

# 用于海底振动取样钻进的振动器设计理论与实践

段新胜<sup>1</sup>, 顾湘<sup>2</sup>, 鄢泰宁<sup>1</sup>, 补家武<sup>2</sup>, 任雁胜<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)机械电子信息学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**与地表振动钻进相比,在海底振动钻进过程中,存在海水的阻尼及海水参与振动等问题。采用简化的力学模型并用修正系数考虑了海底振动钻进的特殊工况,对影响振动钻进效果的振动器振动参数进行了全面分析,并设计了一种适合于在水深500 m以浅的海底土层进行振动取样钻进的振动器。

**关键词:**海底振动取样;振动器振动参数;理论和设计实践

**中图分类号:**P634.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)05-0036-05

**Design Theory and Practice of Vibrator for Seabed Vibrating Sampling/DUAN Xin-sheng<sup>1</sup>, YAN Tai-ning<sup>1</sup>, BU Jia-wu<sup>2</sup>, REN Yan-sheng<sup>2</sup>** (1. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. Faculty of Mechanical & Electronic Information, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

**Abstract:** Compared to the vibrating sampling on the ground, there are problems of seawater damping and seawater vibrating during seabed vibrating drilling. Simplified mechanical model and modified coefficients were taken into account of the specific conditions in the seabed, the effects on vibrating penetration by various vibrating parameters of seabed vibrating sampler had been discussed in this paper. A seabed vibrating sampler suitable for seabed soil at 500 m depth had been designed according to the design theory discussed in this paper.

**Key words:** seabed sampling; vibrating parameters of vibrator; theory and design practice

## 1 概述

对海洋资源的勘探和开发能力,是一个国家海洋技术水平的主要标志。目前世界各国都对海洋资源的开发投入了大量的人力和物力。我国是一个海域非常广阔的沿海国家,管辖的海域面积近300万km<sup>2</sup>,大约占陆地国土面积的1/3。勘探开发海洋资源,建设海洋强国,是实现中华民族伟大复兴的战略任务。

振动式水底取样钻机可广泛用于海洋、湖泊、河流、港湾、池塘和沼泽的水下非致密沉积物中钻进取样。它是通过振动器带动岩心管管中频或高频振动,使接触岩心管管壁的水底沉积层中产生超静孔隙水压力,从而减小沉入阻力和增大取样长度。根据我国海域综合调查提出的“近海为主、应用为主、当前为主”的方针,由中国地质调查局发展研究中心资助,本课题组研制的“遥控式海底振动取样钻机”,适用于在水深500 m以浅海底钻取土样,取样长度为3 m。

海底振动取样钻机的性能优劣主要取决于其振动器的参数设计与选择。与地表振动钻进相比,在海底振动钻进过程中,存在海水的阻尼及海水参与

振动等问题,没有现成的设计理论和设计方法,课题组在“遥控式海底振动取样钻机”设计中对这一问题进行了系统研究。

## 2 海底振动钻进的力学模型及运动方程式

海底振动钻进过程是一个比较复杂的多自由度振动,在一般的工程计算中常将其进行简化。目前常用的是把振动钻进简化为单自由度有阻尼的强迫振动,这些简化包括:

(1) 振动只限于给进方向(纵向振动),而不计及可能产生的横向振动;

(2) 与土层相比,钻杆的弹性模量很大,故将它视为绝对刚体,而忽略它的纵向弹性变形及横向弯曲变形;

(3) 钻杆下沉的位移等于土壤的弹性变性及塑性变形之和,而塑性变形部分将不影响系统的强迫振动及自由振动,故在建立力学模型时将土壤作为弹性介质来考虑;

(4) 在振动作用下,土壤对下沉构件的阻力及海水的粘滞阻力与振动速度成正比;

(5) 土壤及振动器周边的海水参与振动问题用

收稿日期:2009-02-13

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“遥控式海底振动取样钻机”(编号:0900209012)

作者简介:段新胜(1962-),男(汉族),湖北黄梅人,中国地质大学(武汉)教授,地质工程专业,博士,从事工程勘察、基础工程及地源热泵系统教学与科研工作,曾在美国康奈尔大学学习工作两年,湖北省武汉市鲁磨路388号,xd26@cug.edu.cn。

