 | 136 | 140 |
| 3# | 两帮 | 0 | 0 | 7 | 13 | 16 | 37 | 60 | 65 | 71 | 80 | 85 | 99 | 105 | 109 |
| | 顶底 | 0 | 5 | 9 | 16 | 19 | 46 | 53 | 69 | 81 | 83 | 87 | 93 | 109 | 114 |
| 4# | 两帮 | 0 | 16 | 21 | 30 | 38 | 69 | 111 | 120 | 139 | 150 | 157 | 165 | 179 | 183 |
| | 顶底 | 3 | 10 | 25 | 35 | 47 | 76 | 100 | 117 | 123 | 149 | 169 | 180 | 186 | 192 |
| 5# | 两帮 | 7 | 20 | 31 | 40 | 69 | 121 | 164 | 193 | 200 | 238 | 256 | 271 | 289 | 296 |
| | 顶底 | 15 | 28 | 49 | 76 | 100 | 159 | 183 | 219 | 250 | 279 | 300 | 334 | 351 | 360 |
| 备注 | | 位置为推进工作面距联络巷的距离 | | | | | | | | | | | | | |

表2

东103工作面过联巷期间顶板压力观测值单位：Mpa

| 支架号位置(m) | 8 | 5 | 3 | 1 | 0.5 | 0 | 通过阶段 | 通过阶段 | 通过阶段 | 通过阶段 | 已通过 |
|----------|------------------|----|----|----|-----|----|------|------|------|------|-----|
| 75# | 20 | 23 | 22 | 25 | 35 | 37 | 10 | 12 | 15 | 13 | 15 |
| 70# | 21 | 23 | 22 | 25 | 35 | 12 | 8 | 5 | 4 | 0 | 0 |
| 65# | 21 | 23 | 27 | 29 | 20 | 31 | 11 | 17 | 20 | 5 | 18 |
| 37# | 26 | 24 | 25 | 28 | 32 | 35 | 21 | 15 | 16 | 9 | 15 |
| 23# | 23 | 24 | 25 | 25 | 27 | 20 | 18 | 19 | 21 | 20 | 22 |
| 18# | 22 | 25 | 27 | 25 | 31 | 38 | 24 | 20 | 21 | 23 | 21 |
| 13# | 24 | 22 | 22 | 25 | 32 | 34 | 29 | 21 | 19 | 17 | 22 |
| 5# | 25 | 25 | 26 | 25 | 31 | 35 | 28 | 23 | 25 | 25 | 22 |
| 备注 | 位置为随推进工作面距联络巷的距离 | | | | | | | | | | |

