

# 旋挖钻进技术适用性的初步研究

周红军

(中国地质科学院勘探技术研究所,河北廊坊 065000)

**摘要:**在分析国内外旋挖钻进技术适应性研究现状的基础上,通过大量工程实例以及现场实践,以目前应用最多的正反循环钻进技术作为对比,初步研究了旋挖钻进技术的适用性,包括施工效率、施工质量、适用范围、施工成本等。并对不同情况下两种施工方法的选择以及优化组合提出了建议。

**关键词:**钻孔灌注桩;成孔方法;旋挖钻进;正反循环钻进;适用性

**中图分类号:**TU437.1<sup>+</sup>4 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)08-0039-07

**The Study on Applicability of Rotary Drilling Technique/ZHOU Hong-jun** (The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

**Abstract:** Based on the status analysis on applicability of rotary drilling technique in home and abroad, through amount of engineering examples and spot practice, the author researched the applicability of rotary drilling technique and compared to normal & reverse circulation drilling. The research includes construction efficiency, construction quality, applicability range, construction cost, et al. In the last, the author suggested that optimum combination of the two construction methods should be applied in especial projects construction.

**Key words:** bored pile; hole making method; rotary drilling; normal & reverse circulation drilling; applicability

## 1 问题的提出

随着社会的发展及建筑技术水平的提高,现代建筑物日趋高大,对基础的要求越来越高,因此桩基础的应用日益广泛,这其中又以钻孔灌注桩应用最为普遍。

钻孔灌注桩成孔方法有很多。最早的钻孔灌注桩施工方法是1900年左右法国发明的压入桩。早期钻孔灌注桩的施工工艺是正循环钻进法,后来德、法、日、意等国先后研究成功了泵吸反循环法、贝诺特法、阿斯特利法、长螺旋钻孔法等<sup>[1]</sup>。第二次世界大战前美国研制了回转斗及短螺旋钻机,20世纪50年代法国贝诺特公司将全套管钻机应用于桩基础施工,后来欧洲一些国家将多种钻进功能集于一机,可实现短螺旋钻进、长螺旋钻进、全套管钻进、地下连续墙施工等,发展成具有多功能的旋挖钻机产品<sup>[2]</sup>。

上述这些施工方法中,最常用的主要有两大类:一类是回转钻进法,包括正循环回转钻进和反循环回转钻进,笔者将其统称为正反循环钻进法;另一类是无循环旋挖钻进法,即短螺旋钻进、钻斗钻进以及筒钻。通常情况下,旋挖钻进施工效率高,环境污染少,是一种先进的施工方法,在一些发达国家已经非

常普及,在欧洲这类施工方法的应用占2/3以上<sup>[2]</sup>。而国内旋挖钻进应用时间较短,应用的比例还不高,处于逐渐普及阶段,但在国内的应用已经显示出了其优越性,是今后我国钻孔灌注桩成孔施工方法的发展方向。

但是,各种施工方法都有其应用的局限性,旋挖钻进技术在什么情况下才能体现出其优势呢?为此,笔者根据我国的实际国情,以目前应用最多的正反循环钻进技术作为对比,分析了大量工程实例,并进行现场实测,来研究旋挖钻进技术在不同地层情况、不同孔深、孔径条件下的施工效率及施工成本,找出其适应范围。这将有助于指导实际工程中施工方法的选择,推动我国旋挖钻进技术理性、适度地发展。

## 2 国内外研究现状

### 2.1 国外的研究现状

德国著名钻孔专家Wirth先生通过大量钻孔工程的实践,对反循环成孔和旋挖成孔进行了对比研究。结果表明,两种方法在施工经济性方面各有优缺点<sup>[3]</sup>。在软土、中硬地层,深度较浅的钻孔,直径在1.5 m以下的钻孔,旋挖钻进的经济性较好。而

收稿日期:2009-07-31

作者简介:周红军(1968-),男(汉族),河北唐山人,中国地质科学院勘探技术研究所高级工程师,《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志副主编,地质工程专业,硕士,研究方向为探矿工程、岩土钻掘工程,河北省廊坊市金光道77号。

对大直径和大深度桩孔,旋挖成孔在施工中的使用受到了一定限制。与之相比,直径超过2 m、深度超过45 m的基础工程中反循环施工更具经济性。

此外,国外还有学者利用大量的实践数据,通过建立不同的模型<sup>[4]</sup>,用人工神经网络方法<sup>[5]</sup>和回归分析方法<sup>[6]</sup>,研究各种因素,包括不同的成孔设备和方法,对钻孔灌注桩施工时间和成本的影响。

