

大中管径给排水管道带水封堵技术应用

马家欢¹, 高志强²

(1. 上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092; 2. 上海水业设计工程有限公司, 上海 200092)

摘要: 上海松浦泵站改造项目中的管道切换工程,采用砌墙封堵技术对大中管径给排水管道进行带水封堵。工程实践表明,在水头较低时,封堵体抗弯拉承载力对封堵体长度起控制作用;随着水深的增加,封堵体长度逐步由抗水流推动承载力控制。根据分析结果,给出不同管径、不同水压封堵体长度选用表。同时,介绍了砌墙封堵技术施工基本工序,结合本工程实例,提出各工序施工要点,对各施工要点加强管控,可进一步提高砌墙封堵技术的施工质量与安全性。

关键词: 泵站; 给排水管道; 管道切换; 带水封堵; 砌墙封堵

中图分类号: TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)24-0090-05

Application of Plugging Technology for Large or Medium Diameter Water Pipelines

MA Jia-huan¹, GAO Zhi-qiang²

(1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China;
2. Shanghai Water Design Engineering Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: Masonry plugging technology was used for plugging the large or medium diameter water pipeline with water in the reconstruction project of Songpu pumping station in Shanghai. The practice showed that the length of plugging body was controlled by the flexural-tension bearing capacity in the condition of low water pressure, and it was gradually controlled by the anti-flow capacity with the increase of water pressure. According to the analysis results, the selection table of appropriate plugging length for different pipeline diameters and different water pressure was proposed. The key points of construction procedure were analyzed to further improve the construction quality and safety of masonry plugging technology.

Key words: pumping station; water supply and drainage pipelines; pipeline switching; plugging with water; masonry plugging technology

给排水工程改造项目中新老管道切换往往都是施工重点和难点。管道切换工程中管道封堵的作用极为重要,但现行规范中缺少大中管径管道封堵的设计、施工条款,各工程封堵体的设计准则和方法不尽相同。

水下管道临时封堵通常有以下几种^[1]:沙袋封堵、砌墙封堵、机械封堵、气囊封堵。其中,沙袋封堵、机械封堵、气囊封堵在高水压、大中管径下均有较大的安全风险。砌墙封堵目前尚无相关的标准规范,基本由施工单位根据经验法^[2]确定封堵厚度,

在实际工程中难以推广。

以上海松浦泵站改造项目为原型,对其砌墙封堵技术所用封堵体计算公式进行分析,明确了两个计算公式的控制要素,并结合有关工程,提出封堵体长度选用表,对后续类似工程施工具有借鉴意义。同时,整理分析了砌墙封堵技术的施工管理要点。从设计和施工两个层面,对依赖传统经验的砌墙封堵技术进行总结归纳,可为后续相似工程的计算和施工提供模板。

1 工程概况

黄浦江上游水源地松浦泵站改造,需要在管道断水的情况下才能进行,必须对3根原泵站DN3 500管道进行封堵断水。封堵进水管道位置靠近黄浦江20 m范围内,管底标高为-5.25 m,黄浦江最高潮位为+4.20 m,计算最不利水位水深取9.45 m。管道封堵施工区域在泵站与黄浦江之间的河岸上,其平面示意图见图1。

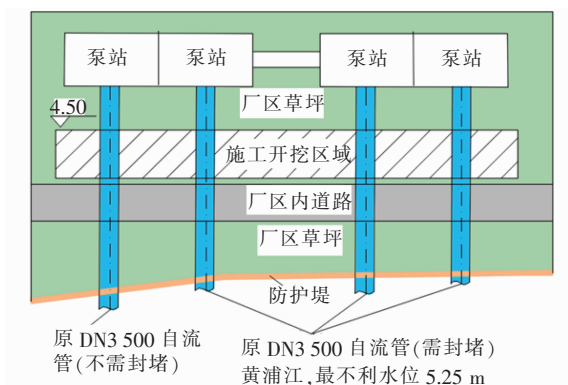


图1 泵站管道封堵施工区域平面图

Fig.1 Plan of pipeline plugging construction area of pumping station

该管道管径大,封堵体直接承受黄浦江动水荷载,经查阅相关规范与资料^[3-4],最终选择砌墙封堵方案。

2 封堵所用计算公式及分析

该工程的管道封堵主要利用相关经验公式进行计算。

2.1 封堵抗水压冲击计算

水压力简化为均布作用,计算公式如下:

$$F = PA = \rho ghA = 1\,000 \times 9.8 \times 9.45 \times 3.14 \times 1.75^2 = 890.46 \text{ kN} \quad (1)$$