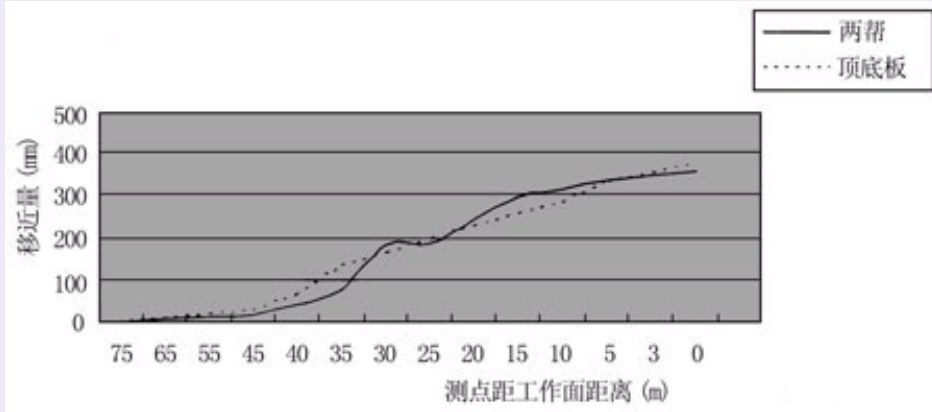


图4.11#联络巷顶帮移量观测曲线图（1#点）

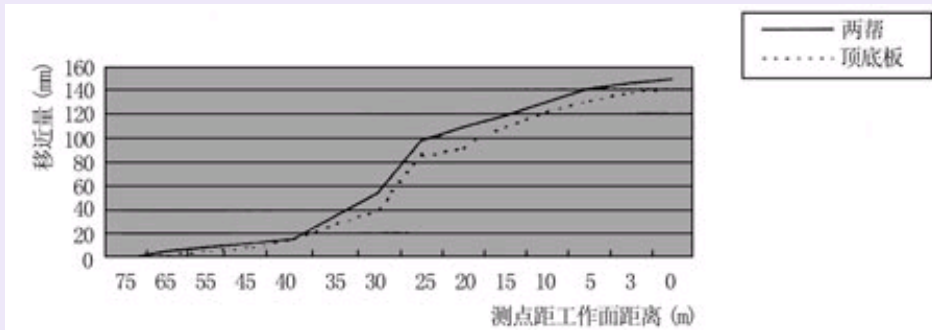


图4.21#联络巷顶底板移近量曲线图（2#点）

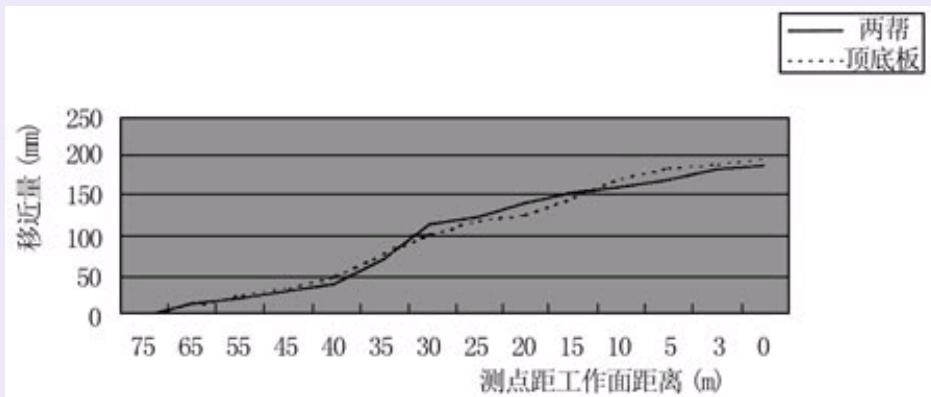
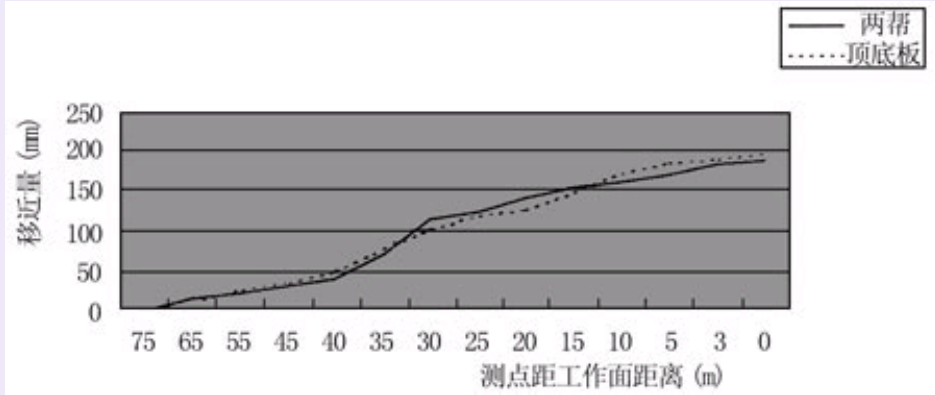


图4.31#联络巷顶底板移近量曲线图（3#点）

4.2.1 联巷顶、底板移近量

(1) 联络巷在距离工作面70~75m左右位置处开始有移近变形，并有轻微片帮等外在现象表现。

(2) 从距离工作面30~40m处开始，联巷顶、帮移近量渐趋明显，并有个别锚杆螺母崩脱、锚杆拔断等，在工作面推进至联巷5m处时，顶帮移近量将逐渐增至最大值。在联巷全长范围内，变形量大的地段为靠近上、下开口位置，顶板最大移近量为385mm，两帮最大移近量为364mm。（见附图：巷道顶底板移近量曲线图）



附图4. 41#联络巷顶底板移近量曲线图(4#点)

