

# 日本桩工机械和基础施工方法现状

甘行平, 童品正, 刘家荣

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**介绍了日本的几种常用桩工机械和基础施工技术, 包括螺旋钻机、旋挖钻机、全套管钻机、水平顶管钻机、锚杆钻机、软地基处理钻机及其相应的施工方法。并提出了一些建议。

**关键词:**日本; 桩工机械; 基础施工方法

**中图分类号:** TU67    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2006)11-0001-04

## 1 背景

随着全球经济的高速发展, 基本建设范围的持续拓宽, 以人为本和保护环境的理念及其相关法律法规实施的不断强化, 桩基础特别是现浇混凝土灌注桩基础得到了广泛的应用。旋挖钻机因其效率高、污染少、功能多的特点, 在国内外的现浇混凝土灌注桩施工中得到了广泛应用。

我国近几年桩工机械发展较快, 国内生产旋挖钻机的厂家已有二十多家, 目前施工市场拥有旋挖钻机 1000 多台, 但是缺乏相应的产品标准, 尚未编制旋挖钻机施工规范, 没有系统的工法研究, 基本理论的研究有待深入。日本桩工机械比较发达, 施工方法多样, 施工工艺先进, 我国很多桩工机械从日本进口, 如旋挖钻机、连续墙抓机、SW 工法设备等。为了了解国际桩工机械和基础施工方法的最新进展, 应日本建设机械化协会及会长小野先生的邀请, 2006 年 7 月 13~22 日, 我所组团考察了日本的桩工机械和基础施工方法。

## 2 概况

考察团在日本期间, 参观了日本“国际建设设备与技术展览会”, 展会规模较大, 有日本企业 100 多家, 海外企业 100 多家, 其中涉及到桩基行业的有鹿岛建设公司、大和机工公司、日立住友重机设备公司等十几家企业; 参观了三和机材、日本车辆等钻机、钻具生产厂家, 对日本各公司生产的小型盾构设备、锚杆钻机、软地基处理钻机、旋挖钻机、扩底钻具和全套管钻机及施工工艺进行初步的了解, 与日本钻具株式会社和伊藤忠丸红钻具技术株式会社进行了合作意向会谈。日本桩基施工设备和施工工艺根

据本国多地震, 施工场地狭窄等条件, 形成了适宜自己国情的特点, 且已标准化、系列化、规范化。施工理念有别于欧美等国, 尤其是其从业人员的素质、敬业精神和工厂的管理体制值得我们学习和借鉴。

## 3 日本的桩工机械和基础施工技术

### 3.1 螺旋钻进工艺

日本使用螺旋钻进工艺比较普遍, 钻机底盘为履带吊机, 钻机立塔联接在吊机斜塔上, 可自由起落(见图 1)。钻机有 3 个卷扬机, 主卷扬机吊着一个由液压马达和行星齿轮减速机组成的回转器带动长螺旋钻进; 另一个卷扬机可挂 1~2 t 重锤自由落体锤击预制桩, 也可吊第二个回转器带动长螺旋钻进; 第三个卷扬可作为辅助卷扬, 可吊其它辅助钻具钻进。根据钻孔直径的大小, 决定钻机一次成孔或两次成孔灌浆, 孔深可达 18 m。钻机卷扬吊过来预制桩, 放入孔中, 由另一卷扬吊重锤自由落体将预制桩击入孔中, 预制桩对周围地层的干扰较少。此种工法在我国尚未得到广泛应用, 我国现有的预制桩工法易造成地层的扰动, 造成周围建筑物基础的损坏。

另一种大型螺旋钻机(见图 2), 钻深可达 34 m, 底盘为履带吊机, 钻塔上有上下 2 个回转器, 分别由大功率电动机带动, 最大型号钻机可钻直径 1.5 m 的桩孔, 电动机总功率可达 580 kW。上回转器带长螺旋在钢管内钻取渣土, 下回转器可带套管或钢管反转回转(抵消长螺旋的反扭矩), 钻孔精度高, 此方法尤其适合在易坍塌地层施工灌注桩、钢管桩、预制桩。

螺旋钻机用回转器、螺旋钻头、预制桩、锤、套管在日本已成系列化、标准化, 减少了施工事故, 降低

收稿日期: 2006-09-20

作者简介: 甘行平(1964-), 男(汉族), 湖北公安人, 中国地质科学院勘探技术研究所所长、教授级高级工程师、博士生导师, 探矿工程专业, 博士, 河北省廊坊市金光道 77 号。