式中 F ——水压力

ρ ——水密度, kg/m^3

g ——重力加速度, m/s^2

h ——作用最大水深, m

A ——作用面积, m^2

封堵抗力计算采用经验公式:

$$F' = \alpha AL\gamma \quad (2)$$

式中 F' ——封堵抗力

α ——经验系数,取2.0~3.0,该工程取2.0

L ——管道封堵段长度, m

γ ——封堵材料容重,封堵材料为混凝土封堵板和特制砂浆,容重取 $20 \text{ kN}/\text{m}^3$

联立式(1)与式(2),使 $F' > F$,则封堵体不会被轴向水压力推动,计算得出该工况下最短封堵段长度 $L_{\min} = 2.315 \text{ m}$ 。

式(2)源于水工隧洞封堵体的计算,经多年工程实践验证,可用于给排水管道的砌墙封堵体的长度计算。

2.2 封堵自身抗弯拉承载力验算

封堵所受弯矩 M :

$$M = QD^2/8 \quad (3)$$

式中 Q ——封堵面所受均布荷载

D ——管道内径

均布荷载取直径一半处水压, $h = 9.45 - 1.75 = 7.7 \text{ m}$,即:

$$M = QD^2/8 = \frac{(1\,000 \times 9.8 \times 7.7) \times 3.5^2}{8} =$$

$$115.55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

封堵自身抗弯拉承载力计算采用经验公式:

$$KM_{\max} \leq \frac{R_w DL^2}{6} \quad (4)$$

式中 K ——安全系数,取3.3

M_{\max} ——封堵所受最大弯矩值

R_w ——砌体所用砂浆弯曲抗拉强度,取 0.12 MPa

经计算,该工况下最短封堵长度 $L_{\min} = 2.333 \text{ m}$ 。式(4)力学概念清晰,同时考虑了足够的强度安全系数,大量工程实践证明可靠。

式(3)、(4)经过多年工程实践验证,可适应水深为2~10 m、半径为2~4 m的给排水管道,且无一例安全质量事故,经专家评审论证,在该工程中予以沿用。

2.3 封堵所用计算公式对比分析

为分析影响封堵体厚度的关键因素,将式(2)

与式(4)在不同管径、不同深度水压作用下的计算结果绘制成折线图(见图2)。

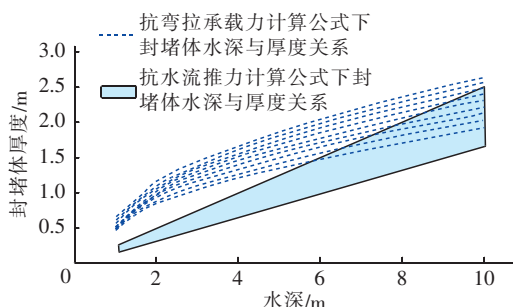


图2 抗弯拉承载力计算公式与抗水流推力计算公式下封堵体厚度与水深的关系

Fig. 2 Relationship between plugging thickness and water depth under the flexural-tension bearing capacity formula and anti-flow formula

表1 不同管径、不同水压封堵体长度选用表

Tab. 1 Selection table of sealing section for different diameter and length of water pressure

管径 D / mm	封堵体长度/m												
	10 kPa	20 kPa	30 kPa	40 kPa	50 kPa	60 kPa	70 kPa	75 kPa	80 kPa	85 kPa	90 kPa	95 kPa	100 kPa
1 800	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5
2 000	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5
2 200	—	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0
2 400	—	1.0	1.5	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0
2 600	—	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0
2 800	—	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0
3 000	—	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0
3 200	—	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0
3 400	—	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0
3 600	—	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0

注： ①在管径较小时,由于作业面狭小,施工难度大,需提高安全储备。

②该表为一般情况下选用,若有较强的动水作用,则宜增加封堵长度,并增加钢支撑保证安全。

该工程中需要封堵的管径为 3 500 mm,作用于封堵体的水头为 94.5 kPa,结合表 1 与相关计算,选用封堵体厚度为 2.5 m。封堵体砌筑完毕后,在受力背面架设 X 型钢支撑,进一步增加安全性。施工过程中未出现任何安全质量问题,进度可控,受到监理、业主好评。

3 封堵工程施工要点

3.1 封堵基本工序

根据现场调查的情况及结合泵站改造工程其他工序,采取在堤岸上开挖基坑,并在管道顶部开孔的方法让潜水员进入管道内进行施工。在作业前,先做好基坑开挖、保护等作业,让管道暴露在外。再在开孔处安装一根 DN1 200 的井筒作为潜水员下井的作业孔,作业井筒周边安装三角支撑固定,布设好