4.2.2 工作面内

(1)在距离联络巷3~5m之前,工作面矿压显现基本为正常状态,并无明显变化;之后,随着工作面接近联络巷,压力将明显增大,在联络巷帮部遭受煤机的截割破坏,即支架项梁挑上联络巷巷项与工作面进行衔接时,压力将增至最大值,大多支架达到额定工作阻力,立柱收缩量也明显增大。在倾向长度内,仍是中部压力较小,而上下出口段则压力显现强烈,立柱下缩量非常明显,并诱发架前抽冒。

(2)在工作面40#~机头段,工作面从联络巷顶部穿越(跨采穿越),工作面底板与联巷巷顶之间有1~2.5m的实体煤,在通过联巷之前,压力变化趋势基本同机尾段;而在跨越通过阶段,则持续维持项板高压、支架大收缩量状态,直到工作面完全穿过联巷。并在机头~20#支架段诱发架前抽冒。其主要原因是:联巷顶部煤体受强烈采动影响而完全破坏,顶部锚杆对项板的控制已完全失去作用,大量顶板岩石抽冒落下。

4.2.3 矿压显现特征分析

(1)在距离联络巷3~5m之前,尽管工作面矿压显现与正常回采条件下没有大的不同,但此段应是过联巷的关键性地段应引起足够重视。在此段内必须做到:控制放顶煤,严格及时移架,加强顶板管理工作,防止压力超前显现和架前抽冒,充分做好过联络巷的准备工作。

(2)在工作面与联巷完成衔接的过程,是压力显现最为强烈的阶段。一方面,由于采动压力与巷顶残余静压相互迭加作用,使压力作用在瞬间极速升高;同时,又由于联巷的帮部突然遭受完全破坏,顶板失去了墙基的强力支撑,加剧了项板压力的急剧回转和增大。因此,工作面应采取积极措施快速通过,使支架项梁能完全控制巷顶,否则,由于压力的猛增会造成顶板大量下沉,导致架前片冒、支架高度降低甚至压为死架,使工作面难以通过。具体措施是:工作面一旦与联巷采通,要全力组织连续推进,将工作面的管理重点汇集于这一点上,使工作面与联巷快速完成完全衔接这一过程。

(3)当工作面支架继续前移,使联络巷顶板的一半以上位于支架顶梁的支撑控制之后,工作面压力则明显下降,甚至个别支架出于“0”支撑状态,这就充分验证了联络巷的支护作用,即在大的迭加压力作用下,尽管联巷会破坏变形,但由于锚杆的主动支护作用,使顶部煤体的应力状况得到有效补强和改

善，即使两帮受煤机的截割完全破坏，但其支护作用仍在一定范围内存在，对顶板起到一定的辅助支撑作用，使工作面支架“减压”。

(4)在跨采穿越地段(40#~机头段)，工作面压力显现与隔离体的厚度有关，隔离煤体越厚，压力显现越接近于正常状态；隔离煤体越薄，则使顶部锚杆的支护体系遭受破坏，很容易诱发冒顶。

5 主要技术难点和治理对策

5.1 支架下陷的预防和处理在工作面40#~机尾段，即工作面与联巷平面通过地段，基本上不存在支架下陷问题，40#~机头段，由于工作面从联络巷顶部跨采穿越则不可避免地存在支架下陷问题，可采取以下技术措施。

(1)根据联络巷顶板与工作面底板之间煤体厚度的大小，可预先对联络巷采取不同的方法进行处理。对煤体厚度在1.5m以上的地段，在联络巷内采用密集点柱支护，增强其支撑作用，对煤体厚度在0.5m以下地段，则取消点柱等一切辅助支护方式，并放炮崩落使其塌实。

(2)对联络巷预先充填塌实，工作面与联络巷立体沟通后，每隔3-5架，由工作面底板施工小眼，用高压液体向联络巷内冲填煤体。

(3)工作面支架拉移时，在底座下垫道木、煤等，防止底座钻底，并全部打提柱、帮单体拉移。

(4)采取一切措施，加快空巷段的推进速度，避免工作面支架长时间滞留于空巷上。

5.2 架前冒顶的处理措施

预防工作面冒顶的技术措施是综合性的，在前面的章节中已有介绍，在此不再赘述。在松软破碎煤层和大强度综放开采条件下，绝对杜绝抽冒的发生是有很困难的，但合理有效的技术措施应能使抽冒程度和范围减小，保证工作面快速通过冒顶区。东103工作面通过联络巷时，在靠近工作面上、下端头附近范围内都出现不同程度的抽冒现象，采取以下方法处理。