## 2.2 国内的研究现状

国内有些单位在具体的工程项目中,选择成孔方法时,会根据工期、成本等因素对旋挖钻进与其它成孔方法进行一些简单的对比,系统的研究尚未见报道,更多的报道是突出旋挖钻进的技术优势,国内有些大型的工程,更是片面强调要求必须采用旋挖钻进成孔,而结果是施工效率并不高。

鸟巢的基础工程施工中,为了满足奥运工程环保、高效的要求,全部采用旋挖钻进。但有时台班效率很低,孔深不到40 m的孔平均每台班成孔1.6个。其原因,很大一方面是由于配置的钻头种类单一,难以适应不同地层的要求,尤其是钻进到卵石层,进尺相当缓慢<sup>[7]</sup>。

这一现象正反映出我们的研究尚不够深入,任何一种施工方法都有其适应性,不能一味强调某一种施工方法的优点,而忽视了其缺点,而简单地用一种施工方法代替另外一种施工方法。在选择施工方法时,一定要对其加以全面分析,从而选择技术可行、效率高、成本低的施工方法。

## 3 旋挖钻进技术适应性的初步研究

评价一种成孔方法的适应性,需要综合考虑各个方面的因素,下面从施工效率、施工质量、适用条件、施工成本等方面,对旋挖钻进技术的适应性进行初步的研究。

### 3.1 施工效率

施工效率是评价一种成孔方法优劣的最主要的因素。

旋挖钻进施工采用的是直接挖取岩土层,然后直接提出孔外卸土,从而获得进尺。由于对岩土层不进行全面破碎,因此其机械钻速比正反循环钻进相对要高很多。但是这种成孔方法由于不能连续钻进,每挖一斗都要提钻卸土,因此其辅助时间比较长,而且钻孔越深,提钻所需时间越长,辅助时间所占比例越高。其时效计算公式如下:

$$V = 60h_d / (t_z + t_x + 2h/v_t) \quad (1)$$

式中: $V$ ——时效,  $m/h$ ;  $h_d$ ——每一钻斗进尺高度,

取0.7 m;  $t_z$ ——每钻斗纯钻进时间,以高0.7 m钻斗为例,对于砂层一般为1 min,对于土层一般为1.5 min;  $v_t$ ——提下钻速度,对于不同地层、提钻、下钻,速度分别有不同的要求,综合考虑取40 m/min;  $t_x$ ——钻进结束后的反转闭合钻斗及提钻后卸土时间,一般为1 min/次;  $h$ ——孔深, m。

上式中的数据来源于内蒙古某黄河大桥工程的实测。据此计算出不同地层、不同孔深的时效见表1。根据表1的数据可得到旋挖钻进时效随孔深的变化趋势如图1。

表1 旋挖钻进时效随孔深的变化情况

地层	孔深/m					
	20	40	60	80	100	120
	时效/( $m \cdot h^{-1}$ )					
砂层	13.36	9.80	7.74	6.39	5.44	4.74
土层	11.53	8.78	7.08	5.94	5.11	4.49

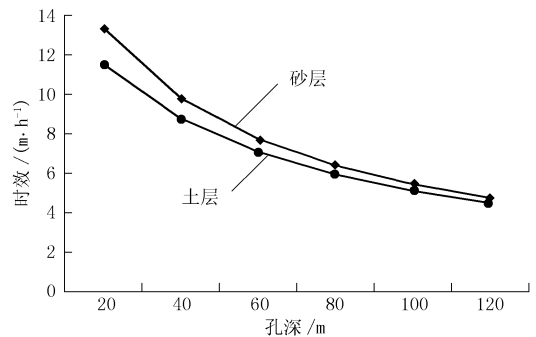


图1 旋挖钻进时效随孔深的变化趋势

由图1可以看出,随着孔深的增加,旋挖钻进的时效呈明显下降趋势,而且孔越深,两条曲线越接近,说明在深孔段每钻斗纯钻进时间对时效的影响程度下降,而提下钻及卸土等辅助时间对时效的影响越来越明显。这一特点主要体现在机械钻速比较高的砂层、土层钻进中。而对于岩层施工,由于其机械钻速较低,纯钻进时间比较长,而提钻卸土时间相对占用的比例较低,孔深对时效的影响不太明显。