修正系数来考虑。

这些简化虽然与实际情况有些出入,但它使计算变得简单而易于理解和接受,同时在一定范围内计算所得还是比较接近实际情况的。在利用以上简化条件得出的计算公式时应注意客观情况是否与这些简化假设情况接近,例如振动器下面所接的钻杆的长度不能太大(本次设计的海底振动取样钻机振动器下面的钻杆长度为 3.5 m)。

根据以上假设,图 1 所示海底振动取样钻进系统就可简化为图 2 所示的质量-弹簧振动系统,其阻尼就是土壤的给进阻力及海水的粘滞阻力,这是一个有阻尼的单自由度强迫振动,其振动动力学方程为:

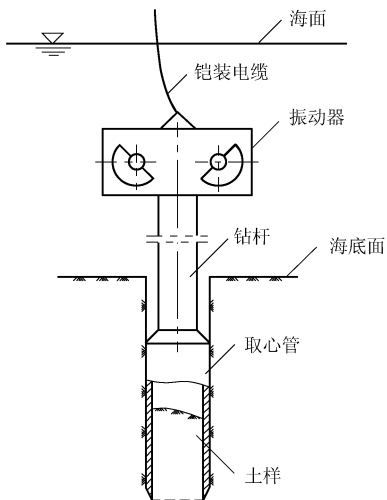


图 1 海底振动取样钻进原理图

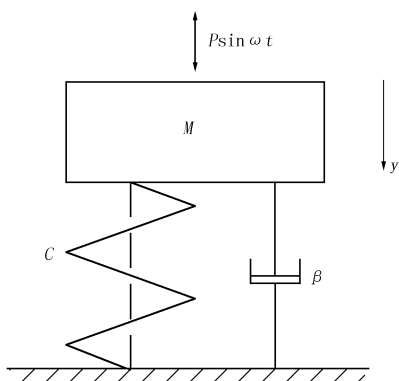


图 2 海底振动取样钻进力学模型

$$M\ddot{y} + \beta\dot{y} + cy = P\sin\omega t \quad (1)$$

式中:  $\beta$ ——阻尼系数;  $c$ ——土壤的弹性系数;  $M$ ——参振质量,包括振动器及与之刚性联接的钻具质量;  $y, \dot{y}, \ddot{y}$ ——给进方向的位移、振动速度及加速度;  $P$ ——激振力的幅值;  $\omega$ ——偏心块的旋转角速度;  $t$ ——时间。

根据牛顿定律,激振力的幅值  $P$  按下式计算:

$$P = (G_0 e/g)\omega^2 = (K/g)\omega^2 \quad (2)$$

式中:  $G_0$ ——振动器中全部偏心块的质量和;  $e$ ——偏心距;  $K$ ——偏心力矩,  $K = G_0 e$ ;  $g$ ——重力加速度。

设  $n = \beta/(2M)$ 、 $k = \sqrt{c/M}$ 、 $h = P/M$ ,代入(1)式得:

$$\ddot{y} + 2n\dot{y} = k^2 y = h\sin\omega t$$

这是一个典型的强迫振动微分方程式,它的解为:

$$y = A\sin(\omega t + \varphi_0) \quad (3)$$

式中:  $\varphi_0$ ——初始相位角;  $A$ ——振幅,  $A = h/\sqrt{(k^2 - \omega^2)^2 + 4n^2\omega^2}$ 。

由于  $h = P/M = (K/G)\omega^2$  ( $G = Mg$  为所有参与振动的部件的总质量和),代入振幅计算式,并将分子和分母同除以  $k^2$  得:

$$A = \frac{(K/G)(\omega^2/k^2)}{\sqrt{(1 - \omega^2/k^2)^2 + 4(n^2/k^2)(\omega^2/k^2)}} \quad (4)$$

当  $\omega \gg k$  时,  $\frac{\omega^2/k^2}{\sqrt{(1 - \omega^2/k^2)^2 + 4(n^2/k^2)(\omega^2/k^2)}} \approx 1$ ,

