

# 复杂地质条件下提高煤矿资源回收方法

——以潞安化工阳泉五矿为例

张 鑫, 焦小石

(潞安化工集团阳泉五矿, 山西 阳泉 045209)

**摘要:** 针对潞安化工集团阳泉五矿地质条件复杂造成大量煤炭资源浪费的现状, 分析导致煤矿损失率偏高的主要原因。提出了提高煤矿资源回收的方法, 包括提高地质预测预报的超前性、准确性和实效性, 严格制定放顶煤管理办法, 合理调节割煤、放煤工序, 加强职能部门与一线生产单位的沟通与煤炭运输、洗选加工环节的监管力度等。通过采取以上措施, 可极大提高煤炭资源的回收。

**关键词:** 陷落柱; 放顶; 探煤; 地质预测预报; 断层

**中图分类号:** TD823 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)03-0020-06

潞安集团阳泉五矿矿井地质构造较为复杂, 断层特别是陷落柱十分发育, 数量多且分布不均。由于受构造影响, 工作面被迫缩短或开绕巷通过, 造成大量巷道报废。有的工作面掘进几百米后就无法继续掘进, 或者只能形成采长超过 100 m 的“微型”工作面。甚至由于陷落柱的密集发育造成大面积不可开采, 导致井田内煤炭可采储量减少, 矿井服务年限缩短, 大量资源储量损失。

为减少煤炭资源储量损失, 提高煤炭产量, 国内学者进行了大量卓有成效的研究。王红星<sup>[1]</sup>以潞安集团漳村煤矿 2106 回采工作面为例, 提出了优化采区设计参数和巷道布置、强化工作面端头端尾和工作面初采末采管理等提高煤炭资源回收的方法。孙斐和张恒<sup>[2]</sup>指出及时准确地掌握顶、底煤厚度对提高煤炭回收率具有重要的指导意义。周长建和安招杰<sup>[3]</sup>指出加强管理, 降低煤矿综放面开采损失等措施可以有效提高综采放顶煤工作面回收率。陈俊钢等<sup>[4]</sup>指出采取科学合理的放煤工艺等可以提高煤炭资源回收。宋晓彪<sup>[5]</sup>指出低位柔性采空区浮煤回收技术和装置有助于提升综放工作面煤炭回收率。谢冰<sup>[6]</sup>发现综采工作面煤量损失主要包括工艺损失、端头损失、底煤损失和浮煤损失等, 可通过改进生产工艺减少损失率。于建泓和高洁<sup>[7]</sup>针对东滩煤矿 143 上 07 综放工作面两端头损失难以有效减少现状, 提出响应的对策。白如鸿<sup>[8]</sup>调查杨

伙盘煤矿煤炭资源回采率现状, 提出进行技术改造、推广综采技术、加强过程管理可以有效降低损失率。鲁世状<sup>[9]</sup>研究指出缓倾斜厚煤层使用放顶煤技术开采的工作面其回采率低是普遍存在的问题, 并提出降低综放面损失率的几种途径。

肖永洲等<sup>[10]</sup>通过对鲍店煤矿 11 个综放工作面的损失量进行分析, 指出提高减少顶煤损失是降低综放面损失量的关键。边强<sup>[11]</sup>通过详细地分析得出生产矿井应当根据自身生产实际情况组合使用放顶煤开采工艺和大采高支架一次采全高工艺。宋东欣<sup>[12]</sup>得出应用“初采阶段解除支护、末采阶段水力压裂”等技术手段可以有效提高煤炭资源回收。张华等<sup>[13]</sup>研究得出煤层厚度的探测工作准确与否直接影响了综放面采出率。李俊龙<sup>[14]</sup>通过研究证明合理的放顶煤工艺、确定和优化放顶煤参数, 是矿井实现稳产、高产、高效、高采出率的主要技术手段。宋子玉和崔松竹<sup>[15]</sup>研究了放顶煤液压支架架型、放煤步距、采放比、放煤工艺等对降低落煤损失的影响。魏一宁<sup>[16]</sup>对提高放顶煤工艺回采率的主要途径进行了深入分析。张文军<sup>[17]</sup>详细分析煤矿地质测量与安全生产及成本之间的辩证关系。吉继海<sup>[18]</sup>研究得出工艺损失量为综放工作面煤炭损失的主要组成部分。陈守明等<sup>[19]</sup>研究得出实施调度室掌控分仓分提可以有效降低原煤入洗成本。刘锡州<sup>[20]</sup>结合灵新煤矿矿井实际, 提出了多

