

CG 型全套管冲抓成孔设备及施工工艺

宋志彬^{1,2}, 冯起赠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:简述了国家重点新产品“CG 型全套管冲抓成孔设备”的研发历程, 以及设备的组成、特点和参数; 分析了全套管灌注桩、咬合桩、置换桩的施工工艺及特点; 总结了该设备的应用实例和发展前景。

关键词:全套管; 冲抓成孔; 钻孔灌注桩; 咬合桩

中图分类号: P634.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)09-0048-05

CG Percussive Grabbing Boring Equipment with Casing and Construction Technology/SONG Zhi-bin^{1,2}, FENG Qi-zeng², 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 paper sketches the course of research and development of “CG percussive grabbing boring equipment with casing”, composition and specification of equipment; analyzed construction technology of full-casing cast-in-place pile, bitten piles and replacement stone column; sums up the field cases and development prospect.

Key words: full-casing; percussive grabbing boring; bored cast-in-place pile; bitten pile

1 概述

20 世纪 90 年代中期以来, 随着我国城市大型基础工程建设的蓬勃发展, 对地下工程构筑技术和设备, 在性能质量、施工效率、特别是对城市环境保护可能产生的影响上都提出了更高的标准和要求。全套管冲抓成孔设备作为一种对施工环境污染小、工效高、施工质量可靠的大型岩土钻掘施工设备, 其应用领域遍及城市建筑基础桩, 公路、铁路、水上桥梁基础桩, 地铁建设连续墙咬合桩, 水电基础和竖井施工等, 在我国经济建设中正在发挥着越来越大的作用。过去此类设备还主要依赖进口, 存在着设备的购置费用高、维护费用大等现实问题。由于国内日益增长的市场需求, 全套管冲抓成孔设备的国产化成为我国城市基础工程建设急待解决的问题。

全套管冲抓施工设备、器具及施工工艺的研究于 1995 年被地矿部列为“九五”地勘高新技术研究开发项目, 勘探技术研究所主持设备的研制, 2000 年底在广州完成了设备的生产试验, 2001 年 1 月通过部级鉴定, 鉴定意见认为: “设备总体性能达到了国际先进水平, 填补了我国在该技术领域的一项空白, 总体具有创新性”。之后, 勘探技术研究所迅速完成了项目成果的市场转化, 于 2004 年独立研发成功了 CG 型全套管冲抓成孔设备新产品, 投入市场

应用并一举成功。2005 年“CG 型全套管冲抓成孔设备”被科学技术部等四部委确定为国家重点新产品。

目前 CG 型全套管冲抓成孔设备在国内已销售 10 余套, 已有 3 台套旋挖搓管钻机(最新研发产品)出口到中欧等国。该产品是勘探所开发的最大型设备, 逐渐形成了比较完备的开发体系和销售网络, 产品已在青藏铁路、广东、北京、上海、杭州、宁波、南京等地的基桩和咬合桩工程中广泛应用, 在国家大中型工程建设中发挥了重要作用, 赢得了广大用户的认可, 创造了良好的经济效益和社会效益。

2 CG 型全套管冲抓成孔设备

CG 型全套管冲抓成孔设备是勘探所在“九五”地勘高新技术研究开发项目的基础上研发的具有自主知识产权的新型大型岩土钻掘施工设备。产品吸收国外同类设备的先进经验, 经反复应用和改进, 技术水平国内领先, 集全液压传动、机电液联合控制于一体。其应用领域主要有: 城市建筑基础桩, 公路、铁路、水上桥梁基础桩, 地铁建设地连墙咬合桩等。

CG 型全套管冲抓成孔设备主要由 CGJ1500 型搓管机、CGB110 型液压泵站、CGT 型双壁套管和 CGD 型冲抓斗等组成, 施工时需配备 30 t 以上的液

收稿日期: 2007-08-01

基金项目: 地矿部“九五”地勘高新技术研究开发项目“全套管冲抓施工设备、器具及施工工艺研究”(编号: 9505405-1)

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高级工程师, 探矿工程专业, 从事岩土钻掘设备与工艺的研究工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, (0316)2096042。

