

旋挖钻机选型及其在成孔施工中存在问题的探讨

王平¹, 赵永生², 赵政²

(1. 山西省地勘局, 山西太原 030001; 2. 山西省地矿建设工程总公司, 山西太原 030001)

摘要:通过总结多年来的施工经验, 针对目前国内旋挖钻机的类型和使用状况, 提出了一些存在的问题, 进行了分析探讨, 并对设备选型提出了建议。

关键词:旋挖钻进; 旋挖钻机; 钻杆折断; 动力头; 卷扬机; 旋挖钻斗

中图分类号: P634.3*1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-3746(2001)04-0018-03

近年来, 旋挖钻进成孔工艺技术被广泛地应用于桩基工程施工中, 国内已有 100 多台各种不同型号(见表 1)的旋挖钻机施工于各建筑桩基领域, 其中以引进国外产品居多。这种新型的成孔工艺具有钻效快、成孔质量好、污染较小等优点, 有着常规钻进成孔工艺技术所不能替代的优势, 受到业主及设计部门的欢迎, 使得拥有旋挖钻机的施工企业在工程投标中中标的机会大大增加, 社会知名度也随之增加。因此, 国内一些施工企业正在准备购买旋挖设备及钻具, 一些企业也正刚刚开始使用这种工艺技术。但是旋挖钻进成孔

工艺技术及设备机具在施工中也存在着不少的问题, 如机具损坏、孔内事故隐患多, 成本高等等, 而且一旦发生事故, 如果处理不及时或方法不当, 往往会造成很大的经济损失。

因此, 为了更好地发挥旋挖钻进成孔工艺及设备优势, 根据国内一些施工企业的使用情况以及我局近年来采用旋挖钻进成孔工艺出现的一些问题, 进行分析探讨, 供准备采用旋挖钻进成孔工艺技术和购买旋挖设备的施工企业进行选型时参考, 文中所列举出的事故实例及处理方法希望能引起同行的重视。

表 1 常用旋挖钻机类型及技术参数

钻机型号	AF180	AF220	BG18	BG15	KHU2001	R412HD	R518	R618HD
生产厂家	意马 IMT	意马 IMT	宝峨天津	宝峨金泰	徐工	士力 MEC	士力 MEC	士力 MEC
报价/万元(人民币)	560	580	520	470	390	450	520	800
供货内容	主机, 9 只 钻头	主机, 9 只 钻头	主机, 3 只 钻头	主机	主机	主机, 6 只 钻头	主机, 6 只 钻头	主机, 6 只 钻头
最大扭矩/(kN·m)	205	250	176	147	180	122	172	182
最大旋挖速度/(r·min ⁻¹)	7~26	7~27	36	45	6~22	29	26	25
反转甩土速度/(r·min ⁻¹)	115	115			110	180	154	160
加压系统推进力/kN	180	250	200	200	160	120	195	200
加压系统提升力/kN	200	390	250	250	180	120	150	150
桅杆最大斜角/(°)	8	8	8	15	8	8	8	8
桅杆最大前倾角/(°)	5	5		6	5	5	5	5
桅杆后倾角/(°)	15	15		15	15	15	15	15
发动机型号	CAT3306TA	CAT3306TA	康明斯	6CT8.3-C	WD615.68	CAT3.25B	CAT3306TA	CAT3306TA
配置马力/HP	250	305	200	200	277	230	224	224
旋转速度/(r·min ⁻¹)	1800	1800	1900	1900		2500	2200	2200
主卷扬提升力/kN	180	220	160	130	160	150	184	184
主卷扬绳直径/mm	26	26		22	32	22	26	26
副卷扬提升力/kN	100	100	80	75	80	65	80	80
副卷扬绳直径/mm	18	18		20		19		
最大钻进深度/m	60	70	60	50	48	55	66	66
最大桩径/mm	2000	2000	1800	1800	2000	1500	1800	1800
钻杆类型(节/长)	内锁互扣 5/60	内锁互扣 5/70	摩擦式 5/60 铠式 4/48	摩擦式 5/60 铠式 4/50	可拆式 4/50	摩擦式 5/66 机械锁 4/48	摩擦式 5/66 机械锁 4/48	摩擦式 5/66 机械锁 4/48
设备宽度/mm(工作/运输)	4300/3000	4300/3000	4300/3000	4400/3000		3900/2800		
牵引力/kN	430	500	349	340	爬坡 40°	350		
总质量(含钻杆)/t	62	66	70	53.5	65	46	63	65