此时的振幅称为极限振幅  $A_\infty$  :

$$A_\infty = K/G \quad (5)$$

一般用振动钻钻取土样时其振动系统的自振频率约为  $k \approx 40 \sim 60 \text{ s}^{-1}$ 。

振动取样钻一般是用电动机直接带动偏心块旋转,系统的干扰圆频率即偏心块旋转时的角速度  $\omega$  ( $\omega \approx 0.104n$ ,  $n$  为回转速度),当  $n = 1470, 2930 \text{ r/min}$  时,  $\omega \approx 150, 300 \text{ s}^{-1}$ ,  $\omega \gg k$ ,故  $A \rightarrow A_\infty$ 。

所以振动取样钻可利用公式(5)来计算钻具的振幅,或者根据选定振幅来计算所需的偏心力矩  $K$ 。

考虑到土壤和海水参与振动的影响,实际振幅  $A$  常小于理论计算的数值:

$$A = \alpha A_\infty = \alpha(K/G) \quad (6)$$

$\alpha$  一般取  $0.75 \sim 0.95$ ; 对粘土、粉质粘土  $\alpha = 0.75 \sim 0.85$ ; 粉土、粉砂  $\alpha = 0.85$ ; 细砂  $\alpha = 0.9 \sim 0.95$ 。

### 3 振幅对钻进速度的影响及选择

设用一可变偏心力矩的振动器与钻具刚性联接,该振动器的质量比钻具纵向弯曲临界荷载小得多,改变偏心力矩时可以使振幅大小改变。当振动器驱动钻具作纵向强迫振动且振幅比较小时,钻具与土壤在平衡位置一起以相同的振幅上下往复振动

而无给进;当振幅逐渐增大并超过某一数值后钻具与土壤之间产生相对滑移,此时给进才开始。开始产生给进时的振幅称为起始振幅  $A_0$ 。当继续增大振幅时,给进速度亦随之直线上升,但当振幅大于  $A_1$  时,给进速度就不再呈线性增长(图3)。故设计振动器时,应使  $A_0 < A < A_1$ 。

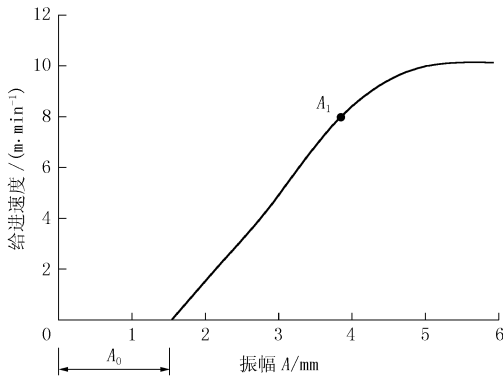


图3 振幅与给进速度之间的关系

起始振幅  $A_0$  不是一个定值,而随钻具的振动频率、截面尺寸、地层不同而不同。对于振动取样钻而言,  $A_0$  主要受振动频率的影响,表1给出了不同振动频率的取样钻具起始振幅的大致参考数值。

表1 不同频率时钻具的起始振幅

| 频率/(次·min <sup>-1</sup> ) | 起始振幅 $A_0$ /mm |
|---------------------------|----------------|
| 300 ~ 500                 | 1.5 ~ 2.5      |
| 1500                      | 1.2 ~ 1.5      |
| 2300 ~ 2500               | 0.5 ~ 0.8      |

一般将钻具的振幅设计为  $A = 3A_0$ 。振幅确定后,根据(6)式可计算出所需的偏心力矩  $K$ ,即:

$$K = AG/\alpha \quad (7)$$

为了简化结构,“遥控式海底振动取样钻机”的振动器上相互平行的两个回转轴上的两组偏心块(每组两块)分别由一个两级1.5 kW的三相交流电动机直接带动,通过4个齿数相同的外齿轮传动来保证两个回转轴同步反向旋转,两个回转轴上偏心块离心力的水平分力相互抵消,垂直分离相互叠加,振动器的振动频率为电动机的转速,即为2930次/min。参考表1,钻具的起始振幅约为0.3 mm,实际振幅  $A$  设计为0.9 mm。