**收稿日期:** 2024-08-01

**作者简介:** 张鑫(1985—), 女, 山西阳泉人, 工程师, 研究方向为煤矿储量管理; 焦小石(1983—), 男, 陕西澄城人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为煤矿管理。

项可以提高煤炭资源回收率的措施。李杰<sup>[21]</sup>提出综采放顶煤开采技术是中国煤矿高产高效的重要技术手段和煤矿开采技术的重要发展方向。亓轶等<sup>[22]</sup>指出煤柱的研究虽然在开采初期可以保持稳定并支撑上部岩层,但是在实际工程中,但地质构造发育复杂、结构多变可能最终导致煤柱失稳。

国内研究人员以各自工作煤矿为例,给出的降低煤矿资源损失及提高煤矿资源回收的方法十分具有针对性,效果十分显著。同时,也指出对于地质构造发育复杂等情况,煤柱可能会失稳,这不仅会带来安全问题,还会导致煤炭资源的浪费。但是,对于复杂地质条件下提高煤矿资源回收的研究较少,缺乏必要的参考实践。因此,本文以潞安化工集团阳泉五矿为例,研究了如何在断层、挠曲特别是陷落柱十分发育等复杂地址条件下提高煤矿资源回收的措施,为类似复杂地质条件下矿井提高煤炭资源回收提供参考。

## 1 矿井现状及回收率低原因分析

### 1.1 矿井现状

潞安化工集团阳泉五矿地质构造错综复杂,大小断层纵横,褶曲褶皱成群,无炭柱星罗棋布。自然禀

赋先天不足,开采条件之恶劣,超乎想象。2022年1—6月共6个陷落柱,5个挠曲,具体情况见表1。

表1显示,五采区8508工作面、中央区8224工作面、南翼采区83202工作面揭露3个大型陷落柱。四采区8419过大型挠曲构造,挠幅大于10 m,倾角大于20°。煤层顶板四采区较松软破碎,片帮、流矸现象较为普遍。南翼受厚夹矸影响,放顶不彻底,顶板管理十分困难,对回采影响较大。

2022年1—6月全矿工作面损失及全矿采区损失详细构成分别见表2、表3。表2、表3显示,2022年1—6月共损失煤量638 336 t,具体包括工作面内损失与工作面外损失。工作面内损失包括面积损失、厚度损失及落煤损失,合计359 117 t,损失率13.14%;工作面外损失包括巷道煤柱和厚度损失,合计279 246 t,全矿采区损失率20.74%。

### 1.2 资源回收率低原因分析

通过对2022年1—6月采区、工作面损失进行统计分析得出:初采损失7 967 t、末采损失7 048 t、放顶煤损失182 399 t、面积损失129 281 t、落煤损失32 420 t、巷道煤柱222 459 t及损失厚度56 787 t。对造成这些损失的原因逐项分析如下。

