

CG 型全套管搓管成孔设备的研究和应用

宋志彬^{1,2}, 冯起赠², 和国磊², 王年友², 张金昌²

(1. 中国地质大学<北京>, 北京 100083; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要: 简述了搓管机的国内外发展状况; 介绍了 CG 型全套管设备的组成和参数、工作原理和技术特点; 详细分析阐述了搓管机在国内外的应用情况 and 应用效果。

关键词: 全套管设备; 搓管机; 全套管冲抓成孔; 全套管旋挖成孔; 咬合桩; 拔桩

中图分类号: P634.5

文献标识码: A

文章编号: 1672-7428(2009)S1-0068-06

Research and Application of CG All Casing Foundation Drilling Equipment

SONG Zhi-bin^{1,2}, FENG Qi-zeng², HE Guo-lei², WANG Nian-you², ZHANG Jin-chang²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: The worldwide progress of Casing oscillator is briefly described. CG All casing foundation drilling equipment is introduced in terms of its composition and specification, operating principle and technical features. The domestic and overseas applications and results of this equipment is mainly analyzed and described.

Key words: all casing foundation drilling equipment; casing oscillator; all casing grab drilling; all casing rotary drilling; secant pile; pile removed

1 概述

全套管设备是城市建设领域大口径套管驱动的岩土钻掘设备, 关键设备分搓管机(Casing oscillator)和全回转钻机(Casing rotator)两大类。

搓管机和贝诺特工法起源于法国, 发展完善于日本、德国和意大利。20 世纪 80~90 年代世界各国使用的该类设备大多产自上述三国。日本以整体式搓管机见长后发展为全回转式机型, 德、意以分体式为其特色并延续至今。该设备及工法因 50 年代初起源于法国贝诺特公司, 故得名“贝诺特”工法。1954 年开始, 日本经引进消化吸收形成了以日本三菱、加藤等为代表的自行整体式全套管设备制造公司。进入 80 年代中后期出现了附着式搓管机配普通吊机的分体式机型, 极大地增强了套管设备的灵活性, 提高了设备利用率。目前国外生产附着式搓管机的知名厂家主要有德国的宝峨、Leffer 公司, 意大利的土

力、卡沙特兰地等公司。

全回转钻机是日本 80 年代中期在整体式搓管机的基础上开发的新型全套管设备, 该设备主要针对城市地下障碍物(包括旧的混凝土预制桩、灌注桩、钢管桩、钢板桩等)的拔除和置换、城市和沿海硬岩钻凿、复杂破碎的填石填海地层等的全套管施工而研究开发的。全回转钻机在日本已形成直径 $\Phi 1000 \sim 3000$ mm 的系列产品, 在日本广泛应用的过程中又派生了许多工法, 技术多样灵活, 机械化程度高。由于日本岛国地质条件的复杂性、城市发展空间的局限性推动了大型岩土钻掘机械的发展, 日本全回转钻机的技术水平居世界领先地位。目前国外全回转钻机的代表厂家有日本的日本车辆、三和机工、日立建机和德国的 Leffer 公司。

20 世纪 90 年代, 我国全套管设备的研制尚属空白。进口国外搓管机和全回转钻机分别开始于

收稿日期: 2009-08-30

作者简介: 宋志彬(1970-), 男(汉族), 河北玉田人, 中国地质大学(北京)博士研究生在读, 中国地质科学院勘探技术研究所教授级高级工程师, 探矿工程专业, 从事大口径岩土钻掘设备及深井钻探新技术的科研和开发工作。0316-2096042, szb430@263.net。

