

Application of Beidou Piling and Lay-out System in the Construction of Pile Foundation By a Rotary Drilling Rig

Junhai Guo

Wuhan Geological Prospecting & Foundation Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430050, China

Abstract

Beidou piling and setting out system is developed based on Android platform, which applies GNSS positioning to mechanical control (pile pressing by rotary excavator), the software is simple to operate, and guides the pile driver to accurately carry out pile driving operation with graphical interface and voice prompt. It no longer needs manual pile setting out, which greatly improves the efficiency of pile driving operation. At present, it has been widely used in pipe pile, three-axis and other construction projects. This paper focus on the application of the system in the construction of pile foundation by rotary drilling rig application on the project.

Keywords

Beidou piling and lay-out system; rotary drilling rig; set-out; review; completion deviation

北斗打桩放线系统在某旋挖钻机施工桩基工程上的应用

郭军海

武汉地质勘察基础工程有限公司, 中国·湖北 武汉 430050

摘要

北斗打桩放线系统是基于安卓平台开发的一款将GNSS定位应用于机械控制(旋挖机压桩)的软件,该软件操作简单,以图形化的界面配合语音提示引导桩机操作手精确进行打桩作业,不再需要人工进行桩位放样作业,极大地提高了打桩作业的效率,目前已在管桩、三轴等施工项目上大量采用。论文重点介绍该系统在旋挖钻机施工桩基项目上的应用。

关键词

北斗打桩放线系统;旋挖钻机;放样;复核;竣工偏差

1 引言

目前在桩基施工领域,施工单位测量放线的方法有经纬仪配合钢卷尺放线法、全站仪放线法、RTK测量放样法,其中利用全站仪进行桩位放样仍然是当前主流的放样方法,该测量方法的优势是技术成熟,比80及90年代的经纬仪配钢卷尺定位放线迅速快捷,精度高等优点,但存在需要测量人员多、受天气、场地条件影响大、不能全过程跟踪等缺点。

随着我国北斗导航系统技术的发展,以此为依托,目前在地质、建筑施工领域,一批科技企业如雨后春笋纷纷成立,这些科技公司已经解决了在管桩施工设备(静力压桩机)和地基加固和止水设备(三轴搅拌机)上安装北斗打桩放线系统,实现设备自行放样对位、精确打桩难题,但在全球施工钻孔灌注桩的主流设备-旋挖钻机上,却未能实现该系统的安装。论文主要介绍北斗打桩放线系统在旋

挖钻机上的安装步骤及在具体桩基项目上的应用,希望对测量人员和设备制造人员有所启发。

2 北斗打桩放线系统简介

北斗打桩放线系统是利用RTK(Real Time Kinematic)技术、无线通信技术、计算机技术等现代新技术的控制系统,在打桩前,在目标项目已知坐标点上设立参考站,将参考站坐标、桩位编号及坐标输入应用服务系统,自动生成桩位图;打桩时,桩机操作人员按照移动终端中显示的桩机位置,移动桩机,对准桩位图的桩位,确定桩位;施工过程中实时监控并记录施打位置,根据移动终端上的位置偏差提示调整桩机位置,所有施工数据上传至应用服务系统;施工完成后自动生成施工原始记录及桩位偏差图,施工过程可监控、可追溯,施工数据及成果可共享^[1]。系统主要包含以下功能:

①实时获取当前打桩机与桩基位置的相对距离。

②支持桩基CAD地图导入功能,避免了繁杂的桩基点位添加,一次性将区域内全部桩基点位导入软件。

【作者简介】郭军海(1973-),男,高级工程师,从事基础工程项目管理和测量相关研究。

③实时语音提示桩机距离下一目标桩位的距离,引导桩基操作手精确打桩。

④可视化的图形界面,直观易懂的操作界面,降低了操作的难度。

⑤系统具有 CORS 功能,在 CORS 覆盖区域内可以直接接入 CORS 系统数据进行高精度定位作业。

⑥在无 CORS 覆盖的区域,可选配基准站+电台模式进行打桩作业。

3 工程实例应用

3.1 项目情况简介

武汉某桩基工程 2017 年 5 月开始施工,该项目桩基分两个标段,我司施工一标段,该标段包括一栋超高层写字楼 T2(桩数 231 根)、两栋住宅楼 1#(桩数 210 根)和 2#(桩数 170 根)及周边地下室工程桩(桩数约 1279 根),桩基础形式采用钻孔灌注桩,桩径 800~1000mm 不等,桩数 1890 根桩,工期 90 天,项目夜间 22:00—6:00 不能施工,共计投入 11 台旋挖钻机,单机工作效率 2 根/日,总工期 90 天,开工日期 2017 年 5 月 17 日。

