

# 西成高铁卵漂石地层全套管跟管钻进施工技术

朱芝同<sup>1</sup>, 张化民<sup>1</sup>, 宋志彬<sup>1</sup>, 杨有元<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000, 2. 四川路桥桥梁工程有限责任公司, 四川 成都 610015)

**摘要:**西成高铁清江河特大桥桥梁桩为钻孔灌注桩, 穿越卵漂石地层, 成孔难度大, 钻进困难, 严重制约工期。针对该地层, 采用全套管跟管钻进工法, 搓管机配套旋挖钻机施工, 有效地解决了卵漂石地层成桩问题。

**关键词:**卵漂石地层; 钻孔灌注桩; 全套管; 搓管机; 旋挖钻机; 跟管钻进; 清江河特大桥

**中图分类号:** P634   **文献标识码:** B   **文章编号:** 1672-7428(2015)05-0050-03

**Application of Drilling with Full Casing (Benote Method) in Cobble-Boulder Stratum in Xi'an - Chengdu High-Speed Rail/ZHU Zhi-tong<sup>1</sup>, ZHANG Hua-min<sup>1</sup>, SONG Zhi-bin<sup>1</sup>, YANG You-yuan<sup>2</sup>** (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. Sichuan Road & Bridge Group Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610015, China)

**Abstract:** The bridge pile is bored grouting one for Qingjianghe super large bridge of Xi'an - Chengdu high-speed rail; borehole drilling was difficult because of the cobble-boulder stratum crossing which seriously restricted the time limit for the project. In view of this circumstance, drilling with full casing and rotary drilling rig with casing oscillator were adopted to solve the difficulties of pile construction in cobble-boulder stratum.

**Key words:** cobble-boulder stratum; bored grouting pile; full casing (Benote method); casing oscillator; rotary drilling rig; drilling with casing; Qingjianghe super large bridge

## 1 工程概况

西成铁路客运专线(西成客专)广元剑阁段清江河特大桥位于剑阁县修城坝镇, 桥梁采用群桩基础形式, 8~11号墩桩基设计为14 $\phi$ 1.5 m群桩, 8号墩桩长48.5 m, 9号墩桩长为38.5 m, 10号墩桩长为37.5 m, 11号墩桩长为38 m, 8~11号墩桩基平面布置见图1。

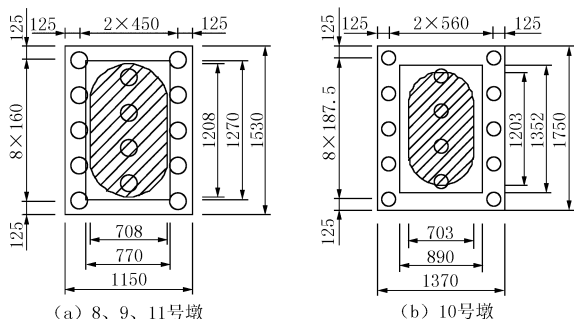


图1 8~11号墩桩基平面布置图

根据地质勘察报告及邻近钻探揭露(揭露深度43 m), 场区地层分布大致相同, 即上部0~1.5 m为杂填土层, 成分以砖头、石块为主; 1.5~18 m(局部为1.5~22 m)为素填土层, 成分以卵漂石为主,

松散, 一般粒径10~30 cm, 含量70%~80%, 最大粒径可达45 cm, 见图2; 下部为泥岩、砂岩互层。地下水位3 m且地下水丰富, 存在山体到河流的渗流。桩基础都要穿过20 m左右含流塑性粘土的卵漂石地层, 孔壁极易坍塌且钻孔极易偏斜。



图2 粒径达40~45 cm的漂石

## 2 成孔方法的选择

在施工初期, 施工单位尝试采用旋挖钻机钻进, 振动锤压入套管跟进的工法, 但存在着遇到大漂石套管下入困难、卵漂石地层扰动后挤密抱紧套管导致起拔套管困难等问题。该工程位于人群密集的城市, 桩位距居民楼仅10 m, 冲击钻机虽然破碎漂石