振幅确定后,可按(7)式计算所需的偏心力矩。(7)式中  $G = 1177$  N(其中振动器质量80 kg,用螺栓与振动器相连的夹持器的质量20 kg,钻具质量20 kg),  $\alpha$  取0.90,则需要的偏心力矩  $K = AG/\alpha = 0.9 \times 1177/0.90 = 1177$  N·mm。

设计偏心块为4块,每块质量1.25 kg,偏心矩

24 mm,故设计偏心力矩  $K = 4 \times 1.25 \times 9.81 \times 24 = 1177$  N·mm。

#### 4 频率对钻进的影响及其选择

如用一可变频率的振动器(交流变频)与钻具刚性连接在一起,并假设振动器的总重力比钻具的临界荷载小得多,当振动器带动钻具作纵向强迫振动时,使振动器的频率由小逐渐升高,当频率很低时钻具与土壤在平衡位置一起以相同的振幅上下振动,此时给进并没有发生;当频率逐渐增大并超过某一频率时,钻具振幅开始大于土壤振幅,钻具与土壤之间产生相对滑移,此时钻具开始给进,开始产生给进时的频率为“起始频率”。随着频率的逐渐提高,钻具振幅达到最大值,此时的频率接近振动钻进系统的共振频率  $k$ ,随后当频率继续提高时,钻具振幅下降并逐步趋于“极限振幅”  $A_\infty$ 。记录不同频率时钻具与土壤的振幅,即得如图4表示的钻具和土壤振幅与钻具振动频率的关系曲线,即  $A - \omega$  曲线。

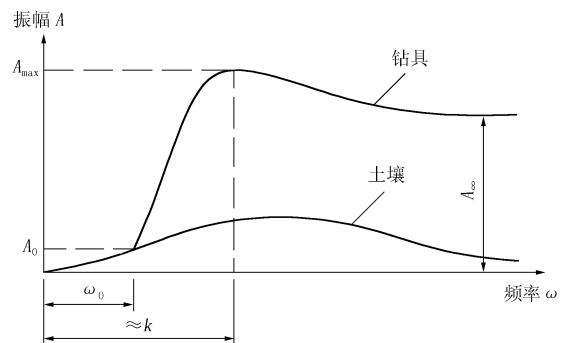


图4 土壤及钻具振幅与钻具振动频率的关系

振动取样钻一般普遍选择干扰频率  $\omega \gg k$ ,即选在超共振区工作,理由是:

(1) 当激振力是由回转偏心块提供且  $\omega \gg k$  时,钻具振幅不趋于零(公式5),而是趋于某一稳定的极限振幅  $A_\infty$ ,这对情况多变的海底振动取样钻来说非常有利。因为当客观环境因素变化时,例如因地层变化而引起自振频率  $k$  改变时,钻具的振幅基本上能保持一稳定数值。

(2) 钻具给进时不仅要克服孔壁对钻具外壁的侧摩阻力,还要克服进入钻具内的土样对钻具内壁的侧摩阻力。高频振动可降低土壤与钻具之间的摩擦系数,减小土壤对钻具的侧摩阻力。特别是降低土样对钻具内壁的侧摩阻力对减少土样扰动、避免土样堵塞和提高回次进尺意义重大。

但并不是频率愈高愈好,随着干扰频率  $\omega$  的增高,所要求的电动机的功率亦大幅度提高,因为功率

与频率的三次方成正比  $N \propto K^2 \omega^3 / (4Q)$ , 当动力机的功率一定时,  $\omega$  的增加势必要求降低偏心力矩  $K$ , 而  $K$  的减小会使振幅随之减小, 而要保持正常给进速度, 振幅必需保持  $A \approx 3A_0$ , 所以频率选择要有所兼顾。

“遥控式海底振动取样钻机”偏心块的回转速率为 2930 r/min, 故干扰圆频率为  $\omega \approx 304.7 \text{ s}^{-1} \gg k \approx 40 \sim 60 \text{ s}^{-1}$ 。