通过对2000年以来媒体报道的200余项工程的实钻情况统计分析,得出了旋挖钻进与正反循环钻进在不同地层、不同孔径情况下的时效,见图2。

结合前面的研究,分析图2,可得出如下结果:

(1)在砂层、土层等软土地层钻进中,旋挖钻进的时效明显高于正反循环钻进,一般可达到正反循环钻进时效的4倍以上,而且孔越浅,旋挖钻进的效率越高。随着孔深的增加,旋挖钻进的效率明显下降,在孔深达到120 m时,旋挖钻进的时效与正反循环钻进比较接近,不再具有明显的优势。

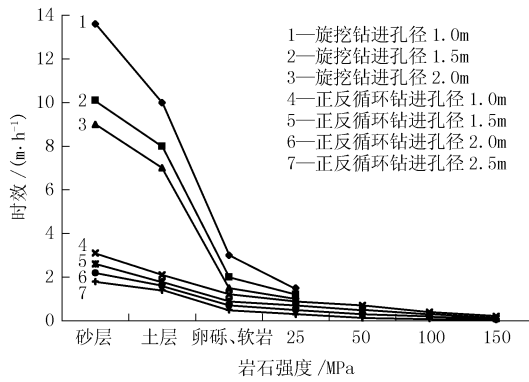


图2 不同成孔方法的时效对比

(2)随着岩石强度的增高,旋挖钻进的施工效率下降得很快,在岩石强度 25 MPa 左右的岩层中钻进,旋挖钻进的时效与正反循环钻进基本相当。在岩石强度 50 MPa 以上的硬岩中旋挖钻进应用得已经极少。

### 3.2 施工质量的研究

旋挖钻进过程中不需使用泥浆,或是仅需要静压泥浆作护壁而不需要在孔中循环,泥浆在孔壁上不形成泥皮,此外由于钻头不断上下往复提钻卸土使孔壁变得粗糙,这些都使得成桩后桩与孔壁具有更大的摩擦力,从而提高其桩基的承载力。

正反循环钻进与旋挖钻进不同,需要采用泥浆不断循环进而排除岩粉获得进尺,泥浆的不断循环在孔壁上形成一层厚厚的泥皮,而且钻头的不断回转使孔壁变得非常光滑。虽然在成孔后要进行清孔,清除掉部分泥皮,但成孔过程中形成的光滑的孔壁对桩基的承载力还是会有一定的影响。

### 3.3 适用范围的研究

#### 3.3.1 适用的孔深与孔径

##### 3.3.1.1 理论应用范围

旋挖钻进中,钻机与钻杆是一个整体,几种不同直径大小的钻杆套在一起,这种方式就决定了其孔深及孔径有一定的局限性。由于要考虑钻机运输过程中的外形尺寸,一根钻杆不可能做得很长,一般也就是十几米。而且由于是从粗到细套在一起,即使最外面一根做得比较粗,一般情况下也只能套五六层。因此,旋挖钻机的钻孔深度就受到了很大限制,目前国产旋挖钻机理论最大钻孔深度仅达到了 92 m<sup>[8]</sup>,而实际应用中目前仅见一例报道达到了 88 m<sup>[9]</sup>。一般情况下,如果按照钻机的理论钻孔深度施工,遇到特殊情况钻杆很容易折断。因此旋挖钻进的适用孔深受到了很大限制,同时由于钻杆强度的限制孔径也不能太大。

而且旋挖钻机不能在额定的孔深、孔径双极限状态下施工,必须留有储备,否则一旦遇到特殊情况,无法再提高拉力和扭矩,容易造成孔内事故<sup>[10]</sup>。内蒙古某黄河大桥工程在孔深 70 多米的情况下就曾发生过钻杆折断事故。

正反循环钻进方法则不同,其钻机、钻杆是相互独立的。随着孔深加深、孔径加大,可以选择更大钻进能力的钻机。同时,由于钻杆是相同直径、相同壁厚的一根根连接起来的,随着孔深的增加可以不断加接钻杆,同时加大钻杆的直径和壁厚可使其能够满足大孔深、大扭矩对其强度的要求。因此,从理论上来说,正反循环钻进的孔深、孔径是基本不受限制的。

