

数字化技术在污水管网工程的全过程应用研究

卓 壮

(蚌埠市城乡排水有限责任公司, 安徽 蚌埠 233000)

摘要: 随着我国城市化进程加快, 城市排水管网系统的建设也得到了快速发展, 而城市污水管网工程的建设与维护管理一直是排水领域的重要课题。如何有效改善污水管网工程的施工效率与施工质量, 并对其后期进行维护与管理, 已经成为目前污水管网工程建设中的一个重要课题。本文通过分析污水管网工程数字化管理与全过程应用的目的与意义, 运用数字化技术, 以我国东部沿海地区某河流域综合治理一期工程为案例, 探讨了数字化技术在污水管网建设中的作用。实践证明, 运用数字技术来引导城市排水系统的设计、施工、管理, 是提高城市管理水平的重要技术措施。

关键词: 数字化技术; 装配式沉井; 碰撞检查; 模拟分析; 污水管网工程

中图分类号: TU992.3

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.26.026

污水管网是城市正常运转的重要基础设施, 它的作用是将生活污水和工业废水输送到污水处理厂, 对于城市的水环境治理和社会经济的可持续发展具有十分重要的作用。其作为城市排水工程的关键环节, 总投资占比较大。由于管道埋设在地下、分布比较复杂, 加之设计与管理的不到位, 易造成大量的混接、错接。在分流制地区, 部分雨水管道和下水道连通, 下雨时下水道中的水量急剧增加, 从而增加了下游泵站和污水处理厂的工作负荷。以往已有大量的水利模型用于城市排水系统的内涝和溢流问题, 而对数字技术在污水管网设计、施工、运行和管理等方面的研究却很少。本文以某河流域某段一期综合整治工程为实例, 探讨了采用数字化技术进行三维设计、施工技术交底、模拟分析、进度管理、成本管理、运营管理、数字化城市等方面的应用, 以期为今后在污水管网工程建设中应用数字化技术提供一定的参考和借鉴^[1]。

1 建立污水管网工程数字化管理与全过程应用的目的和意义

1.1 系统建设及优化分析

数字化技术能够有效分析、管理和利用城市污水管网的信息, 是管理城市污水网络信息最有效的手段。数字系统的优化过程能为设计者、用户管理者、调度人员和维护人员提供参考, 为制定决策提供依据, 从而使城市排水网络的管理更加科学、有效。数字化管理具有非常丰富的功能。

首先, 利用强大的系统能迅速获得所需信息, 并将所有数据都录入到信息库中。数据编辑功能不仅可以编辑相关数据、图形等, 还可以编辑旋转等操作。通过数字化技术, 可以迅速为用户提供所需的数据, 通过图形化、拓扑化、表达式查询等方式, 使过程更方便、快捷。除以上优势外, 数字化的数据库还能实现对城市污水管网海量数据的自动管理, 建立数据库, 并进行维护和运行。同时, 该系统还具备了统计绘图的功能, 能够直观显示抽象的信息。它的分析能力, 包括缓冲分析、栅

格分析、数字高程分析、网络分析等, 使管理者可以在数据中得到更多的信息, 为城市排水系统的建设提供了便利; 它的职业模式包括预测、评价、规划、模拟和决策; 展示和输出方面, 它能够通过多媒体进行展示, 也能够利用各种媒介来输出排水系统的资讯。

其次, 促进设计优化, 节约投资成本。传统的城市排水系统在技术上仅仅简单考虑了不同的布局, 而没有将相同的设计参数结合起来进行比较, 为了减少成本, 可以采用基于数据模型的方法来优化设计。要对排水管网进行优化, 必须从总体上考虑, 而不能只考虑个别管段, 所以需对城市排水系统进行全面了解。

