

大口径无循环钻进技术研究及发展

刘三意, 刘家荣, 柳玉珩, 李 洪, 王兴无

(国土资源部勘探技术研究所, 廊坊 065000)

[摘 要] 对大口径无循环施工技术的国内外现状进行了分析, 并对旋挖钻斗、捞砂钻斗、卵砾石地层取心钻头、地下连续墙和钻孔用抓斗、旋挖扩底钻斗等施工技术进行了研究, 并根据国内现有施工技术水平, 研究开发了一系列大口径无循环施工技术和设备。经广大用户生产使用证明, 这些施工技术和设备已经达到和超过了进口设备的技术水平, 取得了较好的经济效益和社会效益。

[关键词] 大口径 无循环 技术 研究

[中图分类号] P634.5 TU193 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)02-0022-04

随着国家经济建设的不断发展, 各种大型高层建筑逐年迅速增加, 对于施工设备及工艺的要求也越来越高, 目前许多普通大口径工程施工设备由于能力有限, 施工技术落后, 手段单一, 已无法满足现代大型基础工程的需要。大口径无循环钻进技术由于采用伸缩式钻杆, 同正循环和反循环施工工艺相比, 在土层、砂层等松软地层钻进具有钻进速度快、环境污染小等优点, 尤其适用于城市施工和一般房屋建筑基础施工, 是目前国内灌注桩施工的一个发展方向, 尽管该施工技术在海外使用较早, 技术发展比较成熟, 但在国内应用时间并不长, 对大口径无循环钻进技术的研究也才刚刚开始几年, 国内使用的大口径旋挖钻机及其钻具基本上均为进口钻机, 一次性投资较大, 若采用进口钻具, 施工成本更高, 许多单位不得不根据进口钻具的结构自行制造加工, 但由于设计和加工技术有限, 这些钻具的使用效果和寿命均比进口的原装钻具有一定的差别。

对此, 我们对大口径无循环施工技术进行了全面的研究, 尤其对旋挖钻斗、捞砂钻斗、卵砾石取心钻具和钻头、扩底钻斗和各种类型的抓斗的结构进行了仔细认真地研究, 在吸收国外先进技术, 保留其结构的某些合理部分外, 针对我国工程施工的具体情况, 对有关施工技术进行了大量的研究和修改, 经工程施工使用证明, 有些施工技术及其相关钻具的使用效果和寿命已超过进口钻具, 但有些钻具还存在一些问题。

1 研究意义

国内施工采用的循环方式大多为正循环和反循

环, 由于采用泥浆循环排渣, 不利于城市环境治理, 给城市环境、道路和施工现场造成较大的污染。因此, 建筑、地质、冶金、水利、电力、市政建设等部门已开始着手研究和采用一些施工技术先进的大型无循环工程施工设备。由于这些设备可以采用旋挖、螺旋、取心、扩底和冲抓等多种工艺方法, 一方面对于改善施工能力, 加快基础工程施工速度, 提高工程质量起到了较好的作用; 另一方面, 由于这些设备均使用无循环的方式, 可以减少环境污染, 同时, 采用无循环施工工艺, 其冲洗液可重复使用, 亦可降低造浆成本。

目前, 国内使用的大多数钻机基本上都从国外进口, 同这些设备配套的钻具在完成一定的工作量后相继磨损或损坏, 需不断更新。而购置一套全新的配套钻具, 少则需要几万美元, 多则需要购买几十万美元, 使国家宝贵的外汇流失, 同时施工成本也大大增加。

2 大口径无循环旋挖钻具的研究现状

由于无循环施工工艺在国内才刚刚采用, 对于该工艺方法还需作进一步深入的研究, 尤其是在无泥浆循环的情况下刀具对于不同地层(如各种土层、砂层、卵砾石层和基岩)的切削机理, 钻进工艺方法与地层的适应性, 钻进工艺的合理性, 切削具的形式及耐磨材料的研究和选择, 大口径取心技术, 孔壁的稳定等方面还需作进一步的研究。鉴于以上情况, 为打破国外企业独占市场的局面, 提高国内产品在市面上的占有量。因此我们开发研制了适合中国国情的, 能与国产和进口设备配套使用的旋挖钻斗、捞

[收稿日期] 1999-12-08; [修定日期] 2000-01-12; [责任编辑] 王 梅。

砂钻斗、卵砾石地层钻进用取心钻具和钻头、机械式抓斗、土层扩底钻斗共5种无循环工程施工钻具,以满足国内工程施工的需要。下面将有关情况做一简单介绍。

2.1 BS系列旋挖钻斗

该系列大口径旋挖钻斗为底开式钻斗,主要有底盘、钻斗体、开闭控制装置组成,在底盘上有进渣口、锁紧钩和两排切削齿,钻斗体为圆锥体,采用高强耐磨材料,刚度大、强度高、耐磨性好;底盘铰接于钻斗体上,钻斗体上的顶杆和底盘上的锁紧钩共同组成开闭控制装置,当顶杆撞击钻机底架时,底盘自动打开,当钻斗落地时,底盘自动闭合锁紧。该系列旋挖钻斗可与国内外各种类型的大口径旋挖钻机配套使用,对钻机无特殊要求。