##### 3.3.1.2 孔深的实际适用范围

上述对孔深的理论应用范围的分析、研究在实践中也得到了很好的验证。对大量实际工程的统计结果见图 3。

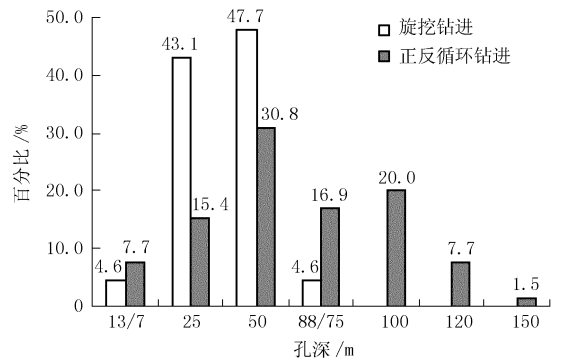


图3 两种成孔方法施工的不同孔深的钻孔所占比例

由图 3 可以看出,旋挖钻进施工的工程,其钻孔深度 90% 以上都集中在 25、50 m 左右,这一深度也正是能够体现旋挖钻进高效率的区间。十几米的浅孔,一个小时就能成孔一个,然后钻机移位钻孔,这样频繁移位,占用了大量的辅助时间,纯钻进时间很短,影响施工效率。与此相反,七八十米深的孔,由于其成孔工艺决定了需要频繁提下钻卸土,在这样的深度提下钻一次占用时间较长,纯钻进时间较短,同样影响其施工效率。

再看正反循环钻进,其孔深范围从最浅的 7 m,到最深的 136 m,应用的范围非常广。而且孔深的分布比较均匀,在 20 ~ 100 m 范围内基本上是均匀分布。

由此可见,虽然在理论上目前国产旋挖钻机的应用范围达到了 92 m,国外旋挖钻机甚至达到了 100 m 以上。但是,在实际应用中一是要考虑安全

性,二是要考虑能否体现其优势。从这两点看,目前旋挖钻机在20~60 m的孔深范围内应用比较适宜。

### 3.3.1.3 孔径的实际适用范围

对全国大量实际工程的统计结果见图4。

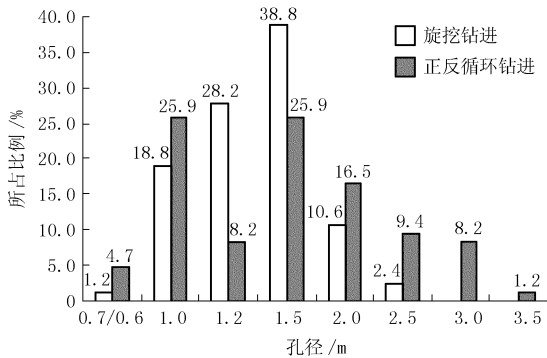


图4 两种成孔方法施工的不同孔径的钻孔所占比例

由图4可见,在孔径的应用方面,旋挖钻进也有很大的集中性,主要集中在1.2、1.5 m左右的范围,占到了2/3以上。再就是1.0、2.0 m的应用也较多。

在应用的最小直径方面,旋挖钻进为0.7 m,但应用的已经很少。而正反循环钻进应用的最小直径为0.6 m,虽然相差不大,但其应用的比例要比旋挖钻进高很多。

在最大直径方面,旋挖钻进应用的最大直径为2.5 m,应用得也很少。而正反循环钻进在直径2.5 m,甚至3 m都还有较高的应用比例。3.5 m,甚至4 m以上也时有应用。

造成这一现象的原因,一是如前所述,受钻机结构及钻具强度的限制,旋挖钻机理论上的应用孔径有一定限制,目前国内生产的旋挖钻机最大的钻孔直径仅为2.5 m;二是小孔径一般孔深也都不大,旋挖钻机机械钻速高,一个孔很快施工完毕,移孔位占用了大量时间,体现不出旋挖钻机施工效率高的优势。

通过上述研究,旋挖钻机适用的孔径范围宜为1~2 m,尤其以1.5 m为最适宜。

### 3.3.2 适用的地层

目前的旋挖钻机多采用摩阻式钻杆或铠式钻杆。摩阻式伸缩钻杆的加压能力较弱,因此仅能完成土层、砂层和胶结较为松散的、直径较小的卵砾石层的钻进成孔。如果采用铠式和机械锁加压钻杆,钻机有较大的动力头扭矩和加压给进力,可以钻进一些强风化的、抗压强度在30 MPa以下的岩层,但不能钻进胶结致密的卵砾石层和抗压强度较高的