压或机械式履带吊机(推荐采用 50 t 液压履带吊机,吊机应具备一个可自由放绳的卷扬),主要用于全孔护壁的钻孔灌注桩和咬合桩施工。全套管钻机通过更换变径卡瓦可钻进 $\varnothing 800 \sim 1500$ mm 范围内任意口径的全套管钻孔灌注桩和咬合桩。在第四系土层中, $\varnothing 1000$ mm 咬合桩的最佳施工深度为 30 m 以内,全套管冲抓钻进终孔后,套管内灌注混凝土的同时起拔出全孔套管,钻进和灌注一次完成,20 m 左右的钻孔灌注桩单机每日可施工 4 ~ 6 根。全套管冲抓成桩施工现场如图 1 所示。

勘探所最新研发成功的 CGJ1500/S 型旋挖搓管机填补了国内研制旋挖套管钻机的空白,该旋挖搓管机可附着在 220 型以上的旋挖钻机上进行全套管旋挖钻进。全套管旋挖成桩施工现场如图 2 所示。



图 1 全套管冲抓成桩 图 2 全套管旋挖成桩

2.1 CGJ1500 型搓管机(长型)

搓管机为全液压摇动式(见图 3),主要由搓管油缸和滑动尾架、压拔油缸、夹持油缸及夹持臂、下导向油缸和下导向装置、扶正油缸和同步纠偏机构、液压操纵台、集成液压接口、与吊机连接的机械滑板 and 搓管机底架等组成。搓管机可采用单独液压泵站或直接采用配套吊机的液压动力源。

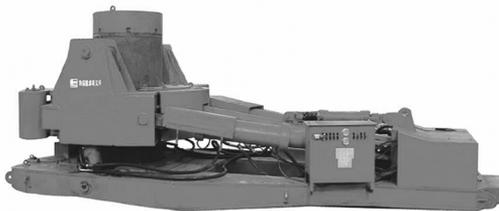


图 3 CGJ1500 型搓管机

产品特点如下:

(1)五联卡瓦结构的夹持臂夹持力均匀,内孔修圆和增大夹持面的设计使套管夹持变形的几率显

著减小。

(2)套管压入的同步纠偏机构保证了套管钻进的垂直度,且调整方便。

(3)有线遥控和手动控制,确保操作的安全、方便、可靠。

(4)钻机夹持臂和底架的加强型设计适于强力钻进工况。

(5)基于丰富的使用经验,钻机整体和细部结构均便于拆装和维修。

CGJ1500 型搓管机技术参数(冲抓型):施工口径 1000 ~ 1500 mm,摇管扭矩 1900 kN·m,摇管角度 20°,夹持力 2100 kN,拔管力 2120 kN,拔管行程 500 mm,外形尺寸(长×宽×高)6550 mm×2500 mm×1850 mm,质量 22000 kg。

2.2 CGJ1500/S 型旋挖搓管机(短型)

CGJ1500/S 型搓管机(旋挖型)(见图 4)技术参数:施工口径 800 ~ 1500 mm,摇管扭矩 1900 kN·m,摇管角度 15°,夹持力 2100 kN,拔管力 2120 kN,拔管行程 500 mm,外形尺寸(长×宽×高)4280 mm×2500 mm×1750 mm,质量 18000 kg。



图 4 CGJ1500/S 型旋挖搓管机

2.3 CGB110 型液压泵站

泵站为套管钻机的独立液动力源,有电机泵站(见图 5)和柴油机泵站(见图 6)2 种。



图 5 CGB110 型电机泵站



图6 CGB110/S型柴油机泵站

产品特点如下:

(1)可采用电机驱动或柴油机驱动,由用户选择。

(2)设置电器安全自动控制、油温和油位报警、回油堵塞报警等安全装置,确保运行的人身安全和设备安全。

(3)主油路采用恒功率变量双泵系统,摇动和压拔动作互不干扰,动力强劲且能效高。

(4)移动方式采用四轮拖车或滑橇装载,由用户选择。

CGB110型泵站技术参数:功率110~130 kW,液压系统工作压力25 MPa,外形尺寸(长×宽×高)3000 mm×1600 mm×1500 mm,质量4500 kg。

2.3 CGT型双壁套管

CGT型双壁套管的管体为双壁结构,钻头(套管靴)根据地层设计,直径范围800~1500 mm,是CG型全套管冲抓成孔设备的重要组成部分(见图7)。套管接头之间采用圆周等分的锥形锁销连接,同时设计了圆周橡胶线密封,确保全孔套管的可靠互换性连接和水下密封,适用于摇动式套管钻机(亦称搓管机或磨桩机)、旋挖搓管机和全回转式套管钻机的配套使用。