图 2 中阴影部分区域为式(2)计算所得封堵体长度。水深相同时,计算经验系数 α 取值越大,所需封堵体厚度越大。虚线部分为式(4)计算所得封堵体长度,水深相同时,管径越大,所需封堵体厚度越大。在水头较低时,封堵体抗弯拉承载力公式对封堵体长度起控制作用,随着水深的增加,封堵体长度逐步由抗水流推动承载力控制。

2.4 不同管径、不同深度封堵体长度分析

实际砌墙法封堵工程所用封堵体为混凝土板,每块尺寸为 500 mm × 500 mm × 50 mm,因此实际封堵体每增加 1 道,长度相应增加 500 mm。通过式(2)、(4),结合多年实际工程经验,将不同管径、水头情况下所用封堵体长度绘制成表(见表 1),以方便工程选用。

封堵时的作业平台和通道,在确保井筒作业孔安装安全后,进行水下 DN3 500 钢管顶部开孔,即选择在顶部开一个 DN1 000 的洞孔作为潜水员封堵作业孔,最后进行封堵断水。

该工程施工基本工序见图 3。

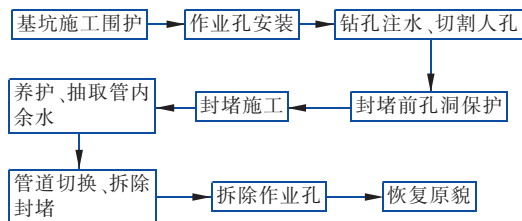


图3 封堵工程基本工序

Fig. 3 Flow chart of plugging engineering basic procedures

3.2 各工序施工要点

总结各工序施工要点,对其加强管控,可进一步提高砌墙封堵技术的施工质量与安全性。

各工序施工要点如下:

① 基坑施工及围护

封堵施工前,需先做好基坑开挖及围护,为施工提供作业面。基坑开挖前应完成专项施工组织方案并通过专家评审。

② 法兰短管及井筒、脚手平台安装

根据现场情况,管道直接与黄浦江连接,无法实施断水开孔,因此开孔前先在 DN3 500 管道顶部焊接 DN1 200 钢管作为出入作业井筒, DN1 200 管顶标高高于黄浦江最高水位,以确保开孔后江水不会进入基坑。为确保作业井筒垂直方向稳固,钢支撑一侧与基坑围护压顶采用膨胀螺栓连接,另一侧与钢管焊接相连,这样可确保管道稳定。

安装完成后的施工井筒及脚手平台布置如图4所示。

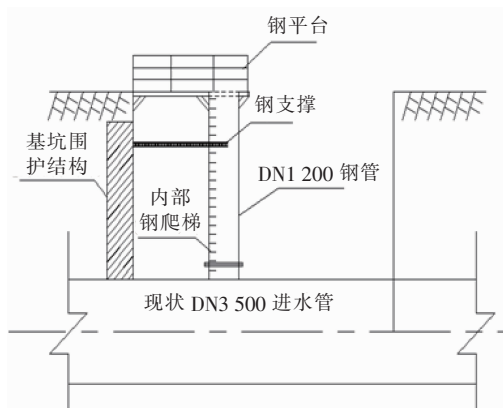


图4 施工井筒及脚手平台布置

Fig. 4 Layout of construction shaft and scaffold platform

③ 钻孔注水,切割作业孔

切割作业孔时依旧存在一定的水压,为防止人孔开出后,水流冲击作业人员,先在作业井筒内注入2 m深的水,再钻一个 DN50 的洞孔,让原进水管内的水进入井筒内与黄浦江水位保持平衡,保持压力一致。

在井筒内水流稳定后再进行水下切割,切割采用水下氧弧切割刀。切割后,人孔存在毛边和不均匀的凹凸,在潜水员进入管道内时可能存在划破潜水服的情况,危及潜水员施工安全,因此先对切割的人孔进行一周水下橡胶套嵌实。潜水员下井施工时

