

文章编号: 1674—8247(2020)04—0100—05  
DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.04.020

## 浅析螺杆桩在铁路路基工程施工中的应用

胡晓军 何玉先

(中国水利水电第八工程局有限公司, 长沙 410000)

**摘要:**现浇螺杆桩作为一种新型的桩基,在铁路路基地基处理施工中得到广泛推广和应用。在桩基施工过程中,现浇螺杆桩采用桩机钻具旋转挤压土体并泵压混凝土成桩。与打入式预制桩相比较,其施工噪音低、无振动、对已施工的桩基无影响;与全螺旋钻、普通泥浆护壁成孔的灌注桩相比较,其无泥浆污染和弃土问题。本文结合新建吴忠至中卫铁路路基地基处理采用螺杆桩加固的试桩工程实践,将螺丝钉比钉子更加牢固的理论充分运用在工程实践中,使螺纹桩基在软基处理过程中的优点在工程实际中得以实现。

**关键词:**螺杆桩;桩基;路基;施工;试验

中图分类号:TU473.1<sup>+</sup>4 文献标志码:A

## Application of Screw Pile in Railway Subgrade Engineering Construction

HU Xiaojun HE Yuxian

(China Water Conservancy and Hydropower Project No. 8 Engineering Bureau, Changsha 410000, China)

**Abstract:** As a new type of pile foundation, cast-in-place screw pile has been widely popularized and applied in railway subgrade foundation treatment. In the process of pile foundation construction, the cast-in-place screw pile is formed by rotating the pile driver into the soil and then pump the concrete into the hole drilled to form a pile. Compared with driven precast pile, it is featured by low construction noise, no vibration and no influence on the constructed pile foundation; Compared with the cast-in-place pile with twist drill and regular mud retaining wall, it has no mud contamination and waste soil problems. Based on the test pile practice of screw pile in subgrade of the new Wuzhong-Zhongwei Intercity Railway, this paper fully applies the theory that screws are stronger than nails in engineering practice, and demonstrated the advantages of screw pile foundation in soft foundation treatment in engineering practice.

**Key words:** screw pile; pile foundation; subgrade; construction; test

### 1 工程概况

#### 1.1 地理位置

新建吴忠—中卫铁路 DK 1+515.8~DK 2+464.00、DYK 2+000~DYK 2+619.00 段路基,线路中心最大填高 6 m。工点地貌属黄河冲积平原区,地

形平坦,地势开阔,地层主要为第四系全新统人工填土、冲积粉质黏土、粉土、砂类土及细圆砾土<sup>[1]</sup>。

#### 1.2 主要工程数量

DK 1+515.8~DK2+464, DYK 2+000~DYK 2+619.00,螺杆桩地基处理线路长度为 1.5672 km。螺杆桩地基处理工程数量统计如表 1 所示。

收稿日期:2019-12-20

作者简介:胡晓军(1980-),男,高级工程师

引文格式:胡晓军,何玉先.浅析螺杆桩在铁路路基工程施工中的应用[J].高速铁路技术,2020,11(4):100-104.

HU Xiaojun, HE Yuxian. Application of Screw Pile in Railway Subgrade Engineering Construction[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 100-104.

表1 螺杆桩工程数量表

序号	处理方式	起始里程	终止里程	长度/m	根数/根	延长/m
1	螺杆桩	DK 1 +515.8	DK 2 +464	619	3 994	71 954
2	螺杆桩	DYK 2 +000	DYK 2 +619	948.2	4 402	80 086

2 试桩目的、内容及要求

2.1 试桩目的

- 通过成桩性工艺试验,可达到以下目的:
- (1)通过螺杆桩的工艺性试验,复核地质资料和设备、施工工艺、施工顺序的合理性<sup>[2]</sup>。
  - (2)通过试桩工艺确定施工过程中工艺流程要点的控制,提高施工人员的操作熟练程度。
  - (3)检验选定的施工设备和施工工艺是否合理。
  - (4)对螺杆桩的承载性能进行研究<sup>[3]</sup>。

