

Application and Research of Airbridge in Xieqiao Coal Mine

Ruiju Jin¹, Xianlong Wang¹, Yingfu Li²

¹Xieqiao Coal Mine of Huainan Mining Co. LTD., Yingshang Anhui

²Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Email: liyfaust@163.com

Received: Apr. 6th, 2018; accepted: Apr. 21st, 2018; published: Apr. 28th, 2018

Abstract

In the design process of coal mine, it will meet intersecting roadways on a plane and form the structure of the four-branch door. To make the ventilation systems independent of each other, the conventional method is to design a detour, but the detour increases the investment of the engineering quantity, and also delays the production of the coal mining face to a certain extent. In the stable condition of roadway surrounding rock, the ventilation system and transportation system of the cross roadway are separated by repairing original intersecting roadways and the construction of airbridge. The airbridge was built on the working face of 1312(3) in Xieqiao coal miner for the first time. After the successful recovery, the airbridge was built on the working face of 13516 and 2111(3), and the above mentioned working surfaces are all safe. By introducing the design and construction method of the airbridge, and the economic comparison between the airbridge and a detour, the application of airbridge is finally expounded.

Keywords

Roadway Repaired Renovation, Airbridge, Detour, Economic Comparison

风桥在谢桥矿井下的应用与研究

金瑞举¹, 王仙龙¹, 李迎富²

¹淮南矿业有限责任公司谢桥煤矿, 安徽 颍上

²安徽理工大学, 安徽 淮南

Email: liyfaust@163.com

收稿日期: 2018年4月6日; 录用日期: 2018年4月21日; 发布日期: 2018年4月28日

摘要

煤矿井下设计过程中会遇到在一个平面上相互交叉的巷道, 形成四岔门结构。为使两条交叉巷道彼此之

文章引用: 金瑞举, 王仙龙, 李迎富. 风桥在谢桥矿井下的应用与研究[J]. 矿山工程, 2018, 6(2): 107-114.

DOI: 10.12677/me.2018.62015

间的通风系统相互独立, 常规的方法是设计施工一条岩巷绕道, 但施工绕道增加了岩巷工程量的投入, 也一定程度上延缓了采煤工作面的投产工期。在保证巷道围岩稳定的情况下, 通过对原有交叉巷道进行巷修改造, 施工风桥, 实现了交叉巷道处通风系统及运输系统的相互独立。谢桥矿首次在1312(3)工作面施工了风桥, 回采成功后, 又陆续在13516及2111(3)工作面施工了风桥, 目前上述几个工作面均已安全回采。通过介绍风桥的设计及施工方法, 以及与新掘一条岩巷绕道之间的经济比较, 最终阐述了风桥在煤矿井下的推广应用。

关键词

巷修改造, 风桥, 绕道, 经济比较

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

谢桥煤矿隶属于淮南矿业(集团)有限责任公司, 是集团公司主力矿井之一, 瓦斯等级为煤与瓦斯突出型矿井, 水文地质条件为极复杂型, 矿井位于安徽省淮南煤田潘谢矿区西部, 井田东以 F22 断层与张集矿井相接, 南以谢桥向斜轴或 17-1 煤层-1000 m 水平的地面投影为界, 西至 F5 断层与刘庄矿为邻, 北以 1 煤层露头线为界。井田东西走向长 11.5 Km, 南北倾斜宽 4.3 Km, 面积 38.2 Km², 开采深度-380 m~-1000 m, 矿井分为-610 m 和-920 m 两个水平开采, 采用单一走向长壁式开采, 区内后退式回采, 全部垮落法处理采空区, 核定生产能力 960 万吨/年。矿井现已投产 20 年, 近年来由于矿井连续高强度开采, 采掘接替紧张, 有时因为部分系统巷道未形成而影响采煤工作面的投产, 现通过对部分系统巷道进行巷修改造, 施工风桥, 从而实现交叉巷道通风系统及运输系统的相互独立, 满足采煤工作面的回采需要。谢桥矿先后在 1312(3)、13516 及 2111(3)工作面施工了风桥, 并做到了安全回采。施工风桥与施工常规的岩巷绕道相比[1] [2], 不仅施工成本低, 工期短, 设计简单, 而且所需施工人员少, 经济效益显著, 在巷道围岩稳定, 不受采煤工作面超前支承压力影响的巷道, 具有推广与应用的价值。

