

矿用牙轮钻头球齿干涉原因分析

卜长根, 王成彪

(中国地质大学, 北京 100083)

[摘要] 分析了牙轮钻头安装和磨损间隙引起牙轮相对牙爪轴线的平移和倾斜对相邻锥体上球齿间隙的影响, 通过计算, 当牙轮、牙爪轴线轴向、径向平移使球齿的趋近量有抵消的趋势; 而滚柱轴承磨损量大于径向滑动轴承时磨损量时, 引起牙轮、牙爪轴线相对偏斜, 使大端径向球齿趋近量增大, 是发生球齿干涉的主要原因。

[关键词] 牙轮钻头 轴线偏斜 球齿干涉

[中图分类号] P634.4 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)06-0079-03

1 问题的提出

牙轮钻机是露天矿山的重要钻采设备, 牙轮钻头消耗占钻孔成本的 50%, 牙轮钻头的使用寿命直接影响牙轮钻机施工的经济技术指标, 其中牙轮钻头球齿干涉造成的球齿碰撞或钻头卡死是影响钻头寿命的因素之一。

牙轮球齿除了材质、外露高度不适等原因在破碎岩石时碎裂外, 很大一部分是由相邻牙轮球齿相互碰撞而引起的, 设计时牙轮钻头在啮合图上都有 3 mm ~ 5 mm 的距离, 出厂钻头质检合格, 而在使用期间球齿虽经磨损, 凸出体外高度变短, 轴承轴向间隙增大等, 更应进一步增大相邻齿间的距离, 不应发生球齿干涉, 实际上, 有些牙轮钻头工作一段时间后, 牙轮之间多圈球齿在孔底碰撞干涉, 轻者球齿顶部有规律的缺损或断裂, 严重的造成钻头卡死而报废, 大多数钻头提出孔底仍可以灵活转动。这是设计、使用人员难于理解的。

2 钻头牙轮、牙爪轴线的平移和偏斜

在理想工作状态下, 牙轮钻头的牙轮和牙爪的轴线应相互重合, 设计时牙轮钻头相邻锥体上球齿间 3 mm ~ 5 mm 距离是可以保证的, 经使用后, 钻头相邻锥体外球齿发生干涉, 牙轮钻头解剖表明: 牙轮和牙爪磨损后工作状态如图 1。

牙轮钻头轴承组中, 球轴承径向游隙很大 (游隙 0.508 mm ~ 1.5 mm), 它与一、二止推共同对牙轮进行轴向定位, 主要是滚柱轴承、滑动轴承配合游隙影响牙轮和牙爪轴线间偏斜。

滚柱轴承对轴线偏斜最为敏感, 微小偏斜就会产生严重的端部应力集中, 降低轴承寿命且增大摩擦磨损, 因此, 在机械设计中, 规定短圆柱滚柱轴承允许偏斜角度不大于 4°, 经验和研究均表明^[1], 由轴线偏斜和边缘效应引起滚柱端部的应力集中, 可以高达中部接触应力的 3 ~ 7 倍, 应力集中的长度占总接触长度的 0.07 ~ 0.16 倍。

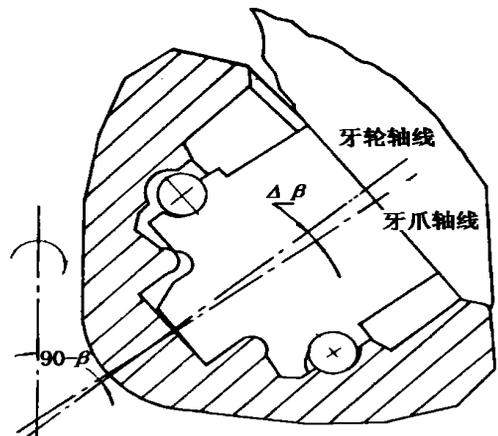


图 1 钻头磨损后牙轮、牙爪在孔内工作图

滚柱端部的应力集中, 导致滚柱端部早期疲劳剥落, 增加摩擦、磨损和发热, 严重可能导致滚柱端部退火, 滚柱一般用轴承钢淬火, 外硬内软, 滚柱的端部因疲劳剥落和磨损会很快失去淬硬层, 也就失去了承载能力, 滚柱向腰鼓形或子弹形发展, 中部接触区域减小; 另一方面, 由于 Kx-250 钻头的游隙原因, 实际接触应力比设计计算为大, 滚柱中部接触应力增大, 牙爪大跑道下侧和滚柱疲劳磨损加剧, 降低了轴承寿命, 在随机冲击载荷作用下, 滚柱由腰鼓形而被展长变细, 从而使滚柱—球—滑动轴承失去设