的能力较强,但存在施工噪声大,冲击对附近居民楼造成破坏等问题。

经过论证,施工单位首次引入全套管跟管钻进工法,套管半跟进穿越卵漂石地层护壁,到达稳定基岩

层直接钻进,实践表明该工法能解决卵漂石地层成桩问题,且符合城市地区噪声小、污染少的绿色施工原则。冲击钻机与全套管钻机的工法比较见表 1。

表 1 冲击钻机与全套管钻机工法的比较<sup>[1]</sup>

钻进类型	代表性钻机	卵漂石粒径/cm			优点	缺点
		$d < 20$	$20 \leq d < 30$	$d \geq 30$		
泥浆护壁机械成孔	冲击钻机	适宜	较适宜	适宜	设备成本低	泥浆污染,震动大,噪声大,孔壁易坍塌
钢套管护壁机械成孔	全套管钻机	适宜	较适宜	较适宜	成孔质量高,无泥浆污染,无地基扰动,振动和噪声小	漂石粒径大时钻进较慢

### 3 成桩工艺

#### 3.1 成孔设备

全套管工法也称为贝诺特工法 (Benote method),是法国贝诺特公司在 20 世纪 50 年代发明的一种施工方法,其常见的成孔设备有摇动式全套管钻机(搓管机)、全回转全套管钻机,所用套管为精加工专用钢套管和管靴,长度一般 4 m,套管接头有锥形销和传扭键,管靴下端布硬质合金扁齿<sup>[2]</sup>。

本工程选择中国地质科学院勘探技术研究所生产的 CGJ-2000 型搓管机下入和起拔套管,钻进取土由 SR-360 III 型旋挖钻机完成,套管采用  $\varnothing 1650$  mm 钢护筒,管靴采用 KT04 型专用硬质合金齿。全套管设备示意图如图 3 所示<sup>[3]</sup>。

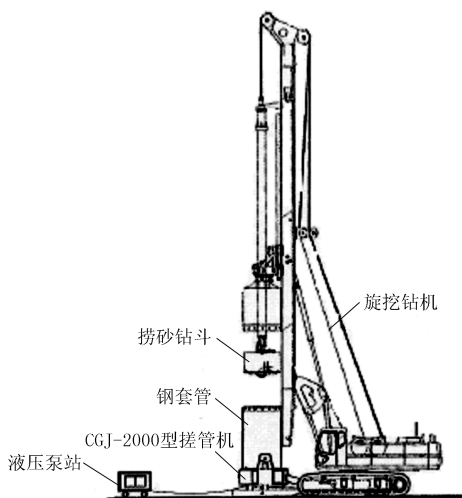


图 3 全套管工法设备示意图

#### 3.2 施工工艺流程

全套管跟管钻进工法在卵漂石地层的成桩工艺流程如图 4 所示。

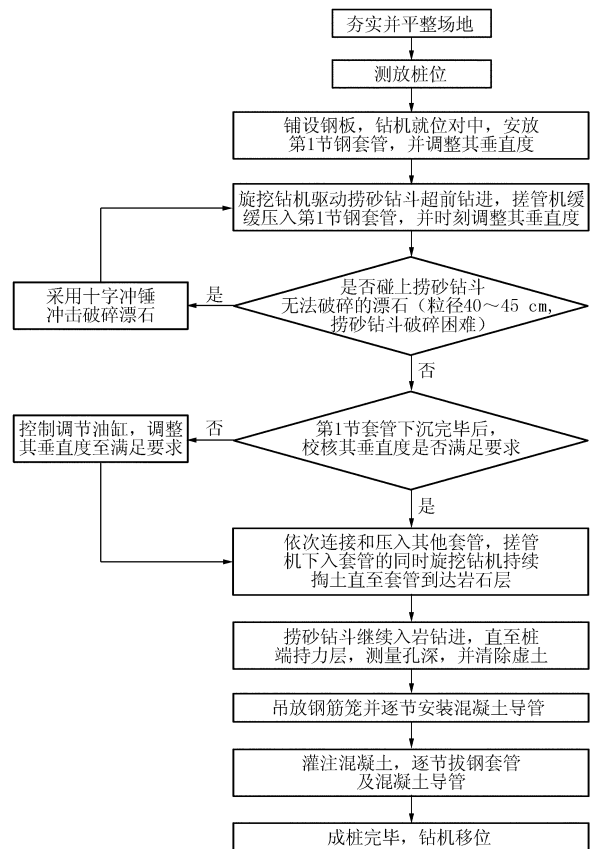


图 4 施工工艺流程图

### 4 施工效果与存在问题

#### 4.1 成孔效率

全套管跟管钻进工法的基本原理是利用搓管机的摇动装置来回转动,使钢套管与土层间的摩阻力大大减小,边搓动边压入,同时利用旋挖钻机驱动捞砂钻斗钻进取土,直至套管下到桩底设计标高。根据捞砂钻斗和管靴在钻掘过程中的位置关系,可以将钻掘方式分为套管超前下沉和捞砂钻斗超前下挖 2 种。套管超前下沉主要用于软土、粘土等压缩模