2. 风桥施工简介

风桥是指设在进、回风巷道交叉处, 使回风和进风互不混合的设施。谢桥矿井下 1312(3)、13516 及 2111(3)工作面分别对几处交叉巷道进行巷修改造, 采取四岔门处顶板加固、卧底、帮部支护、搭设工字钢平台、浇筑平台及挡墙、喷注浆, 形成风桥, 满足了采煤工作面回采的需要。交叉点巷道巷修改造前后的空间关系附后(图 1, 图 2)。

2.1. 施工关键工序

四岔门处顶板加固→卧底、帮部支护→铺设工字钢平台→浇筑平台→扎挡墙筋骨→立模浇筑挡墙→拆模及养护→喷注浆加固→清理收尾。

2.2. 具体施工方法

①因卧底后巷道局部高度将达 6 m 左右, 需在卧底之前对超高段巷道顶、帮施工锚索加固, 帮部锚索规格为 $\phi 22 \times 4300$ mm, 顶部锚索规格不低于 $\phi 22 \times 6200$ mm, 锚索梁为配套 Ω 钢梁; 锚索梁间排距

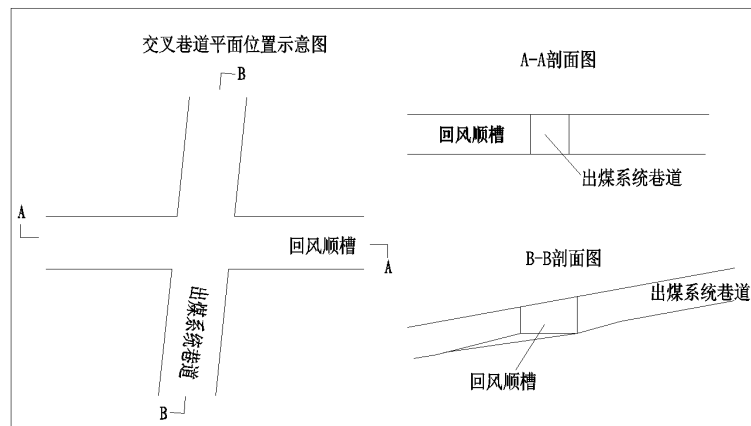


Figure 1. The spatial relationship before the reconstruction of roadway.
图 1. 系统巷道巷修改前的空间关系

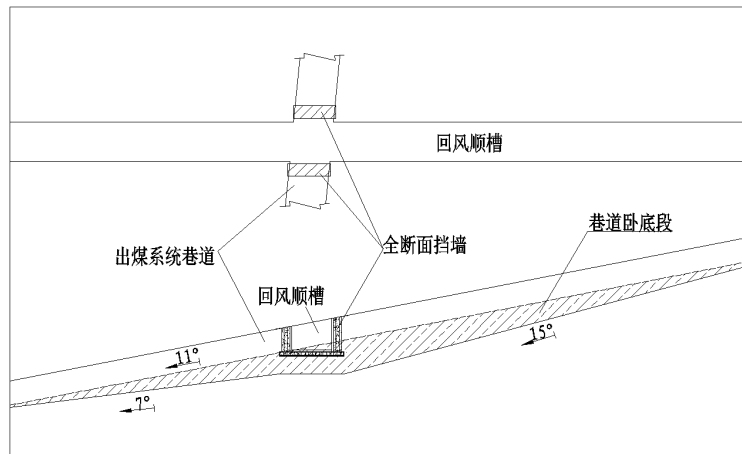


Figure 2. The spatial relationship after the reconstruction of roadway.
图 2. 系统巷道改造后的空间关系