收稿日期: 2001-04-02

作者简介: 王平(1961-), 男(汉族), 山西太原人, 山西省地勘局工勘处副处长, 教授级高级工程师, 探矿工程专业, 从事岩心钻探、水文水井钻探及岩土工程、基础工程的技术和管理工作, 山西省太原市并州路 63 号, (0351)7011653。

1 旋挖钻进成孔工艺及设备机具使用的局限性

影响旋挖钻进成孔工艺和设备的使用的因素较多,往往导致这种工艺技术和设备不能发挥其优势,甚至会发生事故。

1.1 钻进地层的局限性

由于采用摩擦式伸缩钻杆,不能在钻进中加压,因此仅能完成土层、砂层和胶结较为松散的、直径 $< 8\text{ cm}$ 卵石石层的钻进成孔。如果采用铰式和机械锁加压钻杆,配以常规挖土钻钻头,尽管钻机有较大的动力头扭矩和加压给进力,也不能钻进胶结致密的卵石石层和抗压强度 $> 30\text{ MPa}$ 的岩层,如果强行钻进,不仅会大量消耗钻头斗齿,而且易发生孔内和机械事故。如果用铰式钻杆配以钻进硬岩的嵌岩牙轮钻头,据资料介绍,目前国内仅有在地表钻进硬岩(抗压强度 $> 60\text{ MPa}$)的试验数据。在实际施工中也有用宝峨的BG22型旋挖钻机钻进砾径约为 2 m 的孤石的记录(埋深 $< 10\text{ m}$,孔径 1000 mm)。当钻进抗压强度 $> 60\text{ MPa}$ 的硬岩,而且孔深在 40 m 以下,孔径 $800\sim 1800\text{ mm}$ 时,主要难题一是钻具强度问题,极易变形扭弯损坏;二是钻进效率较低;三是钻进完后的岩心楔断困难,还需用冲抓锥冲碎岩心。因此,完整硬岩层的钻进成孔问题,尤其是在孔较深、直径较大时,是旋挖钻进工艺钻进成孔和设备机具的制约因素之一,这个问题还没有彻底解决好。

1.2 施工场地和工程量的局限性

旋挖钻机一般质量都在 50 t 以上,有些还达 60 t 以上,因此在地表松散、泥泞、没有夯实的施工现场很难正常工作。场地也不能太狭窄,道路需通畅。而且,工程桩数量不可太少,分布要相对集中,否则钻机移动频繁,泥浆材料消耗加大,钻进成本大大增加,不适合旋挖钻机作业。

1.3 成本的局限性

从表1可以看出,旋挖钻机的价格是昂贵的,一般 $400\sim 600$ 万元。发动机、卷扬系统、液压系统主泵、辅泵、动力头、钻杆、减震装置等部分一般都需要进口,价格也昂贵,损坏后更换时间也长。据厂商介绍,钻机在全负荷运转的情况下,正常工作寿命为 6300 h (262天),超过这一寿命后,主机各部分开始逐渐磨损,功能衰退,需更换修理,尤其是卷扬系统(M6-L3-T5标准)、主泵、动力头以及钻杆等。这样,使得钻进成本费用大大增加,如果桩基工程单价太低,则不适合旋挖钻机施工,一般钻进每米的利润达到 $50\%\sim 70\%$,方有施工的价值。同时,每年单机钻进工作量应达到 20000 延米,工程造价在 500 万元以上,才能发挥这种工艺设备的优势。如果没有较为饱和的桩基工程量和较高的工程价格,是不适宜购置旋挖钻机的。

