

立体交叉巷道施工工艺及支护技术研究

贾江

延安市禾草沟一号煤矿有限公司 陕西延安 717300

摘要: 为保证矿井安全开采,对禾草沟一号煤矿15206运输顺槽立体交叉巷道加强支护。通过分析工程地质特征和顶板岩层完整性,结合相关的支护经验,提出立交巷道加强支护方案和安全施工工艺。结果表明:加强支护方案能够保证掘进机顺利通过和工作面安全开采,为类似的工程案例提供借鉴和参考。

关键词: 立体交叉巷道;支护设计;巷道围岩稳定性

引言

在地下采掘活动中,掘进巷道由于空间位置关系不可避免的会遇到巷道重叠、交叉,交叉巷道的存在会导致巷道围岩应力的复杂化,形成承载能力弱、岩体松散的破碎带^[1-3],在地应力作用下给巷道围岩稳定性带来威胁。刘建君^[4]针对塔山煤矿三盘区2305顺槽交叉巷道处采用“穿层锚索+工字钢棚”联合支护技术保证了近距离立体交叉巷道掘进效率及施工安全;刘秀洲^[5]对虎龙沟煤矿51505巷与东盘区轨道巷之间的立交传统施工存在问题进行分析,对其施工工艺进行优化,提高了立交施工效率并保证施工安全;李自刚^[6]对银星二号煤矿1131003工作面近距离立交巷道加强支护,加强支护方案能够保证掘进机顺利通过和工作面安全高效开采。巷道稳定性是立交巷道备受关注的问题,井工开采过程中近距离立交巷道是常用的布置方式^[7-8]。立交巷道掘进时巷道围岩应力分布发生改变,常规的支护设计无法满足巷道围岩稳定性,所以需要合理的加强支护设计。

延安市禾草沟一号煤矿15206运输顺槽在掘进过程中掘进机需要从立体交叉巷道上方通过,本文将掘进机及配套设施作为移动载荷,考虑移动载荷及岩石自重对立体交叉巷道支护强度的双重影响,确定立体交叉巷道的加强支护方案,并进行支护强度校核,从而确保立体交叉巷道处的加强支护方案能够保证掘进机顺利通过和工作面的安全高效开采。

作者简介: 贾江,1987年生,陕西子长人,工程师,现任延安市禾草沟一号煤矿有限公司总工程师,主要从事煤矿技术研发和安全生产管理工作。

一、工程条件

(一)地质条件

禾草沟一号煤矿现主采5号煤层。如图1所示,5号煤顶板为灰黑色薄及中厚层状油页岩,局部为灰色厚层粉砂岩。粉砂岩单轴抗压强度平均为22.4MPa,基本顶为平均11.18m厚的油页岩,平均单轴抗压强度37.0MPa,属较稳定顶板。5号煤底板以泥岩和粉砂质泥岩为主,平均厚度为5.53m,抗压强度16.0—20.8MPa,平均18.42MPa,属较稳定顶板。

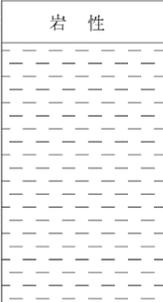
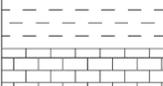
岩性	厚(m)	岩性描述
	11.8	油页岩:深灰色~灰黑色,中厚层状,水平层理,遇水易分解破碎,具有粘性,易风化破碎。
	2.76	泥质粉砂岩:深灰色~灰黑色,中厚层状,水平层理,遇水易分解破碎,具有粘性,易风化破碎。
	0.5	泥岩:较松软,易风化破碎,为较软岩石。
	1.8	黑色,沥青光泽,裂隙发育,含1-3层夹矸,单层夹矸厚5-49cm,夹矸为粉砂岩及泥质粉砂岩。
	5.53	泥岩:较松软,易风化破碎,为较软岩石。