## 5 激振力 $P$ 的影响及选择

激振力  $P = K\omega^2/g$ , 其中  $K$  为偏心力矩,  $\omega$  为振动频率。在振动钻进中, 激振力要满足下述条件:

$$P = K\omega^2/g > T_{kp} \quad (8)$$

式中:  $T_{kp}$ ——钻具给进的侧摩阻力,  $T_{kp} = s\tau_r h$ ;  $s$ ——构件截面的周长;  $h$ ——钻具的入土深度;  $\tau_r$ ——单位面积的侧摩阻力, 含水砂层、可塑状粘性土  $\tau_r = 6 \text{ kPa}$ , 土层同上但含有硬塑状粘土夹层  $\tau_r = 8 \text{ kPa}$ , 硬塑粘土  $\tau_r = 15 \text{ kPa}$ , 半固化及固化粘土  $\tau_r = 25 \text{ kPa}$ 。

“遥控式海底振动取样钻机”取样外管外径为 70 mm, 取样内管内径为 58 mm, 取样长度为 3 m, 取单位面积土壤对钻具的侧摩阻力  $\tau_r = 8 \text{ kPa}$ , 则:

$$T_{kp} = \pi(0.07 + 0.058) \times 3 \times 8 = 9.64 \text{ kN}$$

激振力:

$$\begin{aligned} P &= (K/g)\omega^2 \\ &= (1.177 \text{ N} \cdot \text{m} / 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}) 304.7^2 \text{ s}^{-2} \\ &= 11.139 \text{ kN} > T_{kp} = 9.64 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 6 沉入比压

作用于钻具端面上总下压荷载  $\Sigma G$  与钻具端面截面积  $F$  的比值称为沉入比压, 用  $p$  表示。

$$p = \Sigma G / F > p_0 \quad (9)$$

式中:  $\Sigma G$ ——作用于钻具端面上的总下压荷载,  $\Sigma G = G_a + G_b + G_c$ ;  $G_a$ ——钻具质量;  $G_b$ ——振动器质量;  $G_c$ ——附加在振动器或钻具上的荷载;  $p_0$ ——沉入比压的最小值, 振动取样钻一般都用于钻取土样, 最小比压一般为 100 ~ 200 kPa;  $F$ ——钻具端面截面积。

沉入比压大于其最小值时才能实现钻具的沉入(给进); 当沉入比压不足时, 沉入速度下降, 甚至不能沉入。此时可增加附加荷载来加大比压。过分增大沉入比压时, 沉入速度不仅不增加反而降低。

一般要求沉入比压  $p = (1 \sim 1.5)p_0$ 。按极限情况考虑, 要求沉入比压  $p = 1.5 \times 200 = 300 \text{ kPa}$ 。课题组研制的“海底振动取样钻机”在不施加辅助下

压荷载时  $\Sigma G = 120 \times 9.81 = 1177 \text{ N}$ , 实际沉入比压:  $p = 1177 / [(\pi/4) \times 0.07^2] = 306 \text{ kPa} > p_0$ 。

## 7 作用在钻头上的下压荷载与激振力的比值 ( $\Sigma G/P$ )

给进速度及钻进深度能力随  $\Sigma G/P$  值增加而增大。开始增大显著, 随后逐步减缓, 到某一峰值后, 便开始下降, 因此  $\Sigma G/P$  值应该有一较合理的数值范围, 对于振动取样钻这一数值范围为 0.15 ~ 0.5, 即:

$$0.15 < \Sigma G/P < 0.5 \quad (12)$$

如果不进行辅助加压, “遥控式海底振动取样钻机”作用在钻头上的下压荷载为振动系统的总重力,  $\Sigma G/P = 1177 \text{ N} / 11139 \text{ N} = 0.106$ , 与激振力相比钻机振动系统的总重力偏小, 不能满足 (12) 式的要求, 故需要辅助加压。为此设计了油缸辅助加压系统, 考虑到给钻具加压的反力要由钻机的重力来平衡, 钻机的总重量 636 kg, 故油缸辅助加压能力设计为 400 kg, 考虑了油缸辅助加压能力后,  $\Sigma G/P = (120 + 400)9.81 / 11139 = 5101 \text{ N} / 11139 \text{ N} = 0.46$ , 此时作用在钻头上的下压荷载即可满足式 (12) 的要求。

