

# 横川巷道基于钢管混凝土支架支护技术研究

丁厚刚 朱绪文 吴京山

山东深博巷道支护技术有限公司 山东济南 250000

**【摘要】**山西某矿巷道由北向南分别为1104巷、1102巷、1101巷、1103巷、1105巷，5条大巷，相邻巷道中对中间距为30m，岩柱尺寸为25m。大巷断面为半圆拱形，面积在20m<sup>2</sup>左右，属大断面巷道。巷道支护方式：锚网喷+锚索+注浆加固联合支护方式。巷道理深约为700~750m，巷道围岩为软弱岩层，5条大巷两侧均布置有分层开采综采工作面，受到深部地应力和采动应力影响。根据前期矿压观测结果，在综采工作面距离停采线200m时，大巷开始出现矿压显现，在工作面接近停采线过程中，5条大巷均出现严重变形破坏，两帮和底板尤为严重，两帮移近量达到2~3m，顶底板累计移近量达到2.5~3.5m，其中以底鼓为主；巷道断面大幅收敛，严重影响煤矿的正常安全生产。

**【关键词】**横川巷道；钢管混凝土支架；支护技术

## 1 横川巷道支护方案设计

### 1.1 钢管混凝土支架选型

#### 1.1.1 钢管混凝土支架基本结构要素

##### (1) 支架结构

钢管混凝土支架结构通常分为4段：顶弧段、两帮段、反底拱段，各段之间通过接头套管连接。

##### (2) 断面形状

根据巷道断面适应性与围岩应力场关系。依据支架与围岩应力场关系，目前常用支架形状主要有以下4种，如图2.1所示。

##### (3) 支架型号

根据支架材料适用性，钢管外径壁厚规格可选。目前常用的支架型号主要有：Φ168×10型、Φ194×8型、Φ194×10型和Φ219×10型。

#### 1.1.2 钢管混凝土支架选型

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下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。初选横川巷道采用Φ194×10型钢管混凝土支架作为主要支撑结构。

