

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2021.06.043

# 全地下式污水处理厂地下空间内涝风险 分析与防治措施

朱牧

(上海城投水务工程项目管理有限公司,上海市200002)

**摘要:**对全地下式污水处理厂地下空间的内涝风险源进行识别与分析,建立地下空间内涝故障树。由FTA可知,对于全地下式污水处理厂,机械设备联动故障是其地下空间内涝产生的最重要因素。从设计、建设及运行方面对全地下式污水处理厂地下空间内涝风险防治措施进行探讨,分别提出了应对厂区超量进水、内部渗水、外部雨水等情况的防汛措施。

**关键词:**全地下式污水处理厂;地下空间;内涝防治;防汛措施;FTA

**中图分类号:** TU991.35

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2021)06-0164-03

## 0 引言

全地下式污水处理厂的顶板标高与周边地坪接近,构筑物池顶位于地下一层,各构筑物的处理水池埋入地下二层,主要机电设备的安装、工艺管道的架设、人员的日常作业均位于地下空间中。与常规污水处理厂相比,全地下式污水处理厂具有节地环保、地面污浊气和噪音少、对地上景观影响小等优点,已在国内外多个城市建成并投入使用,为我国城市污水处理厂建设用地匮乏的问题提供了解决途径。然而,地下空间存在防汛的先天劣势,出入口多,暴雨时容易造成灌水积水,一直是防汛的重点和难点<sup>[1]</sup>,与城市污水管网接通的地下水池与管线更增加了污水厂地下空间内涝的内源性风险,一旦重要的设备受淹,将直接破坏污水处理厂的正常运行,影响片区的污水处理。地下空间的防汛安全工程是一项综合工程,涉及到设计、建设及运行多个方面,按照建设项目“三同时”思想,防汛安全措施也应与主体工程同步设计、同步实施并同步投入使用。针对于全地下污水处理厂的内涝防治措施应因地制宜,充分利用全地下污水处理厂工程本身的防汛优势。本文针对全地下式污水处理厂地下空间的防汛安全,对其内涝风险进行识别与分析,针对导致全地下式污水处理厂内涝风险的原因,从设计、建设及运行方面对全地下

式污水处理厂地下空间内涝风险防治措施进行探讨。

## 1 全地下式污水处理厂内涝风险源识别

污水处理厂通常作为片区污水处理末端设施,进水量受到前端管网调度控制,而雨季时,容易出现流量增大、污水处理厂超量进水的情况。由于全地下式污水处理厂本身的建设标高低于常规厂,且进水泵房位于地下空间内,一旦厂外管网水位升高,容易导致泵房前池冒溢,导致地下空间的淹溺。

其次,地下式污水处理厂出于采光通风、人员出入、设备吊装的考虑,一般设有较多的连通室外的设施,在汛期时易成为外水回灌的入口。以上海市某全地下污水处理厂为例,其地下空间与室外地面之间共设置有4处出入口,31处安全逃生楼梯,4处设备吊装孔,以及12处通风采光井。当汛期来临时,出入口由于敞开空间较大,地势低洼,与地下空间直接相连等特点,易成为雨水、洪水倒灌入口的风险性最高。而若地下空间上部顶板的泄水能力不足,则逃生楼梯处也易出现积水回灌。

此外,地下式污水处理厂的管廊空间中布置有大量的工艺管线,当地下式污水处理厂的工艺管线发生破损时,管道中的污水直接进入管廊中。由于泄漏发生于地下管廊,无法利用水池的超高进行调蓄,只能通过水泵强排,若渗漏量过大,容易造成管廊空间的内涝。

全流程地下式污水处理厂通常需要在地下空间中设置多级提升泵站,在运行过程中需要保持进水泵

收稿日期:2020-12-10

作者简介:朱牧(1983—),男,硕士,工程师,主要从事水务工程项目的管理工作。

房、提升泵房以及出水泵房的流量匹配。当进水泵房输送的水量超过提升泵房规模或提升泵房输送的水量超过出水泵房规模时,均会导致泵房前端的构筑物冒溢。此外,提升泵本身的设备故障或联动系统故障也会导致泵房前池的冒溢。采用滤池、膜、填料等工艺的污水处理厂,其工艺系统的老化、堵塞会导致处理构筑物水流受阻,憋高液位,淹溺地下空间。

目前,多数地下式污水处理厂均采用了综合信息化设计,通过采用液位联动报警,液位联动水泵、阀门、闸门关停等自控设计达到地下厂防淹效果。这些自控设计大大加强了地下式污水处理厂的运行安全,但是一旦机械联动或报警出现故障,同样会导致对风险发现处理的不及时,进而导致地下空间内涝。