最后, 促进科学决策和分析。要进行决策分析, 必须要建立一个最优的分析体系, 包括投资决策、事故分析和主要的设计决策。

1.2 建立数字化管理及优化分析系统的实践意义

建立数字化管理及优化分析系统有利于建设城市排水系统图文数据库, 以实现对本系统的全部图纸的管理, 便于用户的日常查询和维修。通过计算机, 能够将有关的管网信息输入到网络中, 从而进行动态的网络管理, 优化城市排水系统的规划与设计, 以及对系统进行分析并制定建模决策。

为强化城市污水管网的管理, 必须采用数字化的管理和分析体系, 对其进行建模和仿真。仿真时, 通过计算机将仿真结果以不同的方式在不同的界面上显示, 为城市排水部门的工作提供了方便。仿真平台可以直观地反映排水管道空间和时间的变化, 从而使管网中的问题面积缩小, 更方便分析和处理问题。

2 工程概况及三维设计概述

我国东部沿海地区某河流域综合治理(某一段)一期工程包括5条分支的污水工程, 建设了73.67km的污水副支管, 管径从DN400到DN1200不等, 其中顶管长度约55.1km, 开挖

埋管长度约 18.57km。总管网 73.67km 的总管线中，顶管施工占 75%，开挖埋管道施工占 25%^[2]。本文主要针对污水管网工程中的数字化技术进行详细探讨。

按照污水管网工程中的沉井结构，将其分解为若干个井片，利用工厂井片的预制和现场管片螺栓的干法连接，形成沉井结构。该组合沉井与常规下水道工程最大的不同之处在于它以组装的形式进行，并且在完成沉井后，沉井顶部的井片可循环再利用，从而增加了下水道工程的经济效益。在深化设计阶段，采用数字技术对沉井进行了深度建模，并对其进行了三维设计。与传统的二维 CAD 设计方法相比，该方法更直观地反映了设计者的设计意图，并便于各方进行深入地设计交流。

其次，利用数字化技术建立的三维模型能较好地反映出各个井段的空间关系和结构需求，为今后的生产、施工提供便利^[3]。通过抽取沉井深度模型，可以准确、清晰地了解各层的混凝土数量、钢筋数量、吊耳数量、混凝土等级、钢筋型号等。利用数字化技术进行三维设计还有一个好处，那就是它的工作原理，只要局部改变，其他的都会自动进行，这样就确保了完整性和可行性。在确定了深化设计的正确性后，就可以从深化设计模式中得到需要的图纸，作为一种安装式沉箱，它的厚度 $t=0.3\text{m}$ ，内径 $D=3\text{m}$ ，深度 $h=6\text{m}$ （设计图纸及模型如图 1）。

3 施工技术交底

新技术的运用，必须对现场的施工人员进行技术交底，一般都是召集所有人到指定的地点开会，由技术人员进行现场讲解，然后各自看资料，这样的技术交底方式是有限制的。由于不同的施工者对图纸的理解不同，很难保证所有的施工人员都能正确理解和掌握施工技术的知识，所以需要更简单、更有效的技术交流。

在实际建设中，采用数字化技术进行技术交底的工程还不多见。利用数字技术的仿真、分析、可视化等特点，能够将施工技术的交底内容以模型、录像的形式呈现出来，让大家更加高效、准确地理解技术交底的内容及其中的概念、原理、施工步骤、施工要点等。

3.1 新建管道与现有管道接驳技术规范

采用数字化技术，对新建管道和现有管道进行了技术交底。根据现场是否存在现有的检测井，选取了相应的连接方法，主

要有两种。

一是当现有管线接驳不存在现有检测井时，应结合施工图纸和现场实际，在管线交叉点，结合已有管径和管头的长度，确定工作井的尺寸和中心位置，采用偏心反向接收井进行顶管连接；二是在现有管驳点存在现有井的情况下，首先采用探掘方法，在已有井外构造边线的基础上，沿顶管轴线与现状井交叉设置工作井，并按设计新建污水管轴线、标高和斜率，灌入混凝土拱形导流槽，在顶管进入逆作井后，先将钻头取出，再通过顶管工作井中的液压缸将其顶入已有的井中。