2.2 试桩内容及要求

试桩设置在 DK 1 + 800 ~ DK 1 + 840 段,根据设计图纸要求,螺杆桩桩身采用 C20 混凝土。

螺杆桩几何断面“上部为圆柱型,下部为螺丝型”,直杆段长度不宜小于桩长的 1/3,螺纹段直径等于直杆段直径,螺牙宽度 50 ~ 60 mm,螺牙端部厚度约 50 mm<sup>[4]</sup>。

试桩位置选取在原桩位进行,现场设置 2 排试桩,每排 3 根,总共 6 根,每根桩长 19 m。桩间距 2 m,桩位布置如图 1 所示,具体桩位编号及每根桩的施工参数如表 2 所示。

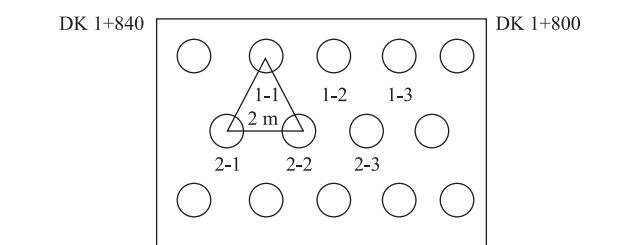


图1 桩位布置图

表2 试桩参数表

试桩号	施工参数		
	钻进速度/(m/min)	成桩提拔速度/(m/min)	泵送压力/MPa
1-1 号	根据地层情况确定	2.0	7.4
1-2 号		2.0	7.42
1-3 号		2.5	7.5
2-1 号		2.0	7.4
2-2 号		2.0	7.4
2-3 号		2.5	7.42

现场施工前,按设计要求进行配合比试验。施

工过程中,严格按照配合比配制混合料。混合料搅拌采用搅拌站拌和机集中拌和,原材料质量检验合格,混合料拌合时间控制在 60 ~ 120 s,坍落度控制在 160 ~ 200 mm。

3 施工组织安排

3.1 人员和设备

- (1)组织机构和人员配备
- 本次螺杆桩基试桩在监理单位监督旁站下进行。施工单位成立了以总工程师为组长的领导小组,项目部分负责人和分部总工参加,现场技术员实施。
- (2)施工安排
- 按照设计图纸要求,结合项目现有机械设备和现场施工条件,经认真分析研究,螺杆桩施工机具设备配置、人员计划、测量及试验仪器的资源安排如表 3 ~ 表 5 所示。

表3 主要机具设备配置表(台)

序 号	设备名称	用途	数量	备注
1	螺杆桩钻机	成孔	1	良好
2	混凝土运输车	混凝土运送	3	良好
3	推土机	整平场地	1	良好
4	全站仪	测量放样	1	良好
5	水准仪	测量放样	1	良好
6	砼输送泵	泵送砼	1	良好

表4 人员计划表(人)

序 号	工种	人数量	备注
1	施工负责人	1	负责全面施工组织协调工作
2	路基工程师	2	负责施工现场技术工作
3	试验员	4	负责试验工作
4	测量人员	4	负责测量工作
5	钻机操作手	3	负责螺杆桩钻机操作及维修保养
6	施工配合人员	10	配合现场施工作业

表5 测量及试验仪器表(台)