## 2 地下空间内涝故障树(FTA)分析

故障树分析(Fault Tree Analysis, FTA)方法是一种分析系统如何失效的逻辑框架,描述了导致不希望故障状态(即顶事件)发生的各因素(即中间和底事件)之间的逻辑关系<sup>[2]</sup>。

根据故障树事件确定原则,以全地下式污水厂地下空间运营期间发生内涝为分析对象,构建污水处理厂地下空间内涝故障树,分析污水处理厂地下空间内涝的内源风险。污水处理厂地下空间内涝为故障树的顶事件(N),按内涝发生的操作因素及物质因素,将顶事件划分为地下空间冒溢和防涝不及时两个中间事件(M),并进一步将风险因素划分至各底事件(X)。污水处理厂地下空间内涝故障树构建如图1所示,其中“·”表示“与”逻辑,“+”表示“或”逻辑。

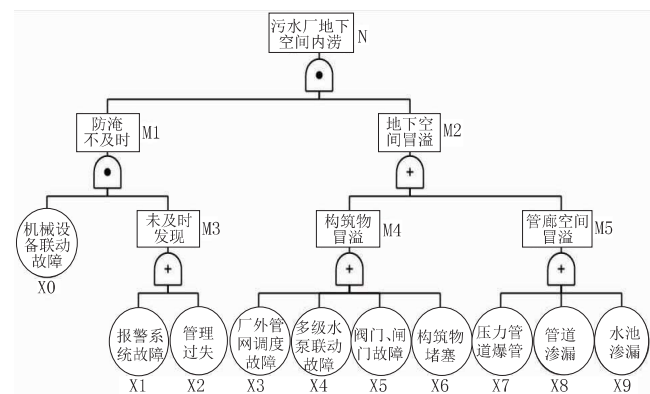


图1 污水处理厂地下空间内涝故障树

根据故障树计算地下空间内涝的最小割集,即能够导致顶上事件发生的基本事件的集合,结果见表1。

由表1可知,共有14个导致地下空间内涝的可能途径。其中,事件X0(机械设备联动故障)的结构

表1 内涝风险 FTA 辨识结果

序号	最小割集	序号	最小割集	序号	最小割集
1	{X0 X1 X3}	6	{X0 X1 X8}	11	{X0 X2 X6}
2	{X0 X1 X4}	7	{X0 X1 X9}	12	{X0 X2 X7}
3	{X0 X1 X5}	8	{X0 X2 X3}	13	{X0 X2 X8}
4	{X0 X1 X6}	9	{X0 X2 X4}	14	{X0 X2 X9}
5	{X0 X1 X7}	10	{X0 X2 X5}		

重要度最高,表明机械设备故障对内涝事故发生的影响水平最大。通过定期维护确保机械设备的良好联动可以避免大部分地下空间淹溺事件的发生。其次是警报系统和地下厂运维,确保报警系统的正常运行和科学合理的管理配置,做到即便在机械设备联动出现故障的前提下也能及时发现冒溢点并人工强制采取止水措施,有效减少地下空间污水冒溢风险。

## 3 全地下式污水处理厂内涝防护措施探讨

### 3.1 应对污水处理厂超量进水时的防汛措施

适当规模的调蓄池可以为超出污水处理厂处理规模部分的进水提供出路,以应对管网进水量突破污水处理厂规模、内部设备故障需紧急停运等情况。同时,调蓄池还具有减少合流制污水溢流污染和控制分流制初期雨水的功能。对于全地下式污水处理厂来说,调蓄池的设置可以极大增加污水处理厂运行的安全性,应在项目前期阶段规划和设计。用于防止污水处理厂溢流的调蓄池应设置在进水泵房前端,以暂存超过进水泵房能力的污水。调蓄池的控制应接入污水处理厂的自控系统,与进水泵房前池的水位联动。

极端情况下,污水处理厂进水量可能会超过调蓄设施的能力,此时需要通过切断进水来保证地下空间的防汛安全,因此,建议在进水泵房前端设置闸门井,增强污水处理厂对水量变化的应对能力。闸门井推荐采用速闭闸门,此类闸门即使在失电的情况下,也可依靠门板重力快速将闸门关闭。

目前,国内污水处理厂收水系统管网规划与污水处理厂的结合相对较少,但鉴于地下式污水处理厂的特殊性,有条件的地区,其收水管网的走向、标高及收水管网内泵站的设施应与污水处理厂的建设紧密结合。片区管网应尽可能保持低水位运行,暴雨来临时,管道和收水井内大的空间可起到较好的错峰调蓄作用,减小污水处理厂的瞬时压力,减缓污水处理厂前池内液面的上涨速度。当污水处理厂进

