

# Optimal Design of Bearing System for Mine Gear Bit

Weifang Ming

WISCO MCC Industrial Technology Service Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430083, China

## Abstract

The three-cone bit for mining is the main tool for rock drilling and perforation in open pit mines. It is widely used in the mining of various open pit mines, and its consumption cost accounts for a large proportion of the total perforation cost of the mine. 80% of the failure modes of mining tri-cone bits are the early failure of the bearing system. This paper discusses three new schemes to improve the working life of the bearing system of the mining tricone bit and the whole life of the bit from three aspects: the new sealing structure, the new friction pair structure and the new labyrinth claw back protection structure.

## Keywords

three-crust drill bit; bearing system; optimal design

# 矿用牙轮钻头轴承系统的优化设计

明伟方

武钢中冶工业技术服务有限公司, 中国·湖北 武汉 430083

## 摘要

矿用三牙轮钻头是露天矿山凿岩穿孔的主要工具, 广泛应用于各类露天矿山的开采, 其消耗费用占矿山总穿孔成本很大的比重。矿用三牙轮钻头 80% 的失效形式表现为轴承系统的早期失效。论文从矿用三牙轮钻头新型密封结构、新型摩擦副结构、新型迷宫式爪背保护结构等三方面, 探讨了提高矿用牙轮钻头轴承系统工作寿命, 从而提高钻头整体寿命的三种新方案。

## 关键词

矿用三牙轮钻头; 轴承系统; 优化设计

## 1 引言

矿用三牙轮钻头是露天矿山凿岩穿孔的主要工具, 广泛应用于铁矿、铜矿、煤矿等各类露天矿山的开采, 主要由牙爪、牙轮及其它多种小零件组成, 大体可分为轴承系统、破碎系统及排渣冷却系统。其工作原理是牙轮钻头与钻机上的钻杆连接, 随同钻杆旋转, 并带动与岩体接触的牙轮滚动。牙轮绕牙爪轴线自转, 同时绕钻头中心公转。牙轮外锥体上的硬质合金齿, 依靠钻机的钻压及牙轮旋转附加冲击载荷, 以压碎、冲击、剪切和刮削等不同形式吃入并破碎岩石, 整个钻头在旋转过程中不断向下推进。

牙轮钻头轴承系统的结构较复杂, 其径向结构一般由大滚柱-滚珠-小滚柱三列轴承构成, 承受径向力; 其轴向结构由一、二止推等两道止推面构成, 承受轴向力。矿用牙轮钻头在较恶劣的条件下工作, 轴承受力状况较为复杂。因此, 优化轴承结构, 合理分配轴承各部分的载荷, 改善轴承受力

状态十分关键。从国际上矿山反映的大量失效钻头的统计数据看, 80% 的失效形式表现为轴承系统的早期失效。轴承系统常见的损坏类型有: (1) 轴颈的疲劳剥落与磨损导致滚柱轴承失落和牙轮卡轴; (2) 滚柱歪斜或横置, 引起轴承卡死; (3) 滚珠磨损与碎裂引起轴承损坏。

因此要提高钻头的使用寿命, 首要的是提高其轴承系统的工作寿命, 其关键在于合理地确定轴承系统及其相关部分的结构和尺寸, 提高牙轮钻头的设计质量。论文正是从结构优化的设计角度, 探讨了提高牙轮钻头轴承系统工作寿命的三种新方案。

## 2 新型密封结构

### 2.1 传统非密封结构的矿用牙轮钻头

矿用牙轮钻头采用压气排渣, 传统的非密封结构钻头轴承无法保存润滑油脂, 以达到良好的润滑, 工作条件较为恶劣, 轴承易于摩擦发热。因此, 采用压风冷却吹洗轴承是传

统矿用牙轮钻头的重要特点。钻机工作过程中，压风通过钻杆输入内腔，其中 70% 左右的压风由牙爪侧边三个可更换的喷嘴吹至孔底，将岩渣由孔壁与钻杆之间的环形空间排至地表。30% 左右的压风则通过钻头牙爪主通风引入轴承系统，牙风再通过牙爪轴颈上的各风道、风沟，逸散热量，冷却轴承。当排渣风量不足时，岩渣容易进入轴承，极大加速滚柱及其跑道和轴颈的磨损，轴承的径向间隙显著增大，引起滚柱打横卡住牙轮。

