

灵活运用地基处理方法 解决沉井施工难题

□ 深圳市燃气集团股份有限公司天然气工程建设分公司（518045）黄福升

1 前言

在城市地下管道埋设施工中，不可避免地会遇到需穿越诸如已有公路、铁路、河流、原有地下管线、箱涵等障碍物。新建管线要穿越这些障碍物除具备条件的可采用大开挖或跨越通过外，一般得采用顶管或定向钻穿越。采用顶管穿越时，需要在顶管两端首先施工工作井和接收井（统称顶管作业井）。作业井的支护方式可根据地形地质条件、井位所处环境、井深等因素的不同采用不同的施工方法，如可采用沉井法、逆作法护臂支护、大开挖放坡支护等。我司天然气高压燃气管道工程就遇到了大量顶管穿越工程，上述作业井的支护方式均有用到。作业井开挖机支护施工常常会遇到各种困难，我司专业人员通过技术创新、灵活运用各种地基处理方法，解决了施工中遇到的许多难题。下面以某标段顶管作业井—沉井施工的实例，阐述如何灵活运用地基处理方法，解决沉井施工中所遇到的难题。供今后类似的沉井工程施工参考。

2 过铁岗水库顶管作业井—沉井施工遇到的问题

过铁岗水库顶管工作井采用沉井方式，沉井深度17m，井位邻近铁岗水库和机荷高速，周边环境主要为荔枝林，主要工程地质条件：

- 0.00m ~ 0.50m为填土，干，松散；
- 0.50m ~ 5.20m为冲积粉质粘土，稍湿，硬塑；
- 5.20m ~ 8.30m为中粗砂，饱和，较密实；

8.30m ~ 19.00m为砾质粘性土（花岗岩风化残积土）；

19.00m以下为强风化花岗岩。

该工作井在施工过程中遇到以下2个问题：

问题1：在沉井施工接近底部时，由于井壁自重、基地土因开挖时扰动和被地下水浸泡承载力较小，井壁自动下沉，每天的沉降量超出实际施工深度40cm~70cm。在沉井接近封底深度时，井壁的超沉量越大。施工单位不知如何解决和控制沉降问题。承担沉井设计的某设计院也未能提出解决方法。同样的问题在广州的某沉井施工中也曾经遇到过：沉井施工到设计井深时，无法制止井壁自动沉降，井深已经超过设计深度6m（沉井造价平均米超过10万元），还在继续下沉，不知有什么办法解决这个问题。

问题2：在解决问题1，制止了沉井自动下沉后，该井在封底时又遇到了另外的难题：由于沉井深度过大（深度17m）、井内地下水压力大，井底土质受浸泡后变得较松软，沉井内的土体在水压的作用下自动上涌，施工单位尝试各种方法想清除井内虚土均不奏效，土方挖出多少，又涌出来多少，井内虚土总是保持有4m多厚。无法清除虚土，该沉井也就无法封底，不封底就无法进行接下来的顶管作业。该沉井面临废弃。

3 井壁自动下沉原因分析

沉井深度17.0m，在开挖到接近底部时，由于井壁自重而产生超实际开挖深度自动下沉40cm/天 ~ 70cm/天。沉井自动下沉原因分析如下：

3.1 沉井自重

计算参数：井壁厚度 $D=0.7\text{m}$ ，沉井内径 $D_1=8.0\text{m}$ ，外径 $D_2=9.4\text{m}$ ，井深 $H=17\text{m}$ ，钢筋混凝土比重 $d=2.6\text{t/m}^3$

$$\begin{aligned}\text{沉井自重: } W &= 1/4 \pi (D_2^2 - D_1^2) \cdot H \cdot d \\ &= 1/4 \times 3.14 \times (9.4^2 - 8.0^2) \times 17 \times 2.6 \\ &= 845.2 \text{ (T)}\end{aligned}$$

3.2 地基承载力 F_1

沉井基底为花岗岩风化残积的粘性土，由于受挖井过程扰动并被地下水浸泡，沉井刃脚处地基承载力大大降低，承载力 $f_a=100\text{kPa}$ （ 10t/m^2 ）

$$\begin{aligned}\text{地基承载力 } F_1 &= \pi (D_2^2 - D_1^2) \cdot f_a \\ &= 3.14 \times (9.4^2 - 8.0^2) \times 10 \\ &= 764.9 \text{ (t)}\end{aligned}$$

