

防渗墙接头管拔管数据采集系统研究及应用

谢文璐 巨伟涛 张旻 张忠华 曾理

中国葛洲坝集团市政工程有限公司, 湖北 宜昌 443002

[摘要] 拔管法施工的关键技术在于起拔时间和起拔压力的控制, 现阶段主要是通过现场试验和以往工程经验进行控制, 不稳定因素多。通过开发防渗墙接头管拔管数据采集系统, 与先前手工记录数据方法相比, 本系统采集的数据既能满足实时采集和检测数据, 又能更加完整的记录和显示拔管整个过程的压力变化, 位移变化, 压力-位移变化关系、结合现场槽段内的混凝土面高程数据, 为起拔时间和起拔压力的控制研究提供最直接的数据, 适应了拔管施工定量化和智能化的发展方向。

[关键词] 防渗墙; 接头管; 数据采集系统

DOI: 10.33142/ec.v4i6.3847

中图分类号: TV5;TU9

文献标识码: A

Research and Application of Data Acquisition System for Joint Pipe Pulling of Cutoff Wall

XIE Wenlu, JU Weitao, ZHANG Min, ZHANG Zhonghua, ZENG Li

China Gezhouba Group Municipal Engineering Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract: The key technology of pipe pulling construction is the control of pulling time and pressure. At present, it is mainly controlled by field test and previous engineering experience and there are many unstable factors. Through the development of the data acquisition system for the pulling out of the joint pipe of cut-off wall, compared with the previous manual data recording method, the data collected by this system can not only meet the real-time collection and detection data, but also more completely record and display the pressure change, displacement change, pressure displacement change relationship in the whole process of pulling out, combined with the elevation data of the concrete surface in the groove section, which provides the most direct data for the control research of pulling time and pulling pressure and adapts to the development direction of quantitative and intelligent pulling construction.

Keywords: cutoff wall; joint pipe; data acquisition system

1 概述

防渗墙作为经济有效的垂直防渗体系, 接头施工是保证防渗墙防渗效果和施工质量的关键工艺。拔管法作为一种成本低、工效高、施工质量好的防渗墙接头施工工艺, 现阶段广泛运用于防渗墙施工中。而拔管法施工的关键技术在于起拔时间和起拔压力的控制, 现阶段主要是通过现场试验和以往工程经验进行控制。由于施工中种种不确定性因素, 如导墙承重破裂、拔管机故障或起拔时间控制过晚等, 导致未能及时起拔, 将出现“铸管”事故, 轻则延误工期, 增加施工成本, 重则影响防渗墙施工质量和防渗效果, 给工程带来巨大的影响。因此, 加强对拔管施工过程中起拔时间和起拔压力的控制研究, 实时收集拔管过程中的压力、时间数据、槽内混凝土面高程数据, 是拔管施工定量化和智能化发展亟需解决的重大课题。

2 防渗墙拔管施工数据采集系统开发

基于现阶段拔管法的施工工艺、施工方法以及施工机械, 以及拔管过程中的时间参数、拔管机行程参数和起拔压力参数为目标, 开发智能拔管数据采集装置, 实时收集拔管机行程和起拔压力、槽内混凝土面高程等数据, 并形成与时间相关和互相关的数据资料。本装置的硬件结构主要包括主控 MCU, 压力传感器, 位移传感器、槽内混凝土面高程探测器等部分组成, 软件结构包括 MCU 程序, 计算机端程序。

2.1 硬件组成

本装置的硬件结构主要包括主控 MCU, 压力传感器, 位移传感器以及槽内混凝土面高程探测器等部分组成, 软件结构包括 MCU 程序, 计算机端程序。主控 MCU 包括 4-20mA 变送器, 位移编码器, 电源模块, 通信接口, 储存模块, 控制按钮, 液晶屏幕等, 工作负担主要集中在采集通信与存储。拉绳式位移传感器, 压力传感器、槽内混凝土面高程探测器通过数据线与主控 MCU 连接并传输数据, 主控通过数据线与主机电脑连接。

2.1.1 主机

经过多次现场测试以及与现场技术人员的交流，最终将拔管位移传感器、压力传感器以及混凝土面高程探测传感器集合在一个主机上实现。该主机主要以混凝土面高程探测测试为主，兼顾拔管位移及拔管压力数据采集。



