

受采动影响交岔口钢管混凝土组合支架支护技术

丁厚刚 吴京山 朱绪文

山东深博巷道支护技术有限公司 山东济南 250000

摘要: 受采动影响深部巷道的交岔点断面较大, 围岩应力集中显著, 围岩荷载大, 支护体往往发生大变形甚至严重破坏, 造成围岩难以支护。常规锚网索支护或U型钢支架都难以满足交岔点支护稳定要求, 巷道交岔点也逐渐变成矿山巷道支护特殊困难地点。因此, 研究支护稳定、结构简单且施工方便的巷道交岔点支护技术意义重大。

关键词: 交岔口, 采动影响, 深部巷道, 钢管混凝土支架

受采动影响深部巷道的交岔点断面较大, 围岩应力集中显著, 围岩荷载大, 支护体往往发生大变形甚至严重破坏, 造成围岩难以支护。常规锚网索支护或U型钢支架都难以满足交岔点支护稳定要求, 巷道交岔点也逐渐变成矿山巷道支护特殊困难地点。因此, 研究支护稳定、结构简单且施工方便的巷道交岔点支护技术意义重大。

钢管混凝土支架是近年来发展起来的一种高强支护结构, 它是通过地面分段弯管、井下装配并现场灌注混凝土而成的支护形式, 充分利用了钢管和混凝土材料的优势。核心混凝土借助钢管管壳的约束作用, 处于三向受压状态, 使核心混凝土具有更高的抗压强度和抗变形能力; 受混凝土约束钢管的几何稳定性增强, 避免钢管发生屈曲破坏, 二者在力学性能上的“共生现象”使材料的强度得到充分发挥, 适用

于深井软岩巷道支护。目前, 钢管混凝土组合支架已在全国多个煤矿中的深井、软岩、破碎带及动压等难支护巷道, 取得了良好的支护效果。

本文借鉴钢管混凝土支架良好支护特点, 设计了适用于受采动影响巷道交岔点的钢管混凝土组合支架结构形式, 而后针对山西某矿1103巷与6#横川交岔点、7#横川交岔点设计了基于钢管混凝土组合支架的复合支护方案并应用于工程实践。

1. 钢管混凝土组合支架选型

1.1. 钢管混凝土组合支架基本结构要素

1.1.1. 支架结构

钢管混凝土组合支架是将门式支撑架和搭接支撑架按一定间距进行装配组合, 用于巷道交岔点支护的一种组合结构。

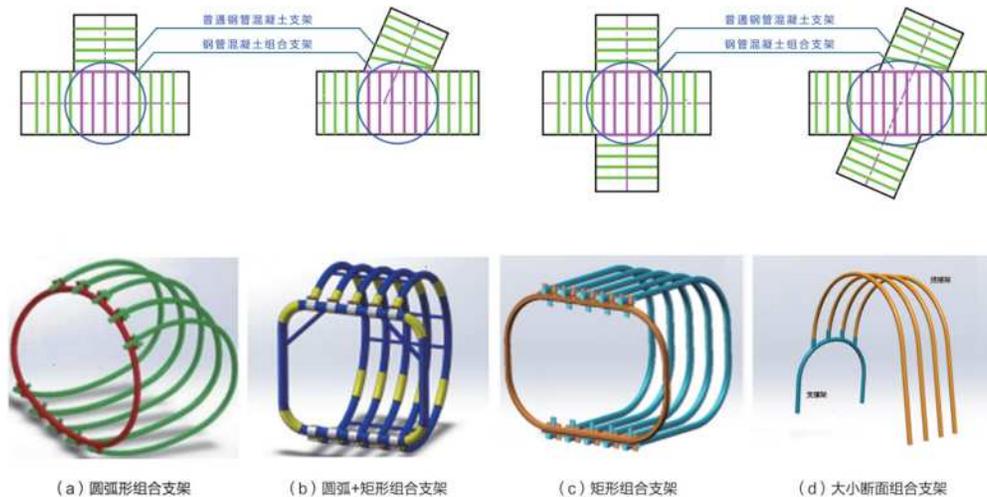


图 1.1 钢管混凝土组合支架常用断面形状

1.1.2. 断面形状

适用于穿尖交岔口的组合支架，具体分为圆弧形组合支架、矩形组合支架、圆弧+矩形组合支架和大小断面组合支架四类，如图 1.1 所示。

1.1.3. 支架型号

根据支架材料适用性，钢管外径壁厚有多种规格可。目前常用的支架型号主要有： $\Phi 194 \times 10$ 型、 $\Phi 219 \times 10$ 型、 $\Phi 245 \times 10$ 型、 $\Phi 245 \times 12$ 型和 $\Phi 273 \times 10$ 型。