通过计算机仿真和可视化的数字技术，展示了新管道与已有管道接驳的施工过程，有助于工人了解管道的施工过程，降低由于不了解而导致的操作错误。具体的示范工作包括：在逆作井施工前，首先精确前井位置，对逆作井进行分层施工，然后将混凝土导流槽通入逆作井，将钻头移出，在原井上进行静压取孔，再将其顶板移到原井实现接驳。

3.2 管线施工技术规范

污水管网建设中，往往会对现有管道进行改造，但由于对现有管道精确的数目和位置关系不明确，难以保证设计方案合理可行。该项目位于振安西路和上兴路的交界处，采用数字化技术进行可视化施工方案技术交底，可以实时了解管线的数量、位置、大小等信息，并采用数字化技术进行碰撞检测，根据碰撞检测的结果，需要对电信 $_1 \times 100$ （标高 - 0.95m）、电力 $_1 \times 150$ （标高 - 0.62m）以及电信 $_1 \times 100$ （标高 - 0.26m）3 根管线实行迁改。

通过对现有数字模型的分析，确定了该方案的合理性和可行性，并运用数字化技术进行了技术交底，防止了管道的混接、错接，从而保证了管道的施工质量。将数字化技术运用到污水管道工程中，也有助于有序地布置管道，并能有效地利用地下空间。

4 工程全过程应用分析

4.1 模拟分析

将该系统的数据输入到 Info Work CS 系统中，可以对管道系统的工作进行模拟和分析，并利用数字技术对管网的各种工况进行模拟和分析，从而得到管道、泵站、蓄水池、污水处理厂等结构的水位和流量的模拟值，进而发现管网中的薄弱之处，

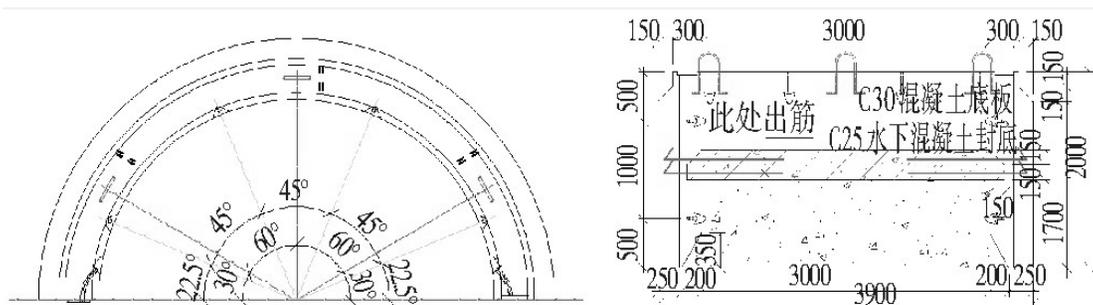


图 1 D=3.0m 装配式沉井下部井片俯视及正视图

并对其进行了设计和优化,提出合理可行的解决方案^[4]。

4.2 进度管理

将已建好的排水管网模型与工程进度计划相结合,构建了4D工程仿真系统。通过对工程实际施工进度的观测,将施工过程中的各个关键环节拍照、记录、上传到数字模型中,利用数字系统的实时性,使参与方能够实时了解施工进度,有利于各方面的协作,提高了建设的效率。根据模拟分析和对比结果,如发现工程实际施工进度与原设计进度有出入,则各施工单位可查看施工过程中的重要节点,查找造成延误的原因,并采取相应的控制措施,保证工程工期在控制范围内。

4.3 成本管理

将已建好的污水管网模型与施工进度、成本关联起来,进行5D施工仿真分析,并依据数值模型中的数据资料,编制出合理的施工方案。在传统污水管网采购过程中,物料的采购仅依据工程数量来估计,无法与施工进度、成本相关联,实现对资源的合理使用。利用5D施工仿真与分析,可以精地分析项目各个时期所需要的施工材料和成本,选择具体的零件,系统会自动形成清单(见表1),再由采购人员按照清单来选择所需要的材料,从而达到更合理、更可控的水平^[5]。