3.3 沉井侧壁摩阻力 F_1

由于沉井侧壁开挖尺寸大于沉井外壁，因此侧壁摩阻力取0。

计算结果： $W > F_1 + F_2$

上述简单计算可以看出，沉井自重（ W ）大于地基承载力（ F_1 ）与沉井侧壁摩阻力（ F_2 ）之和，所以沉井出现自动下沉。

4 灵活运用，解决沉井施工难题（难题1）

由于该处地表土质良好，主要为硬塑状的粉质粘土，承载力较高，经现场察看后，我们提出在沉井顶部增加冠梁：使其构造钢筋与沉井井壁钢筋连接，冠梁宽度加大到1m，厚度与沉井井壁厚度相等，混凝土强度等级与沉井一致。由于加大了顶部受力面积、增加地基承载力，补充了沉井刃脚处地基承载力的不

足。该方案经多方讨论后被采纳，实施后，被证明很有效，完全控制了沉井的沉降，避免了超挖。难题1得到解决。

5 无法清理沉井井底虚土，沉井无法封底原因分析

该顶管工作井由于邻近铁岗水库，地下水位埋深约3.0m，地下水量较大，沉井内径达8m，深度达17m，井底土体在地下水的浮力作用下出现砂土反涌现象。据现场工人反映，井内虚土总是保持在距沉井刃脚约4m左右高度，土方挖出多少，又涌出来多少，无法清底，沉井不清底也就无法封底，不封底就无法进行接下来的顶管作业，沉井面临作废的风险。

6 灵活创新，解决沉井封底问题（问题2）

要加固沉井内虚土，首先想到的是旋喷桩。众所周知，旋喷桩是一种适合于加固软土的很好地基处理方法，但其施工一般是在地面上进行。旋喷桩若要在深度达17m、而其中上部还要架空约13m的沉井内施工却是从未曾有人尝试过。旋喷桩施工队伍也担心架空13m可能无法施工、加固效果很难保证。经过仔细分析，我们大胆提出，只要采取的措施得法，旋喷桩是可以用于加固沉井内虚土并起到止水作用的。通过现场指导施工，落实各项施工措施，最终证明，旋喷桩加固效果良好，虚土加固后，井底未出现涌砂、涌土现象，顺利清除了井底虚土，保证了沉井顺利封底。见图1、图2。

