



2018 第十二届  
**SUPER PILE WORLD**  
国际大口径工程井(桩)  
高峰论坛

时间：2018年10月17-19日

地点：南京·江苏省会议中心(南京市玄武区中山东路307号)



## 演讲嘉宾介绍

李国平，高级工程师，1988年毕业于华中科技大学机械系液压传动及控制专业，一直在中铁大桥局工作至今。从1994年起至今从事桥梁大口径钻孔桩施工管理及技术工作二十二年。主持和承担完成钻孔施工工程主要有石长线湘江铁路桥主墩  $\phi 2.0\text{m}$  嵌岩桩；宜万铁路主墩  $\phi 3.0\text{m}$  嵌岩桩；天兴洲长江大桥主墩  $\phi 3.4\text{m}$  嵌岩桩；嘉绍  $\phi 3.8\text{m}$  摩擦桩；大胜关公铁大桥主墩  $\phi 3.0\text{m}$  嵌岩桩；安庆铁路桥  $\phi 3.4\text{m}$  主墩嵌岩桩；平潭  $\phi 4.0$ 、 $\phi 4.5\text{m}$  嵌岩桩等三十多座桥梁的钻孔施工工程，在桥梁大孔径深长桩钻孔施工方面积累了丰富理论和实践经验。

大口径新技术分会场





桩基工程其“看不见，摸不着”的特点，决定了在施工过程中成本、工期控制较困难。所以桥梁桩基础的施工在桥梁工程中显得尤为重要，现在的钻孔桩设备单一应用已逐渐不能满足地质多变、快速、低成本的施工要求，而每种钻机有其最佳适应地质工况，发挥不同钻孔设备的优势，采取组合施工可有效地解决这个问题。

### 一、常用钻孔桩成孔方法

### 二、组合施工方法概述

### 三、组合施工方法应用案例

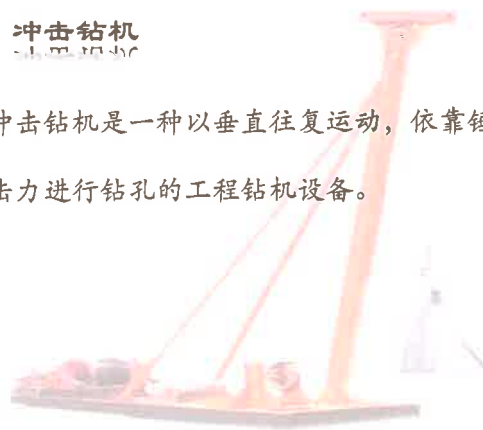
### 四、组合施工方法的推广

## 一、常用钻孔桩成孔方法

- ▶ 目前桥梁钻孔桩成孔的方法可分为冲击钻孔、回转钻孔和旋挖钻孔。施工中常用的钻机为冲击钻机、回转钻机和旋挖钻机。

### 1、冲击钻机

- ✘ 冲击钻机是一种以垂直往复运动，依靠锤头冲击力进行钻孔的工程钻机设备。



### 特点

- \* 结构简单、适应性强、处理易坍塌地层、孤石工效显著、成本低。
- \* 整体成孔效率低孔径越大效率越低、振动大、在硬岩层易出现斜孔、卡锤等，黏土层易出现粘锤、孔深后排渣困难等。

### 适用范围

- \* 主要适用于黏性土、卵石、砂性土、漂石、各种岩层，但对黏性土的适应性较差，岩层效率不高。



## 2、回转钻机

× 回转钻孔可分为正循环回转钻孔、反循环回转钻孔。其区别是泥浆循环方式不同，压入泥浆为正循环，抽吸泥浆为反循环。

### 特点

- \* 适应性强、成孔质量好、泥浆护壁效果好、振动小、尤其在岩层钻进效率高。
- \* 机动性差、需要大型吊机配合、施工平台需要一定的强度及承载力。

### 适用范围

- \* 适用于各种地层，通过改变钻头及刀具形式来提高施工效率，属“软硬统吃”型，尤其是对深孔、硬岩，施工效率显著成孔质量高。但对陆地大桩开孔难，处理易塌及孤石地层难，辅助作业时间长。

## 3、旋挖钻机

× 旋挖钻机在国际上的发展已经有几十年的历史，在中国也是在最近四五年才被逐渐认识和应用，成为近年来发展最快的一种新型桩孔施工方法，旋挖钻孔灌注桩技术被誉为“绿色施工工艺”。

