

改善钻柱工作性状的应用研究

方 雪 松

(中航勘察设计研究院 北京 100086)

通过对深孔钻进钻杆柱工作性状的理论研究及其计算机仿真,得出的主要结论^[1]之一是应尽可能减小中和点以下的钻柱振动,尤其是钻头的振动。减小钻柱振动的方法除了工艺方法和操作技术以外,作者设计了一种新型钻具——井下伸缩器,主要作用是减小钻柱的振动和弹性储能。井下伸缩器的减振原理主要有两方面:①它在中和点附近将上下两部分钻柱的振动传递通道断开,从而避免上部钻柱和地表设备的振动对下部钻柱的激励;②减小参与振动的钻柱长度,使下部钻柱尤其是钻头的振动减小。

进行应用研究的主要目的是:①对比常规钻进和带井下伸缩器钻进的钻速、钻头磨损、孔内事故率、钻孔质量以及岩心采取的质量等;②对比带钻铤钻进与带钻铤和井下伸缩器钻进的各种经济技术指标。

1 井下伸缩器的设计

1992年,地质超深钻国家专业实验室承

由表5中可知, K_2 的范围为 $0.813 \leq K_2 \leq 1.0$, K_2 的平均值为0.903,因而建议单桩承载力发挥系数 $K_1 = 1.0$,桩间土承载力发挥系数 K_2 采用 $0.8 < K_2 \leq 1.0$ 。

当采用 $K_2 = 1.0$ 时,复合地基承载力的计算值与载荷试验测试值的误差范围为 $0.113\% \leq \Delta \leq 6.7\%$,误差一般值均小于4.3%,仅有枣园小区2°复合地基的误差较大,这也许与测试精度及载荷试验承载力的取值方法有一定关系。

4 结论

利用水泥灰土桩载荷试验成果,作者反

担了地矿部“八五”后三年科技开发项目:“改善钻柱工作性状及孔底载荷有效控制方法的研究”。作者参与了此项目的研究和试验工作,并作为博士论文的研究课题。通过该项目的前期调研,提出了一种新型孔内钻具的设计,用于改善钻柱工作性状并能有效控制孔底载荷。设计出的这种新型钻具就是井下伸缩器。设计目的主要是减小钻柱的振动和减小钻柱的弹性储能,从而提高钻进速度、提高钻孔质量、延长钻头寿命和减少孔内事故。

1.1 井下伸缩器的结构

井下伸缩器的结构如图1所示。说明几点:①因小口径钻探中钻具的直径较小,所以六方轴和六方套的直径就更小了,为了增加它们的强度,采用了40Cr钢;②设计了外保护套管和外导正管,目的是增大整个伸缩器的抗弯强度,以及防止冲洗液中的砂子和岩石碎屑进入六方轴和六方套之间,影响伸缩器的效果;③伸缩器的有效伸缩长度确定

算了桩间土承载力发挥系数 K_2 ,假定 $K_2 = 1.0$ 时,对复合地基承载力的计算值与载荷试验测试值作了对比分析,得出二者的误差一般均小于4.3%,根据 K_2 值的反算结果,建议式(1)中 K_2 采用 $0.8 < K_2 \leq 1.0$,当无试验资料进行桩设计时也可采用其平均值0.903。

本文在编写过程中得到我院常士骠教授的指导,在此深表感谢。

参 考 文 献

- 1 吴春林等. CFG桩复合地基承载力的简易计算方法. 岩土工程学报, Vol15, No.2, 1993.