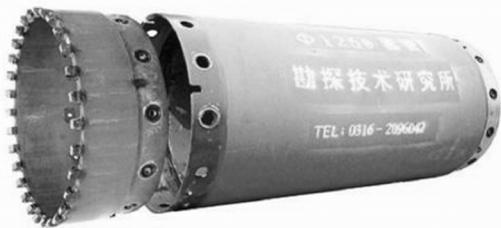


图7 CGT型双壁套管钻具

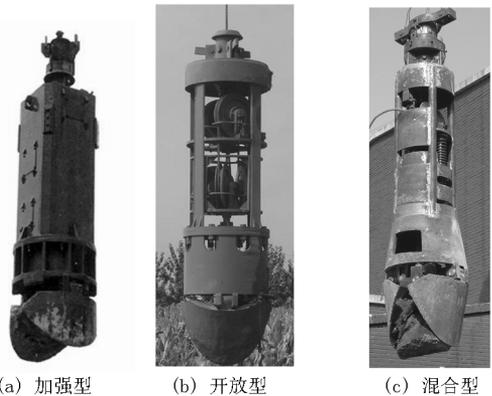
从2003年 $\varnothing 1260$ mm套管钻具首次应用于青藏铁路重点工程——拉萨河大桥工程的全回转套管施工至今,经用户多年来的应用实践证明:CGT型双壁套管钻具产品的技术国内领先,连接强度大,互

换性好,使用寿命长,是全套管施工理想的成熟产品,可完全替代同类型进口产品。

2.4 CGD型冲抓斗

为单、双绳两用的机械式全套管专用冲击式重锤抓斗,斗瓣的开合由内部闭合连杆操纵。抓斗内装增力滑轮组。抓斗顶部的开合器与吊机悬吊的脱挂帽配合动作可实现抓斗冲抓的单绳操作。CGD型冲抓斗根据冲抓地层的不同可分为加强型、开放型和混合型等类型(见图8)。

目前在全套管施工过程中经常遇到软弱淤泥层、含水砂层、粘土层、卵砾石层、中风化岩层等许多复杂地层。现有取土设备因为各自结构的原因不能满足多种复杂地层施工要求,而冲击抓斗使用方便、造价低廉,受到施工单位的青睐。



(a) 加强型 (b) 开放型 (c) 混合型

图8 CGD型冲抓斗

加强型(见图8a):参考国外同类抓斗的设计特点,可用于卵砾石层和中风化岩以下的坚硬地层的冲抓作业。

开放型(见图8b):在含水地层中进行钻进时,由于水的浮力及抓斗在套管内运动产生的活塞效应,大大降低抓斗的冲击力,使抓土效率大幅降低。为了降低运动产生的活塞效应,开放型抓斗体采用开式结构,使滑轮组全部外露,并在抓斗中心部位开上下连通的过水通道,这样大大减少抓斗向下冲击时水的阻力,提高含水地层的钻进效率。同时直径较大的滑轮设计可有效提高钢绳的使用寿命,方便使用和维修。

混合型(见图8c):在进口抓斗的设计基础上,结合国内施工的使用特点经多次改进和完善。该型抓斗的特点是:结构紧凑,整体强度高,抓土量和施工效率高,软硬地层均适用。

3 全套管冲抓成孔施工技术

全套管冲抓成孔施工技术将全孔套管护壁和冲

抓成孔两种工艺的优点,在钻进中有机地结合在一起,其成孔过程不使用泥浆等循环液,借助机械化、自动化程度较高的全液压搓管机和吊机,以及冲抓斗、冲击钻头等凿岩机具实现干式钻掘成孔。其工作原理是:利用搓管机将带有套管钻头的套管逐节小角度往复搓动并压入地层的同时,利用冲击钻头和冲抓斗等凿岩器具,将套管内的岩土冲凿抓取出地面,搓管和冲抓交替进行,直至套管下到桩端持力层为止。挖掘完毕后测定孔深,并确认桩端持力层,然后清除孔底虚土。成孔后放入钢筋笼,放置灌浆导管,边灌注混凝土边起拔套管,最后成桩。

近几年,该施工技术在国内外多项大型工程项目中均得到了成功应用,按应用领域划分为:

(1)全套管灌注桩,广泛应用于城市建筑基础、高架路桥、跨海和水上桥桩、电站基础、矿山竖井等桩基工程。

(2)全套管咬合桩,应用于城市地铁、地下空间建设、高层建筑基础等地下连续墙工程。

(3)全套管置换桩,应用于城市建筑改造、更新和加固。

3.1 全套管灌注桩

3.1.1 工艺流程(参见图9)

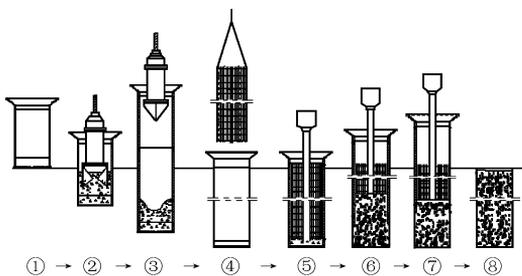


图9 全套管灌注桩工艺流程图

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。

3.1.2 工法特点

(1)绿色环保。全护筒干式钻掘,对周围地基和地下基础无扰动,可临近建筑物施工;无泥浆排放,不污染环境,施工现场整洁;噪声和振动小,不扰民,非常适合在城市施工。

(2)万能工法。钻掘工艺配套方便,除吊机冲抓成孔外,可采用旋挖、螺旋、空气反循环等多种工

艺方法,适用于流沙层、淤泥、粘土、卵砾石、中风化基岩等几乎任何地层;可以在泥浆难以护壁的流沙松散层、不稳定卵砾石层中施工;容易克服诸如漂石层、回填块石等地下障碍,遇到大的漂石可先采用冲击钻头破碎,再进行抓取;可采用十字冲锤冲击、孔底局部反循环等工艺进行嵌岩施工。在国外一直被称为“万能工法”。

(3)成桩质量好。不存在泥浆护壁造成的泥皮和沉渣对灌注桩承载力削弱的影响,使桩的侧摩阻力和抗拔力较其他桩型有一定的提高;由于钢套管的作用,完全避免了灌注桩可能发生的缩颈、断桩、砼离析等质量问题;无超径和缩径现象,成桩直径可准确控制,纵向桩身大小一致;灌注混凝土量与成桩直径相近,每立方米砼所获承载能力比泥浆护壁的桩型提高30%以上;当进行桩端夯击扩作业时,桩的竖向承载力可比干作业桩提高50%以上,比泥浆护壁桩提高100%以上。

(4)易于监测。全护筒钻掘时可随时判断摩擦持力层和桩端持力层的土质,便于选择适宜的桩端持力层。

(5)机械化安全施工。全液压钻机配套履带吊机,施工设备的机械化程度高,施工流程科学高效,施工质量有保证,施工风险小,具有安全、环保、优质高效的特点。

3.2 全套管咬合桩

3.2.1 工艺流程(参见图10)

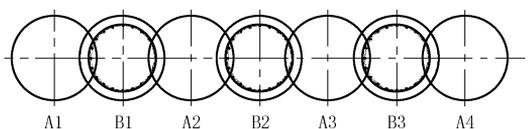


图10 咬合桩施工工序图

咬合桩施工工序: A1→A2→B1→A3→B2→A4→B3

A序桩为超缓凝素混凝土桩;B序桩为钢筋混凝土桩

平整场地,测放桩位→施工混凝土导墙→套管钻机对A序桩位→压入第一节套管→校验垂直度→抓斗取土,跟管钻进至终孔→测量孔深→清除虚土→灌注超缓凝素混凝土→B序桩位咬合成孔→吊放钢筋笼→灌注混凝土逐次拔管→测定混凝土面→钻机移位。

3.2.2 工法特点

(1)钢套管护壁,孔壁无坍塌问题,成孔垂直度高,桩形标准,清楚判层,成桩质量有保证;套管钻机在桩身混凝土处于塑性状态下完成切割咬合,排桩围护结构整体性好,支护强度高,防渗效果佳。