BS系列旋挖钻斗的主要特点有:(1)钻斗体为高强优质耐磨材料;(2)切削齿采用具有高强耐磨的特种合金精铸而成,斗齿磨损后可随时更换;(3)斗齿形状和数量可根据地层特点和用户要求改变;(4)开闭机构采用最新研制的特殊机构,开闭可靠,灵活方便。

该系列旋挖钻斗主要适用于各种土层、砂层、卵砾石层和强风化岩层。其主要规格有 $\Phi 500$ 、 $\Phi 600$ 、 $\Phi 700$ 、 $\Phi 800$ 、 $\Phi 900$ 、 $\Phi 1000$ 、 $\Phi 1200$ 、 $\Phi 1500$ 、 $\Phi 1800$ 、 $\Phi 2000$ 。1998年10月,中国建材地勘中心在北京大北窑地铁工程中使用意大利生产的R-622旋挖钻机,采用BS800和BS1000钻斗各一个,共完成钻孔桩771根,总进尺12278m,平均时效3.5m/h,在粉质粘土层最高机械效率30m/h,使用效果良好,成桩优秀率达90%以上。经使用证明,该系列钻斗成孔速度快,使用寿命长,孔壁稳定,清孔干净,适应性强,可在淤泥、淤泥质亚粘土、砂土、砂砾层和强风化基岩中钻进。

2.2 捞砂钻斗

捞砂钻斗的基本结构同BS系列旋挖钻斗的结构基本相同,其主要差别在于底盘的结构。捞砂钻斗的底盘上只有一排切削齿,该切削齿安装在一个可沿轴向旋转的活门上,其密封性较好,可有效地在各种砂层中钻进,并将孔底的沉渣清理干净。这种结构的捞砂钻斗在北京地铁工程中也进行了成功的使用,并深受用户好评。

2.3 GC系列卵砾石地层钻进用取心钻头

在大口径工程施工中,卵砾石地层的钻进一直是广大施工单位难以钻进的地层,GC系列卵砾石地层钻进用取心钻头主要应用于卵砾石、孤石、探头石

地层取心钻进,该系列卵砾石取心钻头主要由反作用力装置、伸缩装置、传动装置、捧取装置、锁放装置等部分组成,它适用于各种类型的回转钻机。该取心钻头采取环状钻进的方式,在穿过卵砾石地层时,各种粒径的卵砾石能顺利进入内管,内管装满后使钻机反转,提升时钻头上的捧取装置自动伸出,可使钻头安全可靠地提出钻孔,通过反作用力装置和伸缩装置,能在地面使卵砾石顺利排出。在卵砾石地层钻进时钻进速度比全面钻进可提高5~10倍。与冲击钻进方式相比,工艺简单,经济实用,设备投资少。

主要技术性能特点有:

- 1) 环状钻进,克取面积小,钻进速度快;
- 2) 可同各种回转钻机配套使用,适应性强;
- 3) 长筒状结构,钻孔导正性和护壁性能好;
- 4) 可用于钻进各种粒径的卵砾石层、孤石层和探头石;
- 5) 可用于工程勘察施工,样品可保持原状,无扰动;
- 6) 采用机械手,使用安全可靠;
- 7) 操作简单,维修方便,使用寿命长。

该系列卵砾石取心钻头的主要技术规格有 $\Phi 30$ 、 $\Phi 50$ 、 $\Phi 75$ 、 $\Phi 100$ 、 $\Phi 150$ 、 $\Phi 200$ 、 $\Phi 250$ 、 $\Phi 300$ 、 $\Phi 350$ 、 $\Phi 400$ 、 $\Phi 450$ 、 $\Phi 500$ 。其中,GC800钻头经生产使用证明,在卵砾石含量达80%以上,砾径10mm~300mm的卵砾石地层钻进,钻进时效超过1.0m/h,是普通回转钻进的3~10倍,经济效益极为明显。

2.4 ZD系列机械式抓斗

ZD系列机械式抓斗主要用于在各种土层、砂层和卵砾石地层以冲抓的方式施工地下连续墙和钻孔桩,该系列机械式抓斗结构简单,主要有脱挂机构、开闭控制机构、导向机构、滑轮增力机构、连杆滑块机构、抓斗体、斗瓣等部分组成,可同各种提升能力在3t以上的吊车或卷扬机配套使用,占地面积小,可在狭窄的空间内施工。该系列机械式抓斗分为ZDW系列地下连续墙抓斗和ZDH系列钻孔抓斗,采用单绳或双绳控制抓斗升降和抓斗开闭,抓斗体及其斗瓣可根据地下连续墙的厚度或钻孔直径进行更换。ZD系列机械式抓斗全部采用计算机设计制图,机械运动准确可靠,斗体结构坚固耐用,操作简单,易于维修,适用于在土层和松散卵砾石层中施工。