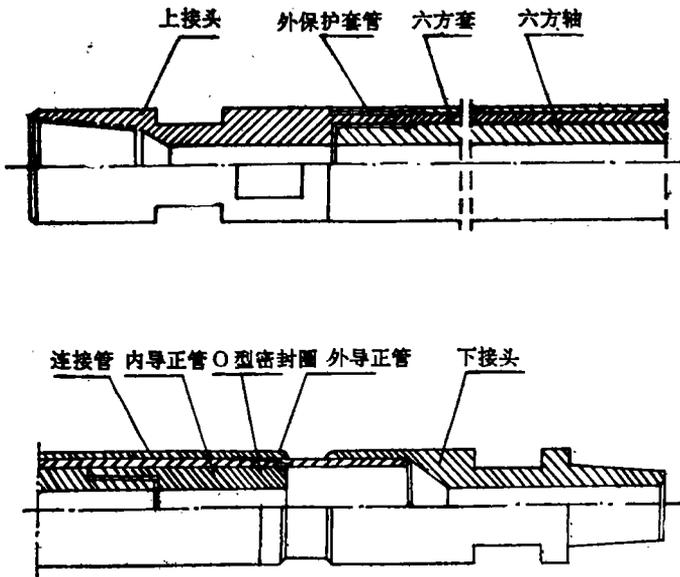


图 1 井下伸缩器结构图

为300mm。如果长度太小，伸缩器的工作效果就受到影响，钻进中不容易操作；若有效伸缩长度定得太大，又会给钻具的加工带来困难，特别是加工六方轴的内孔。

1.2 井下伸缩器的工作原理

井下伸缩器的工作原理如图 2 所示，井下伸缩器有三种状态：压紧、伸缩和悬吊状态。钻进时应尽量保持在伸缩状态下钻进，若井下伸缩器处于压紧状态，则与常规钻进时基本相同，不能发挥井下伸缩器的作用；

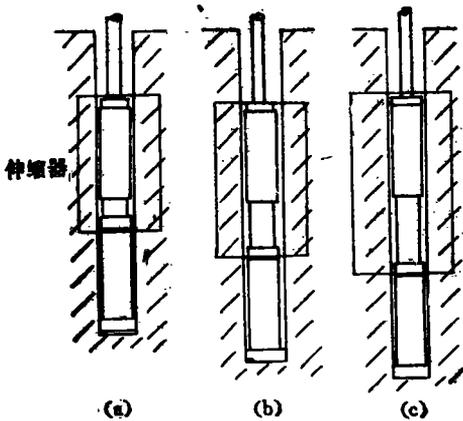


图 2 井下伸缩器工作原理示意图
(a)压紧状态；(b)伸缩状态；(c)悬吊状态

若处在悬吊状态下钻进，则会形成“吊着打”，从而引起钻压减小，降低钻进速度。

2 常规钻进与使用井下伸缩器的对比试验

对比钻进试验共进行了两次：1992年7月、1993年6~8月，在安徽321地质队冬瓜山矿区进行了初次试验；1994年11月在安徽313地质队霍邱李楼矿区进行了第二次试验。两次试验的情况及结果如下。

2.1 试验条件

2.1.1 试验地层及钻孔情况

冬瓜山矿区的两次试验孔深都大于600m，李楼矿区的试验孔深在350m左右。冬瓜山矿区试验钻孔的地层主要为石英闪长岩、硅质岩，岩石可钻性大于8级。地层破碎、掉块严重。李楼矿区试验钻孔的地层主要是7~8级的砂卡岩和片麻岩，比较完整。两个矿区的试验钻孔都是人工定向钻孔，每个钻孔都经过了几次人工造斜，所以钻孔形成了几处“狗腿”，钻孔孔身弯曲严重，易造成钻杆柱折断并严重影响钻进速度。

2.1.2 试验主要设备和钻具

XY-4型钻机，BW-250型泥浆泵。钻杆柱的组成从下而上是： $\phi 59$ 金刚石钻头

(扩孔器)→ $\phi 54$ 单层岩心管→ $\phi 50$ 钻杆→主动钻杆。

2.1.3 钻进参数

常规钻进钻压：1000~1700kg，转速：184、264rpm，泵量：250l/min，泵压：1.5~4.2MPa。

井下伸缩器钻进钻压：1000、1400、1700kg，转速：184、264rpm，泵量、泵压同常规。

2.2 试验方案

2.2.1 对比试验的内容

在同样地层条件、钻进参数、设备和技术条件下，进行多项对比试验：钻速、振动、钻头寿命、孔内事故率、钻孔倾斜情况、岩心采取率及采取品质、操作难易程度。

2.2.2 确定伸缩器的位置

伸缩器的安装位置在中和点上，是由所需钻压及下部钻柱重量来确定的，即使中和点以下的钻柱重量等于所需的钻压。在实际钻进时，可以通过二次称重来验证钻压值。具体做法如下：当钻柱全部下入孔内后，钻头不接触孔底和接触孔底的两次称重之差值，就是理论上的钻压值。 $\phi 54$ 钻杆，14立根(平均长度为12.50m)的重量约1000kg，22立根约为1700kg。

2.3 试验结果

二次对比试验是在人工定向钻孔中完成的，使用井下伸缩器共钻进了25个回次，供对比的常规钻进24个回次。使用井下伸缩器钻进47.53m。对比试验的结果如下：

2.3.1 对比试验的钻速

两次对比试验的钻速见表1。

ZK5813孔的第114回次和第115回次的对比试验测得的钻进曲线如图3所示。这两个回次地层条件及其它条件都相同，所不同的是第114回次在23立根处接了井下伸缩器，而第115回次未用井下伸缩器。从图3中可见，114回次的瞬时钻速始终高于115回次。从整个回次的钻进情况看，114回次进尺2.4