### 1.2 钢管混凝土支架结构设计

#### 1.2.1 钢管混凝土支架结构尺寸确定

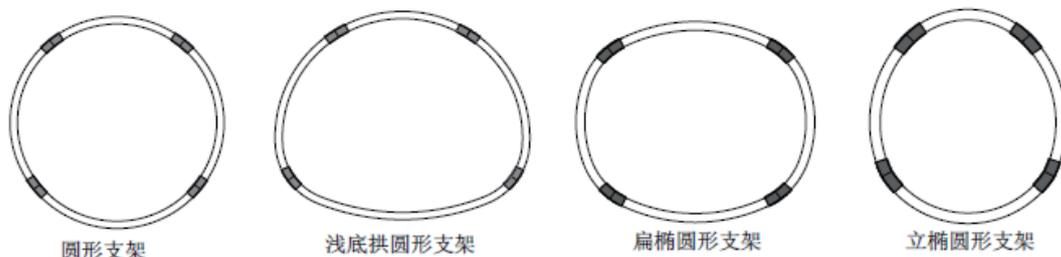


图2.1 钢管混凝土支架常用断面形状

钢管混凝土支架结构设计前需确定支架设计尺寸。进风6#&7#&9#横川的钢管混凝土支架结构设计如下：

进风6#&7#&9#横川支架结构设计为Φ194×10型钢管混凝土支架，支架间距1000mm。如图2.2所示：

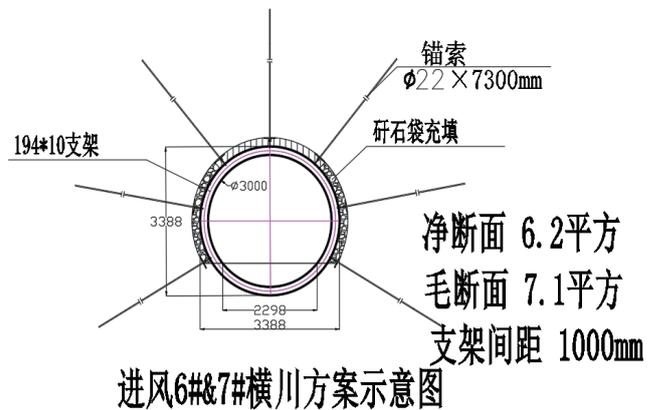


图2.2 进风6#&7#横川Φ194×10型支架结构设计

进风9#横川支架结构设计为Φ194×10型钢管混凝土支架，支架间距1000mm。如图2.3所示：

#### 1.2.2 钢管混凝土支架连接设计

##### (1) 接头套管连接设计

支架分为四段，各段间套管连接，支架顶拱段段与左右两帮之间用接头套管连接，接头套管采用Φ223×10mm的钢

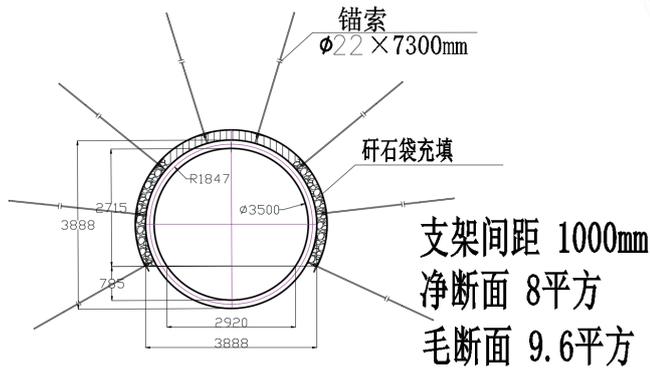


图2.3 进风9#横川 $\Phi 194 \times 10$ 型支架结构设计

管，外弧长度600mm，每架支架4个接头套管，套管采用热扩成型，最优匹配支架。接头套管连接方式：首先将顶拱段与左右帮段的钢管端面对齐，然后用相同弧度的钢管套接两端钢管，以保证两端钢管同心连接。

### (2) 支架间的顶杆连接设计

相邻钢管混凝土支架间用顶杆连接，每架支架配备8个顶杆，顶杆规格 $\Phi 76 \times 3.75 \times 800$ mm。顶杆可以连接相邻支架使之成为整体结构，同时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。顶杆不仅可以有效的抵制相邻钢管支架之间的拉力作用，还可以有效抵御相邻钢管支架之间的压力作用。

### 2.3 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 <sup>3</sup> )	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。