量较小的地层,捞砂钻斗仅在管内取土,一般套管超前开挖1~1.5 m。捞砂钻斗超前开挖主要用于卵石或硬岩等压缩模量较大的地层,捞砂钻斗在套管前开挖,一般超前开挖0.5~1 m,以减小探头石对管靴的磨损<sup>[4]</sup>。清江河特大桥桩基础穿越地层为卵漂石层,故采用捞砂钻斗超前下挖的钻掘方式。以9号墩为例,套管下至18 m,4根套管的长度分别为6、4、4、4 m,套管壁厚20 mm,统计8根桩的下沉套管速度如表2所示。

表2 各节套管的下沉时间表 min

桩号	T1(6 m)	T2(4 m)	T3(4 m)	T4(4 m)
9-1	50	35	40	50
9-2	45	30	40	50
9-3	60	40	45	50
9-4	45	35	50	60
9-5	50	35	40	60
9-6	55	30	45	50
9-7	50	35	45	55
9-8	50	35	50	50

注:T1、T2、T3、T4分别为第1、2、3、4节套管。

从表2看出,第1节套管下沉时,由于套管入土较浅,摩擦阻力较小,旋挖钻机取土快,因此套管下沉速度较快,约50~60 min可以完成第1节套管的下沉(包含了调垂直度的时间)。第2节套管入土也不深,摩擦阻力比第1节套管稍微增大,但仍较小,此时套管下沉也比较快,约30~40 min即可完成第2节套管的下沉。第3、4节套管下沉速度较慢,此时套管入土深且漂石粒径大,套管所受摩擦阻力大,旋挖钻机钻取漂石的效率不太高,完成第3、4节套管的下沉约1.5~2 h。综上完成全部4节套管的下沉需要3~3.5 h,同其他成桩工艺相比,全套管跟管钻进方法在卵漂石地层的成孔速度比较高。

#### 4.2 垂直度控制

套管垂直度控制主要为地面监测,第1节套管的垂直度对整个桩孔垂直度起着决定性作用。在搓管机压入第1节套管的同时,采用先进的经纬仪或传统的线锤法在两个相互垂直的方向进行监测,发现偏差时随时用调节油缸纠偏。

纠偏方法有2种<sup>[5]</sup>。

(1)利用钻机油缸进行纠偏:在套管偏差不大或套管入土不深(6 m以内),可以直接利用钻机的调节油缸调节套管的垂直度。

(2)套管在6 m以深发生较大偏移,可先利用

钻机调节油缸直接纠偏,如达不到要求,可向套管内回填粘土,一边填土一边拔管,直至将套管提升到上次检查合格的地方,然后调直套管,检查其垂直度合格后再重新下压。

以9号墩为例,监测结果表明,全套管钻机对垂直度的控制很好,完全满足桥梁基础垂直度控制标准3‰的要求。

#### 4.3 成桩质量

清江河特大桥采用全套管跟管钻进工法施工,施工中套管与钻具同步钻进,严格控制超前量,浇筑混凝土的同时起拔套管并且始终保持灌注导管下端在混凝土液面下4 m以深。桩深38.5 m、桩径1.5 m钻孔灌注桩浇筑完毕混凝土超量仅2 m<sup>3</sup>,实现了真正的“零误差”。经质检方检测,桩型尺寸无误差,单桩承载力超设计30%,无任何断桩和缩径问题存在。

#### 4.4 环保意义

全套管跟管钻进工法具有无泥浆污染、无震动、噪声小的特点,在本工程中获得了附近居民的支持和赞誉。施工单位在高效高质量完成施工任务的同时,获得了良好的社会效益。

#### 4.5 施工中存在的问题

全套管钻机在卵漂石地层成桩比较顺利,但在施工过程中还存在一些问题。

(1)在卵漂石地层成桩,扭矩过大,长时间使用后套管磨损较为严重。随着磨损增加,套管管壁逐渐变薄,其抗扭能力减弱,可能出现套管扭断的危险,故当套管壁厚减小到15 mm以下时(原厚度20 mm)应当报废。管靴刀头的磨损尤为严重,每完成一根桩后都要检查刀头的磨损情况,发现刀头磨损严重或损坏应及时更换,见图5。