根据原巷道支护形式及岩性情况而定；锚索孔深、角度以及所用锚固剂型号、数量，均严格按设计施工，锚索预紧力不低于 100 KN，锚固力不低于 200 KN。

②按照设计坡度、深度进行卧底施工，卧底施工期间，巷道帮部裸露高度、长度超过措施规定时，及时补打锚网索支护。若巷道底板为岩石底板，人工卧底困难时，可采取综掘机或履带式挖装机进行卧底，提高卧底效率，减轻职工劳动强度。

③卧底后，搭设风桥平台。风桥平台使用 8000~10,000 mm 长 I_{11} 工字钢密排铺设(间距不大于 200 mm)，工字钢沿上层巷道走向方向铺设，两侧与巷道底板搭接长度不小于 750 mm，且搭接处施工底板锚杆配钢丝绳，将工字钢固定在巷道底板上；工作钢平台需超出上层巷道两帮 2~2.5 m 长，作为后期建立挡墙的基础。

④风桥平台施工结束后，在最下层工字钢下表面铺设模板，可使用 10#铁丝将模板绑扎在工字钢上，或搭设挑棚支撑模板，模板铺齐后，浇筑 C30 混凝土，混凝土厚度 500 mm，使整个风桥平台与巷道底板结合为整体。

⑤在设计位置开始绑扎钢筋笼，并立模浇筑两侧挡墙，两侧挡墙宽度不小于 1000 mm，挡墙自风桥上表面开始，至巷道顶板全断面施工，确保挡墙与平台，挡墙与巷道帮、顶，以及平台与巷道形成整体，

既能够满足上层巷道轨道打运液压支架等设备需求，又能够确保上下层巷道之间的通风系统相互隔断和独立。

⑥风桥全部施工结束后，需要对四岔门周边及卧底施工区域进行喷注浆加固，加强风桥周边巷道的支护强度，确保风桥的稳定可靠。压力较大的巷道可采取在风桥平台下方套 U 型棚加强支护。风桥施工示意情况附后(图 3，图 4)。

3. 研究区概括

3.1. 1312(3)工作面风桥

1312(3)工作面位于矿井一水平东二 13-1 煤层上山采区，工作面西邻 1111(3)、1121(3)、1131(3)、1141(3)、1151(3)等工作面采空区，东至东二采区系统保护煤柱线，北起 1101(3)采空区、南至 1161(3)采空区，工作面北部、西部及南部各工作面均已回采，工作面为回收煤柱开采，采取倾向长壁布置，煤厚 5.2 m，工作面储量 100 万吨。1312(3)工作面在出煤联巷内施工了一组风桥(图 5)，使出煤系统和回风系统相互独立。1312(3)出煤联巷与东二 C 组回风上山相互交叉，形成四岔门结构，两条巷道均沿 13-1 煤层顶板掘进，先