表1 2022年1—6月过构造统计

| 工作面   | 陷落柱                         | 挠曲   | 夹矸情况             |
|-------|-----------------------------|--|------------------|
| 8419  |                             | N1 平均挠幅 10 m, 倾角 23°                         |                  |
| 83208 | CX15(22 m×13 m)             | N3 平均挠幅 14 m, 倾角 27°                         |                  |
| 83202 | X3(75 m×30 m)及两个小陷落柱 X2、X11 | N3 平均挠幅 6 m, 倾角 41°                          | 顶部厚夹矸 0.7~1.1 m  |
| 8508  | 164 m×48 m                  |  | 工作面厚夹矸 1.0~2.0 m |
| 8224  | X1 陷落柱(122 m×64 m)          | N4 平均挠幅 10 m, 倾角 53°<br>N5 平均挠幅 14 m, 倾角 35° |                  |

表2 2022年1—6月贵石沟井工作面损失情况统计

| 采区  | 工作面   | 动用储量/t    | 合计      | 工作面内损失煤量/t |         |        | 损失率/% |
|-----|-------|-----------|---------|------------|---------|--------|-------|
|     |       |           |         | 面积损失       | 厚度损失    | 落煤损失   |       |
| 四采区 | 8419  | 294 709   | 37 236  | 8 338      | 25 636  | 3 262  | 12.63 |
| 中央区 | 8224  | 731 449   | 92 027  | 25 037     | 58 039  | 8 951  | 12.58 |
| 南翼区 | 83208 | 174 992   | 25 934  | 7 399      | 16 621  | 1 914  | 14.82 |
|     | 83202 | 618 970   | 82 210  | 42 808     | 31 813  | 7 589  | 13.28 |
| 五采区 | 8508  | 913 738   | 121 710 | 45 699     | 65 307  | 10 704 | 13.32 |
| 合计  |       | 2 733 858 | 359 117 | 129 281    | 197 416 | 32 420 | 13.14 |

表3 2022年1—6月贵石沟井采区损失煤量情况统计

| 采区  | 采区动用储量/t  | 工作面内损失煤量/t | 工作面外损失煤量/t |        |      | 采区损失合计/t | 采区损失率/% |
|-----|-----------|------------|------------|--------|------|----------|---------|
|     |           |            | 巷道煤柱       | 厚度损失   | 其他损失 |          |         |
| 四采区 | 338 571   | 37 236     | 29 525     | 7 125  | 0    | 73 886   | 21.82   |
| 五采区 | 1 040 499 | 121 710    | 84 353     | 20 521 | 0    | 226 584  | 21.78   |
| 中央区 | 806 314   | 92 027     | 43 649     | 13 867 | 0    | 149 543  | 18.55   |
| 南翼  | 892 478   | 108 144    | 64 932     | 15 274 | 0    | 188 350  | 21.10   |
| 合计  | 3 077 862 | 359 117    | 222 459    | 56 787 | 0    | 638 363  | 20.74   |

### 1.2.1 初采损失和末采损失

这两部分煤炭损失由于衔接原因产生,2022 年 1—6 月 5 个回采面中有 1 个初采和 1 个末采。该损失是采煤技术本身造成的,属于合理损失,不必进行人为干预。

### 1.2.2 面积损失、落煤损失、巷道煤柱损失

这三项煤炭损失按照国家设计标准的规定属于合理损失,也不必进行人为干预。

### 1.2.3 放顶煤损失

(1)构造原因。2022 年 1—6 月五采区 8508 工作面、中央区 8224 工作面、南翼采区 83202 工作面揭露 3 个大型陷落柱;四采区 8419 过大型挠曲构造,挠幅大于 10 m,倾角大于 20°;煤层顶板四采区较松软破碎,片帮、流矸现象较为普遍,南翼受厚夹矸影响,放顶不彻底,顶板管理十分困难,对回采影响较大。上半年共过 6 个陷落柱,5 个挠曲。

(2)放顶原因。夹矸数量增多且较厚,放顶不彻底,回采面顶煤回采率低于 80%。

### 1.2.4 厚度损失

个别队组片面追求回采进度,在生产过程中没能及时调整好溜子坡度,出现了在没有构造和煤层坡度不大情况下不合理丢煤现象,一定程度上影响了回采率。

## 2 针对性措施及实施效果

### 2.1 针对性措施

通过采区、工作面损失统计分析,针对构造原因和衔接原因之外可以人为干预的部分制定出合理可行以及可以推广的针对性组合措施,包括:①运用先进技术装备,如瑞利波超前探测仪、防爆探地雷达及 DT-150 超前探测仪,提高地质预测预