岩层,如果强行钻进很容易发生孔内和机械事故。

在50 MPa以上的硬岩层中,旋挖钻进方法的应用已经极少,只在个别工程中进行过应用<sup>[11]</sup>,多数工程中,到了钻孔下部的嵌岩部分,都改用正反循环钻进、冲击钻进、爆破等成孔方法。虽然旋挖钻进在岩石中的应用试验强度已经达到了200 MPa以上<sup>[12]</sup>,所取得的时效也达到了生产应用的要求,但真正在生产实践中应用还需进一步研究其适用性:一是钻具强度问题,在孔较深、孔径较大时,钻具极易变形扭曲,甚至折断损坏;二是钻进效率较低,与正反循环钻进相比,如果钻进效率的优势不明显,则由于设备价格的奇高会带来施工经济性很差。

正反循环钻进通过钻机加压以及在钻头上增加配重,可以对钻头施加很大的压力,对非常坚硬的岩石也能够进行破碎。因此,正反循环钻进适用的地层范围很广,基本涵盖了各种各样的地层。应用的最大岩石强度甚至达到了250 MPa<sup>[13]</sup>,在岩石强度高达185 MPa的情况下,施工的钻孔口径达到了3 m<sup>[14]</sup>,在70 MPa的岩石强度下钻孔口径则达到了3.5 m<sup>[15]</sup>。而且这些工程都取得了比较高的时效。

因此,虽然从理论上说旋挖钻进在各种地层条件下基本都能钻进,但是从适用性来研究,旋挖钻进更适宜在土层、砂层和胶结较为松散的、直径较小的卵砾石层钻进,从而发挥其钻进效率高的优势。

### 3.3.3 适用的环境

不同的工程类型反映了工程场地及周边环境的差异。笔者将工程类型分为3种:一是工业与民用建筑工程;二是公路铁路立交桥工程;三是水上工程。不同的工程类型,施工环境具有不同的特点,对钻孔桩成孔有影响的是其施工场地情况和对环保的影响。

#### 3.3.3.1 施工场地

旋挖钻机自重比较大,一般都在六七十吨,因此要求场地有一定的承载能力,不能在地表松散、泥泞、没有夯实的场地上施工。而且由于旋挖钻机体积比较大,比较高,在一些场地太狭窄、道路不通畅、空间高度受限制的地方,也无法施工。而一般的正反循环钻机,自重只有几吨、十几吨,对场地的承载能力的要求相对要低得多,而且其体积较小,钻杆也比较短,在比较狭窄和高度受限制的情况下都能够完成成孔作业。

工业与民用建筑工程中,经常需要在一些特殊位置进行钻孔灌注桩的施工,如在两楼之间施工,施工场地比较狭窄,旋挖钻机无法进场,只能采用体积

相对较小的正反循环钻机施工。有些工程甚至在楼层上施工,不但施工场地狭窄,而且场地承载能力很低,如温州某大厦,施工过程中设计变更,要求在楼层上进行直径 600 mm 桩的施工。采用 GPS-10 型回转钻机很好地解决了问题<sup>[16]</sup>。而这种情况,旋挖钻机是根本无法做到的。

水上工程施工中,如果采用旋挖钻进,无论是筑岛,还是搭设水上平台,都要求必须有很大的承载能力,比较困难而且费用也比较高,很重的钻机在水上平台施工,还要考虑其安全性。因此,大多数的水上钻孔桩施工,更适宜采用正反循环钻进。

### 3.3.3.2 对环保的影响

旋挖钻进通常不需要泥浆,实现干法施工,即使在特殊地层需要泥浆护壁的情况下,泥浆也只起支护作用,不需携带钻渣,钻屑中的泥浆含量相当低,这使污染源大大减少,改善了施工环境,对环境造成的污染小。正反循环钻进则必须采用泥浆护壁,会产生大量泥浆,在粘土层钻进产生的泥浆量可达到桩孔体积的 2~3 倍。这些泥浆的排放将对环境造成很大的污染。

在城市施工以及其它对环保要求比较严格的工程中,如民用建筑工程、城市立交桥工程、青藏铁路工程等,更适宜采用旋挖钻进技术。

图 5 是对全国多项实际工程的统计情况,可以看出,在工业与民用建筑工程中,旋挖钻进与正反循环钻进的应用比例基本相当;在公路、铁路立交桥工程中旋挖钻进的应用比例明显高于正反循环钻进;而在水上桥梁工程中旋挖钻进应用的则很少,而正反循环钻进在这方面的应用占到了将近 50%。这一实际情况对上面的理论研究是一个很好的验证。