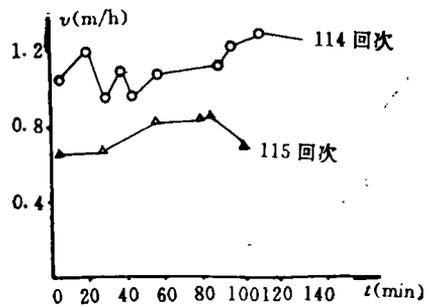


图3 ZK5813孔第114回次、115回次钻进曲线

m，钻进时间2小时20分钟，平均回次钻速为1.03m/h，而115回次进尺为1.5m，钻进时间是1小时47分钟，平均回次钻速0.84m/h。伸缩器钻进的钻速比常规钻进的钻速提高了22.6%。

表1 对比试验钻速

矿区	钻孔号	伸缩器	回次数	平均钻速 (m/h)	钻速提高 (%)
冬瓜山	ZK5215	使用	2	0.87	10.13
		未使用	3	0.79	
	ZK5813	使用	4	1.25	21.36
		未使用	9	1.03	
李楼	ZK402	使用	13	0.44	57.1
		未使用	12	0.28	

从表1中可看出，三次对比钻进试验的钻速差异明显，其原因主要是：321地质队两个试验孔的地层较复杂，在300~500m之间遇到几个砂层极易坍塌，常规钻进时只要泥浆的粘度稍小一点，则下一回次钻柱就下不到孔底。试验钻进时采用了粘度很大的泥浆，加上孔漏，泥浆不能循环，钻进时泥浆中的砂粒特别多。而这三次试验用的井下伸缩器是初期设计的，没有外导正管和 外保护套管。所以砂粒容易进入六方轴和六方套之间，使井下伸缩器的伸缩功能失效。李楼矿区的试验钻孔地层比较完整，使用清水作冲洗液，孔口返水，循环水中的砂粒密度很小，所以井下伸缩器的功能不受多大的影响。

2.3.2 对比试验的其它结果

试验方案中提到的试验内容共有8项,除了钻速对比之外,其余的各项内容都未能做定量的数据测量,试验人员只进行了现场观察,得出了如下的定性结论。

(1) 减小了钻柱的振动。这点可从试验钻进的现场观察到,使用井下伸缩器钻进时地表设备的振动明显地减小了。

(2) 钻头磨损小,钻头的寿命有所提高。在现场观察到使用井下伸缩器钻进时钻头的非正常磨损(裂隙、掉块等)明显消失。

(3) 孔内事故率降低。由于试验钻孔有两个是人工定向钻孔,常规钻进时钻杆柱在孔内折断频繁,而井下伸缩器钻进时,很少发生断钻杆现象。

(4) 钻孔不易倾斜。

(5) 使用井下伸缩器钻进时,岩心采取率和采取品质明显提高。李楼矿区对比试验时岩心采取率是:常规钻进为96.2%,井下伸缩器钻进时为96.6%;常规钻进时回次采取最长岩心为1.94m,所采取岩心的外径范围是 $\phi 38.5 \sim \phi 40.5$ mm。而井下伸缩器钻进时采取的最长岩心为3.30m,所采取岩心的外径范围是 $\phi 40 \sim \phi 41.7$ mm。

(6) 使用井下伸缩器钻进时的操作与常规钻进操作情况相同。使用井下伸缩器的操作要点是随时注意钻压表,通过调节液压阀来维持钻压表所指示的值不变。

3 带钻铤的钻柱与使用井下伸缩器的对比钻进试验

对比试验是在河北煤田四队宣下矿区进行的,试验情况和结果如下,

3.1 试验条件

3.1.1 试验地层

试验钻孔的地层主要为煤系地层,包括砂岩、砾岩、粘土岩等。岩层软硬不均、破碎,最硬的砾岩可钻性达到9~10级,最软的是煤层和粘土岩层,可钻性仅有2级左右。

3.1.2 试验主要设备和钻具

XB1000A型钻机, NBB-250/50型泥浆泵。钻柱从下而上分别是: $\phi 94$ 合金钻头 $\rightarrow \phi 89$ 岩心管 $\rightarrow \phi 83$ 钻铤 $\rightarrow \phi 68$ 钻铤 $\rightarrow \phi 50$ 钻杆 \rightarrow 主动钻杆。