该项目工期紧,施工投入设备多,桩基测量放样采用传统的全站仪配合极坐标法进行测量放样,测量工作强度较大。通过对在该项目施工的 1 台徐工 XR-280 旋挖钻机进行设备分析,成功实现了在该钻机上安装北斗云打桩放线系统,在对操作手进行简单培训后,对该钻机施工的 2 号楼约 100 根灌注桩采用该打桩系统由钻机操作手利用终端显示器进行了自行放样定位,通过与全站仪测量结果对比,桩位放样的精度满足施工要求,实现了旋挖钻机“自动放线”的功能,通过项目开挖后竣工偏差验收情况看,偏位情况符合设计和规范要求^[2]。

3.2 利用北斗打桩放线系统具体实施步骤

本桩基项目北斗打桩放线系统安装及具体测量实施步骤流程图见图 1,各步骤具体内容及需要注意问题阐述如图 1 所示。

3.2.1 收集图纸和控制点坐标

①向甲方收集测量控制点资料、总平面图和桩基平面图纸质版及电子版,在桩基图上对图纸进行编号,编制工程定位测量记录。

②将桩基平面图通过总平面图中标注轴线交点坐标进行平移旋转和缩放命令,确保桩基图纸坐标系统和总平面图一致。

③同时核对甲方移交控制点坐标和图纸坐标系统是否一致,确保控制点的准确性和坐标系统统一。

④复核无误后,利用 CAD 查询坐标功能或其他插件,获取桩位坐标,并以 CSV 格式(桩号,空格,Y 坐标,X 坐标))

进行保存并导入到控制终端 SD 的存储卡中,为放样桩位坐标做好前期准备^[3]。

3.2.2 基准站设置

基准站主要包括基准站接收天线、基准站接收机、电台天线,基准站和电台天线底部均设有自吸式底盘,可以和铁质金属表面紧密结合,基准站接收天线设置在集装箱顶部,要保证稳固,不发生移动。基准站的启动采用北斗打桩系统研发的手机版“测量基础软件”APP 进行,采用蓝牙模式将手机和基准站配对连接成功后,打开测量基础软件,待当前卫星状态显示为“单点”,单击“启动基站”完成基准站启动工作,基站启动工作必须在手机 APP 上进行。如图 2 至图 4 所示。

