



深厚覆盖层堆积体破碎带成孔 偏心跟管钻进工艺技术研究

袁学武

成都理工大学环境与土木工程学院

2009. 10. 25

深厚覆盖层堆积体破碎带成孔 偏心跟管钻进工艺技术研究

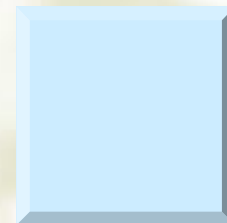
- √ 1 前言
- √ 2 偏心跟管钻具工作原理
 - √ 2.1 钻具的组成和结构
 - √ 2.2 冲洗介质的循环
 - √ 2.3 碎岩能量和动力传递过程
 - √ 2.4 导向和扩孔
- √ 3 存在的主要问题
 - √ 3.1 断管和“跟管深度”
 - √ 3.2 冲击次数与寿命
 - √ 3.3 摩擦阻力
- √ 4 工程实践
- √ 5 结论和建议

1 前言

随着西部大开发的进一步深入，各种大型水电、公路、铁路等基础设施建设相继启动，岩土工程施工的规模前所未有，其中边坡治理问题越来越突出。在经历了近20年的工程实践和技术积累后，目前在边坡调查分类，边坡稳定性勘察、治理配套技术，预应力锚固机理、快速锚固施工技术，理论计算等方面都取得了丰富成果，对指导实际工程施工发挥了重大的作用。实践表明，边坡加固工程中堆积体和破碎地层的成孔和锚固是难度最大的，直接影响施工质量、效率、工期和成本。尤其是5.12汶川特大地震之后，地灾勘察、治理施工中破碎地层、堆积体锚固的数量和规模空前增加，研究和完善破碎带和堆积体锚索成孔工艺，对灾后重建中地灾防治工程施工具有重大的现实意义。

2. 偏心跟管钻具工作原理

- √ 2.1 钻具的组成和结构
- √ 2.2 冲洗介质的循环
- √ 2.3 碎岩能量和动力传递过程
- √ 2.4 导向和扩孔



2.1 钻具的组成和结构

- √ 目前应用普遍的带中心钻头的三件套单偏心钻具由导正器、偏心钻头、中心钻头、套管靴几部分组成。
- √ 导正器与中心钻头及偏心钻头是由偏心轴——偏心孔方式联接。偏心钻头周向可以转动并由中心钻头限位。
- √ 中心钻头与导正器由偏心花键连接，加双向锁销固定。导正器转动时偏心钻头在离心力和孔壁摩擦力作用下张开，并在中心钻头设计限位块位置限位。

2.2 冲洗介质的循环

压缩空气在推动冲击器做功后进入导正器中心孔、偏心钻头、中心钻头到达孔底。完成冷却钻头、清洁孔底并携带岩屑的任务。再经导正器的排碴通道进入套管与冲击器、钻杆的环形空间，在气流压力作用下排出套管口。为后续碎岩提供开放通道，避免岩屑的重复破碎，提高钻进效率。