现场照片见图5。



图5 施工现场照片

Fig. 5 Photo of construction site

④ 封堵施工

a. 封堵材料。封堵采用混凝土封堵板及特制水泥基胶凝材料,封堵板尺寸为 500 mm × 500 mm × 50 mm,胶凝材料由质量比为普通硅酸盐水泥:黄泥:速凝剂=1:2:0.1 拌和而成。材料准备完毕后由潜水员运至井下进行砌筑施工。

b. 砌筑封堵体。砌筑前应清理管道与封堵板表面,使两者能紧密结合。砌筑时需在封堵体中预留 DN200 ~ DN300 钢管,用于封堵体养护未完成时平衡内外水压。施工过程中应安排两组潜水作业人员,一组进行水下砌筑施工,另一组现场监护。

c. 角钢加固。为确保封堵体及后续接管施工的绝对安全,在养护完成后,用角钢在封堵体背面面进行安装加固,使其分担受力,防止封堵体受到潮水冲击受力过大而移位。

⑤ 管道切换

在封堵体养护完成、管道切换前,潜水员再次进入管道检查封堵是否正常,正常后闷盖预留钢管,然后抽水试压 24 h 后无任何异常即可进行管道切换。

⑥ 封堵及作业孔拆除

拆除封堵前先检查两边水位高低,打开预留孔盖。待潜水员上岸等水位落差平衡后再下水进行拆除作业。拆除过程中需注意防止损伤管道内防腐层。作业孔拆除应选择低潮位时间段,将法兰螺栓连接断开,起吊钢管作业孔,最后用闷板与法兰连接止水。

4 结论

在管道封堵工程中,砌墙封堵技术安全性高,适用范围广,在日渐增多的给排水工程改造项目中将

起到重要的作用。通过研究松浦泵站改造工程所用的砌墙封堵技术,结合其他工程经验,可以得出以下结论:

① 在水头较低时,封堵体抗弯拉承载力公式对封堵体长度起控制作用,随着水深的增加,封堵体长度逐步由抗水流推动承载力控制。

② 通过分析砌墙封堵技术所用抗弯拉承载力计算公式与封堵体抗水流推力计算公式,结合相关工程经验,提出不同管径、不同水压封堵体长度选用表,为类似工程提供参考。

③ 对砌墙封堵技术的施工要点加强管控,可进一步提高砌墙封堵技术的施工质量与安全性。

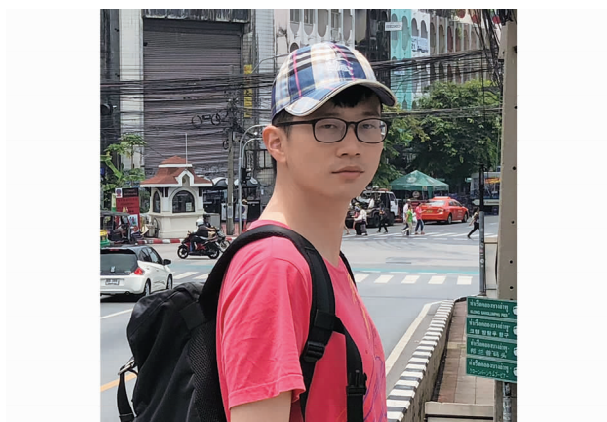
参考文献:

- [1] 朱保罗. 排水管道常用封堵方法介绍[J]. 给水排水, 2007,33(7):114-117.
Zhu Baoluo. Introduction of common sealing methods for drainage pipelines [J]. Water & Wastewater Engineering, 2007,33(7):114-117(in Chinese).
- [2] 甘文喜. 水工隧洞堵头设计探讨[J]. 人民长江, 2001(5):34-36.
Gan Wenxi. Discussion on design of plug in hydraulic tunnel [J]. Yangtze River, 2001(5):34-36(in Chinese).
- [3] 谢胜. 排水管道封堵工程临时排水措施的选取研究[J]. 中国给水排水, 2017,33(14):18-21.

Xie Sheng. Study on temporary drainage measure choosing for drainage pipe sealing[J]. China Water & Wastewater, 2017,33(14):18-21(in Chinese).

- [4] 陈嫣. 上海市排水管道封堵临时排水措施设计流量探讨[J]. 给水排水, 2016,42(7):56-59.

Chen Yan. Discussion on design flow of temporary drainage measures for closure of drainage pipeline in Shanghai[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016,42(7):56-59(in Chinese).



作者简介:马家欢(1993-),男,上海人,硕士,助理工程师,主要从事给排水工程结构设计、施工工作。

E-mail:majiahuan@smedi.com

收稿日期:2019-08-01

· 信息 ·

新兴大口径球墨铸铁 SIA 拖拉管助力非开挖供水管网施工

2019年11月24日,新兴铸管股份有限公司 DN900 SIA 拖拉管在安徽省无为县高沟区域供水项目成功运用。管线全长 114 m,打压 1.0 MPa,保压 30 min,一次性拖拉打压成功。SIA 拖拉管以其耐腐蚀性能优良、管线安全运行寿命长,承插式自锚连接、安装速度快,具备分段回拖能力,曲率半径小、可有效减小管线设计长度等优点越来越受到全国各地用户的认可,可以满足客户的个性化需求。

(郭保裕、杨亮 供稿)