图1 测试主机

2.1.2 位移测量传感器的选择



图2 拉线式位移传感器

优点：结构紧凑，测量行程长，尺寸小，精度高，柔性牵引绳连接，安装精度要求低。增量方波接口输出，可直接采集处理。缺点：恶劣工作条件下担心牵引绳强度。

2.1.3 液压压力传感器选用

液压压力变送器，配合三通接入液压管路，使用 4-20mA 转换后与主控电路通信进行数据采集。

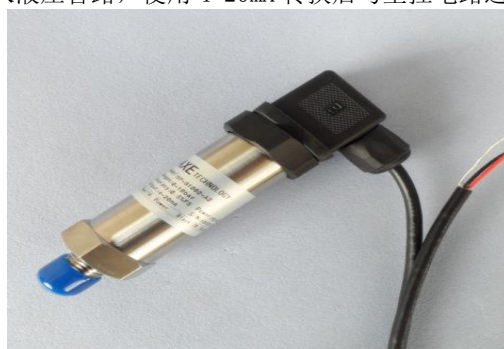


图3 压力变送器

2.1.4 混凝土面高程传感器选用

槽内混凝土高程传感器，采用自主设计。通过探测器在不同介质间的电流不同，区分不同介质，并反演不同介质相应的高程数据。

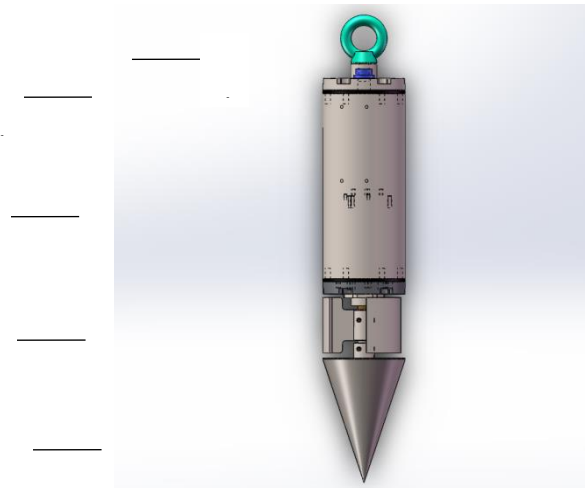


图4 高程传感器设计图与实物图

1-黏度测试头；2-防水壳；3-阻力翼；4-防水数据插头；5-钢索固定位

设备由前部可旋转黏度测试头，防水外壳、数据插头等组成，防水外壳可保证水下 100m 密封；钢索固定位用于吊索的固定；阻力翼减少转动时因反扭力引起的吊索扭转。

3 防渗墙拔管施工数据采集系统应用

3.1 拔管压力及位移数据采集与分析

3.1.1 试验槽孔信息

仪器调试完毕后，共测量一期槽四组槽段拔管数据，其基本信息如下表 3-1 所示：

表1 试验各槽段基本信息

序号	对应槽段	起止桩号	槽孔长度(m)	验收孔深(m)	开浇时间	终浇时间
1	F115	635+575.1~635+567.9	7.20m	77.50m	2016.02.25 16:13	2016.02.26 14:26
2	F113	635+587.9~635+580.7	7.20m	77.08m	2016.02.28 06:10	2016.02.29 01:32
3	F111	635+600.7~635+593.5	7.20m	76.90m	2016.02.29 19:46	2016.03.01 13:33
4	F109	635+613.5~635+606.3	7.20m	76.70m	2016.03.03 12:45	2016.03.04 07:40

3.1.2 现场拔管数据分析

(一) 根据采集数据可以看出，起拔力的大小和起拔时间、混凝土初凝时间和浇筑速度有关，从数据可以看出起拔力随着混凝土龄期及拔管历时的延长有降低的趋势。造成这种情况的原因有三：第一，混凝土面下接头管长度越长，混凝土对接头管的摩擦力也就越大；第二，接头管自重对起拔力的影响，随着接头管的拆卸，起拔力也越来越小；第三，由于混凝土对接头管的水平侧向推力，接头管位置越深，则混凝土对接头管产生侧推力越大。

(二) 通过对采集数据的分析，可大致将拔管过程分为三个阶段：初拔阶段，开仓后 7~8 小时，达到拔管条件。该阶段特点：拔管压力会随着时间推移而升高，混凝土面下接头管埋深增高。此阶段拔管压力一般处于 7~10MPa；随后来第二阶段：稳定拔管阶段。该阶段特点：拔管压力在本阶段达到峰值，拔管效率较高，本阶段拔管压力处于 10~16MPa 之间，混凝土面下接头管埋深基本保持不变。第三阶段——终拔阶段，一般开始收仓后至全部拔管施工结束。此阶段特点：随着槽段混凝土浇筑完毕、接头管的拆卸，槽内混凝土面不再上升，拔管压力会随着时间的减小，拔管效率也较高。当拔管压力降低到 3~4MPa 左右后，其余接头管待达到脱管龄期时由吊机拔出。