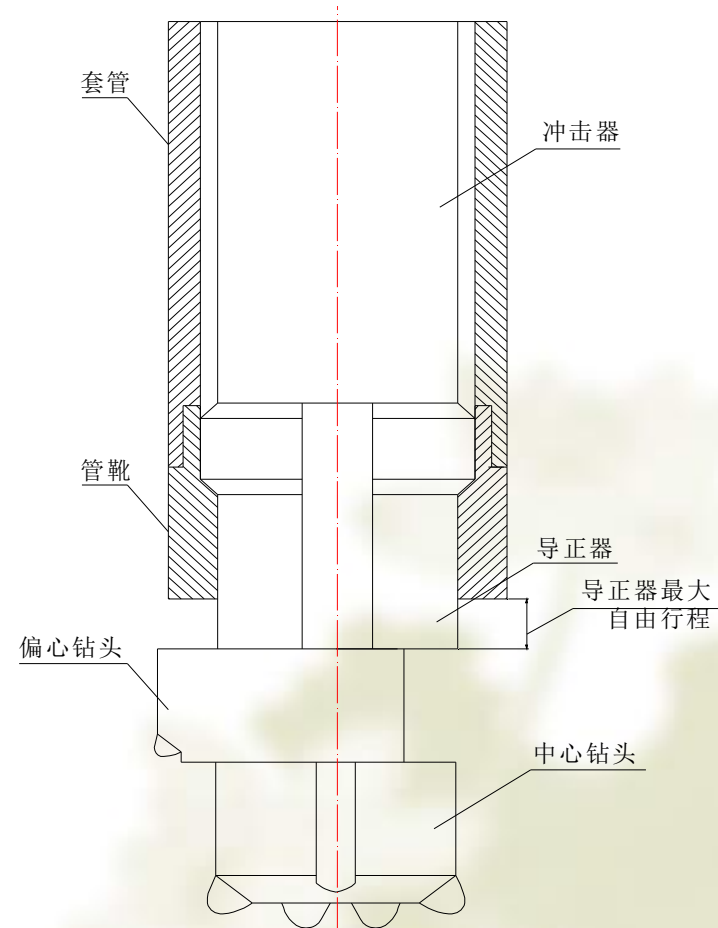


图1 导正器冲击台阶---管靴台阶呈接触状态

2.3 碎岩能量和动力传递过程

- ✓ 偏心跟管钻具和普通潜孔锤钻进一样，工作时回转和轴向钻压由钻机提供。
- ✓ 钻进碎岩动力来自于潜孔锤的冲击力。跟管钻进时，压缩空气推动冲击器活塞冲击导正器，导正器将钻压和动载冲击波传递给中心钻头和偏心钻头，完成对孔底岩石的破碎。中心钻头随导正器花键转动，超前破碎中心岩石并起导向作用。
- ✓ 在钻杆带动下导正器带动偏心钻头回转，在环状空间循环碎岩。偏心钻头碎岩形成的孔径应大于跟进套管的直径，保证套管有足够的空间下行。

2.4 导向和扩孔碎岩循环

- √ 扩孔
- √ 导向



1. 扩孔

处于正常钻进状态的偏心跟管钻具在钻压下转动，从中截取一个碎岩循环对其工作过程加以分析。随着中心钻头形成一定的体积破碎并有向下延伸趋势，偏心钻头会随着钻杆按一定速度转动而离开已产生破碎的环形区域。进入相邻的未经破碎的环形区域，直到环形空间的岩石破碎量与中心钻头的岩石破碎量一致。这个过程就是为套管提供跟进空间的扩孔过程。



2. 导向

当偏心钻头离开已产生破碎的环形区域进入相邻的未经破碎的环形区域，此时钻压和冲击功在中心钻头和偏心钻头上的分配是不平衡的。中心钻头的超前趋势，使钻压和冲击动载大部分提供给偏心钻头用以破碎环形空间的岩石；直到偏心钻头所处环形空间的平均破碎量和中心钻头的超前趋势相当时，中心钻头才真正进入另一次的实质性碎岩过程。在这个时间间隔内，中心钻头更多的是起到导向和护正作用。这也就是带中心钻头的单偏心钻具（三件套）与普通单偏心钻具（两件套）相比钻孔弯曲更小的原因。

2.5 跟管工作循环

总体来看导正器和管靴台阶只有两种状态。

- 一种是分离状态、
- 另一种是接触状态

1. 分离状态

假定所描述的起点时间导正器未和管靴台阶接触、呈自由状态（[如图2所示](#)）。此时钻压仅作用在导正器、中心钻头和偏心钻头上。随着压缩空气的流动，冲击器连续工作；中心钻头和偏心钻头除因镶齿的形状、分布引起的差异外碎岩效果是一致的。导正器未和管靴台阶之间的距离会随着碎岩逐渐缩短。

2. 接触状态

随着中心钻头和偏心钻头的不断延伸，原来处于分离状态的导正器和套管台阶距离越来越短，直到两者接触产生冲击（[见图3所示](#)）；在冲击力的作用下，套管克服系列阻力向前跟进，跟进的最大行程是由钻具结构决定。一旦这种跟进得以实现，导正器和套管台阶又再一次处于分离状态，进入另一次钻进和跟管的循环。