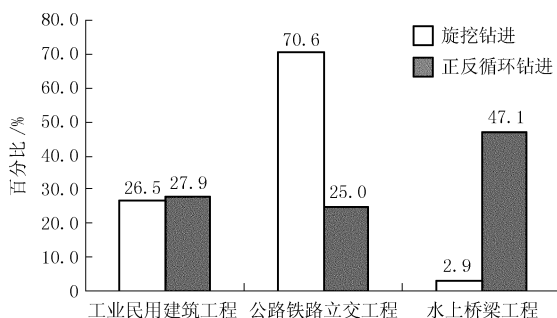


图 5 两种成孔方法施工的不同工程种类所占比例

### 3.4 施工成本

钻孔桩成孔费用中,与进尺直接相关的费用主要包括人工费、燃料动力费、机械费、泥浆费用、其它费用。此外,还包括设备搬迁的费用、管理费用等,

但这些费用不是与进尺的多少成比例的。

通过对成孔过程中各项与进尺直接相关的费用进行综合分析计算<sup>[17]</sup>,得出以下结果:

(1)在砂层、土层施工中,如果考虑废浆外运的成本,旋挖钻进的施工成本比正反循环钻进低 30% 左右,而且随着孔径的增大而增加。这也正反映出两种施工方法的特点,旋挖钻进效率高而且产生的废浆量少,而正反循环钻进效率低而且产生的废浆量大,废浆的外运成本比较高。

(2)如果在施工现场允许就地排放废浆的工程中,不存在废浆外运费,则正反循环钻进的施工成本略低于旋挖钻进。

(3)在卵砾石、软岩层以及强度 25MPa 岩层中,无论是否考虑废浆排放,旋挖钻进的成本都明显高于正反循环钻进,甚至达到正反循环钻进的 2 倍,其主要原因是此时钻进时效降低,机械、人工成本都明显增加,而旋挖钻机昂贵的价格对施工成本的影响很大。

## 4 研究结论

通过对旋挖钻进技术适用性的初步研究,并与正反循环钻进进行对比,可得出如下结论。

(1)在施工效率方面,旋挖钻进的时效高于正反循环钻进,但随着孔深增大、岩石强度增大,两种钻进方法的时效差距呈明显缩小的趋势。理论上孔深达到 120 m 时,旋挖钻进的时效与正反循环钻进相比不再具有明显优势。在 25 MPa 左右的岩层中钻进,旋挖钻进的时效与正反循环钻进已经基本相当。在 50 MPa 以上的硬岩中旋挖钻进的应用已经极少,除技术因素外,这其中也有钻进时效的因素。

(2)在施工质量方面,旋挖钻进形成的孔壁比较粗糙,与正反循环钻进相比,可提高其桩基的承载力。

(3)在适用孔深方面,从安全性及技术优势方面考虑,目前旋挖钻进适宜在 20~60 m 的孔深范围内应用。

(4)在适用孔径方面,旋挖钻进适用的孔径范围为 1~2 m,尤其以 1.5 m 为最适宜。

(5)在适用地层方面,旋挖钻进在土层、砂层和胶结较为松散的、直径较小的卵砾石层钻进更能体现其高效性。

(6)在施工场地方面,水上工程施工中,从经济性和安全性方面考虑,都不太适宜采用旋挖钻进,更适宜采用正反循环钻进;而在施工场地比较狭窄以

及高度空间受限制的一些工业与民用建筑工程中,旋挖钻机无法进入,只能采用正反循环钻进方法。

(7)在环境保护方面,旋挖钻进产生的废浆量少,对环境的污染少,在城市施工以及其它对环保要求比较严格的工程中,更适宜采用旋挖钻进技术。

(8)在施工成本方面,在砂层、土层,如果考虑废浆外运的费用,旋挖钻进的成本较低;如果在施工现场允许就地排放废浆的工程中,不存在废浆外运费用,则正反循环钻进的施工成本略低于旋挖钻进;在卵砾石、软岩层以及强度 25 MPa 岩层中,旋挖钻进的成本明显高于正反循环钻进。

根据上述的研究成果,两种成孔方法的适用性综合对比列于表 2。

表 2 两种成孔方法的适用性

适用条件	条件范围	旋挖钻进	正反循环钻进
孔深	浅孔 (<20 m)	○	√
	中浅孔 (20 ~ 60 m)	√	○
	中深孔 (60 ~ 90 m)	○	√
	深孔 (>90 m)	×	√
孔径	小直径 (<1 m)	○	√
	中小直径 (1 ~ 2 m)	√	○
	大直径 (>2 m)	×	√
地层	砂层、土层	√	○
	卵砾石、软岩层	√	○
	硬岩层 (>30 MPa)	×	√
场地	水上工程	○	√
	狭窄场地	×	√
	环保要求严格	√	×