### 特点

- \* 机动性强、自动化程度高、定位准确、覆盖层施工效率高、施工质量好、尘土泥浆污染少。
- \* 一般最佳施工深度不深，对硬岩施工效率低，台班费较高。

### 适用范围

- \* 主要适用于砂土、粘性土、粉质土及各类砂层、软岩层施工，最大成孔直径一般不超过4m，最大成孔深度一般不超过100m。





## 二、组合施工方法概述

- ▶ 组合施工就是结合各类成孔方式的特点，避其所短，扬其所长。针对不同的地层，选用不同的施工方法，以达到提高施工效率，节约成本的目的。

### 组合方式

- ◆ 根据工程规模、地质情况及现场施工条件，可选用不同的组合方式。如先旋挖钻后回转钻、先旋挖钻后冲击钻、先回转钻后冲击钻等。
- ◆ 对大直径深孔，根据施工效率来考虑，在大部分地质情况下，采用先旋挖钻后回转钻的效率最高。下面以该方法施工做介绍。

### 适用范围

- ◆ 先旋挖钻后回转钻施工主要适用于覆盖层较厚（约50m以上），基岩强度较高的嵌岩桩施工，施工效率高。尤其是对于类似地层的陆地桩，旋挖钻机的开孔效果显著。

### 施工工艺

- ◆ 根据地质情况确定钻机配备数量，让不同类钻机都能充分利用，一般1台旋挖钻机可配合3至4台回转钻机施工。
- ◆ 开孔时就位旋挖钻机，使用合适钻头，对覆盖层、全、强风化岩层等软质地层进行钻进，当钻头进入中、微风化岩层时，旋挖钻机退出，就位回转钻机，根据地质报告的岩样合理选择楔齿钻头或球齿钻头钻进。

### 注意事项

- ◆ 施工平台及场地要求较高，需要满足一定的承载力。
- ◆ 对同一个孔，需要两种机型施工，变换设备时要保证后上钻机与已成孔部分同心。
- ◆ 现场需考虑旋挖钻机行走通道，并配备满足回转钻需求的吊机。

## 三、组合施工方法应用案例

- ▶ 我公司施工的珠海洪鹤大桥8#主墩钻孔桩施工任务，共计24根直径2.8m嵌岩桩，采用一台宝峨BG46旋挖钻机和3台套KTY3000型全液压回旋钻机进行组合钻孔施工，施工效率提升显著。



### 洪鹤项目简介

× 洪鹤大桥是位于珠海大道南侧的东西向交通要道，起点位于南屏镇洪湾，对接港珠澳大桥连接线，向西跨越洪湾水道、磨刀门水道，终点与江珠高速延长线及鹤港高速相交。路线全长9.654公里，按双向六车道独立大桥标准建设，设计时速为100km/h，项目总投资39.75亿元。

- 8#墩主塔高166.484米。主塔顺桥向宽度，上塔柱等宽为7.5m，中塔柱为7.5m~9m，下塔柱等宽为9m。下塔柱高40.184m，横桥向宽5.37m~9.292m，顺桥向等宽9m，采用单箱单室截面，基本壁厚为1.2m，在根部及与下横梁交界部范围内壁厚逐渐加厚。
- 8#墩基础由24根 $\phi$ 2.8m嵌岩桩组成，成4×6矩形布置，钻孔桩桩底标高-81.0~-90.0m，桩长为84.0m~93.0m不等为岸边筑岛陆地桩。适合旋挖快速施工层厚70多米，中、硬岩层厚近20米。为组合施工典型案例。

### 地质条件

- × 根据地质资料显示8#主塔墩基础地质依次为：淤泥、淤泥质黏土、粉质黏土、全风化砂岩、强风化砂岩、全风化花岗岩、溶洞、中风化灰岩。

地质柱状图

序号	标高 (m)	层厚 (m)	岩土名称
1	+3~-3.5	6.5	素填土
2	-3.5~-41.9	38.4	淤泥
3	-41.9~-47.3	5.4	粉质黏土
4	-47.3~-54.9	7.6	全风化砂岩
5	-54.9~-67.9	13	强风化砂岩
6	-67.9~-77.4	9.5	强风化灰岩
7	-77.4以下		中、微风化灰岩

