

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyh.2023.11.061

超长距离钢顶管顶力设计探讨

丛海洋,彭夏军

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:在顶管工程设计中,超长距离顶管顶力设计多依据现行规范,但在工程实践中发现,按现行规范计算所得的顶力与施工中实测的顶力有一定偏差。以苏州阳澄湖地区某市政取水输水项目为例,结合工程中 2 686 m、1 304 m 等数段成功顶管案例,探讨了超长距离钢顶管顶力的设计,并与现行规范进行对比,提出规范中给出的采用触变泥浆减阻,管壁与土体平均摩阻力参考值的修改意见,对今后同类工程具有借鉴和指导意义。通过对目前顶管工程中摩阻力的调研,作为《给水排水工程顶管技术规程》(CECS 246:2008)中触变泥浆减阻管壁与土体的平均摩阻力的修编依据。

关键词:阳澄湖;超长距离钢顶管;顶力计算;平均摩阻力

中图分类号: TU990.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)11-0253-03

0 引言

顶管法施工在市政给排水工程中应用非常普遍,顶管一次顶进长度也屡创新高。目前设计人员在计算顶力时往往依据现行的行业标准和地方标准,但在本项目的工程实际中发现,按照规范计算所得的顶力数值与现场实际测量的顶力数值存在一定偏差,特别是在摩阻系数的选取上。顶管施工中注浆一是起润滑作用,将管道与土体间的摩擦变为管道与触变泥浆的摩擦,泥浆套的形成减小了管道顶进时的摩擦阻力^[1]。王双等^[2]根据土-泥浆-顶管三者的不同作用情况,施工中泥浆套形态分为浆液渗透形态、管段下沉形态、管段悬浮形态、管段上浮形态与管段水平偏转形态,并针对直线顶管中常见的 3 种泥浆套形态分别给出了不同的摩阻力计算公式。如何选定相关参数,对超长距离顶管的顶力计算、中继间设置、纵向稳定、管道壁厚等都有十分关键的意义。

1 工程概况

背景工程为市政取水、输水工程,自阳澄中湖取水,沿沪宁高铁穿越阳澄西湖等至相城区某水厂,设管径为计 2×DN1800(局部 2×DN2000)。工程地理跨度广,建设路径上有道路、湖泊、河流等障碍。管道穿越障碍均采用顶管方案穿越,顶管埋深约 6~12 m,

收稿日期:2022-09-16

作者简介:丛海洋(1988—),男,硕士,高级工程师,从事结构设计工作。

穿越土层有苏州地区典型黏性土、砂土,且部分位于承压水层中。顶管管材为钢管,工具管为泥水式顶管机,管壁与土体间采用触变泥浆减阻。各段顶管设计情况见表 1。

表 1 顶管设计情况汇总

顶管段编号	长度/m	计算阻力/kN	设计顶力/kN
1号	738	15 400	5 000
2号	212	4 700	6 000
3号	248	6 000	6 000
4号	530	13 500	6 000
5号	330	8 600	6 000
6号	2 686	61 000	8 500
7号	340	8 800	6 000
8号	770	16 000	6 000
9号	146	3 400	6 000
10号	368	7 800	6 000
11号	592	12 700	6 000
12号	1 304	27 000	6 500
13号	540	11 300	6 000

2 顶力计算

本文以长度 2 686 m 段顶管为例,本段顶管管道的设计直径为 2×DN2000,壁厚 24 mm,顶管设计中心标高 -9.0 m,埋深约 11 m,顶管穿越土层为⑤粉质黏土夹粉土、⑥粉土夹粉砂、⑦粉砂。管位大部分位于阳澄西湖湖区内,湖面水位标高约 1.36 m。工程施工中采用触变泥浆减阻,设计时根据行业规程^[3]给出的顶力计算公式计算。设计人员在计算顶力时选取了行业规程^[3]中给出的管壁与土体的平均摩阻力 3.5 kPa,并根据该数据计算出中继间等相应参数。通过计算得

到,单节管道能承受的最大允许顶力为 8 663 kN,不选用中继间的管节全长计算阻力为 61 000 kN,而通过计算所得顶管并允许顶力值远远大于管节所能承受的顶力。因此,最终设计取允许顶力为 8 500 kN,并设置多个中继间。

3 顶力实测

顶管现场实际配置的触变泥浆主要由膨润土、纯碱、羧甲基纤维素钠(CMC)、水组成,各成分的配合比为 1 : 0.05 : 0.012 : 5.5,注浆压力在 0.18 MPa。在正常顶进过程中,管节内设置的数个中继间并未开启,现场实测的左线、右线的顶管顶力、管道侧摩阻力与顶进距离数据如图 1 至图 4 所示。

从图 1 可以发现,左线顶管在顶进前段的 500 m 区间内,顶管顶力随顶进距离的增加而增加,顶力绝对值接近 5 000 kN;在顶进长度为 500 ~ 2 000 m 的区间范围内,顶管顶力基本保持在 5 000 kN 上下;当顶进距离超过 2 000 m 时,顶力再次有所增加,顶力绝对值达到 6 000 kN。从图 2 可以发现,左线顶管管道侧摩阻力随着顶进距离的增加呈下降趋势,在 350 m 附近,管道侧摩阻力数值在 1.0 kPa 上下,在 800 m 之后直至 2 686 m,管道侧摩阻力数值基本位于 0.5 kPa 左右。