2 旋挖设备机具使用中出现的問題

2.1 主卷扬钢绳拉断问题

旋挖钻机主卷扬一般为 $\varnothing 22\sim 26\text{ mm}$ 的6股21丝钢绳,工作寿命在钻进 $100\sim 1000$ 延米范围内。进口钢绳价格太高,用原随机配给钢绳后,大都改用国产品牌系列。钻进过程中,如果提下钻具不注意卷扬机卷绳和出绳的状况,过猛或过松,再加上钻机钻杆落地到位限绳系统灵敏度的差异,提升钻具时在没有完全释放完地层对钻头的包裹力或先

用液压系统起拔钻具就开始用卷扬机提升钻具,卷筒卷绳时互相压咬等等,往往造成钢绳被拉毛、拉断,造成钻具脱落。据经验,完成 $200\sim 300$ 延米的钻进工程量就需更换一套钢绳。此外,在订购钻机时,还要求供货商提供的钻机卷扬机系统,在设计上应考虑欧洲标准和国内钢绳互换使用时的兼容性,从而提高主卷扬和钢绳的使用寿命。

2.2 动力头内套磨损、漏油

一些新购的旋挖钻机,工作时间不长,常常会出现动力头内缸套内键被磨损,同时轴承开始漏油,更换油封后不久又开始漏油,影响了正常运转。其主要原因除了钻机本身设计欠缺外,还与实际操作技术有着很大的关系,不能超钻机设计能力钻进,不可超旋挖钻进规程钻进,否则更易造成动力头的加速损坏,寿命降低。

2.3 钻具弯曲、折断及卡埋钻事故

这是旋挖钻进施工中常易发生和危害较大的事故,除了地层自然条件不好,孔壁塌陷卡埋钻具的原因外,本文着重讨论旋挖钻进成孔工艺和设备机具本身的原因。

2.3.1 旋挖钻斗的结构原因

目前旋挖钻斗均为直筒状或略有锥度,钻斗周围侧阻力大,高度 $1\sim 1.7\text{ m}$,直径愈大,高度也愈大,但高径比一般都为 1.2 左右。在钻进中钻斗边齿、侧齿磨损到一定程度,钻进中稍不注意,一次进尺过深,造成钻筒外壁与孔壁之间间隙突然消失,而且钻机动力头扭矩又大,若用铰式钻杆时钻头加压也大,此时,就会造成卡钻,钻具无法正反转,不能提出孔外,或者被扭折断,发生严重的孔内事故。

如果钻斗的侧齿、边齿焊接成螺旋状或斜角不合适,在钻进较硬岩层尤其是软硬层时易发生卡钻事故。

因此,目前通常使用的旋挖钻斗外结构应改进,主要以直筒式为好,侧切削刃齿(翼片)要长,占钻斗筒长的 $2/3$ 为宜,高度不宜小于桩孔直径的 8% ,钻进时视磨损情况及时补焊,保证钻筒与孔壁的间隙。

2.3.2 动力头扭矩与钻杆强度匹配的问题

目前的旋挖钻机在控制扭矩系统方面仅有限位超载报警装置,没有与钻杆受扭曲载荷的同步传感器和钻杆受力状态参数的显示器。供货商也没能提供钻杆抗弯、抗扭、抗剪强度试验参数及曲线图。在钻进过程中,当钻进较硬岩层、易缩径地层时,地层对钻斗的吸附包裹力和阻力加大,钻具扭矩也增大,有时动力头的扭矩会大于钻杆的抗扭抗剪破断强度,造成钻杆的弯曲、扭转变形、外键(或内键)撕裂、被扭断等,尤其在使用摩擦式钻杆(一般都为单键,材质为欧洲标准ST520)更容易发生,危害很大。这是目前旋挖钻机普遍存在的问题,需设计厂商尽快研究解决。在购置旋挖钻机时,应向供货商提出上述改进要求。