报的超前性、准确性和实效性。②工作面放煤工要规范操作,支架尾梁平齐,后溜不得出现大量矸石;回采工作面遇陷落柱时,在保证机组通过的情况下尽量降低采高在 2.4 m 以下;及队组过完陷落柱后,地质测量部及时下发丢底煤通知单等其他技术措施。③强化煤矿日常管理,逐步实施精细化管理。

#### 2.1.1 加强地测工作,提高地质预测预报的超前性、准确性和实效性

地测部门利用瑞利波超前探测仪、防爆探地雷达及 DT-150 超前探测仪进行构造预测、指导队组合理过构造方面起到了重要作用。利用瑞利波超前探测仪共探测 102 次,总计探测 8 160 m,提出了异常点 183 个,证实准确 92 个,准确率为 50.2%。利用防爆探地雷达探测 112 次,总计探测 3 360 m,提出了异常点 165 个,证实准确 98 个,准确率为 59.3%。利用 DTC-150 超前探测仪探测 23 次,总计探测 3 450 m,提出 43 个异常点,证实准确 18 个,准确率 41.8%。

(1)运用 DTC-150 对 83207 内错尾巷 7V19 北西 93 m 位置进行探测,结果如图 1、图 2 所示。通过纵横波偏移剖面综合分析可得掘进头前方 40~45 m 处存在一个异常区,可能为陷落柱边界。照此预测,在采掘过程中对地质异常区格外关注,加强地质观测、钻探、现场资料收集工作。最后根据实际情况,验证了在 41 m 处出陷落柱。

(2)运用瑞利波超前探测仪对 8413 进风巷 1310 测点北西 47 m 位置进行探测,结果如图 3 所示。由图 3 可知,探测前方 5~8 m 处有异常,可能为陷落柱边缘。实际验证 8 m 处进风巷存在实际揭露陷落柱。