1.1. 钢管混凝土组合支架选型

初步选型主要通过理论计算和工程类比进行，保证最少通风面积，结合相似工程地质条件现有成功支护案例的对比，可以快速准确选择支架型号；初步选型后进行支架结构设计，然后通过理论计算和数值模拟同时验算支架选型是否合理。初选巷道交岔口采用型号为 $\Phi 245 \times 10$ 的支撑架与型号为 $\Phi 219 \times 10$ 的搭接架组成的钢管混凝土组合支架作为支撑结构。

2. 钢管混凝土组合支架结构设计

2.1. 钢管混凝土组合支架结构尺寸确定

钢管混凝土组合支架结构设计前需确定支架设计尺寸。巷道交岔口的钢管混凝土组合支架结构设计如下：

1103 巷与 6#&7# 横川交岔口支架结构设计为型号 $\Phi 219 \times 10$ 的支撑架与型号为 $\Phi 194 \times 10$ 的搭接架组成的钢管混凝土组合，其中 1103 巷与 6# 横川交岔口结构图如图 2.2 所示：

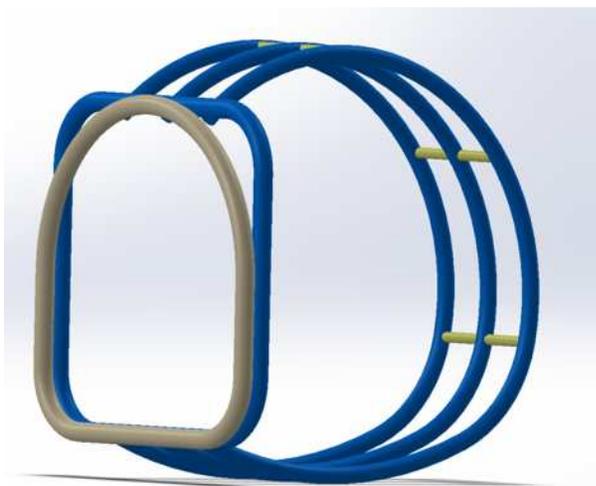


图 2.2 1103 巷与 6# 横川交岔口组合支架结构设计

1103 巷与 7# 横川交岔口结构图如图 2.3 所示：

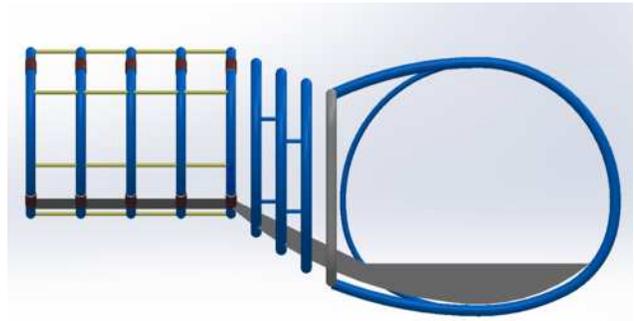


图 2.3 1103 巷与 7# 横川交岔口组合支架结构设计

2.2. 钢管混凝土支架连接设计

2.2.1. 支架连接设计

支撑架分为四段，各段间套管连接，接头套管采用 $\Phi 245 \times 8\text{mm}$ 的钢管，外弧长度 600mm，套管采用热扩成型。搭接架与支撑架之间设有法兰盘，法兰盘一侧焊接有 300mm 长 $\Phi 245 \times 10\text{mm}$ 插接套管可供搭接架钢管插入，另一侧与连接卡套通过高强螺栓相连接，支撑架钢管通过连接卡套与法兰盘与搭接架固定。搭接架上搭接段与相邻 1105 巷支架顶弧段中间安装锚索梁，锚索梁均匀分布，间距不大于 1000mm，锚索为 $\Phi 22 \times 10300\text{mm}$ 。

2.2.2. 搭接架间的顶杆连接设计

相邻搭接架间用顶杆连接，顶杆规格 $\phi 76 \times 3.75 \times 294\text{mm}$ 。顶杆可以连接相邻支架使之成为整体结构，又可以使支架各段由长杆变为短杆，防止长杆失稳破坏，增加支架稳定性。

3. 核心混凝土灌注设计

钢管内混凝土按 C40 配比，水泥选用为 42.5 的普通硅酸盐水泥，粗骨料选用矿用瓜子碎石，细骨料采用优质河砂。混凝土配比与材料用量见下表。

材料	水泥	砂子	碎石	水	总计
用量 (kg)	467	560.4	653.8	196	1877.2
质量比	5	6	7	2.1	/
体积 (m ³)	0.378	0.364	0.51	0.196	需称量核算

