

中微风化花岗岩层旋挖钻机牙轮钻头损耗机理分析

陈新容 潘玺帆

中煤江南建设发展集团有限公司 广东广州 510000

摘要: 随着旋挖钻机技术的不断发展,其应用范围越来越广,钻进深度和直径也不断增加。然而,在中微风化花岗岩层钻进时,牙轮钻头的损耗问题一直是制约施工效率和效益的关键因素。虽然在钻探工程领域,对于钻头损耗已有一定研究,但针对中微风化花岗岩层旋挖钻机牙轮钻头的损耗机理研究相对较少。基于此,以下对中微风化花岗岩层旋挖钻机牙轮钻头损耗机理进行了探讨,以供参考。

关键词: 中微风化花岗岩层;旋挖钻机;牙轮钻头损耗;机理分析

引言

在现代基础设施建设中,桩基础工程至关重要。中微风化花岗岩层常常是桩基础的持力层。旋挖钻机作为一种高效的成孔设备,在这类地层施工时,牙轮钻头的损耗情况直接影响工程的进度、成本和质量。由于花岗岩硬度高、耐磨性强,牙轮钻头在钻进过程中面临巨大挑战,因此深入分析其损耗机理,有助于优化钻头设计、提高钻进效率、降低施工成本,对推动工程建设发展具有重要意义。

一、旋挖钻机牙轮钻头的工作原理

旋挖钻机牙轮钻头的工作原理如下:旋挖钻机在工作时,牙轮钻头通过钻杆与钻机的动力头相连。动力头为钻头提供扭矩和轴向压力。牙轮钻头主要由多个牙轮组成。在钻进过程中,钻头在轴向压力的作用下与岩石表面接触。牙轮在扭矩的驱动下开始滚动。牙轮的表面布满了各种形状和角度的切削齿。当牙轮滚动时,这些切削齿不断地冲击和切削岩石。切削齿以一定的角度切入岩石,通过挤压、剪切等方式破碎岩石。对于中微风化花岗岩这种硬度较高的岩石,牙轮钻头的牙轮滚动时,切削齿不断地对岩石施加集中力。由于花岗岩的脆性,在这些集中力的作用下,岩石内部产生裂纹并逐渐扩展,最终使岩石破碎成小块。同时,钻头的旋转和轴向压力的共同作用,使得破碎后的岩石屑能够被及时排出钻头的工作区域,为钻头继续钻进提供空间。牙轮钻头这种滚动切削、冲击破碎以及排屑的工作方式,使其能够有效地在不同地层,尤其是像中微风化花岗岩层这样较硬的地层中进行钻进作业。

二、中微风化花岗岩的特性

1. 物理特性

中微风化花岗岩具有独特的物理特性。其硬度较高,莫氏硬度通常在6-7之间,这使得它具有很强的耐磨性。在建筑工程中,这种高硬度特性使得它能够承受较大的压力,被广泛用作建筑物的基础持力层。其密度较大,一般在 $2.6-2.75\text{g/cm}^3$ 之间,这表明其结构紧密,孔隙率低。这种紧密的结构使得它具有较好的抗渗性,能够有效阻止地下水的渗透。此外,花岗岩的颜色多样,主要由其中所含矿物成分决定,外观美观,也常被用于建筑装饰材料。

2. 力学特性

在力学特性方面,中微风化花岗岩表现出较高的抗压强度。其单轴抗压强度可达到 $100-250\text{MPa}$,这一特性使得它在承受巨大的上部结构荷载时不易被压碎,能够为建筑物提供稳定的支撑。然而,其抗拉强度相对较低,通常只有抗压强度的 $1/10-1/20$ 。这种抗压强、抗拉弱的特性决定了在工程应用中需要特别注意其受力方式,避免出现拉应力集中的情况。另外,花岗岩的弹性模量较高,这意味着在受力时它的变形相对较小,能保持较好的结构稳定性。

3. 化学特性

中微风化花岗岩的化学特性也十分显著。它主要由石英、长石和云母等矿物组成。其中,石英化学性质稳定,不易被酸碱等化学物质侵蚀,这使得花岗岩整体具有较好的耐腐蚀性。在自然环境中,即使长期暴露在大气、水等介质下,也能保持较好的化学稳定性。但是,在一些特殊的工业环境或者受到污染的环境中,如果存

在强酸性物质，长时间作用下也可能会对花岗岩中的长石等矿物产生一定的化学侵蚀作用，不过这种侵蚀过程相对缓慢。

三、影响牙轮钻头损耗的因素

1. 岩石特性

中微风化花岗岩的岩石特性对牙轮钻头的损耗有着显著影响。花岗岩的硬度高，莫氏硬度可达6-7，这使得牙轮钻头的切削齿在钻进过程中受到极大的磨损。切削齿需要不断地克服岩石的硬度来破碎岩石，高强度的摩擦会导致切削齿的快速磨损，缩短钻头的使用寿命。花岗岩的结构致密，孔隙率低。这种特性使得钻头在钻进时，破碎岩石产生的岩屑难以顺利排出。岩屑在钻头周围堆积，增加了钻头与岩石之间的摩擦力，进一步加剧了钻头的磨损。而且，由于岩屑不能及时排出，钻头重复破碎同一区域的岩石，增加了不必要的工作负荷，导致钻头的损耗速度加快。花岗岩的矿物成分复杂，含有石英、长石和云母等矿物。石英硬度极高且化学性质稳定，在钻进过程中，石英颗粒会对钻头切削齿产生强烈的磨蚀作用，如同砂纸打磨一样，不断地磨损切削齿的表面，降低切削齿的切削能力，最终导致钻头过早报废。