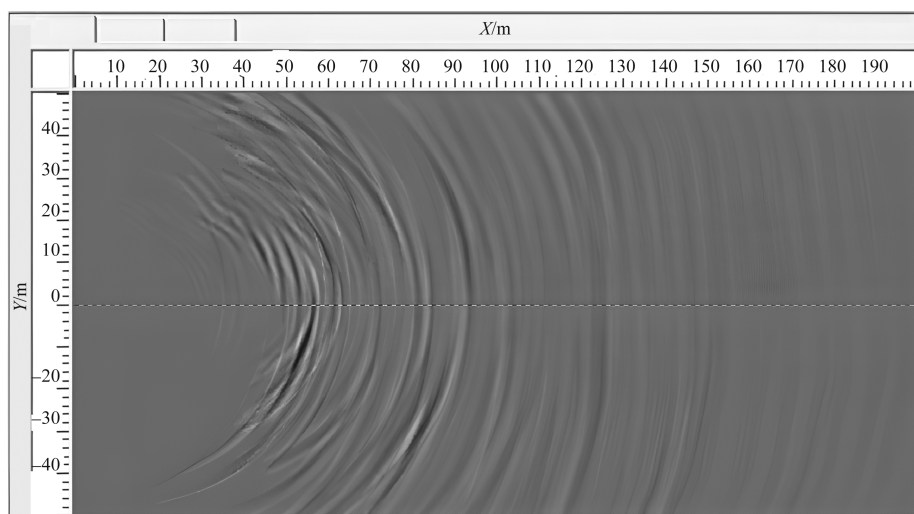


图 1 煤矿 83207 内错尾巷纵波深度偏移剖面

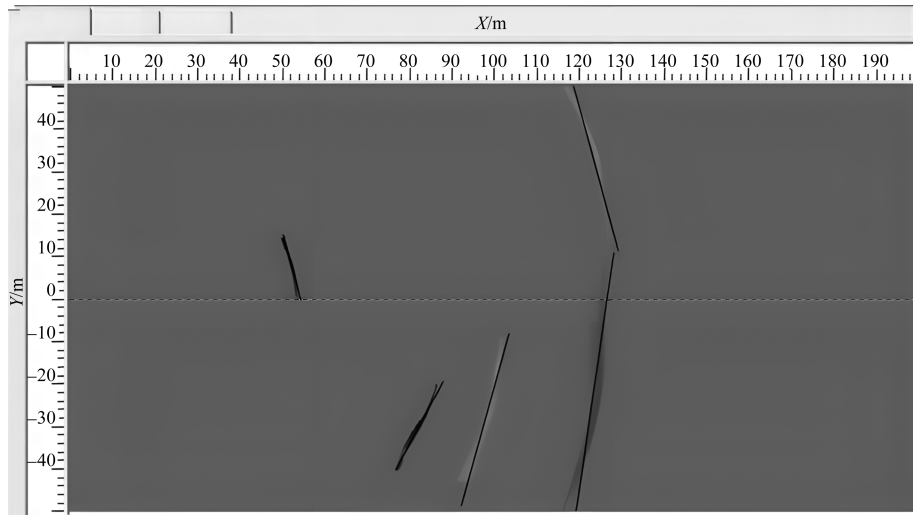
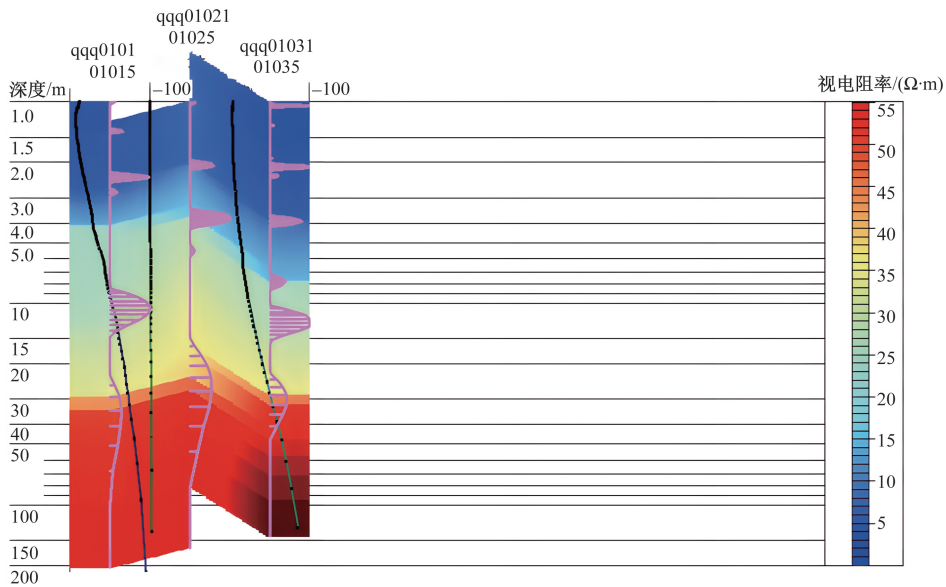