注:√——适宜采用,且能取得较好的效果;○——可以采用,但施工效果不如另一种方法;×——不适宜采用。

## 5 成孔方法优选组合的建议

在具体工程中,可以根据具体情况选择适宜的成孔方法。对于一些特殊的工程项目,笔者建议可考虑对两种成孔方法进行优选、组合,以充分发挥各自的优势。

### 5.1 水上桥梁工程

对于大多数跨越大江、大河的桥梁工程,其桩基础一般具有如下特点:

(1)施工场地变化较大。主墩需要在较深水域施工,多采用搭设水上平台的方式提供施工场地,其承载能力必须满足施工设备的要求;引桥工程在岸上施工,施工场地比较容易满足要求。

(2)桩径、桩长变化较大。主墩设计的桩径、桩长比较大,桩径可达 2 m,甚至 2.5、3 m 或者更大,桩长有时达百米以上;引桥工程桩径、桩长相对较小,一般在 1.5、1.8 m,桩长一般在几十米。

(3)由于在江河中施工,废浆可直接就地排放(如遇复杂地层,泥浆中添加化学处理剂,需要考虑对环境的破坏,不能随意排放),不需要外运。

根据这些特点,在成孔方法的选择上可考虑旋挖钻进与正反循环钻进同时采用。

水上桩孔的施工宜采用正反循环钻机,避免了因旋挖钻机自重较大而要求搭设高承载力施工平台,既节省了成本又保证了安全;而岸上桩孔有充足的施工场地,则可以采用旋挖钻进,以便提高施工效率,保证工期的要求。

对于钻孔深度较大、旋挖钻进无法满足要求的部分钻孔,可采用两种方法接力的方式,上部浅孔段用旋挖钻进,下部深孔段用正反循环钻进,既提高了钻进效率,又解决了旋挖钻进孔深的局限性。

两种方法的配合使用,正反循环钻进在粘土层施工中产生的大量泥浆,还可以作为旋挖钻进的护壁浆液,节省了泥浆材料的费用。

这种成孔方法的优选配合,在内蒙古某黄河大桥工程中得到了很好的运用。该工程中地层以土层、砂层为主,深度比较小的引桥桩孔,直接采用旋挖钻机施工;一些深度达 90 m 左右的桩孔,采用旋挖钻机施工到 70 m 左右,然后换正反循环钻机施工;部分主墩钻孔,考虑到水上施工平台的承载安全性,则直接采用正反循环钻机施工。这样两种施工方法的配合,即保证了工期,又解决了施工中的难题,同时正反循环钻进施工的同时为旋挖钻进造浆,降低了施工成本。

### 5.2 大型交通工程

对于重点的公路、铁路等交通工程项目,一般规模都比较大,工期要求紧,也可以考虑旋挖钻进与正反循环钻进同时采用,充分发挥两种施工方法各自的优势。

旋挖钻进在砂层、土层可以大幅度提高钻进效率,保证工期的要求,宜大量采用。

而正反循环钻进在粘土层可以充分利用地层自然造浆的性能,产生大量的泥浆,这些泥浆可以用于旋挖钻进的护壁;同时正反循环钻进在岩层施工可大幅度降低施工成本。因此可适当安排部分正反循环钻机,施工部分钻孔,获得进尺的同时为旋挖钻进造浆;下部嵌岩深度较大的钻孔,可换用正反循环钻进接力施工,以降低施工成本。

## 6 结语

本文通过对大量工程实例的分析以及现场工程

实测,并与正反循环钻进进行对比,研究了旋挖钻进技术的适用性,但由于在统计分析中一些数据可能存在一定的偶然性,而且现场实测的数据比较少;旋挖钻进技术在直径1 m以下、2 m以上口径的应用实例比较少,硬、坚硬岩层中旋挖钻进的应用也很少,因此本文仅是一个初步研究,有些方面还未涉及到,有些结果也可能会有偏差甚至是错误。仅希望此文能够对实际工程中施工方法的选择有一定的借鉴参考作用,同时起到抛砖引玉的作用,以期推动我国旋挖钻进技术理性、适度地发展。

