

## 地下连续墙数据化管控及信息化施工

时景华 汤效 任晓敏 周广亮 陈雪鹏  
中建八局轨道交通建设有限公司, 江苏 南京 210046

[摘要] 变局已至, 奋楫者先。我们正在面临一场由传统建筑向智慧工地数字建筑转变的历史变革, 而施工生产的数据化、信息化应用便是通向这场数字建筑盛会的入场券。地下连续墙施工作为地下工程基坑支护体系中最为重要的一环, 是我们践行积极策划、严控成本、强抓质量、高效履约管理承诺的第一步。若借数字建筑之风, 人尽其才, 地尽其利, 物尽其用, 货畅其流, 其时不过二十载, 当与建筑诸雄中流击水三千里。

[关键词] 地下连续墙; 数据化; 信息化

DOI: 10.33142/ec.v7i6.12089

中图分类号: TU753.6

文献标识码: A

### Data Based Control and Information Construction of Underground Continuous Walls

SHI Jinghua, TANG Xiao, REN Xiaomin, ZHOU Guangliang, CHEN Xuepeng

China Construction Eighth Engineering Division Rail Transit Construction Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210046, China

**Abstract:** The situation has changed, and those who work hard will take the lead. We are facing a historical transformation from traditional architecture to smart construction site digital architecture, and the digitization and informatization application of construction production is the ticket to this digital architecture grand event. The construction of underground continuous walls, as the most important part of the underground engineering foundation pit support system, is the first step for us to fulfill our commitment to active planning, strict cost control, strong quality control, and efficient management. If we take advantage of the trend of digital architecture, allowing people to make the most of their talents, the land to benefit, the resources to be utilized, and the flow of goods to be smooth, it will only last for twenty years, and we will be at odds with the mainstream of architecture for three thousand miles.

**Keywords:** underground continuous walls; dataization; informatization

#### 1 选题理由

##### 1.1 大势所趋

变局已至, 奋楫者先。“十四五”时期是建筑行业转型发展的关键期, 也是数字建筑发展的重大机遇期。基础设施建设作为建筑行业构建新发展格局的重要阵地, 在与先进制造业、新一代信息技术深度融合发展方面有着巨大的潜力和发展空间。数字建筑是新一代信息技术、先进制造理念与建筑业全链条全周期全要素深度融合的产物, 是支撑提升建造水平和建筑品质、助推建筑业转型升级的重要引擎。

随着城市化进程的加速和基础设施建设的不断深入, 地下连续墙作为一种常见的基坑支护结构, 在城市轨道交通、高层建筑等领域得到了广泛应用。为了提高地下连续墙的施工质量、降低工程成本、保障施工安全, 数据化管控及信息化施工管理显得尤为重要。

#### 2 实施过程

地下连续墙施工管理的实施, 共分为4个阶段。

##### 2.1 管理策划

从施工场地布置、施工进度计划制定、施工过程监控、施工数据收集以及施工数据分析和纠偏等角度出发, 明确地下连续墙施工管理目标和管理方法。

##### 2.2 组织实施

从施工准备工作至地墙缺陷整治完成, 全面落实各项施工管理目标和管理方法, 收集施工过程数据及开挖过程中地墙缺陷数据。

##### 2.3 过程检查

在施工过程中, 对施工数据进行对比、分析, 提出改进措施, 制定优化方案。

##### 2.4 总结成效

对施工过程中数据与开挖过程中地墙缺陷问题进行整理、比对, 分析产生的原因, 总结施工经验。

#### 3 项目管理策划

##### 3.1 管理策划

根据地下连续墙开工条件的相关规定, 全面考虑, 统筹规划, 注重细节, 编制地下连续墙开工条件验收销项清单, 集成在线文档, 实时更新, 工作任务完成情况一目了然, 下一步工作重点清晰明确, 致力于施工准备工作信息资源整合与共享。