岩石的物理力学性质指标统计表

项目	岩石单轴抗压强度(MPa)				
	中风化花岗岩 $\phi$ 4	强风化花岗岩 $\phi$ 3	中风化花岗岩 $\phi$ 3	中风化灰岩 $\phi$ 4	中风化花岗岩长岩
统计个数	11	32	16	43	9
最小值	18.4	31.5	11.5	21.3	19.7
最大值	33.8	83.5	21.8	62.4	33.6
平均值	26.1	43.7	16.6	34.4	25.2
标准差	5.027	11.658	2.994	8.218	5.226
变异系数	0.193	0.267	0.180	0.239	0.207
统计系数	0.893	0.918	0.920	0.937	0.870
标准值	23.3	40.1	15.3	32.3	21.9

效率对比

- × 通过对8#墩24根桩钻进数据的收集、对比分析，得出以下结论：

#### 1、按成孔周期统计分析

施工方法	纯旋挖钻施工	纯回转钻施工	组合施工
平均成孔周期(天)	15	20	11



## 2、按钻进速度分析

所用设备	旋挖钻机			回转钻机		
	累计钻进时间(h)	累计进米数(m)	平均速度(m/h)	累计钻进时间(h)	累计进米数(m)	平均速度(m/h)
覆盖层	421	1510	3.59	335	201	0.6
岩层	1222	46	0.04	5856	449.53	0.08

通过以上分析可以看出，旋挖钻机在覆盖层施工的优势相当明显，但在硬岩层钻进速度较慢。将两种施工方法有效的结合起来，明显提高了施工进度（上述时间统计都计入了各类辅助作业时间）。

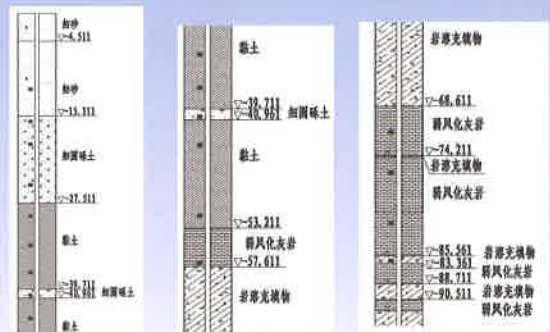
## 四、组合施工方法的推广

▶ 目前我公司承接的九江鳊鱼洲项目，其地质特点是覆盖层厚，岩层较硬，并存在溶洞，存15米左右硬塑粘土旋挖钻易糊钻。其中4#墩满足组合施工条件，通过应用组合施工的方法，比预计工期提前1个多月且减少3台旋转钻机。成本比单一施工方法低。值得推广应用。

## 鳊鱼洲项目简介

\* 新建安九铁路长江特大桥位于长江下游河段，拟建桥位南侧位于九江县，北侧位于黄梅县，线位距下游已建成通车的九江长江公路大桥约5.3km。主塔基础采用整体式承台、群桩基础，基础采用45根直径3.0m桩，桩基呈行列式布置，纵向5排，横向9排，纵向行距为7.7m，横向列间距为6.2m，桩基础按柱桩设计，桩长49.5~67m。

鳊鱼洲项目地质柱状图



## 岩石抗压试验指标

统计项目	试样深度(m)	质量密度 P (g/cm³)	吸水率 W (%)	天然单轴抗压强度 Ft (MPa)	干燥单轴抗压强度 Ft (MPa)	饱和单轴抗压强度 Ft (MPa)	点荷载试验 (MPa)
统计个数		86	59	72	57	116	33
最大值		2.77	0.60	84.90	98.30	79.70	77.60
最小值		2.55	0.13	25.50	30.20	15.70	20.90
平均值		2.67	0.30	54.32	62.12	45.83	46.13
标准差		0.03	0.13	15.26	15.83	15.04	13.53
变异系数		0.012	0.412	0.281	0.255	0.328	0.293
修正系数		1.00	0.91	0.94	0.94	0.95	0.91
标准值		2.67	0.28	51.24	58.53	43.44	42.06

## 总结

\* 总之，我们在施工钻孔桩时，设备的选型非常重要，要根据现场条件、工期要求、地质情况及成本分析等，用科学的方法对不同的地层采用不同的施工设备和工艺手段，用最佳的施工工艺，提高钻进效率，在保证质量、工期、安全的情况下产出最佳的经济效益。