☆导正器与套管台阶位置关系

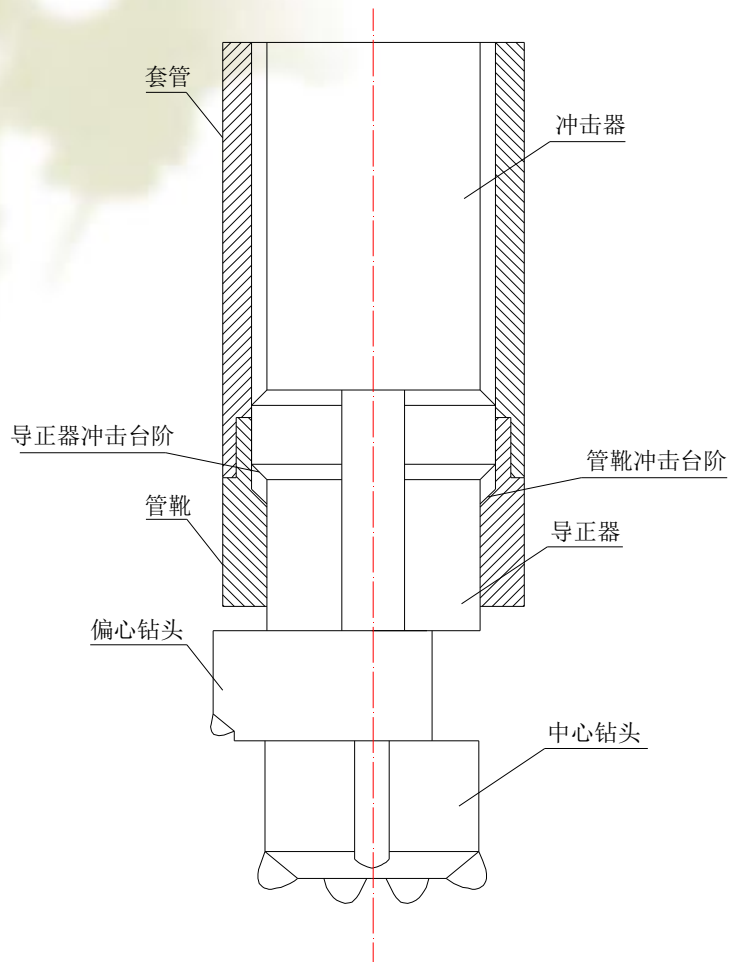


图2 导正器与管靴台阶处于分离状态

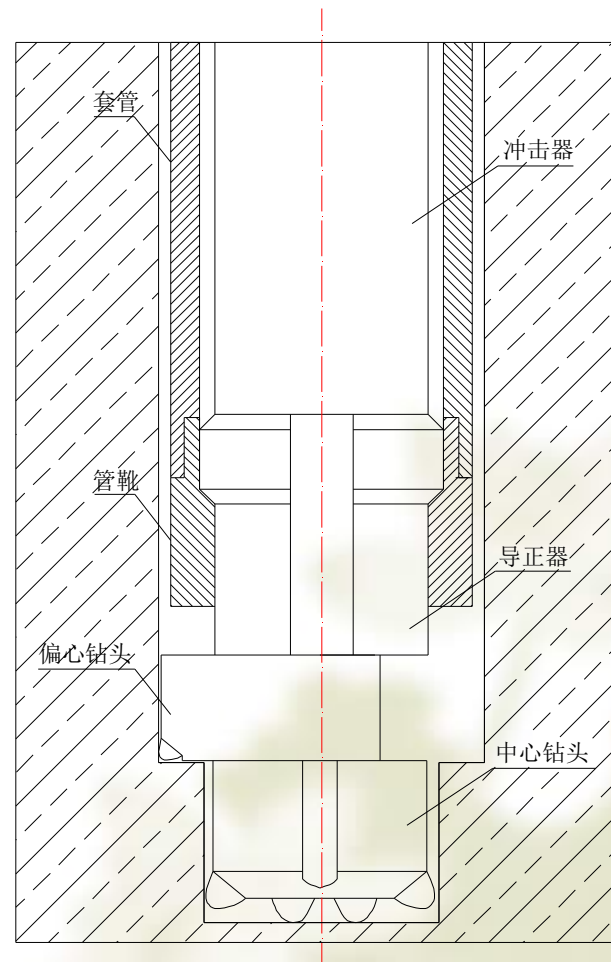
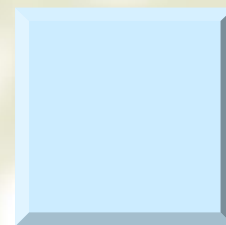


图3 偏心跟管钻具在孔内的状态

3 存在的主要问题

- √ 3.1 “跟管深度”和断管
- √ 3.2 套管寿命与冲击功
- √ 3.3 摩擦阻力
 - √ 3.3.1 摩阻力的来源
 - √ 3.3.2 降阻措施