##### 3.2 实施策划

###### 3.2.1 施工参数数据化

在施工前, 制定详细的施工方案和作业流程, 明确了各阶段的任务和工期安排, 充分考虑了可能影响工期的因

素,同时根据工程特点,针对地下连续墙施工相关的每一项工序,将施工参数如墙体深度、泥浆比重、作业时间、充盈系数等进行数据化处理。

### 3.2.2 过程管理档案化

工欲善其事必先利其器,项目部在规划之初便将 NAS 系统纳入到智慧化工地建设的蓝图之中。在 NAS 系统中将各体系资料分门别类地存档,将碎片化的信息依据部门、内容等集成到相应的文件夹中,查阅方便,同时它的操作方式与电脑无异,上手无门槛。项目管理人员可以通过 PC 端或者移动端实现多人同时上传、下载、查阅,以及在线实时编辑系统存储的资料,为项目实时体系联动、信息共享、资源运用等提供了精准助力,为项目信息化施工提供了便捷而高效的数据支撑,收到了非常显著的成效。

### 3.2.3 统计分析再提升

通过对地下连续墙施工数据的分析,识别出潜在问题和不足之处,进而优化施工工艺和施工方法,实现施工质量和施工工艺的稳步提升。

### 3.2.4 施工过程全监控

利用智慧工地监控系统、现场实时监控“巡逻者”对地下连续墙施工过程进行实时监控,包括成槽作业、泥浆换浆、钢筋笼吊装、混凝土浇筑等情况,收集施工过程珍贵影像资料,针对现场异常情况及时复盘,查找问题根源,采取弥补措施消除后续隐患,同时积累施工经验,及时调整施工参数,优化施工作业流程,规避同样问题。

同时,智慧工地智能监控系统会自动巡视、自动识别场地范围内存在的安全隐患问题,及时通过手机短信、手机 APP 的形式推送给项目管理人员。智能识别的及时性从一定程度上保障了现场作业的安全,扫清了安全管理工作时间、空间上的盲角,相应的也减轻了项目管理人员现场安全管理工作的负担,提高了安全监督管理工作的效率和效果。

## 4 过程控制与监管

### 4.1 泥浆配置

在地下连续墙施工工艺中,泥浆的质量决定了护壁泥浆的效果,对地下连续墙成槽质量、槽段稳定及地下连续墙混凝土质量起到决定性作用。尤其是穿越③夹层黏质粉土夹砂质粉土这种砂性较重的上海地区典型地质不良层段,如何提高泥浆护壁效果,避免在地下连续墙开挖过程中砂质粉土流变破坏泥浆护壁,导致地墙夹砂、含泥量增大、形成通缝甚至墙体断桩等现象,一直以来都是困扰上海地区地下工程施工作业的一大难题。

项目从试成槽作业开始,在每幅墙施工过程中分类收集成槽前、中、后泥浆指标,结合对应的每幅地墙施工质量,通过对比分析,找出优化调整泥浆性能的方向,不断修正参数,在之后的施工过程中用以指导泥浆制备,提高泥浆护壁效果,达到稳步提升地下连续墙施工质量的目的。

### 4.2 成槽质量检测

地下连续墙成槽作业完成后,首先采用超声波对地墙端头和侧壁进行自测。通过超声波图谱,可以直观地看出该幅地墙的成槽质量。根据超声波图谱和超声波检测报告所反映出的数据情况,及时采取换浆、清孔、补抓、铣槽等措施对症下药,有效解决成槽过程中的质量瑕疵,确保钢筋笼顺利吊装就位以及地下连续墙浇筑完成后的成槽质量。

### 4.3 成墙质量分析——浇筑曲线

在地下连续墙浇筑过程中,通过收集浇筑方量、混凝土面理论上升高度、实际上升高度等数据,绘制混凝土浇筑曲线。通过分析浇筑过程中理论高度与实际高度的偏差,判断地下连续墙浇筑质量。

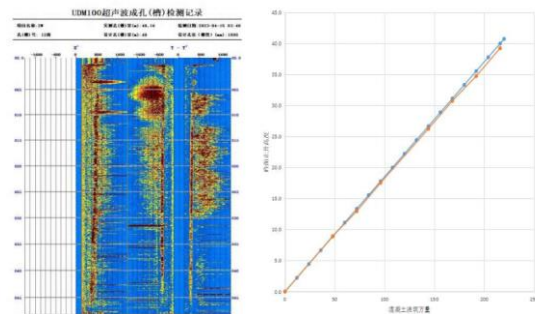


图1 超声波图谱及浇筑曲线

### 4.4 成墙质量分析——施工时间参数及充盈系数

在地下连续墙过程控制及最终成墙质量评价中,使用较为广泛的方法是通过成槽、钢筋笼吊装、换浆、混凝土浇筑4个施工过程所用时间,以及混凝土浇筑充盈系数等5个指标进行统计,构建时间参数直方图,列出同时2个指标超过2倍标准差范围以外的地墙进行重点复查。通过复盘追溯施工过程中造成参数偏差的细节,分析存在的质量问题。以浦东大小盾构转换井数据为例,地下连续墙施工时间拆解如下:

表1 地下连续墙施工时间拆解

条目	$\mu^*$	$\sigma$	$\mu - \sigma$	$\mu + \sigma$	$\mu - 2\sigma$	$\mu + 2\sigma$
成槽时间	18.9	5.4	13.4	24.3	8.0	29.7
换浆时间	2.8	1.4	1.4	4.1	0.0	5.5
吊笼时间	2.7	2.1	0.7	4.8	-1.4	6.9
浇筑时间	5.6	1.5	4.1	7.1	2.6	8.6

注1. 在该表格中,  $\mu$  是均值,  $\sigma$  是标准差。

2. 一般情况下,各个槽段的施工时间是相互独立的,也就是上一幅槽段的成槽时间一般不会影响到下一幅槽段的成槽时间。因此各个槽段的分段时间应当服从一个均值  $\mu$ , 方差是  $\sigma^2$  的正态分布。根据切比雪夫定理,对于任意分布数据,75%的数据分布在  $\mu \pm 2\sigma$  范围内,对于正态分布而言,68%的数据在  $\mu \pm \sigma$  范围内,95%的数据应当在  $\mu \pm 2\sigma$  范围内。据此,可以筛选出  $\mu \pm 2\sigma$  范围以外的数据作为异常值进行重点复查。

#### 4.4.1 施工时效分析

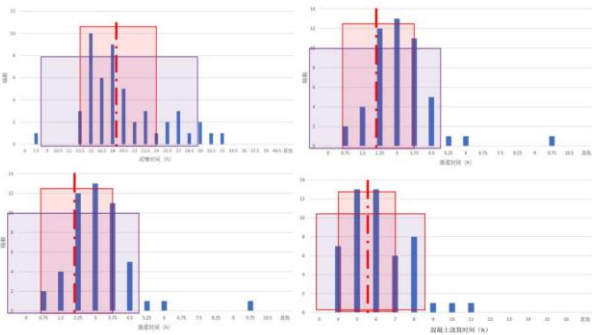


图2 时间参数直方图

以上时间参数分布形态基本正常，单独统计位于 2 倍标准差以外的槽段并分析成因。

#### 4.4.2 异常时间参数分析

钢筋笼吊装时间分布形态异常，非正态分布。且均值时间 2.7h。根据过往施工经验，40~60m 钢笼下放平均时间一般在 6~12 小时。故进一步采用钢筋笼吊装完成时间-成槽完成时间作为新的时间参数进行分析，据此得到如下图所示的分布：

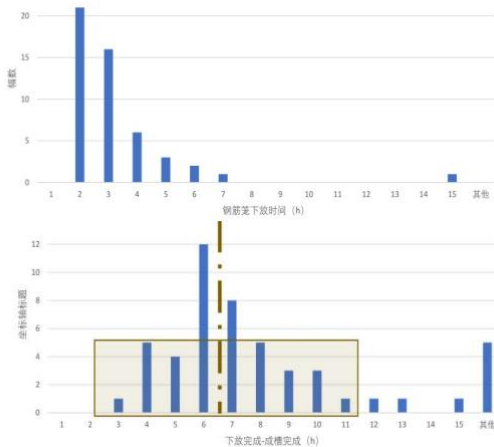


图3 钢筋笼吊装时间参数直方图（钢筋笼吊装完成时间-成槽完成时间）

新构建时间参数形态分布呈现为正态分布，存在部分离群值。均值时间 7.7h，标准差 4.8h。从分布形态上可以看出，受到异常大值的影响，均值偏离分布中心。采用中位数评价，该工程平均钢筋笼下放时间为 6.25h，考虑到该项目场地偏小，行走距离较短，可以认为钢筋笼吊装时间基本正常。

#### 4.4.3 充盈系数分析

根据混凝土浇筑充盈系数统计，本工程充盈系数均值 1.03，标准差 0.04，存在右侧长尾。充盈系数中位数 1.01，控制较好，但不排除局部缩颈的可能性，同时大充盈系数一般也有塌方的可能。