图2 煤矿 83207 内错尾巷纵波提取的反射层



左上的 qqq0101 01015 等代表测量通道的编号;100 代表剖面长度,单位为 m

图3 8413 进风巷 1310 测点瑞利波超前探测仪结果

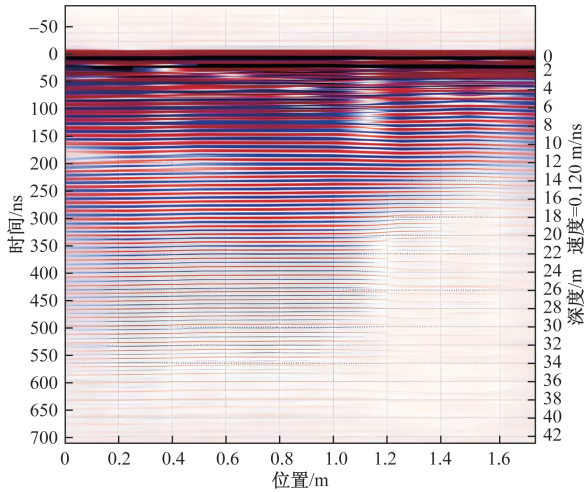
(3)地质雷达探测是工程物探中重要的一种方法,帮助快速判断前方的地质情况,对工程顺利推进具有重要作用<sup>[23]</sup>。运用地质雷达对南翼二区西翼轨道巷 G4 点南西 63.5 m 位置进行探测,结果如图 4 所示。由图 4 可知,掌头前方 3 m,即 66.5 m 处有异常,可能为陷落柱边缘。实际验证在 G4 测点南西 67 m 处见陷落柱。

#### 2.1.2 其他技术性措施

(1)工作面放煤工要规范操作,支架尾梁平齐,后溜不得出现大量矸石。煤质组对每个工作面每周检查 2 次,午班和夜班都要兼顾。检查组超放顶矸情况,严重者给予严格考核。

(2)回采工作面遇陷落柱时,必须采取放炮措施,在保证机组通过的情况下尽量降低采高在 2.4 m 以下,以减少构造矸石的混入。回采工作面遇小型断层或底鼓时,要尽快采取飘溜措施,尽可能减少割底。

(3)队组过完陷落柱后,地质测量部及时下发丢底煤通知单。为了能让队组回采时尽早跟住底,减少丢底煤,地质测量部在对组过完陷落柱后要及时下发丢底煤通知单。以五采区 8224 工作面为例,经 2022 年 7 月 22 日现场探测,工作面 31# ~ 83# 丢底煤,其中 31# ~ 78# 割顶板 2.6 m、丢底煤 5.9 m,工作面平均丢底煤约 3.1 m。要求队组在一



左上的 qq0101 01015 等代表测量通道的编号;  
100 代表剖面长度,单位为 m

图 4 南翼二区西翼轨道巷 G4 点地质雷达结果

周之内及时调整工作溜坡度,尽快减少工作面丢煤,并在此期间加强顶板管理、本煤层卸压及抽放工作,预防瓦斯超限。

(4)不定期跟班,观察队组放顶煤情况,如实记录在册。从顶板到底板全煤厚采样,遇到较硬的夹石层,记录厚度,加权计算出全煤层厚度。

### 2.1.3 强化煤矿日常管理,逐步实施精细化管理

(1)加强煤炭运输、洗选加工环节的监管力度,实行全方位、全过程的跟踪。

(2)严格制定查放顶煤管理办法。地测部和生产品部相关人员定期、不定期进行跟班,亲自观察放顶煤情况,督促队组放好顶煤。跟班上岗查放煤情况,要求队组合理调节割煤、放煤工序,做到采放平行作业,瞬间放煤至矸多煤少时立即关门关闭放煤窗口,加强综放工作面管理,对无故放不干净顶煤的班组给予扣罚。