3.1 “跟管深度”和断管

跟管钻进中常遇到套管或套管连接寿命较短，导致跟管深度受限的情况。如果套管或套管靴连接的平均寿命可以支持130m的跟管工作；对施工单孔跟管深度达40m的孔，可以完成三个完整的钻孔，第四个钻孔钻进到20m左右时套管或套管靴出现断裂的几率大幅增加。尤其是大规模施工时，套管的使用管理不到位就有可能在第二、第三个孔时就出现断管。

对于某些特殊的复杂地层，套管或套管连接寿命确定的“跟管深度”有时甚至不能满足单孔跟管钻进成孔的需要；使新套管不能形成一个完整孔就被打断，导致断管事故；既增加套管使用量和材料成本，也严重影响施工效率和施工质量。



3.2 套管寿命与冲击功

- √ 3.2.1 套管及套管联接的寿命
- √ 3.2.2 偏心跟管钻具工作过程
- √ 3.2.3 两次冲击间隔和单次冲击行程
- √ 3.2.4 单位跟管进尺的冲击次数

3.2.1 套管及套管联接的寿命

套管和套管联接的寿命本质上是由套管材质的强度，丝扣形式，机械加工工艺、精度，热处理工艺和效果决定的。如果单次冲击功一定，在冲击载荷作用下，套管和套管联接不出现影响自身功能发挥的变形、疲劳破坏、断裂，此时所能承受的冲击次数可以用来描述其寿命。而且在材质、加工工艺、热处理工艺得到有效控制的情况下这个冲击次数描述的寿命是相对稳定的。

3.2.2 偏心钻具跟管工作过程

从偏心钻具跟管工作过程看，当每次导正器冲击管靴时，如果套管外部摩擦力能被克服，又有足够的空间让套管靴向下运动，那么冲击器会再次进入：先只冲击中心钻头而随后主要冲击偏心钻头的循环。

通常认为：在既有材质(常用D40)、丝扣形式、加工工艺和热处理条件下的管靴应该是足以满足单孔的跟管深度要求的。但为什么复杂地层条件下往往新套管和管靴组件不能稳定、可靠的成孔呢？

3.2.3 两次冲击间隔和单次冲击行程

问题在于在实际钻进过程中，跟管钻进到一定深度以后管靴后部与孔壁的摩擦力约束了管靴单次冲击的下行位移量。单次冲击功不足以完成管靴的一个自由行程，从而使导正器台阶和管靴冲击台阶每两次接触间隔时间大大缩短。

由于任何材质、加工和热处理工艺所确定的管靴的冲击疲劳破坏极限是相对稳定的。如果以一定数量的冲击次数作为其寿命的指标；冲击频率一定，单次冲击进尺下降，自然地套管反映在成孔深度上的寿命也就降低。要使成孔深度描述的寿命指标提高，只有增加——套管跟进过程中每两次导正器冲击管靴台阶的时间间隔或单次冲击自由行程。

3.2.4 单位跟管进尺的冲击次数

由于导正器冲击台阶、管靴冲击台阶疲劳寿命是由材质、热处理工艺等决定、且相对稳定的。随着套管的摩阻力减少、两次冲击的时间间隔或管靴单次冲击行程增加，必然降低单位跟管进尺的冲击次数，从而降低单孔冲击的总次数。所以提高两次冲击的时间间隔或管靴单次冲击行程，也就提高了整个套管寿命期的跟管深度。

3.3 摩擦阻力

√ 3.3.1 摩阻力的来源

通过分析套管在钻进过程中的空间状态及与孔壁的接触关系，假设套管顺直、断面规则、无变形，套管摩擦阻力来自几个方面的约束；

- (1) 规则孔壁下套管重力与孔壁下沿正常摩擦阻力（相对均匀）；
- (2) 因地层松散在钻进振动下孔壁间隙缩小增加的夹持阻力(不均匀)；
- (3) 钻孔弯曲引起套管变形的附加摩擦阻力(不均匀)。
- (4) 扩孔过程中形成的孔壁不规则引起的夹持阻力(不均匀)。