序号	仪器	型号	数量
1	全站仪	LeicaTS02	1
2	水准仪	Leica DNA03	1

3.2 施工用电

工程现场配备发电机进行临时用电,满足钻机施工机械等电器设备的安装、维修、操作等需求,电工等级必须满足相应要求。

3.3 施工用水

施工用水优先考虑采用地下水,地下水不能满足要求时,考虑水车拉运、水车供水,水源采用附近无侵蚀性等满足要求的水源。

3.4 场地测量

- (1)根据涉及图纸及设计文件要求,对桩位平面

图及主要桩位轴线,采用全站仪进行放样,确定桩位。

(2)根据现场地形,测量地面标高,最终确定设计桩顶标高。

3.5 试验材料

现场桩基原材料检测试验需采用的材料有水泥、水、碎石、粉煤灰、外加剂等。

3.6 内业要求

- (1)现场施工技术人员应及时填写施工原始资料。
- (2)施工记录填写的原始资料内容应真实、准确、完整。

4 施工技术要求

- 螺杆桩的施工技术要求为:
- (1)螺杆桩几何断面“上部为圆柱型,下部为螺丝型”,直柱段长度不宜小于桩长的 1/3。
  - (2)螺丝段外径等于直杆段直径,螺牙宽度 50 ~ 60 mm,螺牙端部厚度约为 50 mm,根部厚度约为 100 mm,螺距与桩径之比约为 1:0.6 ~ 1。
  - (3)桩身采用 C20 混凝土,28 d 桩身混凝土标准抗压强度不得低于对应混凝土强度等级的轴心抗压强度设计值。
  - (4)为保证混合料顺利输送,施工中采用强制式搅拌机,坍落度控制标准为 60 ~ 200 mm。

5 施工方案

5.1 成孔工艺流程

成孔工艺流程为:钻孔机就位调平→制备灌注混合料→钻至设计深度→桩机反向旋转提升钻杆并泵送混合料→均匀拔管至桩顶→移钻孔机,如图 2 所示。

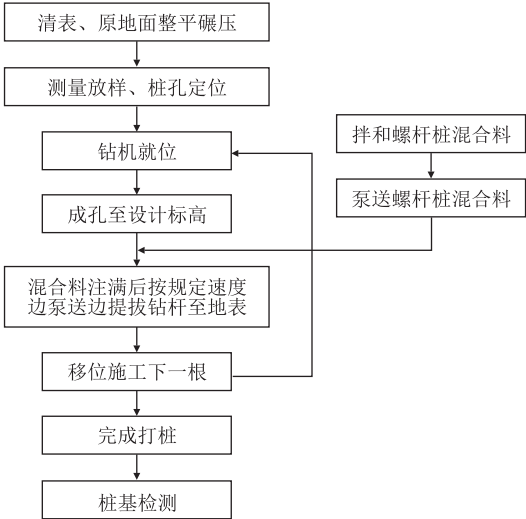


图 2 螺杆桩施工工艺流程图

5.2 螺杆桩施工方法

- (1)施工准备工作
  - ①准备场地的工程地质资料、水文资料和桩基施工图,调查附近的地下管线,了解主要施工机具和配套设备的技术性能参数和施工工艺,落实建筑材料的供应。
  - ②进行场地的“三通一平”。保证场地通水、通电、通路,对施工场地应进行平整处理,确定测量基准点。
  - ③按施工图纸实地进行桩孔中心位置的放线,并按施工顺序对桩位进行编号。

- (2)施工顺序

桩的施工顺序应根据桩间距和周围建筑物的情况,按流水法分区考虑施工顺序。

- (3)成孔与成桩

成孔时,首先使桩机的桩头垂直对准备施工的桩位,螺杆桩机就位后必须调直、调平并稳定牢固,确保成孔垂直度。桩位偏差小于 50 mm,垂直度允许偏差不大于 1%。确认桩位无误后,启动桩机,下钻过程中保持均匀的下钻速度。螺旋杆桩机自控系统严格控制钻杆下降速度和旋转速度,使二者匹配,要求钻杆旋转 1 圈,螺杆钻下降 1 个螺距,在土体中形成螺纹,当钻至预定的设计深度后停钻。

与此同时,用输送泵将混凝土通过高压管路输送到螺旋钻杆内管并压到钻头。螺杆桩桩机反向旋转提升螺杆钻杆,提钻过程中,螺杆桩自控系统严格控制螺杆钻杆提升速度和旋转速度,螺杆钻杆旋转和提升速度应保持同步和匹配,要求螺杆钻杆旋转 1 圈,钻杆上升 1 个螺距。此时,高压混凝土填充,螺杆钻杆旋转提升产生了带螺纹空间,当钻杆提到螺纹部分顶面的设计高度时,螺杆钻杆再次正旋转或直接提升,同时钻头泵出高压混凝土钻杆直接提升产生了带圆柱空间直至顶设计高,最终灌注形成“上部为圆柱,下部为螺纹”的螺杆桩<sup>[5]</sup>。

