

当前,金刚石钻进工艺,显然是向高转速发展。在六十年代中期,金刚石钻进的钻头圆周速度(以下简称周速),一般不超过2~3米/秒。一些国家的有关钻探企业对金刚石钻头的周速有各自不同的规定,例如:

西德ZRAW公司对金刚石钻头的周速是按所钻岩石级别规定的。

岩石级别	钻头周速
V~Ⅵ级	2~3.5米/秒
Ⅶ~Ⅷ级	1.6~3.5米/秒
Ⅸ~Ⅹ级	1.2~2米/秒
Ⅺ~Ⅻ级	0.8~1.5米/秒

比利时Diamant Boart公司对钻头周速则按所钻岩石性质而定。

岩石名称	钻头周速
页岩	2~3米/秒
石灰岩	1.5~2米/秒
石英岩	1~1.5米/秒

瑞典的Craelius公司规定钻头的平均周速为2米/秒,表镶金刚石钻头为1.4~1.6米/秒。

美国的Longyear公司表镶金刚石钻头的周速则限制在1.6~2米/秒之间。

然而,随着细粒孕镶金刚石钻头的推广,上述对金刚石钻头的周速规定就束缚了金刚石钻进效率的进一步提高。瑞典曾做过这样的试验:用细粒孕镶金刚石钻头,当转数超过600转/分以上时,钻速与转速几乎是成正比例增加,而用粗粒表镶金刚石钻头,转数低于600转/分时则有较高的钻速。所以表镶金刚石钻头一般不超过400~500转/分,否则金刚石棱角很快被磨钝,钻速很快下降。因此,瑞典目前使用的金刚石钻头转速一般在800~1000转/分范围内。欧美一些国家目前生产的金刚石岩心钻机的转速一般由100到1200转/分。但就目前生产水平来说,即使采用细粒孕镶金刚石钻头转速也还不能提得太高。这是因为受到设备与钻具的强度以及钻具高速回转时振动等的限制,所以目前一般岩心钻进时最高转速用1000~2500转/分;无岩心钻进时最高转速用2000~3000转/分。近年来瑞典等国进行试验研究工作表明,细粒孕镶金刚石钻头的周

速完全可以超过2.5米/秒达到4~6米/秒。这样可以大大提高金刚石钻进的机械钻速,并还在研究把周速提高到10米/秒的可能性。所以一些新型的金刚石岩心钻机,如瑞典的D-2型,转速已达3000转/分,并正研制4000转/分的金刚石钻机。

但是,在钻进过程中,在钻具高转速回转的情况下,往往由于振动而产生钻杆断裂、金刚石钻头和扩孔器过早磨损、岩心采取率降低以及钻机零件很快损坏等现象。

钻杆,是钻探设备中最薄弱的环节。如果把在500米深的钻孔内工作的 $\phi 50$ 毫米钻杆柱按1:50的比例加以缩小,则它将是一根外径为1毫米、长度为10米的空心钢丝。工作时同时受到拉力、压缩力、扭力和弯曲力的作用。可见钻杆柱实际是一个受力复杂的弹性系统,在钻进过程中受着大小和方向都不断变化的载荷的作用。因此,钻杆柱在工作过程中产生振动是不可避免的,而且也不可能完全加以消除,只能采取一些措施减少其影响。

由于钻杆柱所承受的作用力是多方面的,因而其工作性状也非常复杂。钻杆柱在自重和钻压的作用下将产生波形弯曲,而回转时在扭矩和离心力的作用下又使钻杆柱产生螺旋形的变形,整个钻杆柱就象一个大节距的弹簧。这样一个弹性系统,在钻具钻进不均匀的情况下,其本身的高度是随扭矩和压力的改变而改变的,结果在钻杆柱中就产生纵向振动和扭转振动。另外,还由于钻杆柱本身的不平衡性,在回转时离心力的作用下也必然产生横向振动。在金刚石钻进过程中,引起振动的直接的或间接的原因有以下几个方面:

1. 由于钻杆柱的高速回转,往往容易引起钻杆柱的激烈振动。前面已经提到,钻杆柱是一弹性系统,回转时,当外力作用的周期与其固有振动周期一致时,将产生共振现象。而高速回转时其振动频率很高,所以给人以激烈振动的感觉。

2. 钻杆产生弯曲,或由于制造质量或磨损使钻杆壁厚不均匀,钻杆接头的同心度较差,钻杆断面椭圆度较大,主动钻杆在立轴内没有很好地对中,以及岩心管的偏磨等都会使钻杆柱在回转时产生动

力不平衡性,从而产生了离心力导致钻杆柱的横向振动,而离心力是与回转角速度的平方成正比增加的,所以转速越高,越容易产生振动。

3.由于岩石的裂隙性,岩石硬度不均匀,以及岩石在硬度和强度上的各向异性使孔底岩石的力学性质不均匀;或由于钻孔断面形状呈非圆形,由于钻孔弯曲或由于各种物理力学性质的岩层互相交替致使钻杆柱回转时在井筒各个区段上摩擦阻力的大小变化无常,从而导致钻杆柱产生扭转振动。