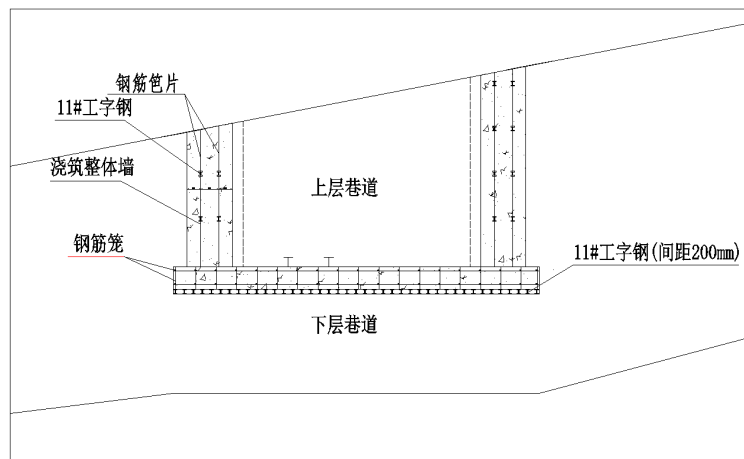


Figure 3. Construction sketch 1 of airbridge

图 3. 风桥施工示意图 1

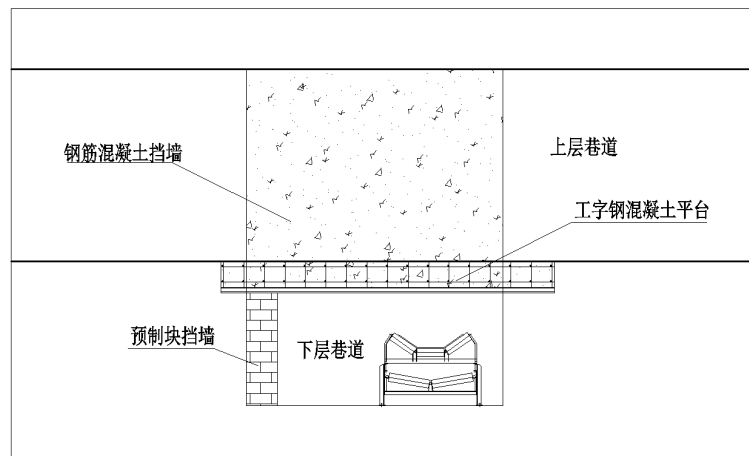


Figure 4. Construction sketch 2 of airbridge

图 4. 风桥施工示意图 2

对东二 C 组回风上山进行卧底巷修, 然后在 1312(3)出煤联巷内浇筑风桥, 巷修改造后上层巷道为出煤系统, 下层巷道为回风系统; 出煤系统需要保证巷道坡度、高度及宽度, 保证轨道打运及皮带机的正常运行; 下层巷道需要保证巷道的通风断面, 确保正常回风。

3.2. 13516 工作面风桥

13516 工作面位于矿井东二 B 组 8~6 煤层采区, 工作面西起东二采区保护煤柱线, 东至矿井边界, 北至 6 煤层-684-m 底板等高线, 南至 6 煤层-740 m 底板等高线。北边 11316E 工作面、西边 21116 工作面已回采结束。上覆 8 煤层、下覆 4、5 煤层尚未开采。工作面标高-684.0~-740.0 m, 煤厚 3.2 m, 工作面储量 200 万吨。13516 工作面上顺槽运输车场处施工了一组风桥(图 6)。13516 工作面上顺槽与东二 8~6 煤层采区皮带上山掘进期间相互交叉, 形成四岔门结构, 两条巷道均沿 6 煤层顶板施工, 6 煤层厚度 3.0 m, 通过对东二 8~6 煤层采区皮带上山进行卧底, 考虑到 6 煤层底板为岩石底板, 该处卧底时采用综掘机刹底, 然后在 13516 工作面上顺槽浇筑风桥, 巷修改造后, 上层巷道为工作面轨道打运系统以及工作面回风巷道, 下层巷道为采区出煤系统巷道。

3.3. 2111(3)工作面风桥

2111(3)工作面为矿井二水平东一 13-1 煤层采区首采工作面, 西起二水平东翼 C 组采区上山, 东至东

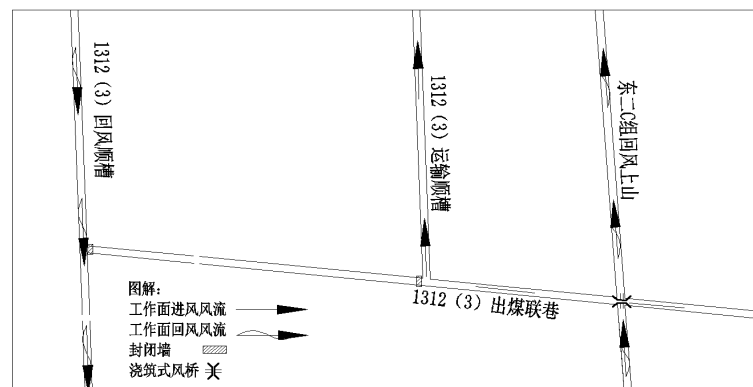


Figure 5. Airbridge of crossheading in working face 1312 (3)