混凝土必须连续施工,每根桩的浇注时间按初盘混凝土的初凝时间控制,对浇注过程中的一切故障均应记录备案。控制最后一次灌注量,桩顶不得偏低,必须保证暴露的桩顶混凝土达到强度设计值。提钻时钻头到达一定的位置可停止泵压混凝土,由钻杆内的混凝土继续充填至桩标高。螺杆灌注桩桩顶标高至桩帽顶面 0.4 m 范围内不灌注混凝土,桩顶伸入桩帽 10 cm,桩顶以下 1.5 m 范围内用插入式振捣棒振捣密实,不需要截掉桩头。螺杆桩施工过程如图 3 所示。

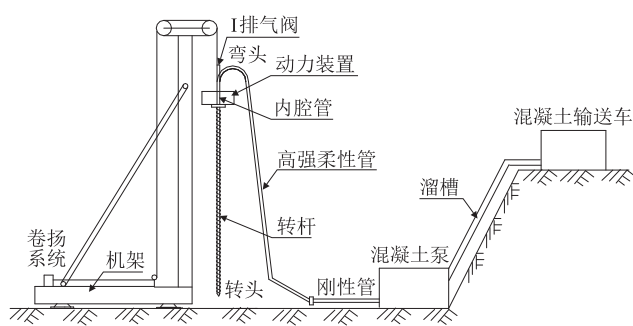


图3 螺杆桩施工过程图

## 6 施工质量控制

螺杆桩施工质量控制要求如下:

- (1) 施工前应对地下水进行复测检查。
- (2) 应按照设计的桩位、桩长、桩数、混凝土设计量和试验确定的参数进行现场施工。
- (3) 应按设计配合比拌制水泥浆,拌制好的水泥浆旋转时间不得超过2 h。
- (4) 施工中应对螺杆桩钻杆进行测量,同时做好施工记录,检查孔深是否满足设计要求。
- (5) 施工时钻杆的旋转速度与提升速度应保持一致,混凝土的泵送量要与钻杆的提升速度协调<sup>[6]</sup>。
- (6) 当出现钻杆跳动、机械摇晃、钻不进尺等异常情况时应立即停车检查。
- (7) 施工过程中,桩位(纵横向)偏差应小于5 cm,最后成桩的有效直径及桩长不得小于设计值,桩身垂直度偏差按照不超过1%控制。

## 7 施工工艺参数

通过对螺杆桩工艺试桩施工过程的监控和分析,确定施工工艺参数如下:

- (1) 确定了混凝土坍落度需控制在160~220 mm才能满足规范和现场施工的要求。现场坍落度检测频率为3次/台班,实测出坍落度为195 mm、190 mm。
- (2) 通过工艺试验确定提拔速度应控制在2.6~3.2 m/min,成桩过程应连续进行,应避免出现停机待料。在提升钻头达到一定位置时,应停止泵送混凝土施工,采用钻杆内的混凝土充填至桩标高,严禁先提钻后泵料和直提钻杆,确保成桩质量<sup>[7]</sup>。
- (3) 试验段螺杆桩桩径为0.4 m,灌注1 m所需混凝土方量为0.125 6 m<sup>3</sup>,通过工艺试验测出,实际灌注1 m所需混凝土方量为0.13 m<sup>3</sup>。
- (4) 现场配备1名管理人员,1名技术人员,1名

机长和7名操作人员。采用液压步履式螺旋钻孔机1台, HBT60S型混凝土泵1台, KHI300-14柴油发电机1台,罐车2台。机械设备、人员配置等能满足施工需要。