4.在使用油压给进式钻机时,当油缸没有充满的情况下,或由于吸入油路系统密封性不好而吸入空气,使油泵排量不均匀,导致给进推力的波动,也会使钻杆柱产生纵向振动。试验证明,在这种情况下所引起的钻头上的轴心压力变化的幅度在50~100公斤范围内,此时引起钻杆柱纵向振动的频率达到几十个赫兹。另外,给进油缸导向杆或活塞杆发生弯曲,以及油缸密封圈损坏了对活塞杆的抱紧不均;或钻杆柱采用新接头连接时因其突出台阶与井壁的摩擦使钻具的给进发生阻滞也都会使给进推力不均匀而导致钻杆柱产生纵向振动。使钻杆柱产生纵向振动的另一原因是,通过钻杆柱泵送冲洗液的水泵活塞工作不平衡,或由于气包性能失效使排出液体的压力产生有节奏的波动,而引起钻杆柱节奏性的强烈振动,尤其在钻孔较深、泵送粘度较大的冲洗液时更为严重。

5.岩心破碎,钻头唇面结构形状与所钻岩石岩性不相适应,钻头金刚石含量不足或胎体硬度与所钻岩石岩性不相适应,钻头唇面很快磨成带沟槽的平底,孔底岩屑排除不及时,钻进时钻头唇面碰到小硬块,钻机基础不稳固,或立轴箱的接合不牢靠(开合式立轴箱尤其如此)等等,所有这些都可能导致钻杆柱振动的原因。

应该指出,在金刚石钻进过程中引起振动的因素是错综复杂的,不是所有因素都同时起作用,只有当外力作用的周期与钻杆柱本身固有振动周期相一致时才产生共振。反之,则发生振频相互干涉而有抑制振动的作用。但钻杆柱的固有振动周期是随钻孔的深浅而变化的。所以说,要完全地消除金刚石钻进时的振动,是不可能的。然而人们可以采取一些技术措施来限制振动。

由于当前金刚石钻进是向高速发展,所以金刚石钻进时的防振问题已成为提高金刚石岩心钻探效率的重要研究课题之一。采用金刚石钻进较普遍的国家在这方面已作过不少研究工作,所采取的防振措施基本上不外以下几方面:

1.围绕钻杆的质量、钻杆的结构以及钻杆在工作过程中的稳定性所采取的某些措施。在钻杆材质方面采用合金结构钢制造,使之不易产生弯曲,对钻杆管坯的轧制提出严格技术要求,如对出厂钻杆要严格检查直线度与同心度。在钻杆的结构方面,有的已采用新标准的W系列钻杆代替旧标准钻杆。新标准钻杆的外径比旧钻杆稍大(而壁厚减薄),因而减小了钻杆柱与井壁间隙,而且单位长度内的重量也减轻了,同时,由于增大了内孔直径而改善了冲洗液流动条件。在国外的金刚石钻井实践中已证明采用新规格的钻杆可以有效地减小振动。在瑞典的金刚石钻井实践中,采用高转速回转,当孔深300~500米时,钻杆与孔壁的间隙一般不超过2~3毫米,否则钻杆柱就会产生破坏性振动。在增加钻杆柱工作中的稳定性方面,除减小钻杆柱与井壁的间隙外,还限制主动钻杆在立轴以上的长度,并采用稳定式异径接头和钻杆柱对中等措施。稳定式异径接头接在钻杆柱与岩心管之间,其外径与扩孔器外径相等,侧面带有螺旋线形的沟槽以便冲洗液通过。为了提高其耐磨性,在侧面上还镶有硬质合金块或进行表面渗炭。钻杆柱对中等则接在每一立根的当中。这两个器具曾在20~200米钻孔孔段做过试验,对减轻振动有显著效果。同时可使表镶金刚石钻头寿命提高160%,使孕镶金刚石钻头寿命提高2倍以上。

在一些国家金刚石钻进中,为了提高钻杆柱的稳定性所采取的措施有:

①采用液压自动卡盘,使主动钻杆在立轴内能很好地对中;②在岩心管上部安装导向环,或接一根与岩心管外径相同的导向管(也叫加长管);③在异径接头上或岩心管上部焊以“对中肋骨”;④以焊接肋骨或镶嵌或熔焊硬质合金来加大钻杆接头外径,但所焊接的肋骨或镶嵌的硬质合金最好呈螺旋形,以便冲洗液通过;⑤不使用弯曲的钻杆和岩心管;⑥不使用磨钝和已经磨损的金刚石钻头;⑦不使用已经磨偏的岩心管。经验证明,严重磨偏了的岩心管会引起钻杆的振动而影响钻头的寿命。曾作试验对比,使用磨偏了的岩心管时,金刚石钻头进尺只达到30米,金刚石消耗量达4.75克拉;当使用新岩心管时,在同样条件下,金刚石钻头进尺达70米,而金刚石消耗量只3.13克拉;⑧在操作工艺上正确而平稳地调节立轴的给进速度与回转速度;⑨采用钻铤加压,有重力式和液力式钻铤。