80 年代和 90 年代, 但进口设备存在着购置费用高、维护费用大等现实问题。全套管设备的国产化逐渐成为我国城市建设急待解决的问题。

勘探技术研究所 2000 年成功研发出了国内首台 CGJ-1500 型搓管机和配套冲抓成孔设备, 同年在广州进行了试验和应用, 2001 年项目经部级鉴定, 成果居国际先进水平, 填补了我国冲抓型搓管机研制的空白。2004 年勘探所搓管机产品首先打入杭州市场进行应用推广, 2005 年“CG 型全套管冲抓成孔设备”被确定为国家重点新产品。2006 年至今, 勘探所研制成功了 CGJ1200S、CGJ1500S、CGJ1800S、CGJ2000S 型的旋挖搓管机, 并大量出口国外, 填补了我国旋挖搓管机研制和出口的空白。成果转化和应用推广取得了重大的社会效益和经济效益。

勘探所搓管机在国内的推广应用打破了国外搓管机在市场中的垄断地位, 在产品技术水平、产品质量、社会认知度等方面都居国内领先地位, 同时旋挖搓管机的大量出口和成功应用提高了国产搓管机在国外市场的认知度, 具备了在国际市场竞争的能力。

由于我国目前搓管机的研究和应用占主要地位, 本文主要论述全套管搓管成孔设备。

2 CG 型全套管搓管成孔设备

CG 型全套管搓管成孔设备是勘探所研发推广的国家重点新产品, 按配套设备 (冲抓履带吊机和旋挖钻机) 的不同分两类: 全套管冲抓设备和全套管旋挖设备。

2.1 全套管冲抓设备

设备配套如图 1。

主要由 1-搓管机 (冲抓长型)、2-钢套管、3-冲抓斗、4-履带吊机、5-液压泵站等组成。

施工时需配备主卷扬提升力 30~50t、副卷扬提升力 5~10t 以上的履带吊机用于搓管机的工作反力和牵引移位以及冲抓斗的冲抓作业。搓管机往复小角度搓动钢套管并将其压入地层, 同时履带吊机操纵冲抓斗冲抓并取出套管内岩土, 套管钻进和灌注过程如前所述。

2.2 全套管旋挖设备

设备配套如图 2。

主要由 1-搓管机 (旋挖短型)、2-钢套管、3-旋挖钻具、4-旋挖钻机等组成。另外单独设计的搓管机液压泵站方便了液压取力, 使旋挖和搓管

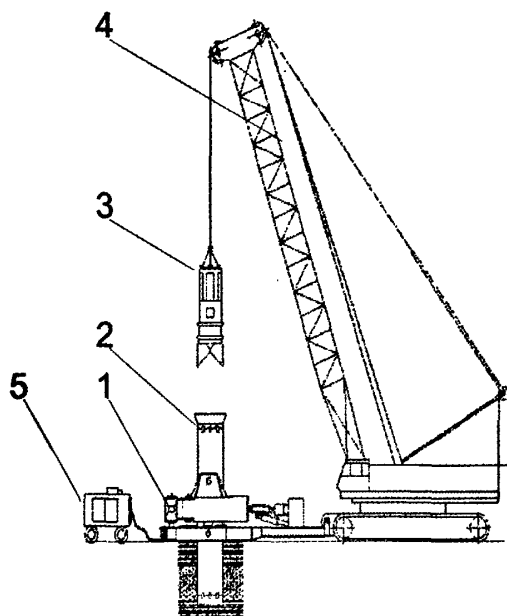


图 1 全套管冲抓设备

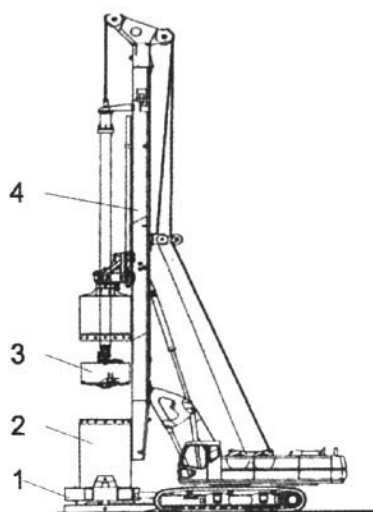


图 2 全套管旋挖设备

作业可同时进行互不干扰, 同时大大提高了不同厂家旋挖钻机配套的灵活性。

施工时需配备主提升力 15t 以上的旋挖钻机用于搓管钻机的工作反力和牵引移位。搓管钻机往复小角度搓动钢套管并将其压入地层, 同时旋挖钻机驱动旋挖钻具回转并钻掘出套管内岩土, 套管护壁钻掘至设计深度后在套管内下入全孔钢筋笼并灌注