主要技术性能特点:

- (1) 单(双)绳操纵抓斗升降和开闭,操作简便;
- (2) 全自动脱挂器,动作灵活可靠,属国内新发

- 明;
- (3) 斗瓣可更换,实现一斗体可完成不同厚度的地下连续墙挖槽或不同口径的桩孔成孔工作;
- (4) 滑轮组增力机构,使抓斗产生巨大的闭合力(抓斗自重的 3 倍以上);
- (5) 吸收国外同类产品结构特点,外形美观,坚固耐用;
- (6) 地下连续墙抓斗挖槽效率高,质量好,施工成本远低于进口设备;
- (7) 特别能适应卵砾石地层作业;
- (8) 整套施工设备占地面积小,可在狭窄的空间里作业;
- (9) 价格低廉(3 元/台 ~ 8 元/台),更适合于中小型施工企业;
- (10) 配备卷扬机能力要求低(30 kN/单绳 ~ 50 kN/单绳);
- ZDW 系列地下连续墙抓斗和 ZDH 系列桩孔抓斗主要技术参数见表 1 和表 2。

表 1 ZDW 系列地下连续墙抓斗主要技术参数表

型 号	ZDW1400					ZDW2000				
抓爪宽度 B(mm)	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
爪张开长(mm)	1400	1400	1400	1400	1400	2000	2000	2000	2000	
导向长度(mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1800	1800	1800	1800	
抓斗全重(kg)	1800	1950	2100	2300	2550	2880	3060	3180	3340	
闭斗高度(mm)	3200	3200	3200	3200	3200	4200	4200	4200	4200	

表 2 ZDH 系列桩孔抓斗主要技术参数表

型 号	ZDH6	ZDH7	ZDH8	ZDH10	ZDH12	ZDH15	ZDH18	ZDH20
基桩直径(mm)	600	700	800	1000	1200	1500	1800	2000
抓斗直径(mm)	550	650	750	950	1120	1420	1700	1900
抓斗全重(kg)	1500	1800	2000	2200	2500	2800	3200	3600
闭斗高度(mm)	3200	3200	3200	3200	3800	3800	4200	4200

2.5 MRB 系列土层扩底钻斗

随着扩底技术的不断发展,扩底桩的应用已经愈来愈普遍,为了满足市场需要,我们开发研制了 MRB 系列机械式扩底钻斗,该系列扩底钻斗采用对称双翼结构,侧向取土,适用于干式和水下两种工法施工。它主要由中心钻杆、钻斗体、扩孔翼板、斗底活门、切削齿、连杆和绞轴等几部分组成。当主动钻杆向下加压时,扩底钻斗沿径向打开,并随钻机回转时切削孔壁进行扩孔;当主动钻杆提升时,依靠扩底钻斗自重,扩底翼沿径向收回,并将同时孔底的土屑刮向钻斗内部。当钻斗提出钻孔后,再将钻斗底部活门打开,清除斗内的土屑。扩底直径可根据中心钻杆的行程进行控制,由于钻斗体的容积有限,每施工一根扩底桩,扩底钻斗需进行 2 ~ 4 个回次,每个回次的扩底量以钻斗体的容积为限,若一次扩底量太大,切削的土屑量超过钻斗体的容积,将不利于扩底钻斗的关闭。

主要性能特点:

- 1) 扩底直径大,一个钻斗可适用于不同的桩型;如 MRB800/1600 扩底钻斗,既可用于 $\Phi 800$ 扩至 $\Phi 1200$ 、 $\Phi 1400$ 、 $\Phi 1600$ 的桩型,也可用于 $\Phi 900$ 、 $\Phi 1000$ 、 $\Phi 200$ 扩至 $\Phi 1600$ 的桩型;
- 2) 强度大,能承受较大的扭矩;
- 3) 通过行程检测扩底直径,扩底准确可靠;
- 4) 连杆采用万向轴结构,动作灵活;
- 5) 钻斗齿和钻斗体采用特种耐磨材料,强度高,

- 耐磨性好,斗齿磨损后可随时更换;
- 6) 扩底钻斗备有通用单动底盘,底部摩擦扭矩小;
- 7) 可同各型进口旋挖钻机配套使用,对钻机无特殊要求;
- 8) 使用方便,操作简单,维修方便。
- MRB 系列扩底钻斗主要适用于各种土层、砂层等松软地层和强风化岩层。其主要技术规格见表 3。