水由外围泵站压力管进入,如果外围泵站的管理与污水处理厂的运行分属不同部门,则尤其要加强两部分之间的交流沟通,防止污水处理厂进水水位较高而外围泵站仍持续工作带来的安全隐患。

### 3.2 污水处理厂内设备故障及地下水入渗引起污水冒溢的防范措施

污水处理厂在设计和运行过程中应采取措施规避由内部故障引起的池体冒溢风险,如加强设备自动控制、加强排涝设计、加强运行管理、提高工程建设质量等。通过自控系统进行联动调控,设置构筑物的报警水位,事故情况下超过报警水位则依次关停水泵或闸门,避免滤池、膜池或格栅等设施堵塞而造成的水池液位憋高。运行过程中液位容易不受控的构筑物应设置溢流,常见的如 MBR 池、滤池的废水池、中间提升泵房的前池等,溢流污水可通过厂区污水泵房收集。全地下式污水处理厂的污水泵房位于地下空间低点,可兼具地下空间排涝泵房功能,在设计时应考虑充足的前池容量,并配置备用水泵。地下空间中应设计排水沟、排水管道将溢流或渗入的水流输送至污水泵房或排涝泵房中,避免局部区域淹溺。

项目建设过程中,应对可能出现渗漏水的主要部位,包括施工缝、止水螺杆、穿墙管及施工过程中振捣混凝土不密实部位和情况进行分析讨论,并制定了相应的防范措施<sup>[3]</sup>。在工程进行调试运行前应按要求进行满水试验,及时对漏点进行修补,并应在工程建成后保持观察。

### 3.3 针对降雨的防淹措施

全地下式污水处理厂位于地面的出入口、逃生

楼梯、送排风井、天井等设置是外部雨水或洪水进入地下空间的主要通道,可进行相应的设计处理,如将入口处道路做成逆坡并设截水沟,排气塔采用防雨百叶,出入口标高抬高、增加顶棚等。此外,还应注重顶板的排水设计,避免顶板积水。

地铁车站、地下商业街等常规大、中型地下综合体常在出入口设置防汛板,进一步切断外水进入地下空间的路径,起到极端降水情况下的内涝预防。由于全地下式污水处理厂存在车辆通行需求,出入口较大,往往不适合防汛挡板的长期固定,建议可作为防汛物资储备,根据需要使用。

## 4 结论与建议

内涝防护对保障全地下式污水处理厂的安全运行具有重要意义,需要在设计、建设和运行中采取合适的防护措施,规避地下空间内涝风险。适合于全地下式污水处理厂的内涝防护措施有进水泵房前设置调蓄池、进水端设置闸门井、设置排涝泵房、强化液位报警、强化设备联动、强化防雨、强化结构防水等,均需结合工程实际进行使用,因地制宜,确保厂区防汛安全。

#### 参考文献:

- [1] 郑建楠,张琳琳.上海市地下空间防汛安全策略探究[J].城市道桥与防洪,2018,227(3):107-109+125.
- [2] 李景文,乔建刚,付旭,等.基于模糊故障树的抗浮锚杆系统失效分析[J].安全与环境学报,2019,112(4):1128-1134.
- [3] 巫声有.混凝土墙壁渗漏水质量通病的防治[J].江苏建材,2013,134(5):32-34.

(上接第 156 页)

好,去除率为 82.7%,沸石对 COD 的去除率相对较高,为 34.9%;火山岩、煤渣、沸石对 SS 的去除效果均较好,去除率在 95%左右。

#### 参考文献:

- [1] 王红武,毛云峰,高原,等.低影响开发(LID)的工程措施及其效果[J].环境科学与技术,2012,35(10):99-103.
- [2] 卓春丽.基于生态效益的成都市中心城区立体绿化形式与配置模式研究[D].雅安:四川农业大学,2011.

- [3] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].北京:中国环境科学出版社,2007.
- [4] 张思,宁国辉,杨铮铮,等.复合填料土壤渗滤系统处理农村生活污水的效果[J].环境工程学报,2014,8(11):4625-4630.
- [5] 周光红,项学敏,周集体.火山岩对废水中磷的吸附性能及机理研究[J].辽宁化工,2011,40(8):805-808+812.
- [6] 仇付国,王珂,于栋,等.沸石改良雨水生物滞留系统去除污染物研究[J].环境科学与技术,2018,41(3):124-129.
- [7] 张军,张松,柏双友,等.生物滞留系统的水文效应与污染物的去除研究[J].环境工程,2015,33(8):17-21.