注浆过程需配置混凝土搅拌机。

支撑架在支架安装完成并固定后灌注即可，搭接架上下段在安装前进行灌注，等管内混凝土凝固后进行搭接架安装。

4. 复合支护方案设计

1103巷与6#&7#横川交岔口复合支护设计。如图2.5。

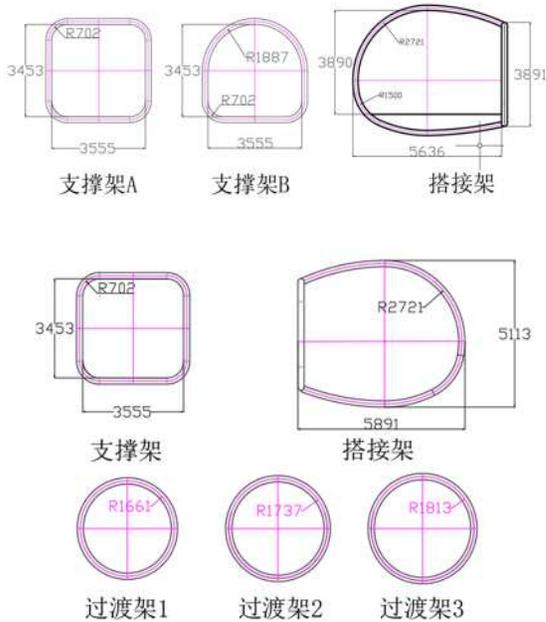


图 2.5 1103 巷与 6#&7# 横川交岔口组合支架结构设计

锚网喷支护：锚索为 $\Phi 21.8 \times 7300\text{mm}$ ，间排距为 $1200 \times 1000\text{mm}$ ，采用 $300 \times 300 \times 16\text{mm}$ 拱形金属高强度托盘及配套锁具，托盘承载能力不低于 600kN 。采用端头锚固，每根锚索安装时端头用一支 MSK2335 和两支 MSZ2360 树脂锚固剂，预紧力不小于 270kN 。锚索采用 $\phi 14-280-2800$ 钢筋托梁进行连锁。全断面铺设金属网，金属网为经纬网或钢筋网；网片搭接不小于 100mm ，网片连接采用 16# 双股铁丝对折后联接，链点间距不大于 200mm 。初喷为 50mm 混凝土喷层或柔性喷层等封闭围岩措施。

支架壁后充填：壁后板梁或矸石袋充填。上搭接段让压空间不低于 200mm ，板梁中心间距不大于 500mm ，且板梁分布均匀（保证上搭接段至少 10 个受力点）；支撑架与相邻 9# 横川支架间空隙喷射混凝土充填密实。

支架底拱处理：支撑架底拱和下搭接段底部铺设金属

网，在最低点支垫木料，预留不小于 200mm 的浇筑空间。支架架设完成后下搭接段底部喷射厚度不小于 200mm 的混凝土，底部充填密实。

5. 主要结论

本方案是基于主被动双强支护理论设计，具体方案总结如下：

1、支架参数：巷道交岔口组合式支架采用型号为 $\Phi 245 \times 10\text{mm}$ 的支撑架和型号为 $\Phi 219 \times 10\text{mm}$ 的搭接架，搭接架架中心间距为 543mm 。

2、锚网喷参数：锚索规格为 $\Phi 21.8 \times 7300\text{mm}$ ，间排距为 $1200 \times 1000\text{mm}$ ，采用 $300 \times 300 \times 16\text{mm}$ 拱形金属高强度托盘及配套锁具，全断面铺设金属网。初喷为 50mm 混凝土喷层或柔性喷层等封闭围岩措施。

3、壁后充填：充填前在钢管外壁铺设金属网，金属网为 $\phi 6.5\text{mm}$ 的钢筋网，网孔规格为 $100 \times 100\text{mm}$ ；网片搭接不小于 100mm 。在金属网与岩壁间木背板或矸石袋充填。支撑架地坪以上、套管以下的壁后充填矸石袋，且厚度不低于 300mm 。

4、支架底拱处理：支撑架底拱和下搭接段底部铺设金属网，在最低点支垫木料，预留不小于 200mm 的浇筑空间，架设完成后反底拱底部喷射厚度不小于 200mm 的混凝土，底部充填密实，然后再充填矸石至设计高度。

参考文献：

[1] 黄万朋, 孙远翔, 陈绍杰, 岩石蠕变扰动效应理论及其在深地动压工程支护中的应用 [J]. 岩土工程学报, 2021,43(9): 1621-1630.

[2] 黄万朋, 高延法, 王军, 扰动作用下深部岩巷长期大变形成机制及控制技术 [J]. 煤炭学报, 2014,39(5):822-828.

[3] 王军, 卢文岩, 邢鲁义, 等. 软岩巷道交岔点钢管混凝土组合支架支护技术研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2022,41(3):573-586.