(三) 接头管底部应始终控制在混凝土中。因此槽内混凝土面高程数据的实时、精确采集就显得尤为重要。

3.2 槽内混凝土面高程数据采集

3.2.1 试验槽孔信息

F12 号槽长 7m，槽宽 1m，起止桩号为防 0+67.0~0+74.0，槽孔平均深度 52.79m，最大深度 53.45m。该槽段于 2019 年 5 月 19 日 17:00 开仓，至 2019 年 5 月 20 日 11:40 收仓，总计浇筑混凝土 (C30W10) 477m³。

3.2.2 试验槽段数据采集及分析

统计分析,不同介质中,探测器检测到的电流值不同,有明确的范围区间,而且不同区间没有数据交叉,因此可根据此电流值,作为区分介质的依据。采用该检测方法可明确区分不同黏度介质。

现场测试时,与人工采用铅锤手动采集的混凝土面高程数据进行了对比,如下表2所示:

表2 不同方法测试混凝土面高程对比

采样点	设备采集值 (m)	人工测试值 (m)
1	31.18	32.5
2	29.80	31.0
3	28.5	30.0
4	26.89	28.0

由表3-4所见,设备采集分析的数据与人工测试值相当接近。而且设备采集数据过程中,还能通过不同介质对应的电流值,侧面描绘出槽段内泥浆、混浆层、混凝土层的相对厚度,为下一步的拔管智能控制提供研究参数及参考。

4 研究结论

(1)由采集数据可以看出,起拔力的大小和起拔时间、混凝土初凝时间和浇筑速度有关,从数据可以看出起拔力随着龄期及拔管历时的延长有降低的趋势。造成这中情况的原因有三:与接头管在砼面以下深度有关系,混凝土对接头管的摩擦力随着深度增加而增加;接头管自重对起拔力的影响,随着接头管的拆卸,起拔力也越来越小;混凝土对接头管的水平侧向推力,使得接头管下至位置越深,产生侧推力越大,也会造成起拔力变大。

(2)通过对采集数据的分析,可大致将拔管过程分为三个阶段:初拔阶段,开仓后7~8小时,达到拔管条件。该阶段特点:拔管压力会随着时间推移而升高,砼面下接头管埋深增高。此阶段拔管压力一般处于7~10MPa;随后来到第二阶段:稳定拔管阶段。该阶段特点:拔管压力在本阶段达到峰值,拔管效率较高,本阶段拔管压力处于10~16MPa之间,砼面下接头管埋深基本保持不变。第三阶段一终拔阶段,一般开始收仓后至全部拔管施工结束。此阶段特点:随着槽段混凝土浇筑完毕、接头管的拆卸,槽内砼面不再上升,拔管压力会随着时间减小,拔管效率也较高。当拔管压力降低到3~4MPa左右后,其余接头管待达到脱管龄期时由吊机拔出。

(3)设备采集分析的槽段内混凝土面高程数据与人工测试值相当接近。而且设备采集数据过程中,还能通过不同介质对应的电流值,侧面描绘出槽段内泥浆、混浆层、混凝土层的相对厚度,为拔管智能控制提供研究参数及参考。

(4)拔管施工数据采集装置可以系统、连续的收集拔管施工过程各项主要参数,又数据化的表现了拔管施工人员的施工过程,为改进拔管施工技术,简化拔管施工操作流程,提供重要的数据支持。

(5)通过数值模拟与现场试验数据的对比,验证了采用ABAQUS软件进行数值模拟的可靠性。

(6)考虑浮力的作用系数 c 、土体的有效摩擦系数 f_1 以及混凝土的有效摩擦系数 f_2 的不同取值对起拔力的影响作用,进行了相应的敏感性分析。结果表明:在考虑浮力作用时可有效减小起拔力;从最不利情况考虑,不计浮力作用时,起拔力对土体有效摩擦系数 f_1 较为敏感,而对混凝土有效摩擦系数 f_2 并不敏感。

【参考文献】

[1]范志军,张欢.防渗墙接头处夹渣原因分析及处理[J].东北水利水电,2021,39(2):23-24.

[2]王树生,王海艳,张铁生.高海拔地区深覆盖层防渗墙施工技术浅析[J].四川水利,2020,41(5):41-43.

作者简介:谢文璐(1987-),男,湖北省天门人,汉族,大学本科学历,中级工程师,研究方向市政工程施工、水利水电工程施工;巨伟涛(1988-),男,陕西岐山人,汉族,大学本科学历,中级工程师,研究方向水利水电工程施工、市政工程施工、道路桥梁施工;张旻(1987-),男,湖北省汉川人,汉族,大学本科学历,中级工程师,研究方向市政工程施工、水利水电工程施工;张忠华(1985-),男,湖北省兴山人,汉族,大学本科学历,中级工程师,研究方向市政工程施工、水利水电工程施工;曾理(1986-),男,湖北省兴山人,汉族,大学本科学历,中级工程师,研究方向市政工程施工、水利水电工程施工。