(5) 根据地质条件,钻机钻进7转/min,单根成桩时间约为30~50 min。

(6) 钻机钻孔至设计桩基位置后,开始为螺纹段泵送混凝土施工。钻杆反转向提升1.5 m位置,钻机显示器提醒泵送混凝土,泵送混凝土4~5次后,继续向上提升钻杆,每提升15 m泵送混凝土3次,直到提升至设计1/3桩长处的直圆段。接着钻杆开始正转提升,每提升1.5 m泵送3次混凝土,直到提升至设计桩顶位置。

(7) 桩基承载力和路基地基沉降检测结果均满足设计要求<sup>[8]</sup>。

## 8 结束语

在吴忠-中卫铁路路基地基处理过程中,通过对螺杆灌注桩施工机械与设备、施工工序及成桩工艺的试桩实践,发现采用螺杆灌注桩处理地基,具有环保效果好、桩身质量可靠、施工工序简化、施工效率高、适用范围广的特点,可作为地基加固的一种处理方式,广泛适用于淤泥质黏土、黏土、粉质黏土、粉土、砂土层、粒径小于30 mm的卵石层及强风化岩等的地基处理<sup>[9]</sup>。

## 参考文献:

- [1] 莫瑞玻. 螺杆灌注桩施工技术在建筑工程中的应用[J]. 广西城镇建设, 2011(7): 80-82.
- MO Rui-bo. On Construction Technology of Screw Bored Piles Applied in Projects[J]. Cities and Towns Construction in Guangxi, 2011(7): 80-82.
- [2] 孙文怀, 张元冬, 魏厚峰, 等. 螺纹桩在软弱地层中的应用[J]. 华北水利水电学院学报, 2009, 30(3): 74-76.
- SUN Wenhui, ZHANG Yuandong, WEI Houfeng, et al. Application of Screw Pile in Weak Strata[J]. Journal of North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, 2009, 30(3): 74-76.
- [3] 徐学燕, 于琳琳, 刘复孝. 滚压成型灌注螺纹桩承载性能研究[J]. 土木建筑与环境工程, 2011, 33(3): 19-24.
- XU Xueyan, YU Linlin, LIU Fuxiao. Bearing Capacity Behavior of Roll Forming Filling Screw Pile[J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2011, 33(3): 19-24.
- [4] 李波扬, 吴敏. 一种新型的全螺旋灌注桩-螺纹桩[J]. 建筑结构, 2004, 34(8): 55-57.
- LI Boyang, WU Min. A New Screwed Filling Pile: Screwed Pile[J]. Building Structure, 2004, 34(8): 55-57.
- [5] 沈保汉, 王凤良. 螺杆灌注桩施工技术[J]. 建筑技术, 2010,

41(5): 417-419.

SHEN Baohan, WANG Fengliang. Construction Technology of Screw Rod Filling Pile[J]. Architecture Technology, 2010, 41(5): 417-419.

[6] 闭历平, 方崇, 张信贵. 新型螺杆灌注桩的施工工艺与质量控制措施[J]. 西部探矿工程, 2006, 18(12): 15-16.

BI Liping, FANG Chong, ZHANG Xingui. Construction Technique and Quality Control Measures for a New Kind of Screw Grout Pile[J]. West-China Exploration Engineering, 2006, 18(12): 15-16.

[7] 秦永军, 张亦凡. 全螺纹灌注桩施工质量控制[J]. 科技信息, 2009(11): 655.

QIN Yongjun, ZHANG Yifan. Full Thread Filling Pile Construction Quality Control [J]. Science & Technology Information, 2009(11): 655.

[8] 王京汉, 黎光明. 螺纹桩桩基承载力静载与高应变检测对比分析[J]. 工程建设, 2007, 39(1): 14-17.

WANG Jinghan, LI Guangming. Analysis of Comparing Static Loading Test with Dynamic High Strain Testing for Screw Pile Foundation[J]. Engineering Construction, 2007, 39(1): 14-17.

[9] 李秀华, 从卫民, 岳晨曦, 等. 新型螺杆灌注桩的技术性能及工程应用[J]. 江苏建筑, 2013(3): 82-84.