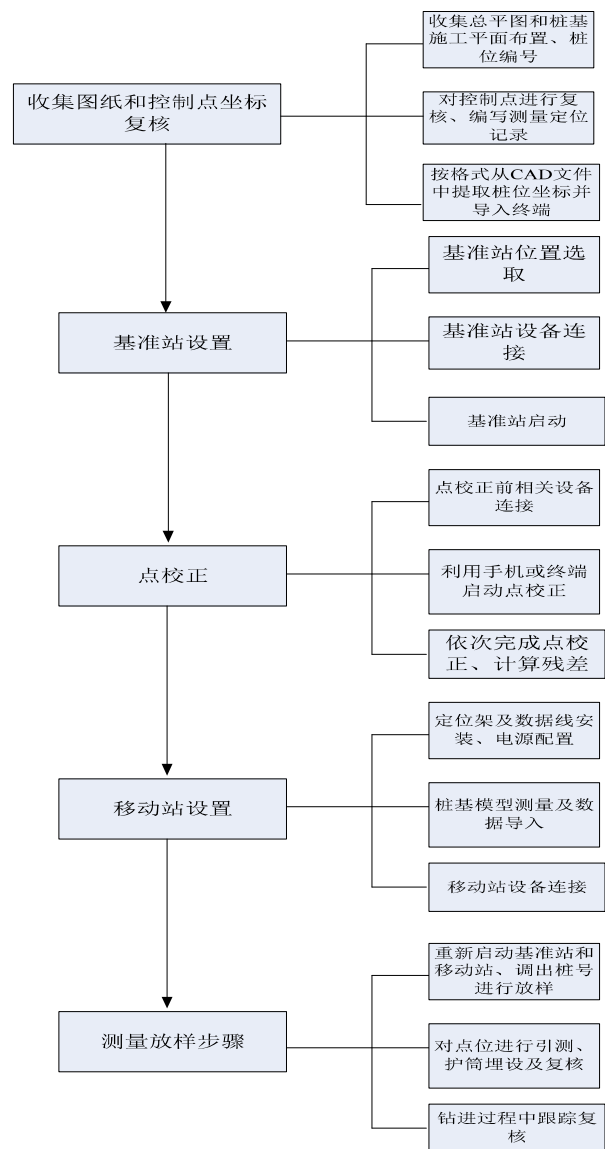


图 1 实施步骤流程图



图2 基准站接收天线



图3 基准站连接图

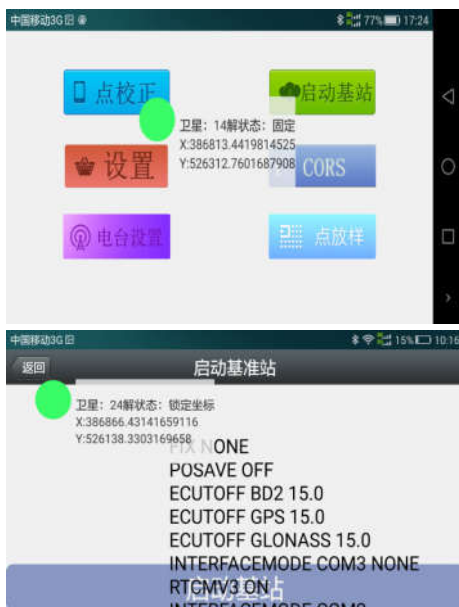


图4 基准站启动界面

3.2.3 点校正

在基准站设置成功后,即可以对甲方提交三个控制点

依次完成“点校正”工作,该项工作涉及的设备包括:基准站接收天线、基准站接收机、操作终端、电台天线,对中杆具体步骤为将移动站接收机、电台天线和接收天线及对中杆依次连接并架设完毕→启动手机“测量基础软件”APP通过蓝牙连接移动站接收机→逐步添加控制点完成点校正工作并计算残差→待残差结果符合精度要求则完成点校正工作,需要说明的是,点校正工作既可以在手机APP上完成,也可在操作终端上完成,如在手机上完成则需要将点校正后的坐标数据输入操作终端上,输入较为麻烦,且数据容易输错,所以点校正工作最好是在手机蓝牙连接移动站成功后,直接利用操作终端完成点校正工作。如图5、图6所示。



图5 点校正



图6 点校正数据

3.2.4 定位托架及定位架安装

在钻机大臂背面顶端转向接头下将定位架托架采用焊接方式将托架固定在大臂上。托架由1块水平托板(600mm×120mm×8mm)、4块三角形缀板(200mm×120mm×8mm)、1块焊接立板(600mm×200mm×8mm)焊接组成,支撑托架通过立板上6个Φ30焊接孔与钻机大臂焊接。

测量接收天线定位架由3根矩形管焊接拼制而成。矩形管顶部上端部中心位置钻设测量天线螺杆固定孔、螺杆出入孔、天线出入孔；矩形管侧面钻设钢丝绳出入孔，天线出入孔。通过螺杆将测量接收天线定位架与支撑托架连接，两侧的三角形缀板上钻有钢丝绳出入孔，该孔与在矩形管侧面正面钢丝绳出入孔配套使用，保证固定杆发生意外情况是不致直接跌落地下伤人，而是被钢丝绳活性连接，悬挂在支撑托架上，形成保护。如图7、图8所示。



图7 托架安装



图8 定位架安装

3.2.5 桩基模型测量

通过桩基模型测量，测得钻杆中心与主天线和副天线的位置关系，这种位置关系必须在钻杆严格处于调垂状态下，才准确可靠。

所谓桩基模型测量，其实质是在钻机钻杆调成垂直状态下，通过全站仪分别测量安装在定位架螺杆固定孔上的两个棱镜及钻杆中心处棱镜三个位置的相对坐标，从求得主天线、副天线和钻杆中心（即抱桩机中心）的几何位置关系，需要说明的是定位架上天线螺杆尺寸是国际通用的，它能够同时保证与测量天线及棱镜稳固连接，棱镜的安装必须在大