混凝土，同时搓管钻机继续搓动和起拔套管，边起拔边灌注，直至灌注完毕并起拔出全孔套管，此时成孔和灌注成桩一次完成。不同型号的搓管钻机可施工的套管口径范围不尽相同，目前该设备的施工口径为 $\Phi 600 \sim 2000 \text{ mm}$ ，套管护壁钻进深度的大小受地层情况和套管靴切削齿的正确选择等方面的影响较大，在第四纪土层中的套管钻进深度一般可达到 $25 \sim 40 \text{ m}$ ，而旋挖钻机驱动器的钻套管深度只有 10 m 左右。CGJ1500S 搓管钻机的全套管旋挖施工现场如图 2。

3 CG 型系列搓管机

旋挖型搓管机（见图 3）与旋挖钻机配套使用，机身长度较短。主要由夹持油缸及夹持臂、搓管油缸和滑动尾架、压拔油缸、下夹持油缸、扶正油缸、液压控制和有线遥控单元、钻机底座和与旋挖钻机底盘连接的伸缩接口板等组成。

冲抓型搓管机（见图 4）与履带吊机配套使

用，机身长度较长，钻进能力较大，有遥控和手把操作两种方式。

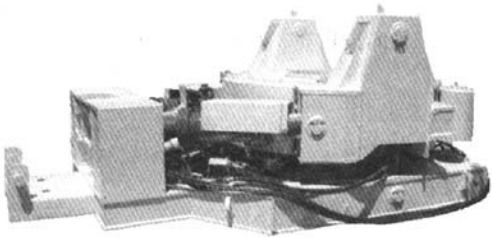


图 3 CG 型搓管机

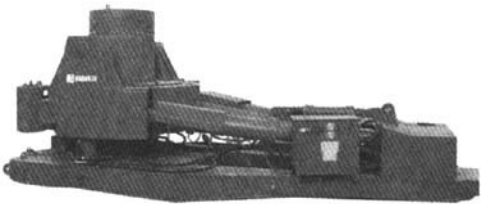


图 4 冲抓型搓管机

CG 型系列旋挖搓管机的技术参数表

型号	CGJ1200/S	CGJ1500/S	CGJ1800/S	CGJ2000/S
搓管直径/mm	600 ~ 1200	800 ~ 1500	1000 ~ 1800	1200 ~ 2000
搓管扭矩/kN · m	1200	1900	2560	2860
行程/mm	450	450	450	450
起拔力/kN	1560	1880	2280	2280
夹管力/kN	1500	1800	2250	2250
长 × 宽 × 高/mm	4200 × 2100 × 1700	4280 × 2500 × 1750	5200 × 2900 × 1750	4865 × 3100 × 1750
质量/kg	13000	18000	21000	22000

上述两类搓管机既可采用单独液压泵站驱动又可直接采用旋挖钻机或履带吊机的液压动力源。产品特点如下：

钻进能力大、效率高：采用恒功率变量双泵分别驱动搓管油缸和压拔油缸，功率损失小，系统效率高。套管的搓动和压拔同时工作且互不干扰，提高了处理拔管事故的能力，技术性能指标达到国际先进水平。

搓管换向技术先进可靠：可采用无触点电磁开关、行程开关、液压换向等多种方式控制实现搓管油缸自动换向，换向准确可靠。旋挖搓管机采用远程电液先导液控换向技术，与旋挖操作集成在一起，实现了有线遥控，操作安全灵活。