若发生钻杆弯曲变形,提升时钻杆会发出异常响声,或者能感觉到提升困难,要及时检查。如果钻杆变形弯曲,可以在有大吨位压力机(或千斤顶)的专业厂家校正,校直时为避免压扁钻杆,应加工铁心支垫,同时在标准工作台上加压校直。为了防止校正过程中弯曲部位的反弹,可以用 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的焊枪喷烤,不影响其材质。

钻杆的外键、内键材质一般为 25CrMo_4 ,方头材质 25CrMo_4 。当键被磨损或断裂后,可以用手砂轮打磨平键

部分,把加工好的同材质键补焊上。

2.4 旋挖钻机设计施工能力与实际施工能力的差异

从我公司几台旋挖钻机使用情况看,说明书中钻机的设计施工能力如孔深、孔径与实际施工能力是有差异的,往往达不到设计指标,这与钻机液压系统的工作压力有着密切的关系,如果达不到额定的系统压力,则无法实现指标,强行施工会造成机器的损坏和难以维持高效钻进。据经验及供货商介绍,每台钻机至少都有1.25的安全下降系数,即设计能完成 $\varnothing 1800$ 或 1500 mm 桩径,实际施工中若达到设计孔深能力,仅能实现 $\varnothing 1500$ 或 1200 mm 的桩径成孔钻进,否则会造成机械或孔内事故。这一点,购机时应充分考虑到,并向供货商咨询所购机型的安全下降系数。

3 旋挖钻进成孔中卡钻及钻具折断事故处理实例

3.1 太原市长风大桥工程

用旋挖钻机钻进 $\varnothing 1200$ mm 的桩孔,当孔深至 43.2 m 的胶结较为致密的砾砂层时,因钻头侧出刃磨损,钻进速度又快,突然卡钻,造成第3节钻杆(所用钻杆为 $S/66$ 摩阻钻杆)被强行扭断,并将主卷扬钢绳剪断, $\varnothing 1200$ mm 筒状钻斗及第4、5节和第3节半截钻杆残留在孔底,事故钻杆头在 28 m 处。处理方法及应急措施:

(1)先换上钢绳和备用 $4/48$ 机械锁式钻杆,在钻杆下部焊接绳套圈($\varnothing 16$ mm 钢绳),下入双绳套将事故钻具套住,位置在孔深 35 m 处。用 15 t(150 kN)吊车及钻机副卷扬同时强力起拔,拔不动,而且将绳套钢绳拔断,有部分断头落入孔底。

(2)加工筒状钻具,总长 16.5 m,上部为 $\varnothing 700$ mm $\times 16$ mm $\times 15$ m 的筒,下接喇叭焊接 $\varnothing 1300$ mm $\times 16$ mm $\times 1.3$ m 筒状钻具,并开有水口,镶有 16 个钎头硬质合金。因加工筒状钻具约需 7 天时间,在此时间内用钻机带 $\varnothing 1300$ mm 钻斗扩孔至 26 m 孔深处。同时,配制优质泥浆(膨润土+钠基纤维素+碱)用导管下入孔底至钻斗上部,不断转动冲孔护壁,保证孔底的干净和孔壁的稳定。

(3)筒状钻具加工好后,调用功率较大的GPS-15S型正反循环钻机(扭矩 43 kN \cdot m)用筒状钻具扩孔。当扩孔至事故钻杆头处时,钻机阻力加大,有时憋车,估计是摩阻钻杆提引器露出且横倒,因此强行扩孔, 3 h后通过事故钻杆。当钻至事故钻斗上部时(42 m 处),钻机钻进阻力增大,开动反循环系统,强行钻进 10 h,抽出的泥浆中有大量的金属切屑碎片和钢绳细丝断头。估计是扩孔不正,筒状钻具骑在原旋挖钻斗上。又强行钻扩 8 h,进尺 20 cm,再难进尺, $\varnothing 168$ mm 钻杆在孔深 9 m 处法兰螺丝被齐头剪断。下绳套将筒状钻具捞出。