(1)在联络巷与上下顺槽的交岔位置6m内，预先架设走向抬棚加强支护，在工作面与联络巷沟通时，液压支架项梁直接挑上抬棚的棚梁。

(2)距联络巷2m位置开始，采取打提柱、帮单体移架方式，支架少降快移，并一次拉到位。

(3)对抽冒地段，及时在煤壁侧采用打贴帮柱、架设倾向抬棚支护并进行绞顶。

6 技术经济效益分析

随着采煤技术的不断发展，区段的走向、倾向几何尺寸将加大，超长型工作面是发展趋势。在高瓦斯条件下，通常要布置1条或数条中间辅助联络巷，用以解决超长距离掘进时的瓦斯超限、运输等问题，但同时，在工作面回采后联

络巷又成为一段空巷对正常回采造成一定影响。特别是在煤层松软破碎、断层构造多、地质构造复杂条件下，由于顶板管理上的困难，在工作面与联络巷进行衔接时，往往容易造成大量的顶板下沉、架前冒顶、支架下陷等严重问题，使工作面陷入极度的困境之中。东103工作面地质条件复杂多变，在1#联络巷附近块段，几条断层交叉影响，工作面底板凸起，煤层松软破碎，上下两巷维护状况差。在精心组织、科学管理下，东103工作面仅在一周时间内就安全、顺利地通过联络巷，并科学、有效地治理了其间的冒顶、支架下陷及其它连带性技术问题，没有造成灾难性生产影响，技术经济效益显著。

(1)采取的技术方法合理。进行大伪斜角度的调整后，既有效控制了由此而造成的前后溜上下窜问题，确保正常的生产技术管理，又保证了“伪斜调整，逐段通过”方案的顺利实施，为顶板管理工作创造了非常有利的条件。

(2)联络巷内采用带帽点柱进行加强支护，支护方式简单可靠，并且在工作面与联络巷衔接后，大部分点柱可以回收；顶板控制技术科学、有效，没有造成严重的抽冒影响。因此材料投入少，可节约大量的支护材料费用。

(3)通过一系列技术措施的实施，使工作面安全、稳定、快速地通过联络巷，在通过阶段产量没有形成大的回落，更没有造成停产性影响。较通常情况下，至少可节省工期3~5d，若日产按3000t、吨煤效益按80元计算，可创造效益近百万元。

7 结论

(1)在复杂地质条件下，采取科学的技术手段、进行必要的工作面调整后，可保证工作面安全、顺利、经济地通过空巷。其技术措施是综合性的，但伪斜调整、顶板强化控制、通过工序的优化等是核心技术内容，应进行重点摸索和合理掌握。

(2)联络巷(空巷)必须有良好的维护状况，锚杆支护方式则较为理想。工作面在推进至距联络巷70m处之前，应完成联络巷的加固工作，确保巷道不发生冒顶塌落。若巷道移近变形量不大，采取简单点柱加固即能起到良好效果。

(3)根据顶帮移近量变化情况，联络巷采用锚网喷浆支护方式，并进行简单的点柱加固后，能满足回采通过的基本要求；若考虑联络巷的使用(如作为支架回撤通道)，在联络巷掘进施工时，必须进一步增大支护强度，特别是上下出口段，要考虑采用联合支护方式。主要措施是：巷顶全部采用18×2800mm钢筋锚杆，在上下出口段同时增设树脂锚索补强，并全长范围内支设密集点柱加强支护，使工作面与联络巷能够可靠完成衔接，并且在衔接后，联络巷仍能长时间承受采场支承压力的，将移近量控制在允许范围内，不致发生巷道冒顶，并保证其正常使用。

[作者简介] 许继宗(1966-)，男，甘肃陇西人，1990年大学本科毕业，高级工程师，在国家级学术刊物上发表论文多篇，现任靖远煤业有限责任公司大水头煤矿矿长兼总工程师。

E-mail: master@mtsbxxn.com mtsbxxn@163.com
网站备案号: 京ICP备05035317号