良好的润滑是轴承正常工作的关键。从一定意义上说，改善了润滑条件就意味着提高了轴承系统的寿命。非密封结构钻头由于受润滑条件的制约，其寿命自然大打折扣。



图 1 传统非密封结构



图 2 新型密封结构

## 2.2 新型密封结构矿用牙轮钻头

新型密封结构矿用牙轮钻头采用耐高温、综合性能好的氧化丁腈 O 型圈密封。经过反复试验，得出压缩比 13-17% 比较好，既有足够的磨损补偿余量，也不会因摩擦阻力过大

而加快磨损。密封圈与轴颈松套，密封圈在自由状态下，内环与牙爪轴颈之间保留 0.40-0.60 毫米的合理间隙，以防止其处于拉伸状态，产生橡胶元件热缩冷胀的“焦耳效应”，影响密封效果。牙爪主通风管中存储一定的润滑脂，钻头工作时，由于钻头的基体温度升高，润滑脂会溶解，并通过与主通风孔相通的毛细孔缓慢流入轴承系统，从而实现轴承系统的连续润滑。

## 2.3 新型密封结构矿用牙轮钻头的效果

传统的非密封结构矿用牙轮钻头轴承无法保存润滑油脂，完全是干摩擦，轴承工作状态很差，早期失效快。采取新型密封结构后，前期很长一段时间，轴承系统都有润滑脂润滑，极大改善了轴承的工作状态，大大提高了轴承的使用寿命。尤其是当 O 型密封圈失效、润滑脂流失后，压风仍然能同非密封结构的钻头一样，正常通过主通风孔进入轴承系统，冷却轴承，从而使轴承寿命继续延长一段时间。

## 3 新型摩擦副结构

### 3.1 传统摩擦副结构

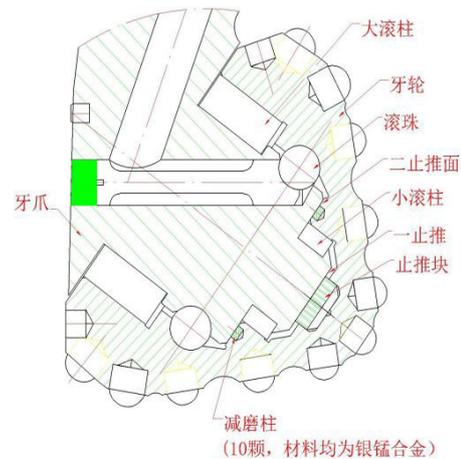


图 3 传统摩擦副结构

提高止推轴承的工作寿命，必须对构成止推副的轴承材料进行合理的选择，使其具有良好的适配性。所选的材料应使止推轴承具有良好的减磨、耐磨、抗咬合性、摩擦顺应性和嵌入性。但没有一种材料能全面具备这些性能。传统矿用牙轮钻头技术中，牙轮一止推面采用硬质合金的止推块，耐磨性好但咬合性差；牙轮二止推面镶银锰合金柱，咬合性好但抗磨性差；牙爪一、二止推面都堆焊碳化钨、钴铬钨等耐磨合金。

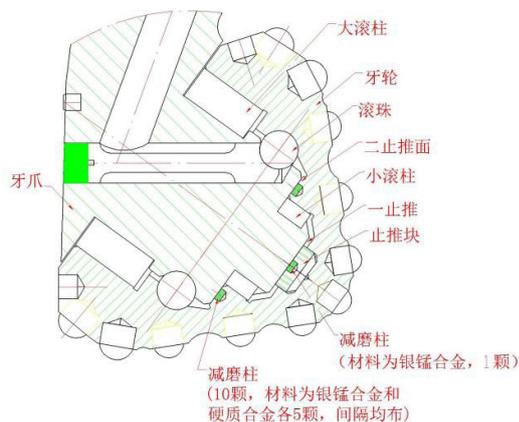


图4 新型摩擦副结构

### 3.2 新型摩擦副结构

新型摩擦副结构,在牙轮一止推面的止推块上镶一颗银锰合金,在牙轮二止推面上间隔镶银锰合金柱和硬质合金柱,从而使止推摩擦副既耐磨又具有良好的咬合性,极大地改善了止推轴承的工作状况,从而提高了整个轴承系统寿命。