### 2.4 复合支护方案设计

进风6#&7#横川扩刷毛断面尺寸为3988 $\times$ 3588mm，毛断面如图2.4所示：

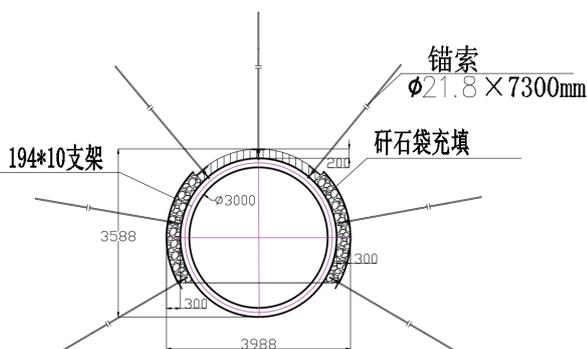


图2.4 进风6#&7#横川扩刷毛断面

进风6#&7#横川复合支护设计如图2.5所示：

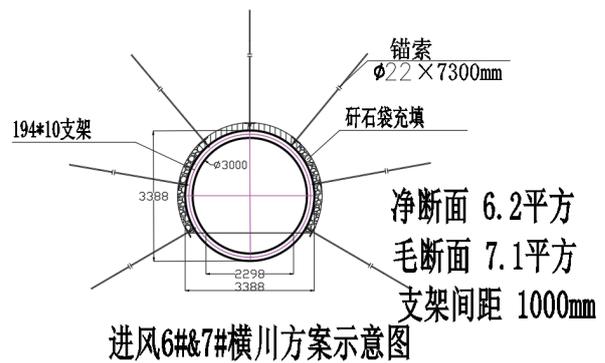


图2.5 进风6#&7#横川 $\Phi 194 \times 10$ 型支架结构设计

9#横川扩刷后毛断面尺寸为4488 $\times$ 4088mm，毛断面如图2.6所示：

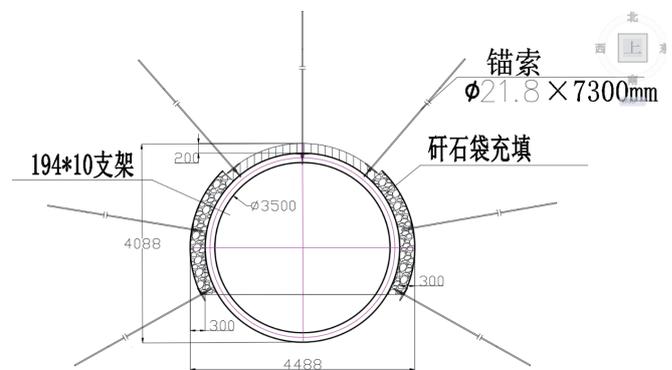


图2.6 9#横川扩刷毛断面

进风9#横川支架复合支护如图2.7所示：

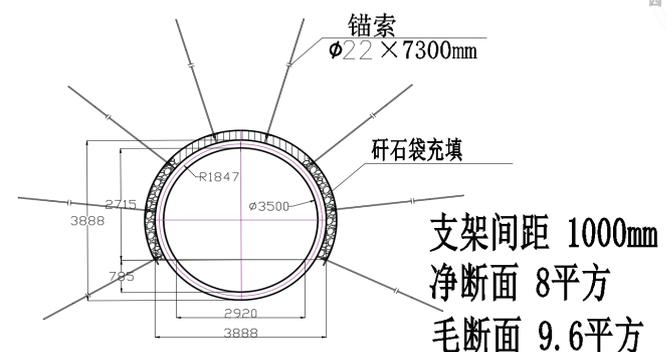


图2.7 9#横川 $\Phi 194 \times 10$ 型支架结构设计

锚网喷支护：全断面锚索规格为 $\Phi 21.8 \times 7300$ mm，间排距为1200 $\times$ 1000mm，采用300 $\times$ 300 $\times$ 16mm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。全断面铺设经纬网或钢筋网，网片搭接不小于100mm，网片连接采用双股16#双股铁丝对折后联接，扭接不小于三圈，双排联网，三花布置，链点间距不大于200mm。初喷为50mm混凝土喷层（完全覆盖金属网）或

柔性喷层等围岩封闭措施。针对原巷修采用10.3m锚索支护，在巷修后可对原支护锚索进行剪切重新张拉，预紧力满足要求可不再重新施工锚索，剪切长度不应超过2米。

**支架壁后充填：**壁后板梁或矸石袋充填。支架顶弧段让压空间不低于200mm，安装空间用板梁充填，板梁中心间距不大于500mm，且板梁分布均匀（保证顶弧段至少6个受力点）；两帮位置套管以下地坪以上的让压空间（厚度不低于300mm）用矸石袋充填。

**支架底拱处理：**反底拱段底部铺设金属网，在最低点支垫木料，预留不小于200mm的浇筑空间。先架设底弧段，并上拉杆进行固定，然后依次架设两帮段，最后安装顶弧段，钢管一循环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。

## 2.5 基于钢管混凝土支架的复合支护施工要求

支架支护反力计算

根据力学模型，支架支护反力 $\sigma_0$ 为：

$$S \int_0^{180} \sin \theta \cdot \sigma_0 \cdot R \cdot d\theta = S \cdot \sigma_0 \cdot R \int_0^{180} \sin \theta d\theta = 2 N_u \quad (3.3)$$