## 8 振动器电动机功率的确定

振动钻的功率消耗有两大部分, 一部分是克服土壤阻力和海水阻力的功率消耗, 另一部分是振荡器内部机构运转时的功率消耗。比较实用的用于地面的振动器所需功率的计算公式是:

$$N_0 = K^2 \omega^3 / (4G) \times 10^{-10} \quad (\text{kW})$$

式中:  $K$ ——偏心力矩,  $\text{N} \cdot \text{mm}$ ;  $G$ ——参与振动的全部机件重力,  $\text{N}$ ;  $\omega$ ——振动圆频率,  $\text{s}^{-1}$ 。

由于土壤及海水参与振动及振荡器本身运转时也要消耗一部分功率, 所以由上式求得的功率还要增加 20% ~ 50%, 因此:

$$\begin{aligned} N &= (1.2 \sim 1.5) N_0 \\ &= \frac{(1.2 \sim 1.5) K^2 \omega^3}{4G} \times 10^{-10} \text{ kW} \quad (13) \end{aligned}$$

故“遥控式海底振动取样钻机”振动器所需的功率为:

$$N = 1.5 \times \frac{1177^2 \times 304.7^3}{4 \times 1177} \times 10^{-10} = 1.23 \text{ kW}$$

“遥控式海底振动取样钻机”振动器的两组偏心块分别各由一个功率为 1.5 kW 两级三相交流电动机带动, 通过齿轮传动保持其同步。

## 9 结论

(1)一般振动取样钻的激振频率  $\omega \gg k$ ,  $k$  为系统的共振频率,此时钻具的振幅基本上不受海底复杂工况的影响而趋于稳定的极限振幅  $A_{\infty}$ 。较高的振幅还有利于降低钻具的贯入阻力和心样的上升阻力,但激振器的功耗会大大增加。激振器所需功率可按(13)式计算。

(2)振动系统的振幅必须大于起始振幅  $A_0$ 。钻具才能开始进尺,一般可取系统的设计振幅为  $A = 3A_0$ ,振幅确定后可按(7)式确定振动器的偏心力矩  $K$ 。

(3)振动器的激振力必须大于钻具给进时的总侧阻力  $P$ 。下压荷载(静荷载)  $\Sigma G$  与激振力之间合适的比例关系为  $\Sigma G/P = 0.15 \sim 0.5$ ,而沉入比压(单位钻具底面积的下压荷载)必须大于最小比压,当钻具和振动器的重力提供的沉入比压不足时,就

需要设置加压装置或加压系统。

用本文设计方法所设计的振动器在中国地质大学(武汉)钻探大厅室外的杂填土(厚约 0.5 m)和老粘土(厚约 2.5 m)中钻进表明,振动取样钻的钻进能力很强,完全能够满足海底土层振动取样钻进的要求。

## 参考文献:

- [1] 杨惠民. 钻探设备[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [2] 黄明辉,陈鹭琳,陈金华. 振动静压沉桩机理的实验分析[J]. 福建建筑,1996,(S1):45-47.
- [3] 贾武学. 振动打桩机沉桩的理论计算[J]. 机械研究与应用,1999,(S1):20-22.
- [4] 胡均平,唐勇. 影响振动桩锤沉桩能力的土力因素研究[J]. 凿岩机械气动工具,2006,(1):49-52.
- [5] 刘古岷,等. 桩工机械[M]. 北京:机械工业出版社,2006.