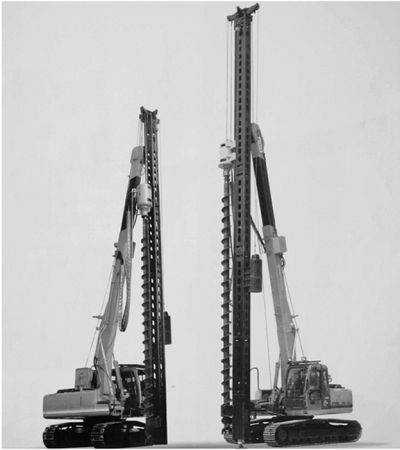


图1 多功能长螺旋钻机(可锤击预制桩)



图3 斜塔动力头式旋挖钻机



图2 双动力头套管长螺旋钻机



图4 配有液压回转接头和扩底钻头的立塔动力头旋挖钻机

了施工成本,提高了钻进效率。

### 3.2 旋挖钻机及其工艺

日本的旋挖钻机从结构型式上分为2种,一种是在履带吊车的基础上加有支架,支架滑道上加有行程1 m左右的动力头,用斜塔上的主卷扬起吊钻杆和钻头,日本国内大多使用这一种钻机,如图3所示;另一种为动力头立柱式旋挖钻机(见图4),利用动力头滑道立塔上主卷扬起吊钻杆和钻头,与我国生产的旋挖钻机结构型式大致相同,可与多种工艺和钻头配合使用(见图5)。日本的旋挖钻机与欧洲及中国生产的(实际上是仿欧洲)旋挖钻机在技术参数上有很大区别,见表1。

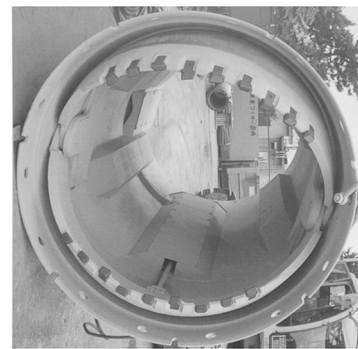


图5 与旋挖钻机配套使用的钻头

表1 中国与日本旋挖钻机技术参数表

国别	功率 /(kW/r·min <sup>-1</sup> )	底盘质量 /t	动力头扭矩 /(kN·m)	主卷扬提升力 /kN	塔高 /m	钻孔直径 /mm	动力头行程 /m
中国(立塔动力头式)	246/2100	70	200	180	21	2000	5
日本(立塔动力头式)	221/2000	90	100	280	24	2000	6.7
日本(斜塔动力头式)	221/2000	90	100	250	27	3000	1.6

表1中参数的不同反映了两国的国情和施工理念的不同:

(1)日本的旋挖钻机扭矩小,卷扬提升力大,反映出日本桩基施工所用钻具和工艺比较复杂,钻杆

质量在 5 ~ 10 t, 95% 的桩孔为扩底桩, 液控钻具和扩底钻头为钻机的主要钻具, 钻头本身具有扩底孔径检测和清渣功能, 且已标准化、规范化,  $\varnothing 1000$  mm 扩至  $\varnothing 2000$  mm 和  $\varnothing 2000$  mm 扩至  $\varnothing 4000$  mm 的扩底钻头其质量在 3 ~ 10 t 之间, 这个质量是大多数国内钻机主卷扬无法承受的, 从而限制了扩底钻具在我国的使用。

(2) 日本钻机多使用摩阻钻杆, 依靠孔底钻具的重力加压钻进为主, 且动力头扭矩较小, 从而避免了施工时孔斜和钻杆断裂事故的发生, 而此种事故在我国的桩孔施工中经常发生。

(3) 日本早已进入工业化时代, 且山多平原少, 建筑物密度大, 往往施工场所狭窄, 工地一般不再配吊车来配合下钢筋笼, 由斜塔动力头式旋挖钻机的主卷扬来完成(见图 3)。