图1 综合柱状图

(二)工程条件

禾草沟一号煤矿15206工作面北部为井田边界,南部为回风、运输大巷,西部为15208运输顺槽(未开采),东部为未开拓区域,作面标高为1043~1030m,地

面标高为1188~1287m。15206运输顺槽位于回风大巷S6号导线向东47.6至51.8m，走向为正北方向。15206运输顺槽宽度为4.2m，高度为2.5m，断面10.5m²，矩形布置，设计长度为1410m。15206工作面运输顺槽沿煤层顶板掘进，全断面一次成巷的施工方法进行掘进。如图2所示，为满足安全生产需求，15206运输顺槽需要跨过回风大巷施工风桥，风桥属于立体交叉巷道。需要跨过的巷道为回风大巷，其宽度4.7m，高度2.5m。

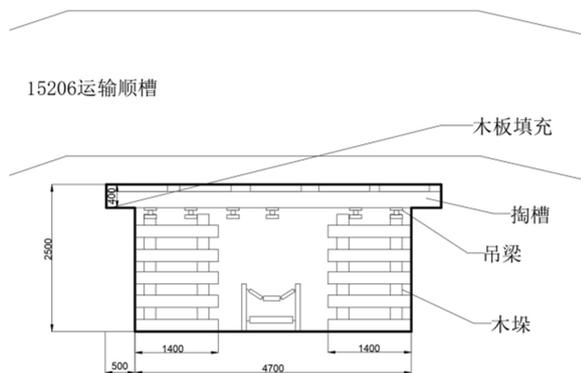


图2 立交巷道示意图

二、顶板岩层的完整性分析

(一) 回风大巷顶板破坏范围

依据普氏围岩压力理论，在具有一定黏聚力的松散介质中开挖硐室后，其上方会形成一个抛物线状的自然拱，这实质上就是在松散介质、裂隙岩层中开挖硐室时的破坏范围。取最危险情况，回风大巷的最宽巷道进行计算。当侧壁不稳定时，普氏拱最大高度为 b_1 ：

$$b_1 = \frac{a_1}{f} = \frac{a + h \tan\left(\frac{\pi - \varphi}{4}\right)}{f} \quad (1)$$

式中： b_1 ——塌落拱高度，即顶板松动区的高度； a_1 ——侧壁稳定和侧壁不稳定时的塌落拱半跨度； h ——巷道高度，取2.5m； φ ——两帮岩体的内摩擦角，泥岩

取36°； f ——围岩普氏系数，泥岩取1.84。

巷道两帮侧壁不稳定时，计算得普氏拱最大高度为1.97m。

(二) 15206运输顺槽底板破坏范围

5号煤层底板抗压强度平均18.42MPa。根据巷道围岩松动圈理论可知，15206运输顺槽的底板破坏范围在40~100cm。而层间岩层为2m，小于层间岩层破坏高度之和。因此，15206运输顺槽与回风大巷之间的层间岩层已经破坏。

三、巷道支护方案

(一) 支护强度计算

考虑回风大巷两帮侧壁不稳定时的情况，层间岩层已经完全破坏，因此风桥跨巷位置处层间岩层待支护区域按照宽度8m，长度6m，厚度2m进行计算，可得岩层自重为2947.2KN。掘进机重量为46t，则掘进机通过风桥时，支护需提供的最小力为3407.2KN。

(二) 支护方案设计

考虑到层间岩层完整性遭到破坏，需要确保顶板采用主动支护方式。但是考虑到层间岩层厚度小，无法施工锚杆锚索，因此采用锚索吊梁+木垛的方式进行支护。

如图3所示，支护方案如下：在跨巷位置两帮肩窝处沿回风大巷走向分别掏长4900mm、深500mm、高400mm的梁窝。将6000mm钢梁延顺槽方向平铺在巷道两帮梁肩窝处。钢梁间距为100mm，在钢梁上方铺设木板垫实；钢梁采用18kg废旧轨道制作。在跨巷位置顶板顶板施工锚索吊梁进行加固，锚索吊梁排距700mm，按照回风大巷走向布置，吊梁采用长6000mm的11#工字钢加工，距吊梁两端分别150mm、550mm位置钻锚索眼孔，施工锚索配合锚索托盘将吊梁束紧，锚索采用直径17.8mm，长9300mm的钢绞线，共布置7根吊梁。在跨巷