2.在钻杆柱上涂防振油,以减小钻杆柱与井壁的摩擦,是简便有效的防振措施,同时还可以减少

动力消耗。目前采用的钻杆防振油有如下几种：①RDR润滑剂。40°F到240°F温度条件下均可使用。主要成分为二硫化钼与胶状石墨粉。②松脂防振润滑剂。成份配比为车用机油：炮用润滑膏：松香=2:1:7。据称使用效果很好，钻具回转功率可减少50%。③KABC—45防振油脂。④HKO油烃酸润滑膏。成份为黑机油70%，松香25%，工业用油烃酸5%。在钻杆上涂抹一次可保持9—10个台班，每米进尺约消耗0.25公斤。⑤松香聚合物润滑膏。为生产松香时的蒸馏余液。成份配比为松香清漆（馏渣）40~50%，黑机油60~50%。

3.采用乳化液作冲洗液也可起到减振作用。据称，在国外的金刚石钻进实践中，在泥浆中添加表面活性剂可以减少摩擦力50%。常用乳化剂有：①合成洗涤剂水溶液；②环烷酸皂乳液；③水冲洗液中加入浓度20~30%的黑机油，并加少量表面活性剂以稳定乳化作用；④冲洗液中加入乳化皮革用的油糊；⑤冲洗液中加入1~2%的石油或特种乳油液；⑥在冲洗液中加入润滑油也可起到减少钻杆振动的效果，配比是每44~200公升水加1公升润滑油，据称可提高钻头寿命50%，提高钻速20%，钻杆、岩心管寿命均有所提高。

4.使用孔底减振装置。

5.采用双层岩心管，内管内壁上涂润滑油——一种皂基润滑剂，可防止岩心堵塞，但所用油剂不宜过稠。瑞典目前在金刚石岩心钻探中已全面推广使用T型薄壁单动双层岩心管。

对于立轴式钻机来说，当钻具高速回转时也常引起水接头与主动钻杆强烈的横向振动。这种振动传到钻机和钻杆柱上往往妨碍着钻进的正常进行。引起这种振动的原因也是多方面的。一般来说主要原因是：①主动钻杆弯曲。一般在1.5米长度内弯曲2毫米以上即产生强烈振动；②主动钻杆在卡盘内没有很好对中，与立轴不同心。在使用顶丝卡盘时往往发生这种现象；③钻机的安装基础不稳固；④卡盘卡瓦座严重磨损，以致上下卡盘间主动钻杆轴心线与立轴轴心线发生偏斜，这种偏斜度有时大到

几个毫米；⑤卡盘以上主动钻杆的长度与立轴转速不相适应。也就是说，卡盘以上主动钻杆在某一长度时，其横向振动的周期固有频率若与立轴迴转角速度相吻合则因共振而产生强烈的横向振动，有时使水接头的振幅达100毫米以上。若遇到这种情况，可以降低立轴转速钻进0.5~0.7米后再提高转速继续钻进。

为了防止立轴式钻机的这种横向振动，一般采用如下措施：①加强钻机的安装基础。如有的使用高速金刚石钻头钻进的机场使用混凝土基础，并在钻机与基础之间垫以厚50~75毫米的木板；②采用液压自动对中卡盘代替手动顶丝卡盘；③采用轻型水接头，瑞典在金刚石钻进中所用的水接头重仅1.5公斤；④比较彻底的措施是取消钻机的立轴而代之以动力水接头式钻机。据报导，在瑞典使用托拉姆2×20型动力水接头式钻机，其钻具转速高达2800转/分而未曾发生振动现象。

在采石工业中，金刚石切削速度已达到30~60米/秒，而目前瑞典正在研制的岩心钻探金刚石钻头最高转速也只4000转/分，其线速度还远未达到30米/秒，今后在岩心钻探工程中，随着金刚石钻头周速的不断提高，以及钻孔深度的不断加深，在这种工作条件下，钻杆柱的振动，钻杆柱的磨损，以及钻杆柱的功率消耗，将成为进一步提高金刚石钻探效率的障碍。因此发展小口径高速井底动力钻具将是金刚石钻进提高钻速、防止振动、解决钻杆柱磨损的最根本的措施。据报导，美国的一种“戴那钻具”，就是一种小口径井底动力（螺杆马达）钻具，目前有两种规格，一种是一又四分之三吋（外径约44.5毫米），一种是二又四分之三吋（外径约70毫米）。其特点是只有前端钻头靠流体动力回转，钻杆柱不转，所以钻杆的磨损极少。流体动力是由泵或空气压缩机供给的。不需要大型钻探设备，钻头具有稳定的回转力。钻孔加深也不用激增动力，可以进行五千米以上的超深孔钻进。总之，把小口径井底动力钻具应用于金刚石岩心钻探将是一个很值得注意的发展动向。