## 阿特拉斯·科普柯公司建筑与矿山技术部举办盛大庆典

本刊讯 2009年5月8日,是阿特拉斯·科普柯公司非常重要的一天,阿特拉斯·科普柯(南京)建筑矿山设备有限公司成立15周年,阿特拉斯·科普柯建筑与矿山技术大中华区客户中心新址开幕,阿特拉斯·科普柯建筑与矿山技术新生产工厂落成庆典在新址盛大举行。

出席此次庆典的嘉宾有南京市副市长赵晓江先生,南京市栖霞区区长/南京经济技术开发区管委会主任梁建才先生,阿特拉斯·科普柯集团高级副总裁/阿特拉斯·科普柯建筑与矿山技术总裁 Bjorn Rosengren、阿特拉斯·科普柯露天凿岩设备部总裁 Andreas Malmberg、阿特拉斯·科普柯地下岩石开挖设备部总裁 Patrik Nolaker、阿特拉斯·科普柯赛柯洛克凿岩钻具部总裁 Johan Halling、阿特拉斯·科普柯回转式钻机部总裁 Robert Fassl、阿特拉斯·科普柯岩土工程与勘探设备部总裁 Peter Salditt、阿特拉斯·科普柯建筑工具部总裁 Henk Brouwer、阿特拉斯·科普柯(中国)投资有限公司董事长龚元相、阿特拉斯·科普柯(中国)投资有限公司副总裁 Magnus Gyllo、阿特拉斯·科普柯建筑与矿山技术部大中华区客户中心总经理文扬之、阿特拉斯·科普柯(南京)建筑矿山设备有限公司总经理骆建星,来自全国约20家媒体的朋友和500多位客户共同出席了本次庆典。

在共庆阿特拉斯·科普柯(南京)建筑矿山设备有限公司成立15周年之际,新生产工厂的第一台钻机也正式下线。当巨大的红绸布被全部揭开时,神秘的 CDM75E 牙轮爆破孔钻机以其震撼的形象展露在嘉宾及客户面前,同时也开启了大型回转式爆破孔钻机本地化制造的新时代。

在接下来的活动中,客户参观了工厂内的产品展示区。漫步在林立的设备群中,感受着阿特拉斯·科普柯与众不同的“颜色”。“互动,创新,承诺”是阿特拉斯·科普柯的核心价值,“创新精神是我们开展业务的重要动力,大力支持用户的业务并全力投入到与用户共同承担的每个项目中。倾听

并了解客户的各种需要,尽自己的能力创造更新更好的解决方案,”在随后安排的高层采访环节,Bjorn Rosengren 先生与媒体分享了他对公司核心价值的理解。

秉承着这种公司理念,阿特拉斯·科普柯非常荣幸的成为2010年上海世界博览会瑞典参展组委会指定合作伙伴。在揭幕仪式上,阿特拉斯·科普柯(中国)投资有限公司副总裁 Magnus Gyllo 先生高兴地介绍道:“瑞典此次以‘瑞典-创意之光’(Sweden - Spirit of Innovation)主题参展上海世博会,参展的三个主题词是‘创新、可持续发展、交流’,与阿特拉斯·科普柯‘互动,创新,承诺’的核心价值十分吻合。”

作为全球领先的工业生产解决方案提供商,通过互动与创新,为客户提供卓越的生产力是阿特拉斯·科普柯对客户的承诺。多年来,阿特拉斯·科普柯高效率的设备一直助力中国采矿业的发展,水泥行业尤为突出。阿特拉斯·科普柯与中国最著名的水泥企业之一——冀东水泥集团的合作始于1995年,经过近14年的时间,阿特拉斯·科普柯已经为冀东水泥提供了20多台高性能的液压钻机。为了将双方的合作提升到更高的层次,当天,双方共同签署了建立战略合作伙伴关系的协议。

当天下午,阿特拉斯·科普柯建筑与矿山技术部6个产品线还分别举行了以“倾听、共享、发展”为主题的客户互动活动,通过研讨会,产品知识竞赛及产品装配竞赛等形式,使客户深入了解了阿特拉斯·科普柯产品的设计优点及性能优势,并与客户就产品应用进行了充分的交流,听取了客户的意见与建议,有效地实现了供应商与客户间的沟通,坚定了客户对阿特拉斯·科普柯提供更加优质、高效、环保、安全的采矿设备能力的信心。

晚上,阿特拉斯·科普柯为嘉宾及客户们准备了盛大的答谢晚宴,以感谢广大客户多年来对阿特拉斯·科普柯的帮助和支持。