3.1.3 钻进参数

使用钻铤时钻压:1000~1800kg,转速:150rpm,泵量:250l/min,泵压:1.5~6.0MPa

井下伸缩器钻进时钻压:1200、1500、1800kg,转速:150rpm,泵量、泵压同钻铤钻进。

3.2 试验方案及试验结果

对比试验方案与前述方案基本相同,试验内容增加了一项,即:进一步加大钻压(通过上移井下伸缩器的位置来实现)后,观测井下伸缩器钻进的钻速和钻头磨损的相对变化情况。

根据所钻岩石的可钻性及合金钻头的结构特征,确定了井下伸缩器的三个试验位置:4立根、5立根和6立根(从下而上)钻铤上方。4立根处中和点距孔底约50m,重量为1215kg;5立根处中和点距离62m,重量为1513kg;6立根处中和点距离74m,重量是1811kg。

对比试验的结果如下:

表 2 伸缩器钻进试验钻速

试验矿区	伸缩器位置	回次数	平均钻速(m/h)	钻速提高(%)	
河北煤田四队 宣下西黄庄 矿区2号机	4立根	使用	2	0.82	-0.84
		未用	2	0.83	
	5立根	使用	8	1.22	9.91
		未用	7	1.11	
	6立根	使用	2	1.65	38.66
		未用	2	1.19	

3.2.1 钻速

从表2中的数据可看出,井下伸缩器位

于4立根钻铤上方时,钻速低于常规钻进。放在5立根钻铤上方时,平均钻速为1.22 m/h。放在6立根钻铤上方时,平均钻速是1.65 m/h。由此可知,随下部钻柱重量的增加,钻速提高很快。从现场观测得出,钻头磨损随着下部钻柱重量的增加而加剧。由于2号机使用的合金钻头都是一次性使用,即用一个回次后就重新镶合金块,所以无法从磨损量上来比较,只能观测是否属正常磨损。

3.2.2 钻头磨损

使用井下伸缩器钻进时,从第一回次到第十回次,钻头都是正常磨损。第十一和十二回次,由于下部钻柱重量过大,钻头出现了崩裂、掉块。而未使用伸缩器钻进(钻压1000kg、转速150rpm)钻头,几乎每回次结束后,都能看到掉块、崩裂、底部或侧面拉槽、划痕等。

3.2.3 岩心采取

现场使用的合金钻头外径是 $\phi 94$,内径为 $\phi 76$,伸缩器钻进取出的岩心最大外径是 $\phi 75.9$,而常规钻进取出的岩心最大外径为 $\phi 74.7$ 。在试验现场,岩心采取质量(完整度)及采取率的对比十分明显。常规钻进岩心采取率低,平均只达到50%~60%,完整性差;而伸缩器钻进岩心采取率均大于90%,完整性好。对比试验的取心情况见图4。

3.2.4 振动情况

对比试验的振动数据是在地表测得的,随着孔深的增加,地表所测得的振动数值逐渐减小,而且同样孔深时,井下伸缩器钻进比常规钻进振动要小。

4 试验结果小结

从已完成的两种对比试验可以得出:作者理论分析所得出的结论是正确的,提出的改善方法和途径是有效的和可行的。通过对比试验得到如下的结论:

4.1 使用井下伸缩器对改善钻柱工作性状和减小钻柱振动的作用

与正常钻进相比,使用井下伸缩器具有以下效果:

- (1) 能较大幅度地提高钻速;
- (2) 明显地减小了钻柱的振动;
- (3) 钻头非正常损坏的机率减小,钻头寿命大大提高;
- (4) 岩心采取率和采取品质有所提高;
- (5) 孔内事故率下降;
- (6) 进一步加大钻压,钻速增大较快,但钻头的损坏也随之加快。因此在钻头允许的范围,钻压越大越有利($\phi 95$ 合金钻头钻压应不大于1800kg)。

4.2 使用钻铤对改善钻柱工作性状及减小钻柱振动的作用

从上述两种对比试验的结果可知,使用井下伸缩器钻进时钻速比常规钻进提高的幅度大,而比带钻铤的钻进速度提高幅度小。造成如此差别的原因正是由于带钻铤钻进比常规钻进时钻柱的工作状态优越、钻柱的振动较小。

4.3 进一步提高井下伸缩器钻进的效果

从两种对比试验中观测到,井下伸缩器的钻进效果还没有完全发挥。井下伸缩器的结构有待于改善。试验中发现井下伸缩器的伸缩长度太小,钻进时不易控制在“伸缩”状态,因此增大井下伸缩器的伸缩长度,会有利于伸缩器效果的增强。

4.4 取得的经济效益

井下伸缩器钻进具有很好的经济效益,与常规钻进相比,当钻速提高10%~50%时,降低每米钻进成本约23%~41%。

参 考 文 献

- 1 唐旭清,方雪松.研究钻柱工作性状的计算机仿真技术.军工勘察,1995年第四期