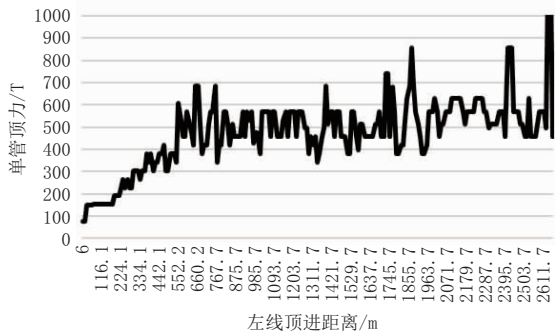


图 1 左线顶力随顶进距离变化曲线



图 2 左线侧摩阻力随顶进距离变化曲线

从图 3、图 4 可以发现,右线顶管的顶管顶力、管道侧摩阻力在趋势、数值上基本与左线相近。图中个别数据拐点为顶管经暂停后重新启动的瞬时顶力,管道静置时间超过 2 d 后,启动时的顶进阻力明显增

加。该数值对顶进顺利实施至关重要,但管道一旦启动,顶进阻力会明显下降。在其他几段顶管内,管道的侧摩阻力基本上在 0.5 kPa 左右,其中 12 号顶进区段单管最大顶力为 5 800 kN,8 号顶进区段的单管最大顶力为 5 500 kN,均小于设计阶段所计算的设计顶力。



图 3 右线顶力随顶进距离变化曲线

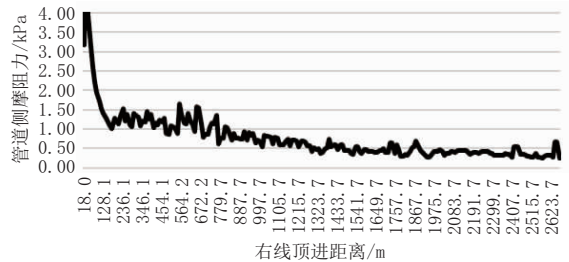


图 4 右线侧摩阻力随顶进距离变化曲线

需要说明的是,图 1、图 3 中在顶进末段均存在几处突变峰值。导致数据突变的主要原因是顶管顶进暂停后重新启动的瞬时顶力较大,而非正常顶进的顶力。

4 对比分析

采用触变泥浆减阻,现行标准规范对管壁与土体的平均摩阻力数值有详细规定,当顶管管材为钢管时,从表 2 可以看出,行业规程^[3]给出的管壁与土的平均摩阻力的数值为 3 ~ 4 kPa,上海市设计标准^[4]中给出的参考值为 2 ~ 4 kPa,上海市施工标准^[5]中给出的参考值为 2 ~ 7 kPa,安徽省顶管规程^[6]中给出的参考值为 3 ~ 4 kPa,均与工程实际测得的数据有一定差别。

从表 2 可以发现,规范给出的最小摩阻力为 2 kPa。若按照此值计算,当顶管顶进长度为 2 686 m 时,计算所得的顶进阻力为 35 550 kN,根据管道截面计算所得允许顶力为 6 500 kN。由于管道自身强度不足,此时需设置中继间。若采用施工实际测得的摩阻力计算,即摩阻力取值为 0.5 kPa,那么该段顶管的总阻力为 9 600 kN,总顶力大大减小,此时可优化管道壁厚或减少中继间数量,从而降低工程造价。

表2 地勘土体参数

项目	数值 /kPa	
行业 - 设计	3 ~ 4	
规范	上海市 - 设计	2 ~ 4
	上海市 - 施工	2 ~ 7
	安徽省	3 ~ 4
工程实际	0.5	

5 结 论

在软土地区长距离顶管工程中,采用触变泥浆减阻技术已非常成熟,多数施工单位有能力控制好管道外壁的侧摩阻力。通过对比分析现场实测数据与各规范条文,本文认为:

(1)在顶管工程设计过程中,按现行标准规范选取钢管管壁与土体的侧摩阻力数值略较保守,不能反映施工过程中的真实情况,设计人员可依据当地成功的工程案例,对采用触变泥浆减阻的钢管管壁与土体的平均摩阻力取值上可作优化,取值可在0.5~1 kPa之间,从而优化管壁厚度、中继间数量等关键参数。

(2)今后规范在修编过程中可对采用触变泥浆减阻的管壁与土体的平均摩阻力取值稍作调整,特

别是钢管与土体的平均摩阻力,以便对实际工程设计有更好的指导作用。

(3)顶管施工顶进过程中,不可避免地要发生过程中断的情况,一旦中断时间较长,启动时的顶进阻力将明显增大,该值的大小决定了中继间的设置数量和是否启动中继间。因此,从施工角度出发,中继间必须按要求设置。但中继间是否开启,可根据实际情况确定。

本文以阳澄湖地区数段顶管的成功案例为基础进行讨论,讨论中并未深入研究管道与土体间的力学作用,也未讨论规范中顶力计算公式的其他参数,仅从设计角度对采用触变泥浆的钢管管壁与土体的平均摩阻力参数上提出见解,希望对设计人员在今后的顶管设计中有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 魏纲,徐日庆,邵剑明,等.顶管施工中注浆减摩作用机理的研究[J].岩土力学,2004(6):90-94.
- [2] 王双,夏才初,葛金科.考虑泥浆套不同形态的顶管管壁摩阻力计算公式[J].岩土力学,2014(1):165-172.
- [3] CECS 246 :2008,给水排水工程顶管技术规程[S].
- [4] DG/TJ 08-2268—2019,顶管工程设计标准[S].
- [5] DG/TJ 08-2049—2016,顶管工程施工规程[S].
- [6] DB34/T 1789—2012,给水排水工程顶管技术规程[S].

(上接第 252 页)

2014,5(20):80-83.

[2] DB/T 159—2012,湖北省地方标准基坑工程技术规程[S].

[3] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,

2009.

[4] 《给水排水工程结构设计手册》编委会.给水排水工程结构设计手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2007.