2. 钻进参数

钻进参数设置不当也会给牙轮钻头带来严重的损耗。钻压过大是一个常见问题。当钻压超过合理范围时，牙轮钻头的切削齿会过度切入岩石。这会使切削齿承受巨大的压力，容易导致切削齿的变形甚至折断。例如，在中微风化花岗岩层钻进时，过大的钻压可能使切削齿根部因承受不住压力而发生弯曲，一旦切削齿变形，其切削刃的角度就会改变，无法正常有效地切削岩石，反而会增加与岩石的摩擦，加速钻头的磨损。转速不合理也会影响钻头损耗。如果转速过快，牙轮钻头的离心力会增大，这会影响钻头的稳定性。在不稳定的状态下钻进，钻头的切削齿与岩石的接触不均匀，部分切削齿会承受过大的冲击力，容易造成切削齿的破损。同时，过快的转速还会导致钻头产生过度的振动，这种振动会使钻头与岩石之间的冲击力增大，加剧切削齿的磨损，并且可能使钻头的其他部件如轴承等受到损害，缩短整个钻头的使用寿命。进尺速度过快也是不利因素。过快的进尺速度意味着钻头没有足够的时间来破碎和排出岩屑。岩屑在钻头下方堆积，会阻碍钻头的正常钻进，使钻头需要消耗更多的能量来克服这些阻力。

3. 钻头自身结构与材料

钻头自身的结构与材料是影响其损耗的重要内在因素。从结构方面来看，牙轮的布局不合理会影响钻头的工作效率和损耗速度。当牙轮间距过小时，相邻牙轮的切削齿在工作时可能会相互碰撞，导致切削齿的损坏。钻头的轴承结构也非常关键。如果轴承的密封性能不好，在中微风化花岗岩层钻进时，外界的岩屑、泥水等杂质容易进入轴承内部。这些杂质会破坏轴承的润滑环境，增加轴承的摩擦力，使轴承磨损加剧。一旦轴承磨损，牙轮的转动就会受到影响，导致牙轮不能正常滚动，切削齿的切削角度和力度就会发生变化，从而加速钻头的损耗。从材料角度分析，钻头材料的耐磨性不足是导致损耗的重要原因。如果切削齿的材料硬度不够或者耐磨性差，在与高硬度的花岗岩接触时，切削齿很快就会被磨损。材料的韧性也很重要，如果材料韧性差，在承受较大的冲击力时，切削齿容易断裂，这会使钻头无法正常工作，只能提前报废。

四、减少牙轮钻头损耗的措施

1. 根据岩石特性优化钻进工艺

针对不同的岩石特性，尤其是中微风化花岗岩层的特性，优化钻进工艺是减少牙轮钻头损耗的关键。在钻进前需要对岩石进行详细的勘察分析，准确掌握花岗岩的硬度、结构和矿物成分等信息。例如，当遇到硬度较高的花岗岩时，可以采用预破碎技术，先用小型冲击钻在钻进区域进行预破碎，降低岩石的整体硬度，减少牙轮钻头直接破碎岩石时的磨损。根据花岗岩结构致密、岩屑排出困难的特点，调整钻进过程中的排屑方式。可以采用气举反循环排屑系统，通过向钻杆内注入高压气体，使钻杆内的岩屑随着气流被带出孔外。这种排屑方式能够有效避免岩屑在钻头周围堆积，减少钻头与岩屑之间的摩擦，从而延长钻头的使用寿命。考虑到花岗岩矿物成分对钻头的磨蚀作用，合理选择钻进液。钻进液不仅可以起到冷却钻头的作用，还能在钻头表面形成一层保护膜，减少矿物颗粒对钻头的直接磨损。例如，选用含有特殊添加剂的钻进液，这些添加剂能够与花岗岩中的某些矿物发生化学反应，形成一层润滑膜，降低钻头的磨损速度。