要减少套管摩擦阻力，也只能从这几方面入手采取的措施。

3.3.2 降阻措施

降低摩擦阻力要注意以下几点：

(1) 可以适当增加偏心锤头直径、偏心钻头的偏心距、偏心钻头合金齿的外出刀。

(2) 减少管靴台阶的厚度。管靴台阶厚度减小，就能通过更大的偏心钻头。管靴台阶厚度并不是越厚越好，只要管靴台阶总变形量不致于阻碍导正器或偏心钻头的通过即可。现场往往是管靴台阶变形不明显时就被打断。

(3) 调整合金齿的规格、齿型、组合、分布。

(4) 控制孔斜：在造斜地层、孤石边缘，从钻压、转速、冲击功和冲击频率等几方面进行调整；引入导向的中心钻头并合理设置长度，保证钻孔有较好的直线度。

(5) 从冲击器的冲击功、冲击频率，偏心钻头齿型、分布、出刃，钻压、转速等方面综合调整；改善坚硬破碎地层、孤石段钻孔截面的规则程度降低卡阻系数。



4 工程实践

4.1 小湾堆积体前期施工现状

4.2 二次跟管

4.3 改进措施

4.1 小湾堆积体前期施工现状

小湾电钻左、右岸堆积体，规模大、厚度深，岩体结构复杂，架空、漏失严重，钻进中卡钻、套管断裂等事故频繁发生。造成套管跟进深度无法达到设计基岩面，大大降低成孔速度，影响工期，同时增加施工成本。其中数量最多的1800KN级锚索跟管选用 $\phi 168\text{mm}$ 套管，在常规工艺下很难突破50m，一般在40m时套管靴断裂比例大幅提高。一但管靴断裂就必须拔管重钻，极大地影响工程进度。

4.2 二次跟管

由于频繁的提拔钻具，发现二次跟管时较第一次跟管容易；于是出现了在超过50m深的锚索孔先用 $\phi 178$ 一次跟管，拔出后换 $\phi 168$ 二次跟管的工艺。这种方法在现场是可行的，证明降低管阻能够提高跟管钻进的效率，由于冲击器频率是一定的，相应地也就增加了套管的跟管钻进寿命。

4.3 改进措施

基于以上分析和现场条件，小湾堆积体施工在以下几方面做了相应的（改进）并取得较好的效果。2004年在左岸饮水沟2号山梁抢险时完成1800kN级堆积体锚索242根，最深施工孔深80.0m，平均跟管深度43.0m，最大跟管深度65.0m，保证了左岸饮水沟2号山梁堆积体抢险加固施工的需要，对2号山梁的变形稳定起到了决定性作用。

改 进

- (1). **材质和热处理性能改善。** 偏心跟管钻具(含管靴)选用35CrMo或40CrMnMo高强度材料, 经调质、渗碳、淬火热处理工艺处理, 材料韧性和强度与传统钻具DZ40相比均有很大提高。
- (2). **改进套管与管靴连接方式。** 为了提高管靴寿命, 套管靴以内螺纹结构取代传统外螺纹, 增加管靴壁厚度使结构更加合理;
- (3). **管靴长度调整。** 加长管靴长度使冲击跟管台阶与套管连接螺纹的距离增加, 减弱冲击力引起的应力集中对连接螺纹根部的影响。
- (4). **Φ89 螺旋叶片钻杆。** 复杂地层钻孔较深时, 在粗径钻杆外部焊接螺旋叶片, 在不影响气体流动情况下, 相当于直径增大, 起到扶正器保直的作用, 提高成孔质量。同时螺旋钻杆将压缩空气排粉和螺旋叶片携带岩渣(屑)的作用结合起来, 有效地将岩屑携带出孔底下部, 减少卡钻、埋钻内事故, 提高钻进效率。

5 结 论

- ✓ (1) 调整材质、热处理工艺，提高套管和钻具的强度；同时改善套管与管靴丝扣连接形式(管靴外丝改内丝，梯形扣改弧形扣)，增加管靴根部与冲击台阶的距离是增加套管跟管寿命的基础。
- ✓ (2) 降低摩阻力是增加套管跟管寿命的主要途径；
- ✓ (3) 优化钻具结构设计，调整偏心钻头偏心距、合金齿出刃，偏心 and 中心钻头的齿型、分布、有利于改善孔壁间隙、成孔的规则程度，从而降低套管的卡阻系数。
- ✓ (4) 从冲击器的冲击功、冲击频率和钻具结构、工艺规程参数的合理配合，可以改善单次冲击套管的冲击行程，降低单位跟管的冲击次数。



谢谢!