(3)矿调度室每月底必须向地质测量部提供全矿各回采工作面当月原煤产量数据,要求真实可靠,不得虚报瞒报。核子称不得随意调动,保证产量的准确性。

(4)严格执行《煤矿煤炭资源管理考核办法》和《煤矿 2022 年煤炭产品质量管理考核规定》,不徇私情,奖罚分明,对出现不合理丢煤的单位及个人应同等力度进行处罚。

## 2.2 实施效果

通过近半年的努力,潞安化工集团阳泉五矿在保护煤炭资源、监督队组提高回采率和减少资源丢失浪费等方面有了很大的改观。主要表现在如下方面:①不合理丢煤极大减少。例如,在没有构造和煤层坡度不大情况下的不合理丢煤现象大大减少,2022 年 7—12 月未发现有不合理丢煤现象。②队组能主动配合业务部门研究如何更合理地过构造,互相沟通,储量管理意识提高了。例如南翼 8508 工作面过构造时,队组及时按临时预报调整煤溜坡度,少损失煤量约 4 000 t。各工作面 2022 年 7—12 月与 1—6 月损失对比情况见表 4。通过分析表 4 的数据,可以得出 2022 年 1—6 月全矿工作面损失率为 12.84%,比 2022 年上半年下降了 0.30 个百分点,多出煤 6 671 t。

## 3 结论

对于断层、挠曲特别是陷落柱十分发育等复杂地质条件的矿井,虽然无法从构造原因及衔接原因等降低工作面损失率,但是通过提高地质预测预报的超前性、准确性和实效性,严格制定放顶煤管理办法,加强探煤工作管理,加强煤炭运输、洗选加工环节的监管力度等措施可以有效降低工作面损失率,多出煤炭,助力企业提质增效。

表 4 2022 年 7—12 月与 1—6 月回采工作面损失率对比情况

| 采区  | 工作面   | 动用储量/t      | 工作面内损失煤量/t |           |           |          | 损失率/%   |
|-----|-------|-------------|------------|-----------|-----------|----------|---------|
|     |       |             | 合计         | 面积损失      | 厚度损失      | 落煤损失     |         |
| 四采区 | 8419  | 32 786      | 4 304      | 243       | 3 675     | 386      | 13.13   |
|     |       | (294 709)   | (37 236)   | (8 338)   | (25 636)  | (3 262)  | (12.63) |
| 中央区 | 8224  | 187 946     | 25 683     | 12 225    | 10 921    | 2 537    | 13.67   |
|     |       | (731 449)   | (92 027)   | (25 037)  | (58 039)  | (8 951)  | (12.58) |
| 南翼区 | 83208 | 686 149     | 84 488     | 31 727    | 44 508    | 8 253    | 12.31   |
|     |       | (174 992)   | (25 934)   | (7 399)   | (16 621)  | (1 914)  | (14.82) |
| 南翼区 | 83202 | 594 286     | 75 188     | 28 283    | 39 538    | 7 367    | 12.65   |
|     |       | (618 970)   | (82 210)   | (42 808)  | (31 813)  | (7 589)  | (13.28) |
| 五采区 | 8508  | 748 085     | 99 218     | 48 553    | 42 025    | 8 640    | 13.26   |
|     |       | (913 738)   | (121 710)  | (45 699)  | (65 307)  | (10 704) | (13.32) |
| 合计  |       | 2 249 252   | 288 881    | 121 031   | 140 667   | 27 183   | 12.84   |
|     |       | (2 733 858) | (359 117)  | (129 281) | (197 416) | (32 420) | (13.14) |