2. 合理调整钻进参数

合理的钻进参数对于减少牙轮钻头损耗至关重要。精确控制钻压。钻压应根据中微风化花岗岩的实际硬度和钻头的承载能力来设定。在钻进初期，可以采用较小

的钻压进行试探性钻进，随着钻进深度的增加和对岩石特性的进一步了解，逐步调整钻压。优化转速设置。根据钻头的尺寸、牙轮数量以及岩石的特性确定合适的转速。对于中微风化花岗岩这种硬度较高的岩石，转速不宜过高。可以通过实验和经验数据来确定一个最佳转速范围。在这个范围内，钻头既能保持稳定的钻进，又能减少由于离心力和振动带来的损耗。在钻进过程中，通过安装在钻杆上的振动传感器监测钻头的振动情况，若振动过大，说明转速可能过高，需要适当降低转速，以减少钻头的磨损。合理控制进尺速度。进尺速度要与钻头的破碎能力和排屑能力相匹配。在钻进中微风化花岗岩时，要确保钻头有足够的时间破碎岩石并排出岩屑。可以根据钻头的类型、尺寸以及岩石的可钻性来确定进尺速度。如果返出的岩屑量过少且岩屑颗粒较大，可能是进尺速度过快，需要适当降低进尺速度，防止岩屑堆积对钻头造成损害。

3. 改进钻头自身结构与材料

改进钻头自身的结构与材料是减少其损耗的根本措施。从结构方面来看，优化牙轮布局是重要的一环。增大牙轮之间的间距，使每个牙轮在破碎岩石时产生的岩屑能够顺利排出，避免岩屑在钻头内部相互干扰。合理调整牙轮的角度和尺寸，确保各个牙轮的切削齿在工作时能够均匀地分担钻进压力，减少单个切削齿的负荷。改进钻头的轴承结构。采用密封性能更好的轴承，防止外界的岩屑、泥水等杂质进入轴承内部。这样可以减少轴承的磨损，保证牙轮的正常转动，从而减少钻头的损耗。从材料角度出发，研发和选用更优质的材料制作钻头。对于切削齿的材料，要提高其硬度和耐磨性。例如，采用硬质合金材料制作切削齿，这种材料具有很高的硬度和耐磨性，能够在钻进中微风化花岗岩时有效抵抗岩石的磨损。也要兼顾材料的韧性，确保切削齿在承受较大冲击力时不会轻易断裂。可以通过合金化、热处理等工艺来优化材料的性能，使钻头在提高耐磨性的同时保持良好的韧性，延长钻头的使用寿命。

4. 钻头维护与保养

在钻头使用后，应立即进行清理工作。中微风化花岗岩钻进过程中，会有大量的岩屑、泥浆等附着在钻头上。如果不及时清理，这些杂质会在钻头表面干涸、结块，增加钻头的重量，影响下次使用时的钻进效率。例如，岩屑可能会堵塞钻头的排屑通道，导致下次钻进时岩屑无法正常排出，增加钻头与岩屑之间的摩擦，从而加速钻头的磨损。清理时，可以使用高压水枪冲洗钻头

的各个部位，包括牙轮、切削齿、轴承等部位，确保将所有的杂质都冲洗干净。定期对钻头进行检查是维护保养的重要环节。要检查钻头的切削齿是否有磨损、变形或者断裂的情况。对于中微风化花岗岩这种较硬地层的钻进，切削齿的磨损是比较常见的问题。如果发现切削齿磨损严重，应及时更换，否则会影响钻头的钻进能力，并且会使其他部件承受更大的压力，加速整个钻头的损坏。要检查钻头的轴承，查看其润滑情况和是否有异物进入。如果轴承润滑不足，要及时添加润滑脂；如果发现异物进入轴承，要拆卸轴承进行清理，防止异物进一步破坏轴承的正常运转。

结束语

中微风化花岗岩层旋挖钻机牙轮钻头的损耗是一个涉及多方面因素的复杂问题。从岩石特性到钻进参数，再到钻头自身结构和材料，各个因素相互影响、相互作用。深入理解其损耗机理，对于工程施工的成本控制、效率提升以及钻头的优化设计具有不可忽视的意义。未来，随着技术的不断发展，还需要进一步探索更加精确的损耗预测模型和更有效的应对措施，以适应日益增长的工程建设需求，保障旋挖钻机在中微风化花岗岩层钻进作业的高效、稳定进行。

参考文献

- [1] 余之盈. 广东省仁化县建筑用花岗岩矿体特征及矿床成因分析研究[J]. 中国资源综合利用, 2024, 42(09): 85-87.
- [2] 王晨, 马亚鑫, 邹伟林, 等. 常偏应力路径下花岗岩风化土的力学特性[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版), 2024, 34(03): 14-20.
- [3] 陈兴华. 全风化花岗岩层咬合桩施工关键技术研究[J]. 城市道桥与防洪, 2024, (09): 194-196+24.
- [4] 滕召金, 黎起富, 宁焕, 等. 旋挖钻机在深层坚硬岩施工关键技术[J]. 建筑机械, 2021, (08): 92-94.
- [5] 刘翔宇, 杨光华, 杨球玉, 等. 旁压试验在深厚强风化花岗岩层中的应用[J]. 工程勘察, 2020, 44(07): 31-36.
- [6] 黄罗成, 马登刚. 厚散体状强风化花岗岩层中的沉桩施工[J]. 中国港湾建设, 2020, 36(02): 53-55.
- [7] 康雅娴. 旋挖钻机在孤石、硬岩钻进过程中的实践[J]. 江西建材, 2020, (03): 118+121.