桩孔垂直精度高：采用扶正连杆机构、液压系统同步和背压回路，提高了钻进稳定性和起始套管钻进精度，桩孔垂直精度可提高到 $0.5\% \sim 1\%$ 。

一机多径使用范围广：系列搓管机更换不同规格卡瓦可施工 $\Phi 600 \sim \Phi 2000 \text{ mm}$ 任意口径的桩孔。

4 CG 型全套管设备的典型应用和使用效果

全套管设备与旋挖钻机同属大口径干式环保型钻孔灌注桩施工机械。旋挖钻机在钻孔容易缩径的软弱地层、含承压水的流沙和流塑地层，卵砾石层、风化岩层等复杂地层中使用受限；全套管设备在成孔和灌注两个阶段均是全孔套管护壁，可顺利

在上述地层中钻掘成桩。

目前全套管设备的主要应用领域有: 全套管钻孔灌注桩、全套管钻孔咬合桩、全套管除障置换桩和地下旧桩的拔除等。大量应用实践证明, 全套管工法具有三个优势特点: 一是更环保、更安全 (全孔套管护壁, 无泥浆); 二是适用地层更广 (适用于流沙、流塑、承压水、砂卵石等易坍塌和破碎地层的钻进成桩); 三是成桩质量更好 (桩孔无泥皮和沉渣, 桩身无缩径和离析, 承载力更高)。

全套管设备施工全套管钻孔灌注桩的典型工艺流程如图 5 所示。

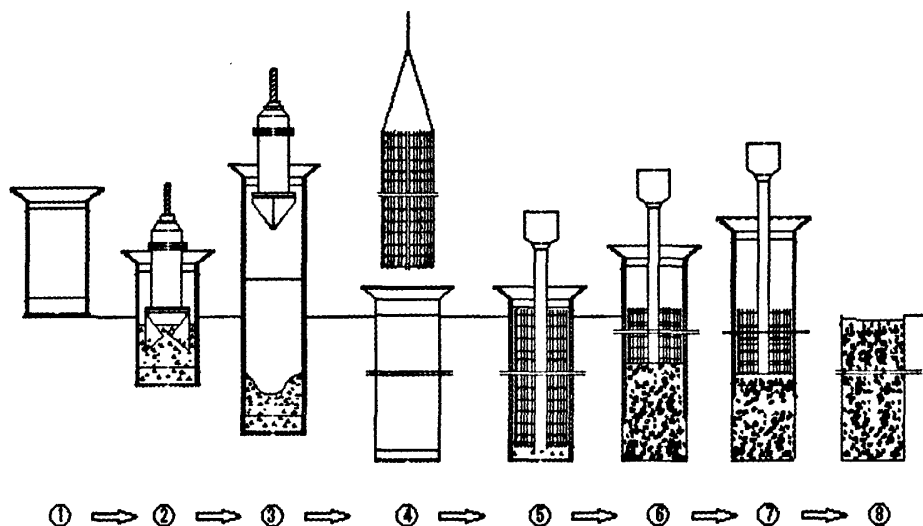


图 5 全套管钻孔灌注桩施工流程图

① 压入起始套管, 校核垂直度 → ② 边冲抓取土, 边摇动压入套管 → ③ 加接套管, 抓斗取土, 套管钻进至终孔 → ④ 测量孔深, 清除虚土, 吊放钢筋笼 → ⑤ 下入导管, 灌注混凝土 → ⑥ 边灌注, 边摇动起拔套管 → ⑦ 拆卸套管, 继续灌注起拔 → ⑧ 拔出全部套管, 灌注成桩

2004 年以来, 勘探所研发的全套管设备在国内外城市建设、地铁、跨海大桥、港口、矿山等国家大中型工程建设中广泛应用, 发挥了重要作用。以下列举其中的几个典型实例。

4.1 CGJ-2000S 搓管机应用于俄罗斯跨海大桥桩基工程

2009 年 6 月, 勘探所 CGJ-2000S 型搓管机在俄罗斯远东的海参崴跨海大桥工地成功完成了直径 $\Phi 2000$ mm、孔深 76m 的主桥墩上部 20m 覆盖砂层的全套管成孔施工试验。