(2)施工机械化程度高,成孔速度快,移机就位迅速,成桩效率明显高于其他类型灌注桩。

(3)适用地层范围广,尤其在富水软土地层中施工的围护结构防渗效果好,无需另外增加截水帷幕等防水措施,与其他达到相同工程要求的围护结构相比施工造价低。

(4)所需钢筋的数量不及地下连续墙钢筋笼数量的1/3,节省大量钢材。

(5)在缺水的城市施工,无需采用辅助降水措施,将节约和保护大量地下水资源,其潜在社会和经济效益巨大。

3.3 全套管置换桩

3.3.1 工艺流程(参见图11)

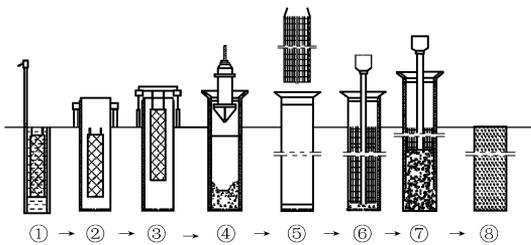


图11 全套管置换桩工艺流程图

①既有桩周围引孔,减少桩周摩阻和真空现象→②套正既有桩,压入套管→③起拔既有桩→④抓斗取土,清理孔底→⑤吊放钢筋笼→⑥下入导管,灌注混凝土→⑦灌注同时起拔套管→⑧拔出全部套管,灌注置换成桩。

3.3.2 工法特点

(1)全护筒施工对周围地基和基础无扰动,可临近建筑物施工;无泥浆排放,不污染环境,施工现场整洁;噪声和振动小,不扰民,非常适合城市施工。

(2)拔桩过程中,剥离桩头和起拔钢筋的焊接和连接处理需要人工作业,钢护筒内施工能确保人身安全。

(3)拔桩过程中通过在护筒内及时回填土体来控制周围地面的沉降,沉降控制方便可靠。

(4)可快速实现“原位置换”灌注桩,能确保置换桩的位置、垂直度和成桩质量。

4 应用实例和发展前景

CG型全套管冲抓成孔设备近5年在我国大型基础工程中的应用实例简介如下:

(1)2003年研制的 $\varnothing 1260$ mm全套管钻具首次成功应用于青藏铁路重点工程——拉萨河大桥工

程;2003年底110 kW套管钻机液压泵站与进口钻机成功配套首次进入上海市场。

(2)2004年2台套全套管设备在杭州地铁和深基坑咬合桩工程中开始应用。

(3)2005年在杭州市中心广发银行工地采用国内首例全套管静压拔桩新工艺,成功解决了城市环保施工的一项技术难题。

(4)2006年旋挖套管钻机与三一重工的旋挖钻机配套,强强联合出口远销中欧。

(5)2006年至今,全套管设备在北京地铁5号线、南京地铁、杭州西子联合大厦、杭州钱江新城、宁波慈溪地下广场、余姚过江隧道等大型工程的地下连续墙咬合桩工程中应用,效果良好,产品质量和售后服务赢得了用户的肯定和赞扬,在国家大中型工程建设中发挥了重要作用,应用前景广阔。

近几年,旋挖设备和工法在我国得到了迅速的发展,其主要原因就是因其具有环保、安全和高效的特点。全套管设备与旋挖设备同属大口径干式环保型钻孔灌注桩施工机械,但后者在泥浆难以护壁的软弱地层、钻头难以钻掘的坚硬岩层或卵砾石层中的使用受限,而前者利用冲击和冲抓等器具可顺利钻掘上述地层。目前国外品牌的旋挖钻机制造商多数已将套管钻机作为旋挖钻机的一个配置单元,以扩大旋挖设备在复杂地层条件下施工的能力。由此可见,全套管设备和工法对大口径岩土钻掘技术的发展必将日益起到促进和补充的作用。

全套管工法是一种适合在城市施工的环保型和安全型施工技术,能够最大限度地保证施工质量,易于实现科学程序施工。采用该工法,可以为施工方节省大笔泥浆材料和泥浆处理费用,可以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,可以显著减少机械和人为操作不当造成的机械和人身事故,可以避免多数工法对临近建筑地基的扰动和破坏,施工中不扰民、不污染环境,其潜在的经济效益和社会效益是非常巨大的。

参考文献:

- [1] 刘广志. 钻孔桩成桩工艺与设备的新进展[A]. 周国荣,戴智长. 刘广志探矿(钻掘)工程文选[C]. 北京:中国物价出版社,2000.
- [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] 冯起赠,宋志彬,王年友. CGD-1型大口径全套管冲击抓斗的设计和应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(6).