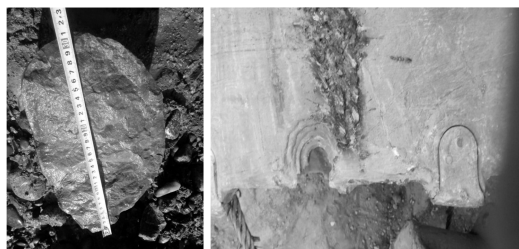


图5 切断的大块漂石和管靴切削齿损坏情况

(2)钢套管受搓管机不均匀夹持以及往复的摇动,套管接头处容易变形,在拆卸套管时,可能会

(下转第56页)

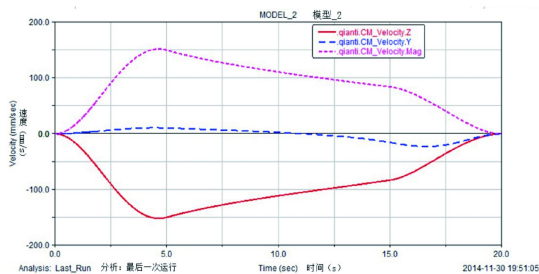


图7 驱动函数设定为  $\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 5, 25) + \text{STEP}(\text{time}, 5, 0, 15, 0) + \text{STEP}(\text{time}, 15, 0, 20, -25)$

对比图5、图6和图7可知,当速度函数设定为  $\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 5, 25) + \text{STEP}(\text{time}, 5, 0, 15, 0) + \text{STEP}(\text{time}, 15, 0, 20, -25)$  时,钳体的启动平稳,速度变化平稳,而且能够实现平稳接近钻杆的目的,能够满足铁钻工在实际当中的工作要求。

#### 4 结论

(1)通过ADAMS软件对铁钻工伸展机构的运动分析,能够明确了解伸展机构的实际运动的情况,即钳体伸出速度随时间的变化规律。

(2)利用ADAMS软件对铁钻工的伸展机构进

行了仿真分析。油缸的驱动速度采取  $\text{STEP}(\text{time}, 0, 0, 5, 25) + \text{STEP}(\text{time}, 5, 0, 15, 0) + \text{STEP}(\text{time}, 15, 0, 20, -25)$  时,铁钻工的伸展动作较平稳,能够实现平稳地接近钻杆的目的,可以为伸展机构实际动作提供借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 孙友宏,王清岩,高科,等.“地壳一号”万米钻机在松科二井科学钻探工程应用方案[A].2014年中国地球科学联合学术年会——专题65:深部探测技术与实验——探测仪器与装备论文集[C].北京:2014.
- [2] 刘晓利.铁钻工旋扣机构研究与动力学分析[D].吉林长春:吉林大学,2014.
- [3] 赵武云,刘艳妍,吴建民,等.ADAMS基础与应用实例教程[M].北京:清华大学出版社,2012.
- [4] 韩宝菊,俞荣标.虚拟样机技术及其动力学仿真分析[J].机械工程师,2008,(3):137-138.
- [5] 孙友宏,吕兰,沙永柏,等.一种铁钻工:中国,203066907U[P].2013-07-17.
- [6] 孙友宏,吕兰,王清岩,等.一种铁钻工回转及平移伸展机构:中国,203066905U[P].2013-07-17.
- [7] 钟小勇,李凤英.ADAMS函数的使用技巧[J].装备制造技术,2008,(11):100-102.

(上接第52页)

出现连接锥销拆卸困难甚至拆卸不下来的情况,因此在每完成一根桩后应对套管仔细检查、修复。

#### 4 结语

施工表明,全套管工法比较适合在卵漂石地层成桩,施工质量较好,桩垂直度可以得到保证,加之噪声小、振动小、污染少,是一种绿色环保工法,适合在城市地区的成桩施工,其潜在的经济效益和社会效益巨大,是一种很有发展前景的工法。

#### 参考文献:

- [1] 刘军,周与诚,等.北京卵漂石灌注桩机械成孔的适宜性研究[J].市政技术,2009,27(5).

- [2] 张金昌,宋志彬,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,等.CG型全套管搓管成孔设备的研究和应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1)
- [4] 王文正,程华清,等.漂石地层全套管钻机成桩技术[J].市政技术,2009,9(5).
- [5] 韩雪刚,刘魁刚,等.全套管钻机在漂石地层的应用型研究[J].铁道建筑技术,2011,(S1).
- [6] 朱芝同,宋志彬,冯起赠,等.全套管钻孔咬合桩在临近地铁基坑工程中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):65-69.
- [7] 宋志彬,冯起赠,和国磊,等.全回转套管钻机和全套管施工工艺的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):29-36.
- [8] 杨引娥.全套管旋挖钻进技术及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):39-42,46.