LI Xiuhua, CONG Weimin, YUE Chenxi, et al. Technical Performance and Engineering Applications of the New Cast-in-Place Concrete Pile with Half-screwed[J]. Jiangsu Construction, 2013(3): 82-84.

(上接第59页)

[5] 邓刚. 高海拔寒区隧道防冻害设计问题[D]. 成都: 西南交通大学, 2012.

DENG Gang. Investigation of Frost Protection Design for Tunnels in High Altitude Cold Regions [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2012.

[6] 魏星星, 郑波, 王仁杰. 季节性冻土隧道冻害机理分析及防冻探索[J]. 现代隧道技术, 2018, 55(2): 44-50.

WEI Xingxing, ZHENG Bo, WANG Renjie. Frost Damage Mechanisms and Anti-freezing Measures for Tunnels in a Seasonally Frozen Soil Region [J]. Modern Tunnelling Technology, 2018, 55(2): 44-50.

[7] 马晓良, 董新平. 寒冷及严寒地区隧道冻害发生机理及防治[J]. 地下空间与工程学报, 2014, 10(S2): 1996-1999.

MA Xiaoliang, DONG Xinping. The Frost Damage Mechanism and Countermeasures for Tunnels in Cold Regions[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2014, 10(S2): 1996-1999.

[8] 张旭珍. 关角隧道排水设施冻害原因分析及处理方案研究[J]. 铁道建筑, 2016, 56(3): 86-89.

ZHANG Xuzhen. Study on Freezing Damage of Drainage Facility Cause and Treatment Scheme for Guanjiao Tunnel [J]. Railway Engineering, 2016, 56(3): 86-89.

[9] 张羽, 张涛. 基于温度场的季冻区隧道冻胀机理和综合防冻技术[J]. 公路, 2016, 61(6): 294-298.

ZHANG Yu, ZHANG Tao. Mechanism of Tunnel Frost Heave in Seasonal Frozen Zone Based on Temperature Field and Comprehensive Anti-freezing Technology [J]. Highway, 2016, 61(6): 294-298.

[10] 高焱, 朱永全, 赵东平, 等. 隧道寒区划分建议及保温排水技术研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2018, 37(S1): 3489-3499.

GAO Yan, ZHU Yongquan, ZHAO Dongping, et al. Study on Classified Suggestion of Tunnel in Cold Region and Thermal Insulation-considered Drainage Technology [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2018, 37(S1): 3489-3499.

[11] 王占宇, 储江伟, 刘秀. 高海拔隧道热固型材料防冻保温层厚度的隔热效果仿真分析[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2018, 37(4): 15-20.

WANG Zhanyu, CHU Jiangwei, LIU Xiu. Simulation Analysis on the Thermal Insulation Effect of the Thickness of the Thermosetting Thermal Insulation Layer in High-Altitude Tunnel [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science), 2018, 37(4): 15-20.

[12] 朱琴生. 高原高寒特长铁路单线隧道机械化施工配套技术应用[J]. 中国设备工程, 2017(10): 147-148.

ZHU Qinsheng. Application of Complete Set of Technology for Machinery Construction of Extra-long Single-track Tunnels in Plateaus and Alpine Regions[J]. China Plant Engineering, 2017(10): 147-148.

[13] 吕康成, 马超超, 吉哲, 等. 寒区隧道环向排水管的条带保温及温度场分析[J]. 地下空间与工程学报, 2013, 9(2): 304-308.

LV Kangcheng, MA Chaochao, JI Zhe, et al. Analysis on Stripe Insulating Layer for Ring Drain Pipe of Tunnel in Cold Region and Its Temperature Field [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2013, 9(2): 304-308.

[14] 贾辉. 气象要素对寒区隧道温度场影响及纵向分区研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2016.

JIA Hui. Study on the Influence of Meteorological Elements on the Temperature Field of Tunnel in Cold Region and Longitudinal Zoning [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2016.