过铁岗水库溢洪道顶管沉井井底加固方案

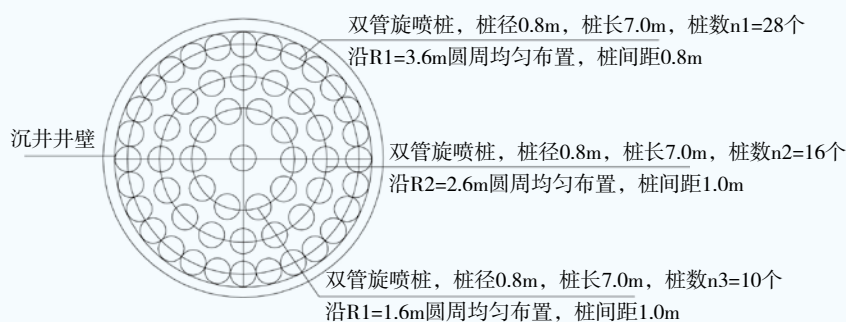


图1 旋喷桩平面布置图

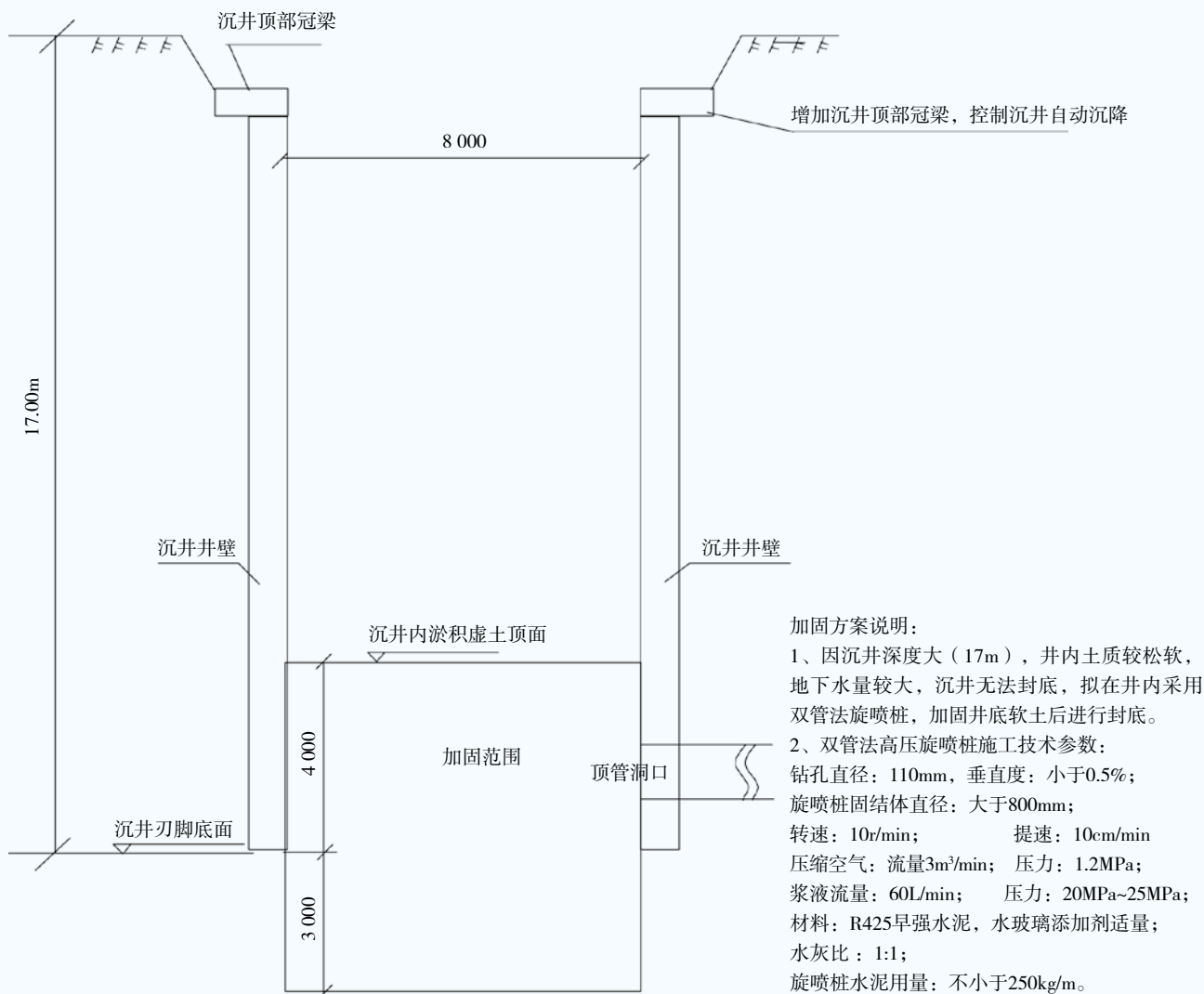


图2 旋喷桩加固范围剖面图

7 方法的运用

过铁岗水库顶管还有一个接收井待开挖, 地质条件与工作井相同, 将来施工时也会遇到同样的问题。

通过上述解决工作井沉井所遇到问题的成功经验, 将来也可用于解决接收井施工遇到的问题。

8 结束语

各类顶管作业井(包括沉井)施工, 由于水文及工程地质条件、周边环境等的不同, 施工过程中总是会遇到这样或那样的问题, 通过灵活运用各种地基处理方法和技术创新, 可以解决工程建设中遇到的许多

问题, 挽救一些濒临废弃和失败的工程。成功解决过铁岗水库顶管沉井施工所遇到问题的经验和方法, 可供类似工程借鉴。

参考文献

- 1 油气输送管道穿越工程设计规范(GB50423-2007).北京: 中国计划出版社, 2008
- 2 建筑基坑支护技术规范(JGJ120-99).北京: 中国建筑工业出版社, 1999
- 3 高大钊、黄绍铭.软土地基与地下工程.北京: 中国建筑工业出版社, 2005