海参崴跨海大桥是俄罗斯建设的最大跨海大桥, 大桥连接海参崴和南部的俄罗斯岛, 2012 年亚太经合 APEC 峰会将在俄罗斯岛上举行。该工地

场面宏大, 分主桥墩和引桥墩建设区, 聚集了当今世界最先进的大型岩土钻掘设备, 设备包括日本的全回转套管钻机和斜塔式旋挖钻机、德国宝峨的岩石旋挖钻机、韩国和香港嘉力臣的大直径反循环钻机等 (图 6)。

CGJ-2000S 型搓管机和郑州宇通的 YTR260 型旋挖钻机配套施工, 搓管机超前搓动和下压套管, 旋挖钻机驱动短螺旋钻头、筒钻和捞砂斗在套管内进行钻掘。第一根桩的 16m 套管钻进仅用了 4h, 套管内旋挖钻进 19m, 经孔深测量和钻出的岩屑判断已进入岩层。此孔套管不起拔, 等待反循环钻机在套管内采用球齿滚刀钻头继续钻进至 76m

终孔。经过俄方使用后的初步对比认为: 我国 CGJ-2000S 型搓管机在套管夹持力和套管钻进能力方面均优于国外同类产品, 但在外观和控制方式方面和国外钻机相比仍有差距, 有待改进和提高 (图 7)。

CGJ-2000S 型搓管机首次在海参崴跨海大桥工程中的成功实践, 标志了我国全套管旋挖钻进设备在俄罗斯远东地区的桩基施工领域占据了一席之地, 发挥了搓管机环保、安全、广谱、高效的特点, 显示了其广阔的市场前景。

4.2 CGJ-1500S 搓管机应用于天津市地铁直径线穿越海河工程

2009 年 6 月至今, 勘探所 CGJ-1500S 搓管机



图6 跨海大桥主桥墩施工现场



图7 CGJ-2000S 搓管机钻进现场

在天津市地铁直径线工程中成功拔除 26 根直径 600 mm 的钢筋混凝土灌注桩,这是 2005 年国内首例搓管机在杭州拔除预制桩以来第一次成功拔除灌注桩的范例。

天津市地铁直径线工程连接天津东站和天津西站全长 5km,在市中心采用大直径盾构两次穿越海河,盾构穿越的海河西岸地下埋藏有成排的 18 ~ 22m 深的护岸灌注桩,盾构的穿越被挡住了去路。本次施工设计采用搓管机驱动直径 1000 mm 的双壁套管先套住地下灌注桩直接钻进 16m,然后在套管内用手持气动凿岩机剥离桩头的钢筋,将钢筋焊接与双壁套管的内壁,最后用搓管机强大的扭矩和起拔力缓慢地将 18m 灌注桩连根拔出。灌注桩拔出后在原位回填土体,采用素桩和旋喷加固,为盾构穿越海河的做好前期的准备。本工程的关键设备就是搓管机、套管和抓斗,在搓管机套桩钻进前要用小钻机在灌注桩的周围钻几个旋喷孔,时灌



图8 天津海河拔除灌注桩

注桩与周围土体实现剥离,降低拔桩的摩擦力,如果灌注桩被拔断,可用抓斗将断桩上部的土体抓取出套管后再实施下一步的断桩拔除。本次工程的成功实践扩大了搓管机的应用领域,证明了搓管机的全套管工法在拔除旧桩领域具有其他工法无法比拟的优势,施工综合成本低,对周边的地基无扰动。

4.3 北京地铁全套管除障灌注桩

2006 年,CGJ-1500 型全套管设备成功完成了北京地铁五号线奥运场馆附近的除障灌注桩工程,开创了全套管工法有效清除地下锚索并灌注成桩的先河。工程仅用了 40 天就完成了 72 根 21.5m 的除障灌注桩施工,同时在套管冲抓成孔的同时清除了地下 4 ~ 16m 埋深的三道锚索,使除障和钻孔灌注成桩一气呵成,这是其他桩基施工方法无法达到的。实践证明,全套管设备及工法是城市地下旧有建筑物和旧城改造建设中理想的除障施工设备和工法,可实现无循环施工、无噪声施工、无污染施工,对周围地层无扰动施工,适合在建筑物周围及人群居住密集的闹市区施工。