注:括号内为 2022 年 1—6 月数据。

## 参考文献

- [1] 王红星. 提高综采放顶煤工艺煤炭回收率的探索和展望[J]. 煤, 2015, 24(7): 43-44, 50.
- [2] 孙斐, 张恒. 水帘洞煤矿提高综放工作面煤炭回收率的方法及实践[J]. 山东工业技术, 2016(16): 64.
- [3] 周长建, 安招杰. 浅谈如何提升综采放顶煤工作面煤炭资源回收率[J]. 技术与市场, 2019, 26(2): 125, 127.
- [4] 陈俊钢, 智旭东, 郭子龙. 提高综放工作面煤炭回收率浅析[J]. 山东工业技术, 2019(8): 81.
- [5] 宋晓彪. 五阳煤矿综放工作面提高煤炭回收率的技术与方法[J]. 煤, 2021, 30(9): 66-67.
- [6] 谢冰. 综放工作面损失率与回采率分析及提高措施[J]. 现代矿业, 2019, 35(6): 130-131.
- [7] 于建泓, 高洁. 东滩煤矿143上07综采放顶煤工作面损失率分析及对策[J]. 煤矿现代化, 1996(3): 36-37.
- [8] 白如鸿. 杨伙盘煤矿煤炭资源回采率调查分析[J]. 中国煤炭工业, 2016(5): 64-65.
- [9] 鲁世状. 综放工作面煤炭损失分析及提高回采率的方法探讨[J]. 西部探矿工程, 2004(5): 63-64.
- [10] 肖永洲, 白振明, 王宗胜, 等. 综放面损失量构成分析及提高回采率对策[C]//中国煤炭学会矿井地质专业委员会. 纪念矿井地质专业委员会成立二十周年暨矿井地质发展战略学术研讨会专辑. 济宁: 兖州矿业集团公司鲍店煤矿, 2002: 3.
- [11] 边强. 一次采全高和放顶煤工艺采出率问题分析[J]. 煤炭科学技术, 2007(2): 101-104.
- [12] 宋东欣. 付家焉煤业提高综放工作面采出率的工程实践[J]. 江西煤炭科技, 2023(2): 108-111.
- [13] 张华, 高占学, 王义和. 提高综放工作面采出率途径的分析[J]. 煤矿开采, 2007(1): 40-41.
- [14] 李俊龙. 提高综放面采出率的措施[J]. 煤炭工程, 2007(2): 56-58.
- [15] 宋子玉, 崔松竹. 提高综采放顶煤工作面采出率的措施[J]. 煤矿开采, 2007(5): 39-40.
- [16] 魏一宁. 放顶煤工艺回采率提高的主要问题探讨[J]. 西部探矿工程, 2023, 35(6): 91-93.
- [17] 张文军. 煤矿地质测量工作与安全生产及成本的关系[J]. 能源与节能, 2023(11): 70-72.
- [18] 吉继海. 浅议综放工作面煤炭损失的计算方法[J]. 能源技术与管理, 2019, 44(2): 87-88, 169.
- [19] 陈守明, 孔建军, 杨伟. 实施分仓分提合理控制原煤灰分降低精煤生产成本[J]. 煤矿现代化, 2009(3): 22-23.
- [20] 刘锡州. 优化巷道布置提高煤炭资源回收率[J]. 价值工程, 2013, 32(32): 54-55.
- [21] 李杰. 放顶煤工作面以孔代巷合理布孔参数[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(15): 6225-6233.
- [22] 亓轶, 朱向阳, 王承亮, 等. 基于突变理论的深部煤柱稳定性[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(15): 6234-6240.
- [23] 张华超, 张成良, 高梅, 等. 基于GPR的巷道围岩空区探测及支护设计[J]. 科学技术与工程, 2024, 24(20): 8470-8478.

## Methods to Improve Coal Mine Resource Recovery under Complex Geological Conditions: Taking Yangquan Fifth Mine in Lu'an Chemical Group as an Example

ZHANG Xin, JIAO Xiaoshi

(Lu'an Chemical Group, Yangquan 045209, Shanxi, China)

**Abstract:** In response to the complex geological conditions of Yangquan Fifth Mine in Lu'an Chemical Group, which have resulted in the waste of a large amount of coal resources, the main reasons for the high loss rate of coal mines was analyzed. Targeted methods were proposed to improve coal mine resource recovery, including enhancing the foresight, accuracy, and effectiveness of geological prediction and forecasting, strictly formulating the management measures for top coal caving, reasonably adjusting the coal cutting and discharging processes, strengthening communication between functional departments and frontline production units, and enhancing supervision of coal transportation, washing and processing processes. By taking the above measures, the recovery of coal resources can improve greatly.

**Keywords:** collapse column; roof caving; coal exploration; geological prediction and prediction; faults