(4) 日本旋挖钻机动力头下大多配有与扩底钻头有关的油管盘架, 使用扩底桩可节省混凝土 50%, 因此日本 95% 的桩孔为扩底桩。我国使用的

旋挖钻机没有配有此套装备。

### 3.3 全套管钻进

在复杂地层和易塌孔地层, 日本采用全套管全圆周回转钻进工艺(见图 6), 配合其它钻具(如冲锤、抓斗等)钻进卵砾石层和岩石层, 进行基础桩和防滑坡桩的施工, 近年来, 多在城市二次开发利用的地区处理原有的基桩。日本日立住友重机设备公司生产的 3 种全套管回转钻机性能参数见表 2。

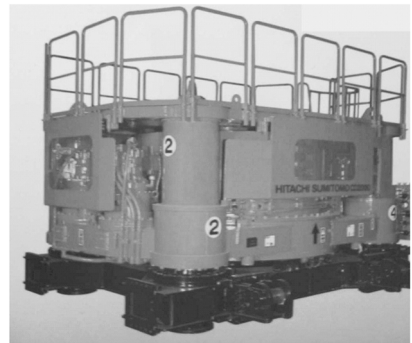


图 6 全套管全圆周回转钻机

表 2 日立住友重机设备公司全套管回转钻机性能参数

钻机型号	功率/(kW/r·min <sup>-1</sup> )	主机净质量/t	扭矩/(kN·m)	起拔力/kN	加压力/kN	钻孔直径/mm	回转器转数/(r·min <sup>-1</sup> )
CD-1500	183.9/2000	25.3	1430	2120	248	800~1500	1.8~3.6
CD-2000	183.9/2000	32.3	2250	2940	317	1000~2000	1.1~2.2
CD-3000	354/2000	59	4312	4675	578	2000~3000	0.7~1.4

全套管钻机的钻进工艺: 回转器带动套管回转, 底部套管带有切削刀具, 边钻进, 边用履带吊吊冲锤、抓斗下到套管内清除套管内的岩渣, 终孔后再用履带吊吊起钢筋笼放入孔中, 灌浆时将套管和灌浆管逐次拔出。

### 3.4 水平顶管钻进工艺

日本小口径水平顶管钻进一般口径在 1000 mm 以内, 由液压马达驱动钻杆, 钻机结构小巧紧凑(图 7)。日本城市建筑密集, 施工场地狭小, 使用顶管钻机时根据钻机的大小先施工 1.5 ~ 6.4 m 的圆形或长方形竖井, 钻机放入竖井后可在预定深度水平施工。根据所施工地层情况和将要铺设的管道性质(钢管、钢筋混凝土管、氯乙烯管等)选择不同的钻头(标准钻头、蓄水钻头、开放式钻头或泥岩卵石钻头)和钻进工艺; 钻机推进油缸将先导管压入, 先导管内钻头回转钻进钻取岩渣, 钻头后安装 4 个方向纠偏油缸和 1 个位置方向传感器, 可随时修正钻进的方向; 其后为螺旋输送机导出岩渣; 先导管联接将要铺设的管道, 由钻机推进油缸推进。钻机上安装施工管理系统和激光经纬仪, 可检测进尺、扭矩、压力、钻孔的位置误差等参数, 并可做出分析(见图

8)。日本顶管钻机已成系列化、标准化。



图 7 水平顶管钻机

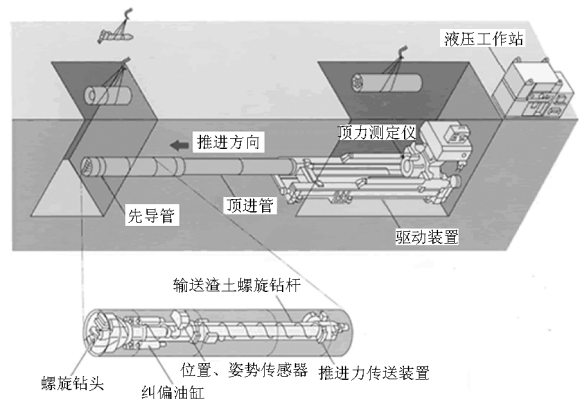


图 8 顶管钻进示意图

日本三和机材生产的几种钻机的参数见表3。

表3 日本三和机材生产的几种水平顶管钻机的参数

钻机型号	扭矩 /(kN·m)	起拔力 /kN	加压力 /kN	钻孔直径 /mm	质量 /t
SH-253	4.2	137	294	200~300	1.0
SH-456	7.4	235	588	200~450	1.1
SH-823	14.6	686	2254	350~800	6.0
SH-1030	17	1117	2940	700~1000	8.5