图 5. 1312(3)工作面出煤联络巷风桥

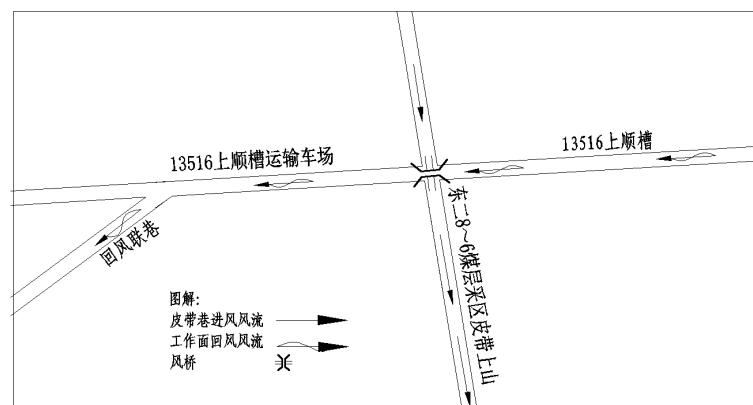


Figure 6. Airbridge of transportation yard in upper gate road of working face 13516

图 6. 13516 上顺槽运输车场风桥

二 C 组采区下山。上阶段 1161(3)工作面已回采,工作面标高-676~-776 m,煤厚 5.5 m,工作面储量 350 万吨。2111(3)工作面上顺槽运输车场处施工了一组风桥(图 7)。2111(3)上顺槽运输车场与东一 C 组皮带下山相互交叉,形成四岔门结构,两条巷道均沿 13-1 煤层顶板施工,采取对东一 C 组皮带上山卧底巷修,然后浇筑风桥,满足 2111(3)工作面上顺槽运输车场回风、打运以及东一 C 组皮带下山出煤需要。

4. 施工风桥与施工绕道比较

4.1. 工程量对比

4.1.1. 施工风桥

施工前期准备工作主要包括四岔门以及卧底段顶板及煤帮加固,然后进行卧底。以 13516 工作面风桥为例,卧底段巷道长度约 100 m,宽度 5 m,最大卧底深度 3.5 m,平均卧底深度 2.2 m,待卧底达到设计位置后,在四岔门处密排铺设 L_{11} 工字钢作为人造底板,然后浇筑混凝平台及两侧挡墙,将上下层巷道相互隔开,最后对四岔门附近巷道喷注浆加固。施工风桥期间[3] [4],最大的工程量是卧底,若下层巷道仅作为回风巷道使用,对巷道坡度未有严格要求,在保证通风断面符合要求的前提下,相应的卧底长度较短为 50 m 左右,工程量较少;若下层巷道为出煤系统巷道,需严格按设计腰线卧底,保证皮带机运转需要,则卧底长度较长达到 100 m 左右,卧底工程量较大。矿井首次在 1312(3)工作面施工风桥时采用人工卧底,进度较慢,之后在 13516 工作面及 2111(3)工作面采用综掘机卧底,大大提高了卧底效率,也减轻了职工劳动强度。

4.1.2. 施工绕道

施工前期准备主要包括建立通风系统、打运系统、出货系统,拨门加固等,一般车场绕道设计长度约 70 m 左右,采用炮掘工艺,拨门、过巷、贯通等采取小循环进尺,单进较低,贯通收尾后需铺设风水管路、铺设轨道、拆除机电设备、封闭多余巷道等。绕道施工示意图附后(图 8)。

4.2. 工期对比

4.2.1. 施工风桥

巷修施工与顺槽掘进可平行作业,在已有巷道的基础上进行巷修改造,安排一支 40 人的巷修队伍建立风桥,需要工期约 30 天,主要包括:

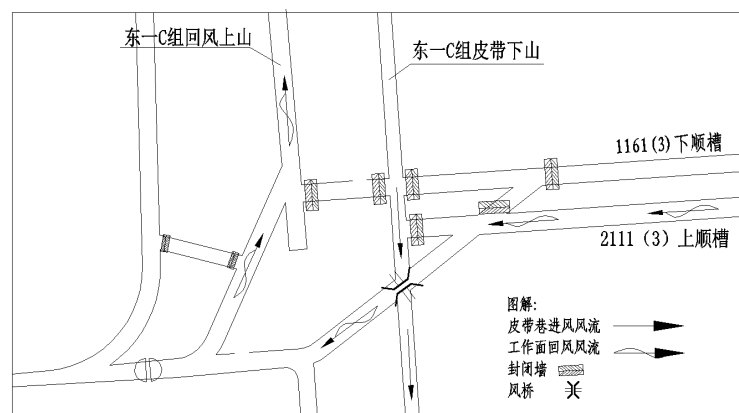


Figure 7. Airbridge of transportation yard in upper gate road of working face 2111(3)

图 7. 2111(3)上顺槽运输车场风桥

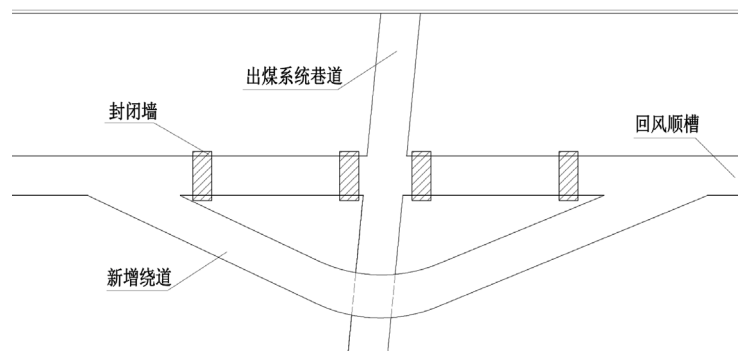


Figure 8. Construction sketch of the detour

图 8. 绕道施工示意图

- ①进点准备及巷修前的顶板加固：2 天。
- ②安设刮板机形成出货系统：2 天。
- ③巷修施工(包括卧底、扩刷、帮部支护)：10 天。
- ④铺设工字钢平台，浇筑平台及挡墙：10 天。
- ⑤喷注浆加固风桥及周边系统巷道：5 天。
- ⑥拆除、清理收尾：1 天。

4.2.2. 施工绕道

施工绕道与煤巷掘进不能平行作业，待顺槽贯通后或在煤巷掘进开工前施工，以施工 70 m 左右的车场绕道为例，安排一支 60 人的岩巷队伍施工绕道，需要工期约 60 天，主要包括：

- ①建立通风系统、供电系统、出货系统：10 天。
- ②拨门加固：2 天。
- ③正常掘进：40 天。
- ④巷道喷浆、拆除、收尾、封闭多余巷道：8 天。

4.3. 材料费对比

以 13516 工作面上顺槽运输车场风桥为例，材料费投入主要包括支护材料、工字钢、浇筑料以及喷注浆材料等。而绕道的材料费投入主要包括支护材料、轨道、喷浆材料等费用。

风桥改造的材料费用包括： I_{11} 工字钢每米单价 86 元，铺设风桥平台需 9 m 长工字钢 50 根，合计费用约 3.87 万元；浇筑平台及挡墙需浇筑料约 75 m^3 ，合计费用约 2.13 万元；喷注浆料需水泥约 70 吨，混合料约 180 吨，合计费用约 3.32 万元；支护材料主要为卧底后，裸露帮部支护所需的锚杆、锚索、金属网、锚固剂以及钢带等，合计费用约 9 万元；以上费用合计约 18.32 万元。

新增 70 m 绕道的材料费用包括：正常掘进的材料投入主要是锚杆、锚索、钢筋网、锚固剂以及锚索托盘，合计费用约 15 万元；铺设轨道需 38 kg/m 钢轨 140 m，需鸡心道 2 副，合计费用约 6.13 万元；喷浆需水泥 67 吨，混合料约 268 吨，合计费用约 2.67 万元；以上费用合计约 23.8 万元。