臂倒下后进行，测量完毕后将测量结果对应填入终端显示器桩基模型界面中即可。如图9、图10所示。

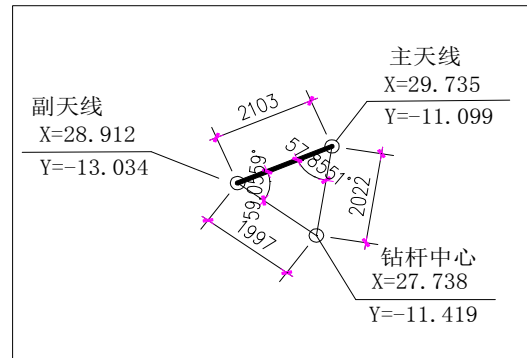


图9 模型几何关系



图10 模型数据输入

3.2.6 移动站安装

桩基模型测量完毕后，将钻机倒下，将定位架上安装在天线螺杆的测量棱镜卸下，依次换上主、副接收天线，分别用两根线缆将定位架上已安装的天线与操作室内移动接收机连接，完成移动站设置。如图11、图12所示。



图11 定位架上安装天线



图 12 线缆布设

3.2.7 桩位放样

在完成以上步骤后,即可利用北斗打桩系统进行桩位放样,具体步骤为:

①对施工作业区进行平整及硬化处理,硬化的方法为包括铺设混凝土、砖渣、钢板或路基板,场地平整硬化的目的是保证旋挖钻机钻杆能够迅速调整到垂直状态同时保证钻机行走时处于安全状态。

②在 1~6 步骤完成后即可启动操作终端,在系统中查找预先导入的桩位桩号,开始桩位放样工作,刚开始寻找粗略点位时,钻机可以不必严格保持垂直状态,一旦接近放样位置,为保证放样精度,必须采用钻机自带调垂系统将钻杆调整至垂直状态,钻机在操作终端的提示指引下,当放样的精度达到要求且系统发出放样完成提示音后,完成钻机的定位。

该项目桩基工程 2 号楼部分桩定位数据举例如图 13、图 14 所示:



图 13 Z2-13 号桩放样数据



图 14 Z2-12 号桩放样数据

3.2.8 桩位复核

①桩位完成放样后,因旋挖钻机施工桩基一般需埋设钢护筒,需要将钻杆中心位置引至地面,并将通过卷尺或定位棒将其引出,并作两定位引桩,便于钻机在埋设护筒时使用。

②根据旋挖钻机自身特点,采用钻压结合,利用两定位引桩进行复核,保证护筒埋设准确。

③护筒位置复核。护筒埋设完毕后,为验证北斗云打桩系统桩位放样的准确性,可以采用两种方法进行验证。

第一种方法是先利用全站仪通过定位架或木方在护筒上对桩位重新进行放样,并留下标记,然后进行旋挖钻机调垂,并打开北斗云打桩系统,将钻头中心对准全站仪测量的桩位标记,在北斗云打桩系统上调出桩位编号,即可直接显示偏差情况。

第二种方法与第一种方法顺序刚好相反,它是在护筒埋设完毕后,先用安装的北斗云打桩系统重新通过定位架或木方上对桩位重新进行放样,并留下标记,再用全站仪直接测量,也可获得偏差大小。

本项目中采用第一种方法,获得全站仪放样和北斗云打桩系统的数据,对比两种方法放样的误差,发现偏差与理论坐标相比,误差均在 2cm 以内,证明利用北斗云打桩系统进行放样切实可行。

该步骤在项目实施过程中选取 5 根桩采用全站仪测量进行数据对比,确定了北斗云打桩系统放样精度满足施工要求。对比数据见表 1。

3.2.9 钻进过程中复核

由于该项目孔深达 60m,在护筒定位完成后,在施工钻进过程中,采用北斗云定位系统随时对桩位情况进行跟踪复核,及时调整,确保竣工后桩位偏差符合要求。

4 项目基坑开挖后竣工偏差验收情况

2 号楼在土方开挖后,在经过桩头破除、桩面清理、垫层施工及桩头锚固筋调直后,由施工单位先对桩位进行自检,自检可采用全站仪或 RTK 进行,在邀请第三方进行检测前,总包单位必须在垫层上弹好相关轴线,施工单位必须准备好桩基施工平面图,标明桩位与轴线的关系,第三方检测时应积极配合,当第三方检测数据与自检数据出入较大时,应认真分析原因,现场及时提出,保证检测数据的准确性^[4]。验收情况总结如下:

①该项目 2 号楼总计 183 根桩,桩径 900mm,根据《建筑地基基础工程施工质量验收标准(GB50202-2018)》要求,对于 $D < 1000\text{mm}$ 的泥浆护壁钻孔桩,桩位允许偏差要求不大于 $70\text{mm} + 0.01H$ (H 为桩基施工面桩设计桩顶的距离),该项目 H 约为 20m,偏差要求 $\leq 27\text{cm}$,桩偏位检测按 100% 比例进行。

② 2 号楼由 2 台旋挖钻机施工完成,其中 3 号机旋挖

表 1 全站仪和北斗打桩系统放样数据对比复核表

	测量时间	理论		全站仪				北斗云打桩系统			
		X	Y	X全	Y全	▲X	▲Y	X北	Y北	▲X	▲Y
Z2-12	2017.6.18	386814.022	526339.831	386814.018	526339.835	-0.004	0.004	386814.037	526339.838	0.015	0.007
Z2-1	2017.6.23	386815.943	526337.934	386815.946	526337.938	0.003	0.004	386815.944	526337.943	0.001	0.009
Z2-13	2017.6.25	386815.919	526341.753	386815.923	526341.756	0.004	0.003	386815.927	526341.742	0.008	-0.011
Z2-131	2017.6.27	386806.620	526352.830	386806.625	526352.827	0.005	-0.003	386806.601	526352.847	-0.019	0.017
Z2-4	2017.6.27	386821.634	526343.699	386821.630	526343.704	-0.004	0.005	386821.638	526343.672	0.004	-0.027

钻机施工 99 根桩, 在安装北斗云打桩系统前有 19 根桩采用全站仪放样, 安装后共计 80 根桩采用北斗云打桩系统放样, 根据建筑工程质量监督检验测试中心提供的 2 号楼桩位偏差检测报告汇总后发现, 利用北斗打桩系统进行放样的 80 根桩桩位检测中仅有一根桩偏差超过 100mm, 为最 Z62 号桩, 偏差达 140mm, 其他均小于 100mm, 符合规范及设计要求。

③该测试中心提供的桩偏位检测, 其桩的实际中心是按钢筋笼中心进行量取, 而非按照桩顶混凝土中心测量, 桩偏位检测采用弹线后利用卷尺测量的方法进行。

2 号楼验收见图 15, 项目地下室全貌见图 16。

5 结语

通过在某桩基项目旋挖施工设备上, 成功安装北斗打桩放线系统, 实现了在旋挖钻机一种测量放线方法的突

破, 通过最终验收情况来看桩位竣工偏差结果是满足设计要求的, 但在具体实践中, 仍发现有以下不足:

①该系统仅解决了桩位平面放样问题, 高程仍然需要借助全站仪或水准仪辅助测量。

②受北斗云打桩系统自身精度, 结合天气、设备、测量操作人员等因素影响, 目前该打桩系统的放样精度仅为厘米级, 约为 2~3cm, 距离毫米级高精度打桩仍有一定距离。

③在科研项目开展过程中, 虽然实现了在旋挖设备上安装北斗云打桩系统, 但由于旋挖设备施工的桩基, 大部分是需要下置钢护筒的, 在系统完成定位后, 下置护筒前, 仍需将桩位中心位置人工引测至地面, 比较繁琐, 而在管桩或三轴设备定位后无需下设护筒可以直接施工, 这也是目前旋挖设备上没有进行大量推广使用安装该打桩系统的主要原因之一。



图 15 2 号楼验收



图 16 项目地下室全貌

参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局与住房和城乡建设部.GB 50202—2018 建筑地基基础工程施工质量验收标准[S].北京:中国计划出版社,2018.
- [2] 宁津生,陈俊勇,李德仁,等.测绘学概论[M].武汉:武汉大学出版社,2006.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局与住房和城乡建设部.GB 50026—2020 工程测量标准[S].北京:中国计划出版社,2020.
- [4] 郭军海,熊涛,彭杰,等.北斗打桩系统在旋挖钻机上的安装和应用[J].山西建筑,2020(1).