表 3 MRB 系列扩底钻斗主要技术规格表

规 格	钻孔直径(mm)	最大扩底直径(mm)	扩底角(°)
MRB800	800 ~ 1000	1600	30
MEB1000	1000 ~ 1200	2000	30
MRB1200	1200 ~ 1500	2400	30
MRB1500	1500 ~ 1800	3000	30
MRB1800	1800 ~ 2000	3600	30

3 存在问题及进一步改进方向

通过对旋挖钻斗、捞砂钻斗、卵砾石取心钻具及钻头、旋挖扩底钻斗等大口径无循环钻进技术的研究、试制和工程使用证明,这些无循环钻进技术在工程施工中已经充分显示了钻进成本低、钻进速度快、钻头及钻具使用寿命长、环境污染小等特点,有些钻具的寿命已大大超过进口同类产品的寿命,其价格性能比高于进口同类产品,尤其适用于城市和一些对环境要求较高的工程中使用。

3.1 存在的问题

大口径无循环施工技术由于处于研制初期,在

试制和使用过程中还存在一些问题,需要作进一步的改进和提高。这些问题主要表现在旋挖钻斗侧面切削刃的出刃大小和开口大小;中心钻头的超前量的控制;由于不同的土层和砂层在施工后表现的性状不一样,旋挖钻斗必须适应不同地层,其切削刃的出刃大小不易控制,出刃太大容易造成超径,增加混凝土的使用量,出刃太小又容易造成缩径,既不利于旋挖钻斗频繁升降施工,影响施工速度,又影响工程施工质量。目前采用的办法就是在施工中不断进行调整。

切削刃的耐磨性还应进一步提高。目前使用的切削刃采用高强耐磨合金钢精铸而成,使用寿命较长,但还需进一步提高其耐磨性和硬度。另外,卵砾石取心钻具动作的灵活性和可靠性,取心钻头的可换性,抓斗的导向性,扩底钻斗的刚度,斗体的耐磨性等等诸多问题都还需进一步的提高和改进,我们将在今后的工作中不断改进和完善,使大口径无循环技术在我国不断走向成熟。

3.2 二十一世纪工程施工技术的发展方向

大口径工程施工技术在我国的发展经历了冲击钻进、钢粒取心钻进、正循环回转钻进、反循环回转钻进、冲击反循环钻进和无循环钻进等数个时期,在这些施工技术和方法中,尽管有些施工效率很低,但

由于一次性投入较少,工艺技术简单,在工程施工中大多数仍在继续使用。而一些施工效率高、工艺技术先进的钻进方法由于投资大,工程市场竞争激烈,施工单位技术管理落后而难以广泛应用。

进入二十一世纪,根据我国现有情况,工程施工技术领域将会发生一些较大的变比。第一,工程施工市场的管理将会进一步规范,工程层层转包的现象将会减少,施工单位采用新技术的经济实力将会加强;第二,新的工艺技术将会更加完善,生产效率继续提高,生产成本进一步降低;第三,由于工程市场管理的规范化和竞争的激烈化,一部分基础施工企业由于劳动生产率低而倒闭,施工企业向生产效率高的技术型企业转变。

大口径无循环钻进技术由于钻进技术先进,生产效率高,工艺方法齐全,具有回转、取心、冲抓、螺旋、扩底等多种工艺技术和方法,可以在各种土层、砂层、强风化岩层和部分卵砾石地层中钻进各种直径的桩孔,应用范围广,适应性强,技术含量高,成孔效率高,综合成本低,具有极其良好的发展前景。由于施工单位技术管理能力的提高和经济实力的增长,技术含量和生产效率高的施工技术在二十一世纪必将进一步得到发展。

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF LARGE DIAMETER NON- CIRCULATING DRILLING TECHNOLOGY

LIU San - yi , LIU Jia - rong , LIU Yu - heng , LI Hong , WANG Xing - wu

Abstract : This paper analyzes present situation of large diameter non - circulating drilling technology at home and abroad , introduces study on rotating cutters , bailing cutters , core bits used in gravel , hammer grab used in diaphragm walls and drilling holes , rotating underreaming cutters and etc . . On the other hand , a series of large diameter non - circulating drilling technology and equipment is developed in accordance with current technical level in China .

Key words : large diameter , non - circulation , technique , research



第一作者简介:

刘三意(1965年-),男,高级工程师。1985年毕业于中国地质大学(武汉)探矿工程专业,1988年获长春地质学院工学硕士学位。现任地矿部勘探技术研究所大口径钻头与钻具研制中心主任,主要从事基础工程施工设备及工艺器具的研究和开发。

通讯地址:河北省廊坊市 国土资源部勘探技术研究所 邮政编码:065000