式中：S—支架间距，支护采用1m间距，

R—巷道计算半径，根据进风6#&7#&9#横川设计方案，顶弧半径分别为1.597m和1.847m，

$\sigma_0$ —一支架的支护反力；

$N_u$ —一支架极限承载力。

由式（3.3）可求出：

进风6#&7#横川钢管混凝土支架支护反力为：1.41 MPa

进风9#横川钢管混凝土支架支护反力为：1.22 MPa

复合支护强度由锚网喷支护强度和钢管混凝土支护强度组成，根据巷道支护规范，锚网喷支护可以提供支护力0.1~0.2MPa，此处取中间值0.15 MPa，因此，复合支护方案支护反力分别为1.56MPa和1.37MPa。

## 2.6 基于钢管混凝土支架的复合支护施工要求

### 2.6.1 顶板充填处理要求

支架壁后不低于200mm预留空间（即支架让压安装空间），安装空间用板梁充填，填充点不低于6个，板梁中心间距不大于500mm，且板梁分布均匀。

### 2.6.2 侧帮充填处理要求

地坪以上、套管以下的让压空间（厚度不低于300mm）用矸石袋充填。

### 2.6.3 反底拱处理要求

反底拱段底部铺设金属网，在最低点支垫木料，预留不小于200mm的浇筑空间。先架设底弧段，并上拉杆进行固定，然后依次架设两帮段，最后安装顶弧段，钢管一循环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。

### 2.6.4 混凝土拌料、泵送要求

混凝土必须用搅拌机拌料，建议配备必要的附着式振动器。

### 2.6.5 全断面锚固要求

支架顶部每5架锚固1架，锚杆规格为MSGLW-500/22×2400左旋无纵肋螺纹钢锚杆，锚固时采用1支MSK2335、一支MSZ2360型树脂锚固剂进行锚固，要求锚杆锚固力不小于190kN。每10架支架，全断面锚固1架，锚固要求同顶弧段锚固要求一致。

## 3 结语

本方案是基于主被动双强支理论设计，进风6#&7#&9#横川支护方案如下：

1、支架参数：进风6#&7#&9#横川采用 $\Phi 194 \times 10$ mm的钢管混凝土支架，支架中心间距为1000mm。

2、锚网喷参数：全断面锚索规格为 $\Phi 21.8 \times 7300$ mm，间排距为1200×1000mm，采用300×300×16mm拱形金属高强度托盘及配套锁具。锚索采用 $\Phi 14-280-2800$ 钢筋托梁进行连锁。全断面铺设经纬网或钢筋网。初喷为50mm混凝土喷层或柔性喷层等围岩封闭措施。

3、壁后充填：充填前在钢管外壁铺设金属网，金属网为 $\Phi 6.5$ mm的钢筋网，网孔规格为100×100mm；在金属网与岩壁间木背板或矸石袋充填。支架顶弧段让压空间不低于200mm，安装空间用板梁充填，板梁中心间距不大于500mm，且板梁分布均匀（保证顶弧段至少6个受力点）；两帮位置套管以下地坪以上的让压空间（厚度不低于300mm）用矸石袋充填。

4、支架底拱处理：反底拱段底部铺设金属网，在最低点支垫木料，预留不小于200mm的浇筑空间。先架设底弧段，并上拉杆进行固定，然后依次架设两帮段，最后安装顶弧段，钢管一循环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] 涂志鹏, 胡剑鹏, 雷洪华. 深井软岩巷道钢管混凝土支架支护技术应用[J]. 江西煤炭科技, 2023, (01): 1-3.

[2] 毛庆福, 王军. 基于钢管混凝土支架的复合支护技术在断层破碎带巷道中的应用研究[J]. 中国煤炭, 2019, 45 (05): 95-101.