(4)由于调用GPS-15S型钻机费用太高,而且钻进也困难(有残留钢绳、劈裂旋挖钻斗),因此又用旋挖钻机配以扩孔筒状钻具继续扩孔,正转 2 圈反转 2 圈, 6 h后扩至 43 m 处(离原孔底仅 0.2 m)时,因加压太大,钻进时操作手疏忽,正转后没反转,导致卡钻,将筒状钻具从顶部接头短钻杆处扭断,使事故复杂化。

(5)如不及时处理,将发生埋钻,后患无穷。下入 2 套钢

绳(4根 $\varnothing 26$ mm 的6股21丝钢绳,破断强度 430 kN/股),用 16 t(160 kN)吊车和旋挖钻机副卷扬起拔,没有成功。

(6)调用 160 t(1600 kN)吊车,在4根绳头上加平衡装置,强力起拔,当吊车起拔力达 800 kN时,筒状钻具被拔出。

(7)再下4根2组绳套套住旋挖事故钻具(35 m 处, 38 m 处),当强力起拔至 800 kN时,绳套被挤出油并发现有毛刺,此时如果继续强力起拔,就有可能拔断绳套钢绳。分析研究后将起拔力降至 600 kN,静置 4 h,同时观察绳套钢绳长度的变化,然后逐渐加力起拔,每加 50 kN 观察 10 min,钢绳以 2 mm/min 的升速变化,当起拔力加至 800 kN时,用吊车大臂左右轻微摆动, 5 min后钻具突然缓慢地被拔出,提出钻具,处理成功。历时 31 天。

3.2 北京某工地

用旋挖钻机施工 $\varnothing 1000$ mm 桩孔,当孔深至 18 m 时,由于正是软硬变层段(胶结砂卵石层),筒状旋挖钻斗侧齿焊接翼片太斜,成螺旋状,钻进时操作手大意,遇阻强行钻进,进尺又太多,造成卡钻,钻具不能转动,强力起拔无效。起始曾考虑用人工开挖法释放钻斗周边卡力,但因难度太大而放弃。经计算,钻斗周边卡力约有 1200 kN,因此采取了直接起吊法。在钻杆上卡套好4套钢绳,每套绳2根 $\varnothing 28$ mm 的钢绳。用4台 45 t(450 kN)吊车分别吊紧,当每台吊车的起拔力都达到 200 kN时,绷紧钻具稳定 2 h,然后每台吊车分别以 50 kN 的级别加力,当每台吊车的起拔力达到 350 kN时,钻具仍纹丝不动,此时用大锤对钻具猛敲,当敲至第3锤时,钻具突然被拔起,处理成功。历时 4 天。

4 对旋挖钻进成孔设备机具的选型分析及建议

很多施工企业都有购置旋挖钻机的计划。笔者认为目前国内旋挖钻机已基本饱和,若需购买,应着重考虑2点:

(1)价格适中,且售后服务质量好。

(2)能钻进强度 > 60 MPa 的硬岩层,钻孔直径 $1500 \sim 1800$ mm,孔深能达 60 m。这样的钻机在当今桩基市场中才能有更强的竞争力和优势。

纵观各家经销商和各类旋挖钻机在国内的使用情况,笔者认为宝峨天津公司的BG18型钻机和意马公司的AF-180型钻机较为理想,这2种机型的主要优点是动力头增加了双簧减震装置,提高了寿命;卷扬机为欧洲M6-L3-T5标准制造,安全性可靠;尤其是钻杆改制成铠式6键3组(每隔 3 m 一组),加压效果好,钻杆方头与钻头采用十字双销链接,可以配备嵌岩钻头钻进硬岩,孔径可达 1800 mm(减去安全系数后),孔深可达 59 m($4/50$ 铠式钻杆外加 9 m 长长杆)。

在购买旋挖钻机前,除对本文中提出的有关问题需向供货商提出外,还可考虑旋挖钻斗不随主机购买,而在国内加工制作,这样整机价格可以降低一部分。同时,要问清楚机器各主要部分的寿命和标准。

总之,旋挖钻进成孔工艺及设备机具的投入一定要慎重,不可盲目上马,目前还有很多问题亟待解决。以上观点,属一家之言,仅供参考。