### 参考文献:

- [1] 王达,胡茂焱,叶建良. 地基与基础工程施工技术现状与发展[J]. 探矿工程,1999,(增刊).
- [2] 于好善. 中国桩工施工法的里程碑——旋挖钻机施工法[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9).
- [3] 杨文军. 反循环与旋挖成孔[J]. 建筑机械,2004,(4).
- [4] Tarek M. Zayed, Daniel W. Halpin. Simulation of Bored Pile Construction[A]. 2001 Winter Simulation Conference[C]. Arlington, VA, USA, 2001.
- [5] Tarek M. Zayed, Daniel W. Halpin. Pile Construction Productivity Assessment[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005,131(6).
- [6] Tarek M. Zayed, Daniel W. Halpin. Productivity and Cost Regression Models for Pile Construction[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005,131(7).
- [7] 周馥隆. 旋挖钻机为何“英雄气短”?——从北京奥运会主会场旋挖钻机施工看我国旋挖钻机施工现状[J]. 工程机械与维修,2004,(5).
- [8] 周红军,蒋国盛,张金昌. 国产旋挖钻机市场现状分析及发展建议[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8).
- [9] 徐工旋挖钻机再创国内三项纪录[J]. 建筑机械技术与管理,2008,(3).
- [10] 王伟. 旋挖钻进埋钻事故的处理实例及预防措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(8).
- [11] 江卫文,霍宗武. 旋挖钻进技术在广东硬—坚硬岩地区中的应用与创新[J]. 中国水运,2008,8(1).
- [12] 朱迪斯,黄玉文,史新慧,等. 旋挖钻机岩石钻进实验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(3).
- [13] 詹龙和,谢秋明,张青平. 泵吸反循环在120m超深钻孔灌注桩中的成功应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(10).
- [14] 李军堂,戴宗诚. 芜湖长江大桥双壁钢围堰大直径钻孔桩施工[J]. 公路,2000,(10).
- [15] 周鑫元,李世京. 湖口大桥桩基施工难点与技术对策[J]. 探矿工程,2001,(4).
- [16] 骆嘉成,张海望. 楼层上钻孔灌注桩施工方案可行性分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(8).
- [17] 周红军. 正反循环钻进与旋挖钻进技术经济性的研究[D]. 武汉:中国地质大学(武汉),2008.

## 东部地区铁矿勘查现场研讨会成功举办

中国地质调查局网站 2009-08-14 消息 2009年8月10~12日,中国地质调查局资源评价部组织召开了东部地区铁矿勘查现场研讨会。会议分野外考察和室内研讨两个阶段,与会代表先后考察了本溪大台沟铁矿、辽阳弓长岭铁矿和齐大山铁矿。研讨会上,辽宁地调院介绍了大台沟铁矿找矿主要成果和在深部找矿、推进地质勘查新机制方面取得的经验,辽宁冶金地勘局地质勘查研究院介绍了近年来鞍本地区危机矿山深部找矿主要成果,中国地质调查局资源评价部介绍了战略性矿产勘查“十二五”部署框架方案。与会代表畅谈了参观点考察学习体会,围绕东部地区铁矿勘查“十二五”

部署、推进地质勘查新机制,加强统一部署、整装勘查进行了研讨,对东部地区初步筛选出的铁矿找矿整装勘查区进行了评估。

来自黑龙江、辽宁、吉林、内蒙古、河北、河南、山东、山西、江苏、江西、安徽、福建、湖北地调院,沈阳、天津、南京地质调查中心,地科院资源所、中国地质调查局发展中心等18家单位共40名代表参加了会议。本次会议由中国地质调查局资源评价部主办,沈阳地质调查中心承办,辽宁省地质矿产调查院和辽宁省冶金地质勘查局地质勘查研究院协办。

## 内蒙古乌拉特后旗勘探出一个储量约1.4亿t油田

新华社呼和浩特 2009-08-06 消息 日前,中原石油勘探局地球物理勘探公司在内蒙古乌拉特后旗潮格温都尔镇勘探出一个储量约为1.4亿t油田。

据中原石油勘探局地球物理勘探公司党委书记商瑞宾介绍,该公司探井队从2009年5月29日正式进入全面施工期以来,对周围388 km的地域进行野外信息采集,目前已初

步探明石油储量为1.4亿t,而且油质较高,具有较好的开采价值。现在勘探即将近尾声,到8月底,前期勘探工程将全部结束,距正式开采石油需要近1年的时间。

据了解,此次大规模的石油勘探工程总投资达1.3亿元,高峰期时勘探现场石油工人达800人。