[收稿日期] 2000-4-18; [修定日期] 2000-5-10; [责任编辑] 王梅。

计的几何特征。

实际一止推摩擦副的耐磨性优于二止推副,如一矿用牙轮钻头一止推平均磨损量是 1.9 mm,对应二止推平均磨损量是 3.8 mm,即一止推磨损大约是二止推的磨损量的 1/2,而一止推轴承面积较小,磨损后形成图 1 所示的支承结构。此时,二止推轴承只在轴下方接触,牙轮 R 跑道下方随牙轮二止推跟进,推动滚珠轴承等量磨损爪轴 R 跑道下方,爪轴 R 槽下方增宽 4.55 mm,定位球轴承变成推力轴承,从而造成 R 跑道轴向偏磨。解剖表明:牙轮钻头一止推轴承磨损量只是二止推轴承和 R 槽宽的一半,一止推轴承正常磨损量可认为牙轮相对牙爪的轴向平移,滚柱轴承和径向滑动轴承装配、磨损间隙较小的可认为牙轮相对牙爪的径向平移,二径向轴承间隙之差反映牙轮和牙爪轴线倾斜程度,如图 1,一止推为顶点的,牙轮绕爪轴作圆锥运动,牙轮和牙爪轴线交角达 4°~5°左右。那么,牙轮和牙爪轴线的偏斜是如何影响钻头相邻锥体外球齿干涉呢?

3 钻头球齿干涉原因理论分析

假定牙轮、牙爪的轴向和径向平移,以及牙轮和牙爪轴线交角都很小量,各个量是独立的。

3.1 钻头牙轮、牙爪轴线的平移对球齿干涉影响

若轴向磨损和间隙引起平移 s_1 ,径向磨损和间隙引起平移 r ,由几何关系不难得到受径向平移 r 影响的轴向总平移 s 表达式:

$$s = s_1 - r \times \text{tg}$$

式中: γ —钻头轴线和牙轮轴线夹角的余角。

当一止推摩擦副因随机因素而被破坏,可能出现 $s_1 > r$,单个牙轮向大端平移较大,如啮合图 2 所示,球齿未控制在牙爪轴夹角 2θ 之内(或具有自洁功能牙轮),则可能发生相邻牙轮球齿或铣齿延牙轮轴向碰撞干涉。

当正常磨损时,认为各个轴平移量相近,此时引起相邻牙轮球齿径向变化量 Δ_1 :

$$\Delta_1 = \frac{S}{180} 2 (\ s_1 - r \text{tg} \)$$

实践表明: s_1 一止推轴向磨损和 r 小轴颈径向滑动磨损,二者比较一致, $\gamma = 36^\circ \sim 38^\circ$ 时,对球齿间径向变化量影响不大,有相互抵消的趋势。

3.2 钻头牙轮、牙爪轴线的偏斜对球齿干涉影响

在图 2 所示钻头啮合图上,啮合图的轴间角 2θ 是空间两牙爪轴的轴间角,在图 3 中, OO_1 、 OO_2 、 OO_3 分别是牙轮轴线的位置,当牙轮与爪轴的轴线

重合,由立体几何可知角 θ 、 θ 间计算式为:

爪轴轴间角:

$$2\theta = 2 \times \arcsin(\sin 60^\circ \times \cos \gamma)$$

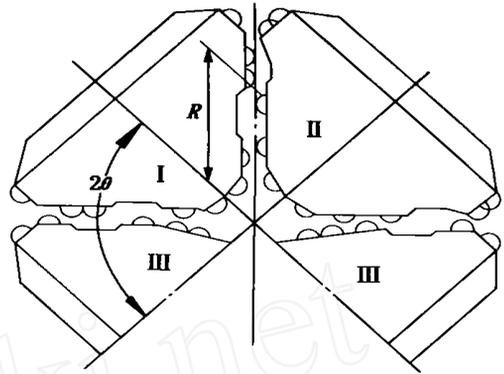


图 2 牙轮钻头啮合图

工作时,由于牙轮钻头轴承系统(尤其滚柱)磨损,牙轮大端较爪轴上移,牙轮与爪轴的轴线按图 1 形式相对转动,牙轮与爪轴的轴线不重合,其倾斜夹角为 γ (见图 1),此时三牙轮之间的轴间角 2θ ,其牙轮轴间角计算式为:

$$2\theta = 2 \times \arcsin(\sin 60^\circ \times \cos(\gamma + \theta))$$

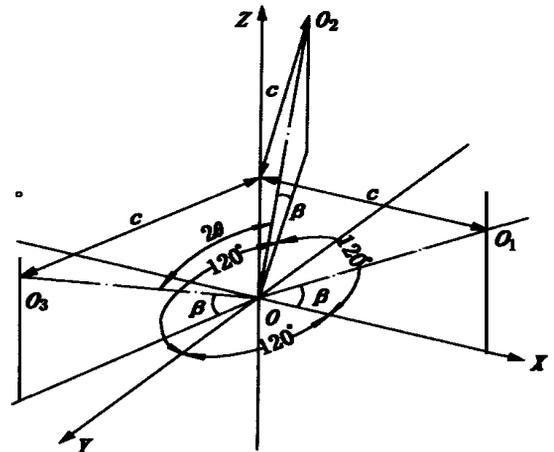


图 3 牙轮钻头轴与爪轴的轴线位置

在啮合图上的轴间角减小 Δ_2 ,其计算式为:

$$\Delta_2 = 2 \times \arcsin(\sin 60^\circ \times \cos \gamma) - 2 \times \arcsin(\sin 60^\circ \times \cos(\gamma + \theta))$$