#### 4.4.4 分析总结

根据成槽时效分析和混凝土浇筑充盈系数分析异常情况汇总，优先分析多项指标均异常的槽段。例如：

NW-13 地墙钢筋笼吊装时间、充盈系数两项指标异常，经复查：NW-13 墙钢筋笼吊装时间为 2023 年 6 月 2 日 18:20~2023 年 21:45 分，计 3.4 小时，回查“巡逻者”影像资料，吊装顺利无异常；分析原因应当是前期部分墙槽壁塌方严重，该幅墙进行了旋喷桩槽壁加固，混凝土（未扣除钢筋）理论方量 301.8 方（超灌 30cm），实际浇筑 303 方，充盈系数 1.01，经复查超声波成槽质量无异常，相关指标和参数满足规范要求。

#### 4.5 渗漏展开图

渗漏展开图是针对在基坑开挖过程中地下连续墙存在的渗漏、鼓包等质量缺陷详细的描述与记录，是对地下连续墙施工质量的盖棺定论。与施工过程中各类分析成果相对比，找寻地墙各处质量缺陷存在的真实原因，进而为以后地下连续墙工程施工储备宝贵的施工经验。

### 5 项目管理效果评价与总结

#### 5.1 项目管理效果

(1) 施工过程中综合已完成槽段地下连续墙成槽超声波检测报告、混凝土浇筑曲线以及时间参数、充盈系数，分析地墙可能存在的质量问题，并为后续工作制定相应的处理措施。

(2) 以转换井地下连续墙施工为例，通过多组已施工的数据分析可知地质较差，不可避免地影响成槽质量的结论后，果断做出后续地墙施工前采用旋喷桩进行槽壁加固的决策，加固前后的地墙施工质量对比如下：

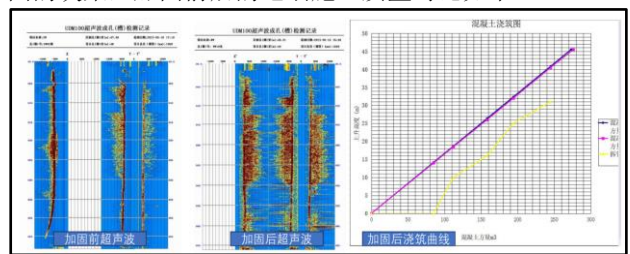


图4 加固前后地墙施工质量对比

从上图对比可以看出，得益于施工数据分析，采用槽壁加固后，有效解决了上部土层塌方问题，超声波检测和混凝土浇筑曲线趋于正常，切实有效地保证了后续地下连续墙施工质量。

#### 5.2 项目管理总结

(1) NAS 系统的应用当属于开创性的，解决了项目施工信息载体的根本问题，在保证数据及时性、真实性、共享性的同时，迅速、便捷地收集施工过程中的各项数据，对项目组织流程化、信息化生产提供了极大的助力，同时也极大地提高了各部门联动的效率，提高了项目的凝聚力和行动力。

(2) 项目实施过程中建立起了完善的信息化管理流程,在将各项工作过程数据化的同时,将流程清晰明快地呈现在每个管理人员的面前,从策划伊始到每一步工作任务的执行、分析、总结,再到产生偏差后的各项调整措施,都有丰富的数据支撑和相应的信息化表达。通过数据分析的应用,研判施工质量,在确保项目可以及时有效地采取措施优化管理,提高施工质量的同时,也为后续施工过程积累了大量宝贵的施工经验。

#### [参考文献]

- [1]胡顺明.项目现场精细化管理工作研究[J].中国建筑装饰装修,2023(19):87.  
[2]张云先.精细化管理在建筑工程监理中的应用[J].建

筑安全,2021(6):90.

[3]吴玲丽,赵茜,谢华刚,等.建筑信息模型(BIM)工程应用文献综述[J].江西建材,2021(7):87.

[4]曹永鹏.BIM技术在地铁车站建设中的应用分析[J].居舍,2019(35):89.

[5]劳晓涛.BIM技术的地铁精细化建筑设计简述[J].门窗,2019(19):87.

[6]魏敬徽,陈英杰,王俊平,等.基于BIM技术的建筑工程施工安全精细化管理研究[J].建筑安全,2020(1):67.

作者简介:时景华(1990—),男,民族:汉,籍贯山东邹城,学历大学本科,职称工程师(市政工程),研究方向为:城市轨道交通地下工程建设。