4.4. 人工成本对比

4.4.1. 施工风桥

安排一支 40 人的巷修队伍施工风桥需要 30 天，用工成本按 260 元/人计算，每人平均每月出勤 22 天计算，人均月度成本为 5720 元/人，施工一处风桥需投入人工成本为 228,800 元。

Table 1. Comprehensive comparison of construction wind bridge and construction bypass**表 1.** 施工风桥与施工绕道综合比较

类别	人员投入	工期	材料费	人工成本
施工风桥	40 人	30 天	18.32 万元	22.88 万元
施工绕道	60 人	60 天	23.80 万元	68.64 万元

4.4.2. 施工绕道

安排一支 60 人的岩巷队伍施工绕道需要 60 天, 用工成本按 260 元/人计算, 每人平均每月出勤 22 天计算, 人均月度成本为 5720 元/人, 则施工一处绕道需投入人工成本为 686,400 元。

4.5. 其他方面对比

施工风桥时, 可借用掘进出煤系统及打运系统进行出货与打运, 对于顺槽掘进影响不大。施工绕道时[5] [6] [7] [8], 不能与顺槽掘进平行作业, 需要占用顺槽的打运系统, 出货时采用矿车出货, 另外施工绕道普遍采用钻爆法施工, 涉及到过巷、拨门及贯通等特殊施工, 增加了施工中的风险点。通过比较, 在条件适宜的地点, 施工风桥与施工绕道相比, 具有明显优势, 相关对比情况见表 1。

5. 收益

经过上述对比分析, 通过巷修的方式改造原有的系统巷道来施工风桥, 在工程工期, 材料费, 人工成本, 以及人员投入和风险防控等方面, 都比新施工一条岩巷绕道有显著优势, 以 13,516 上顺槽运输车场风桥为例, 节约材料费及人工成本 50 余万元, 同时比初期设计的施工绕道使工作面提前 1 个月回采, 提前采出煤炭 30 万吨, 有效缓解了矿井接替紧张的局面。

6. 结语

风桥在谢桥矿的成功应用, 不仅一定程度上缓解了矿井接替紧张的局面, 而且为矿井今后系统巷道的布置和优化总结了经验。通过实践不断改进和完善风桥的施工方案, 今后施工风桥过程中, 可以采用综掘机、履带式挖装机辅助卧底刷帮, 提高卧底刷帮效率, 缩短工期, 减轻职工人工卧底刷帮的劳动强度, 并采取套 U 型棚的方式增加风桥下方巷道的稳定性。在巷道围岩稳定, 采煤工作面超前支承压力影响以外的巷道具有推广应用价值。

参考文献

- [1] 陈汉宇. 大断面全煤盘区风桥设计与施工[J]. 煤炭工程, 2010(9): 25-27.
- [2] 郭朋星, 牛才计. 预筑风桥施工法在东峰矿的应用[J]. 山东煤炭科技, 2011(3): 25-26.
- [3] 张红军, 曲海军, 马文超, 姚鑫. 车集煤矿风桥施工工艺改进[J]. 中州煤炭, 2011(12): 59-60+70.
- [4] 贾亮亮. 顶板风桥设计及施工[J]. 煤炭工程, 2016, 48(12): 7-9.
- [5] 宋成义. 交岔巷道风桥设计方案与施工工艺探讨[J]. 山东煤炭科技, 2017(3): 76-78+81.
- [6] 贾亮亮. 底板风桥在陈四楼煤矿生产中的应用[J]. 煤矿安全, 2018(2): 121-123.
- [7] 程润明, 曾金元, 王刚. 风桥快速施工工艺[J]. 煤, 2007(S2): 79-80+82.
- [8] 朱春伟, 路建军, 李平. 跨车场风桥方案设计与施工技术[J]. 中小企业管理与科技(上旬刊), 2013(11): 98-99.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2329-7301，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：me@hanspub.org