对于牙轮特定 R(在啮合图上距 O 点半径) 齿圈相邻牙轮球齿径向间隙减小量 Δ_2 为:

$$\Delta_2 = R \times$$

例如,根据钻头剖样,经检测 $s_1 = 1.6 \text{ mm}$, $r = 1.9 \text{ mm}$, $\gamma = 36^\circ$,牙轮二止推磨损量 $3.5 \text{ mm} \sim 4 \text{ mm}$,可近似估算牙轮轴线倾角增量 $\Delta_2 = 3.82^\circ$ 。

啮合图上的轴间角减小 Δ_2 :

$$\Delta_2 = 2 \times \arcsin(\sin 60^\circ \times \cos \gamma) - 2 \times \arcsin(\sin 60^\circ \times \cos(\gamma + \theta)) = 5.57^\circ$$

若 $R = 60 \text{ mm}$, 相邻牙轮特定齿圈间距减小量:

$$2 = R \times \quad = 5.83 \text{ mm}$$

总的径向间隙变化量:

$$= 2 - 1 = R \times \quad - \quad \times (\quad s_1 - r \times \text{tg} \quad) / 90 = 4.57 \text{ mm}$$

计算表明:相邻牙轮特定齿圈间距减小量,已超过设计间距,要发生球齿碰撞,而实际该牙轮特定齿圈球齿齿冠已缺损。一般 $K\alpha - 250$ 牙轮钻头 $= 36^\circ \sim 38^\circ$, 当牙轮和爪轴的轴线夹角达到 $1.5^\circ \sim 2.0^\circ$, 相邻牙轮大端就会发生球齿齿冠碰撞。

4 主要结论

(1) 小轴颈滑动轴承径向和一止推轴向的磨损使牙轮、牙爪轴线轴向、径向平移,对相邻锥体上球齿间径向间隙的影响有互相抵消趋势。

ANALYSIS OF BUTTON-LIKE INSERTS INTERFERING FACTOR IN TRI-CONE BIT

BU Chang - gen

Abstract: The paper analyses the effect of translation and offset angle of the cone axis to shaft one on the gap variation between two ring - button, which position on two cones. It is calculated that the offset angle between two axes makes near variation in the big part of cone, which result in the button - like inserts intruding one other.

Key words: tri - cone bit, axis translation and slant, button - like inserts interfering



第一作者简介:

卜长根(1963年-),男。1987年获工学硕士学位,现为中国地质大学工程技术学院副教授,主要从事地质工程机械设备和工艺设计与研制,参加多项部级课题的研究工作。

通讯地址:北京市 中国地质大学工程技术学院 邮政编码:100083

(2) 滚柱轴承磨损量大于径向滑动轴承磨损量时,引起牙轮、牙爪轴线相对偏斜,钻头工作时,使相邻牙轮的轴间角小于牙爪轴间角。

(3) 在啮合图上,牙轮轴间角变小,大端球齿趋近量增大,使相邻牙轮球齿干涉大多首先发生在大端,然后向中部发展,对钻头的危害很大。

[参考文献]

- [1] 贾群义编著. 滚动轴承的设计与应用技术[M]. 西安:西北工业大学出版社,1991.
- [2] 任涵文,等. 矿用牙轮钻头布齿的数学模型[J]. 矿山机械,1996(12).
- [3] 肖晓华,等. 牙轮钻头布齿的数学模型[J]. 西南石油学报,1999,20(3).
- [4] 罗肇丰,等著. 钻头(钻井技术手册一)[M]. 北京:石油工业出版社,1984.
- [5] 陈玉凡主编. 矿山机械(钻孔机械部分)[M]. 北京:冶金工业出版社,1981.

(上接第78页)

比较稳定,生长高级金刚石提高约51%。合成工艺稳定且调整范围宽。不但使加热能耗降低,有利于降低顶锤消耗,且便于合成工的掌握与生产管理。因此W型叶蜡石是一种比较理想的传压介质,在超硬材料工业中完全可以替代其他叶蜡石,具有广阔的市场前景。

5 结束语

金刚石质量的提高,成本的降低,不仅仅与叶蜡石有关,但叶蜡石在其中起了很大作用,W型叶蜡石的开发研究及推广成功,为众多金刚石厂家提高效率提供了有利条件。

RESEARCH AND APPLICATION OF W TYPE MEDIUM OF TRANSMIT PRESSURE

LI Fei - yao, MAO Jing - yu

Abstract: The paper introduces W type medium of transmit pressure, including chemical composition, physical property and mineral composition. On the other hand, researching composite block process and roast, Applying in many plants.

Key words: W type medium of transmit pressure, research, apply



第一作者简介:

李飞跃(1961年-),男。1984年毕业于中南矿冶学院地质系探矿工程专业。现为中南大学资环建院博士生,冶金工业部遥感技术应用中心主任,高级工程师。主要从事探矿工程、岩土勘察工程、超硬材料和遥感技术管理工作。

通讯地址:北京市朝阳区安贞里二区一层11楼 冶金工业部遥感技术应用中心 邮政编码:100029