4.4 南京地铁承压水地层全套管咬合桩

2007 年,CGJ-1500 型全套管设备在南京市胜太路地铁站完成了桩径 $\Phi 1000$ mm、桩深 20 ~ 28 m 的咬合桩基坑围护工程施工,共完成咬合桩 523

根。该施工地层为富含承压水的粉质粘土和流塑性的沙粘土, 常见很难钻掘的硬质粘土。由于泥浆护壁困难, 采用普通循环工法、旋挖工法和连续墙成槽机都无法施工, 采用全套管咬合桩是此地进行地下连续墙施工的首选工法。搓管机和抓斗在施工中经受了多种恶劣施工条件的考验, 施工结束后经 15m 开挖检查, 地下咬合桩墙的渗漏和变形大大低于设计值, 工程质量被江苏省质检局评为优良样板工程, 尤其是使用 CGJ-1500 型全套管设备的区段质量更优于其他区段 (图 9)。



图 9 南京地铁咬合桩

4.5 浙江慈溪全套管咬合桩

2007 年, 4 台套 CGJ-1500 型全套管设备共同完成了慈溪市重点工程“香格广场基坑围护咬合桩工程”。施工现场邻近慈溪市政府大楼和周围居民区, 市政府对该工程施工中的污染和噪声的环境保护问题要求很高。基坑总面积 26 万多平方米, 开挖深度接近 10m。该基坑围护桩施工中, GPS-15 型回转钻机也同时在基坑对面施工, 施工结束后经开挖揭示证明, 用套管钻机施工的咬合桩, 桩间结合紧密, 桩身自上而下规则平整, 十分美观; 而用回转钻机和旋喷施工连续桩墙, 桩间大量存在夹层, 桩身自上而下类似糖葫芦状, 不规则。后来经过雨季积水的实际考验, 再一次证明了套管咬合桩的防渗效果比泥浆钻孔桩和旋喷桩联合止水帷幕有根本性的提高, 对比鲜明。实践证明, 全套管设备和工法噪声值很小, 没有泥浆污染, 不产生振动, 被周边市民赞誉为“绿色环保设备” (图 10)。



图 10 慈溪咬合桩开挖剖面

5 结语

全套管设备和工法是一种适合在城市施工的环安全型施工技术, 成功解决了常规工法在泥浆难以护壁的软弱地层、含承压水的流沙和流塑地层, 易塌孔埋钻地层、松散地层和卵砾石层中无法钻进成桩的难题; 能够最大限度地保证施工质量, 易于实现科学程序施工; 可以为施工方节省大笔泥浆材料和泥浆处理费用, 有效避免因地层复杂和钻进中断造成的断桩和承载力不足等常见质量事故, 显著减少操作不当造成的机械和人身事故, 避免普通工法对临近建筑物基础和地层的扰动和破坏; 施工中以扰民、不污染环境, 其社会效益是非常巨大的。全套管钻孔咬合桩、全套管钻孔灌注桩、全套管除障和拔桩等桩基施工在城市建设和桩基础施工领域中正在发挥越来越大的作用。

参考文献:

- [1] 刘广志. 钻孔桩成桩工艺与设备的新进展. 刘广志探矿(钻掘)工程文选[M]. 北京: 中国物价出版社.
- [2] 张金昌, 宋志彬, 王年友, 等. CG1900 型全套管冲抓成孔设备、器具及施工工艺的研究和应用[J]. 探矿工程, 2001, (6).
- [3] 宋志彬, 冯起赠, 王年友, 张金昌. CG 型全套管冲抓成孔设备在桩基工程中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007(9).