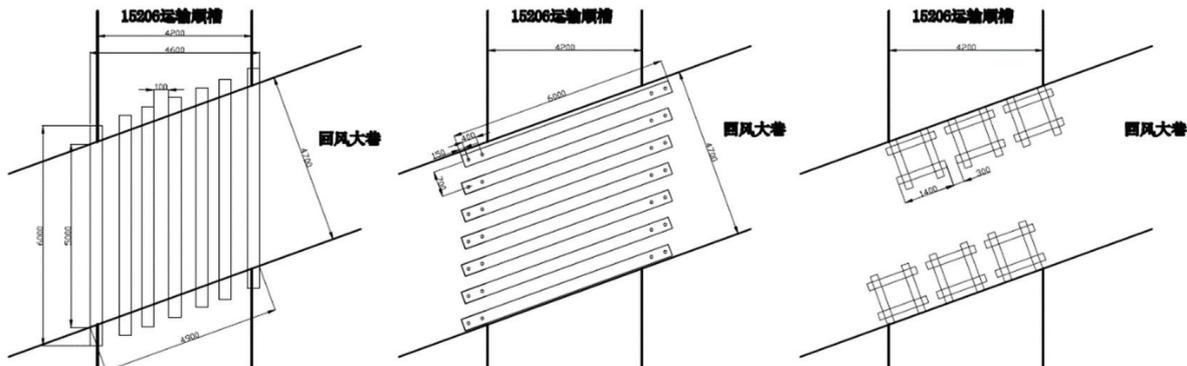


图3 支护方案俯视图

位置紧贴回风大巷两帮施工木垛。木垛采用1400mm道板码放而成，直至挨到顶板，并使用大木楔楔紧。木垛每排打3组，共打2排木垛，木垛间距300mm。木垛搭换外露长度 l 不小于150mm，道板互成 90° ，支护情况如图3所示。

(三) 支护强度校核

在风桥跨巷位置处布置7根吊梁和28根锚索。吊梁锚索为直径17.8mm，长度9300mm，吊梁两端分别为150mm，550mm。设计承载力为320kN，实际使用按照70%计算，每根锚索支护强度为224kN。所以总的设计支护力为

$$F_{支} = 224 \times 28 = 6272 \text{ kN}$$

考虑15206运输顺槽底板岩性分化造成的强度弱化及锚索支护强度弱化，按照最大弱化系数0.76来计算：

$$F_{支min} = F_{支} \times 0.76 = 4766.72 \text{ kN}$$

综上所述，通过分析，15206运输顺槽与回风大巷之间没有完整岩层，但设计支护力远大于岩层自重和掘进机及配套设施的总重量，跨巷位置处的岩石安全性较为可靠稳定。

结论

经计算，立体交叉巷道所需最小支护力为2947.2kN，考虑到总掘进经过时产生的载荷叠加，所需最小支护力为3407.2kN。支护方案采用18kg钢轨、11#

工字钢梁和吊梁锚索支护方式进行支护，支护强度达到4766.72kN。现有支护强度满足综掘机通过15206运输顺槽风桥时的要求，不会因支护强度不足发生掘进机压垮风桥底板。

参考文献

- [1] 宋卫华, 史苗壮, 赵春阳, 等. 大断面矩形巷道采动条件下过断层组破碎带研究[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(10): 117-124.
- [2] 肖同强, 柏建彪, 李金鹏, 等. 断层附近煤巷锚杆支护破碎围岩稳定机理研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2010, 27(04): 482-486.
- [3] 蒋康前, 汪良海. 深井穿断层破碎带软岩巷道围岩控制技术研究[J]. 煤炭工程, 2014, 46(03): 42-44.
- [4] 刘建君. 立体交叉巷道掘进、支护工艺改进方案与应用[J]. 江西煤炭科技, 2021(03): 84-85+88.
- [5] 刘秀洲. 交叉巷道立交安全施工技术措施研究[J]. 山东煤炭科技, 2019(06): 13-14+19.
- [6] 李自刚. 近距离立交巷道加强支护方案研究[J]. 山东煤炭科技, 2020(01): 29-30.
- [7] 张振扬, 周江阔, 郝生雷, 等. 立交巷道应力分析及支护设计研究[J]. 煤炭技术, 2019, 38(06): 63-64.
- [8] 陈善昌. 极近距离立体交叉巷道交错段围岩控制与支护技术[J]. 煤炭工程, 2018, 50(10): 19-24.