### 3.5 锚杆钻机

日本的锚杆钻机有履带底盘的,主机重达10 t以上,适合在交通方便的地区使用;有轻形框架式的(图9),气马达驱动动力头回转,主机仅重360 kg;有液压马达驱动的动力头回转钻机,并带有液压锤,钻进效率很高,主机重490 kg,钻具为内外2层钻杆,内外2层钻杆间没有接触,可相对运动,外层钻杆带动环状钻头回转钻进钻取岩石,内层钻杆带动硬质合金冲击钻头冲击回转破碎外层环状钻头钻进形成的岩心。此种工艺钻进效率高,孔内事故少,岩渣由空气和泥浆从内外钻杆的间隙中带出,适合在交通不便和施工场地狭窄的地方使用。

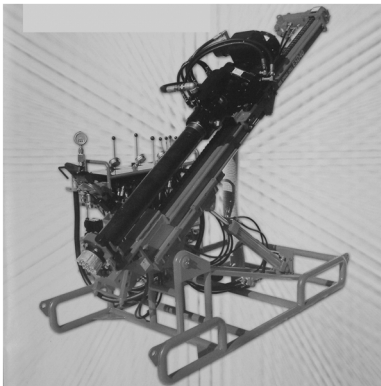


图9 框架式锚杆钻机

### 3.6 软地基处理钻机

日本的深层软地基处理钻机及钻进工艺与我国类似,我国多为单轴钻机,日本种类多于我国,多为2轴、3轴、4轴、5轴、6轴式钻机(图10),其动力多为2部30~90 kW的低速电动机,钻头直径300~1000 mm,根据直径和地层的不同,转速在15~50 r/min间,单轴扭矩在7~55 kN·m间,钻塔可达30多米高。多轴施工速度快,施工过程无振动、无噪声。用于堤坝和地铁的软地基加固和连续墙施工。钻机动力头和钻具已成系列化、标准化。

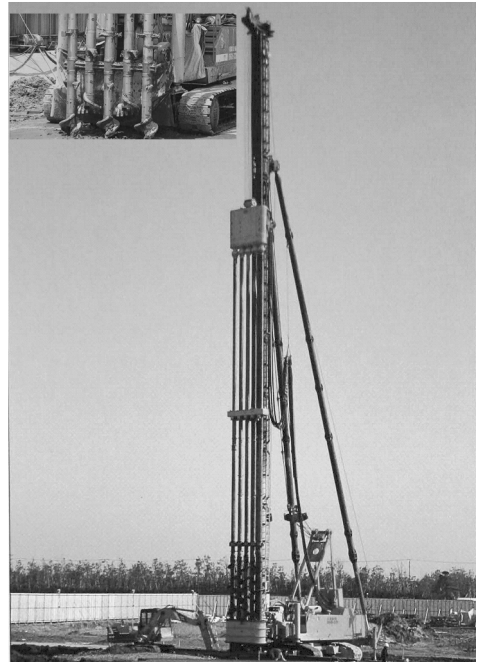


图10 多轴式软地基处理钻机

## 4 建议

通过考察,我们发现日本所有的钻机已经实现计算机施工管理,不仅可记录以往和正在施工的钻进参数,还可对施工过程提供参数分析指导,同时也为钻机、钻具、工艺的改进完整地保留了第一手的资料,值得我们学习。

日本桩工设备的自动化、智能化程度较高,电子设备、机械和液压件大部分为日本自产,设备价格高于欧洲同类产品,更高于我国,在日本的销售量不大,主要依靠海外市场,但在中国生产和销售很少。日本的地理环境与我国一些地区相似,其施工设备及工艺对我们非常有借鉴意义,双方相互存在着需求,建议建立与日本相关协会和厂家的密切联系,加强互访,找到双方可能合作的机会。

在日本,扩底钻进钻具和工艺、顶管钻进设备和工艺已非常成熟,也是我国下一步在这一领域的发展方向,有必要加强同日本的联系和了解,提高我国在这一领域的技术水平。

日本桩孔设计,钻具的生产、使用、配合,钻进工艺的选择已经标准化和规范化,虽成本较高,但很少发生施工事故,从而使施工过程和工期都在控制之中,使工程得到有序化的管理,降低了管理成本。建议加强我国桩孔的标准化和钻具、钻进工艺的标准化、规范化工作。