表1 水泥搅拌桩明细

名称	直径/mm	长度/m	合计/根
水泥搅拌桩1	∅800	L1或L2	834
水泥搅拌桩1	∅800	8	758
水泥搅拌桩1	∅800	6	92

注:L1为沉井结构外侧周围止水桩桩长;L2为沉井结构底板下部支撑桩桩长。

4.4 运维管理

随着我国城市建设的迅速发展,各主要城市的污水管网规模不断扩大,管网系统的复杂性也日益提高,以往的人工卡片式和文本数据的存储方式已不能满足城市污水管网现代化管理的要求。如何建立一套完整、准确、高效的运行模型,以满足城市污水管网工程建设的需要,成为城市排水主管和有关人员共同关心的问题。将数字化技术用于污水管道工程的管理和维护,具有如下优势:利用已经建立的数字模型,取代了传统的手工卡片管理和文档管理,既可以方便地获取、储存、管理、显示各类市政网络信息,也可以对城市污水管网工程项目进行有效地监测、分析、评价、模拟、预测等管理及研究工作;在城市下水道的规划中,通过数字技术,可以对整个下水道进行详细的模拟和分析,从而全面评价其对城市的水环境造成的影响,为规划的调整与优化提供理论依据;针对已建成的污水管网系统,利用数值模拟及分析功能,找到问题所在,并给出相应的对策;通过与本地排水GIS等相关的数据库相结合,建立完善的排水系统模型,并通过在线模型实现实时控制,优化

排水泵站的运行,实现最大限度利用系统容量,达到最大的效益;运用数字技术进行运营管理,可以为今后的污水管网工程,地下工程的规划、新建、改扩建等项目提供相应的基础资料和模型资料。

5 结语

综上所述,将数字化技术用于污水管网工程,具有如下优势:(1)采用数字化技术进行三维深度设计,可有效提升设计质量,提高施工效率,降低成本;(2)运用数字技术的仿真分析与可视化功能对工程进行技术交底,可以有效提高工程质量和效率,防止由于技术交底内容不清晰而导致的操作失误和管道混接、错接;(3)采用数字化技术,可以使污水管道项目的工期和费用得到更好的控制;(4)利用数字化仿真分析与应用管理,可有效提升污水管道运营管理的效率与效益;(5)将数字化技术应用到污水管网工程建设中,将有助于提高城市的信息化、智能化,提高资源的利用效率、优化城市管理、提高服务水平、提高居民的生活品质。

随着城市化进程的加快,各大、中型城市政府越来越注重信息技术的应用,建立了自己的信息中心,为城市建设提供了有力的支持。利用数字化模型来记录城市管网的数据,能为城市的数据化、智能化做出贡献,提高资源利用的效率,提高城市的管理水平和服务水平,提高居民的生活品质。总之,将数字化技术运用到污水管网建设项目中,对提高项目的质量、施工效率、经济效益和社会效益都具有重要意义。在现代化城市进程中,运用数字技术对城市的排水系统进行设计、施工、管理,是一种行之有效的技术措施。

参考文献:

- [1] 陈丽君.市政给排水工程中城市污水处理研究[J].大科技,2021,(28):355-356.
- [2] 郑兴灿,尚巍,金鹏康,等.城市污水处理系统运行特性与调控机制[J].建设科技,2021,(13):24-27,31.
- [3] 叶雄明,韩龙伟,周书东,等.BIM在污水管网工程全过程应用研究[J].广东土木与建筑,2020,27(06):76-79.
- [4] 朱立辉,胡琴.数字排水信息化技术在城市雨污水管网普查项目中的应用[J].测绘与空间地理信息,2022,45(06):154-157.
- [5] 郎建军.BIM在污水管网工程全过程应用研究[J].建筑工程技术与设计,2020,(28):2054.

作者简介:卓壮(1987-),男,安徽宿州人,给排水助理工程师,大学本科,主要从事市政污水泵站及污水管网研究。