### 3.3 新型摩擦副结构的效果

硬质合金硬度高、耐磨性好,但咬合性差;银锰合金作为一种固体润滑剂,硬度低,耐磨性差,但咬合性特别好。本技术方案对这两种合金取长补短,巧妙地同时使用在止推摩擦副中,各发挥自己的优点,效果非常好。

### 3.4 具体实施方式

在硬质合金止推块上镶一颗银锰合金柱,起固体润滑作用。止推块整体固在牙轮一止推孔中,作为牙轮一止推面。牙轮二止推面上镶固5颗银锰合金柱、5颗硬质合金柱。改进后的牙轮一止推面、二止推面都既耐磨又有良好的咬合性。止推块上的孔烧结时直接成型,牙轮二止推面上的孔在普通立钻上钻出,硬质合金柱、银锰合金柱均以一定的过盈量冷压进入孔中。

## 4 新型迷宫式爪背保护结构

### 4.1 传统爪背保护结构

矿用牙轮钻头磨损的特点之一是爪背磨损,特别是爪尖的磨损。爪尖磨损会导致滚柱轴承外露,岩蹠进入轴承,加速轴承跑道的磨损,从而引起滚柱掉出或打横,牙轮脱落或卡死,钻头报废。因此,要保护轴承系统,就必须保护好牙爪的爪尖部位。传统的爪背保护主要有:(1)在爪尖边缘堆焊“L”形表面硬化材料(碳化钨)等以抗磨;(2)爪背下

部镶嵌平顶圆柱硬质合金齿以抗磨;(3)爪尖边缘堆焊“L”形表面硬化材料,在其上部再镶嵌平顶圆柱硬质合金齿,采取双重保护措施;(4)在设计上适当增加牙轮底径,增大牙轮背锥面,或改变背锥几何形状,改善爪背工作条件,以减轻或延缓爪背的磨损。但由于受钻头尺寸的限制,爪尖的最薄弱处特别薄,无论是堆焊还是镶合金齿都非常困难,从而出现爪尖最薄弱处却偏偏得不到有效保护的矛盾状况<sup>[1]</sup>。

### 4.2 新型迷宫式爪背保护结构

新型迷宫式爪背保护结构的钻头在牙爪“C”点平面处车一止口,在牙轮背锥底平面车一止口槽,牙爪的止口与牙轮的止口槽组成一个所谓的“迷宫”结构,这样一来,爪尖就被巧妙地嵌入到迷宫中,能得到牙轮背锥的有效保护。

牙爪的爪尖部位的保护强化,归根到底就是对钻头轴承系统的保护强化,从而提高矿用牙轮钻头的整体寿命。

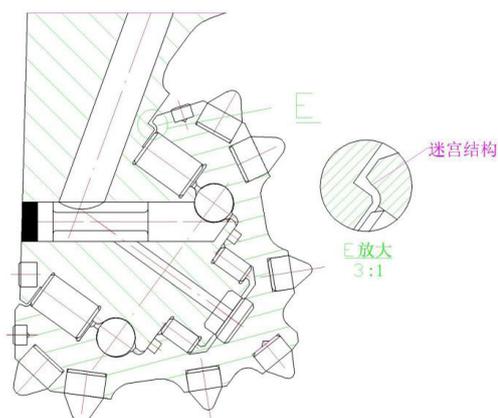


图5 新型迷宫式结构

## 5 结语

矿用牙轮钻头作为矿山开采中不可修复的较昂贵的易耗品,占矿山总穿孔成本很大的比重。不断提高矿用牙轮钻头整体寿命,降低矿山生产成本,是矿山越来越急迫的要求。而提高牙轮钻头轴承系统工作寿命无疑是提高钻头整体寿命的关键。从设计的角度来讲,一切的技术方法和措施,都应该围绕着提高钻头轴承系统寿命来进行。随着新材料、新工艺的不断进步,矿用牙轮钻头轴承系统的各项设计也将会进一步得到优化、提高。

### 参考文献

[1] 鞍山黑色冶金矿山设计研究院、长沙矿山研究院编.国外牙轮钻机[M].冶金工业出版社,1980.