

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.01.060

城市污水处理厂混凝土结构防腐要点与设计实例

曹志杰, 徐震, 徐春蕾

[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: 调查表明^[1], 很多城市污水处理厂运行未达到设计使用寿命, 水处理构筑物结构已经出现严重腐蚀现象。现从结构设计角度, 简要分析污水对混凝土结构腐蚀作用的机理, 提出分级防腐的设计方法, 并列举一座典型城市污水处理厂的防腐设计。

关键词: 防腐设计; 城市污水处理厂; 防腐涂层; 腐蚀等级

中图分类号: TU992.24

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)01-0234-03

0 引言

通过对一些使用了约 10~30 a 的污水处理构筑物、管道、箱涵、水池等的现场检测、调查, 发现使用一定年限的污水管渠及污水处理构筑物均存在较为严重的腐蚀问题。污水处理厂内, 前处理构筑物腐蚀最严重, 比如: 污水提升泵、格栅间、沉砂池、生物曝气池, 许多部位的钢筋已被锈蚀得面目全非, 出现大面积疏松、多孔现象。其大部分构筑物必须进行检修、加固后才能使用; 还有一些构筑物必须重建, 远远达不到设计使用年限 50 a 的要求^[1]。图 1 为某污水厂使用二十年左右的箱涵顶板腐蚀情况之实景。



图 1 某污水厂使用二十年左右的箱涵顶板腐蚀情况之实景

1 腐蚀机理分析

污水环境下混凝土的腐蚀相当严重, 且腐蚀产生于一个复杂的物理化学过程^[2]。一方面污水中含有大量的无机物、有机物及极易于微生物生长的营养物质, 它们将对混凝土产生复杂的化学作用; 另一方面, 温度、湿度、液体流速、干湿交替及时间等环境变量, 以及混凝土应力状态将使上述作用加剧。

收稿日期: 2021-05-06

作者简介: 曹志杰(1978—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事给排水结构设计工作。

从调查数据看, 水池气、水分界面处或水位变化频繁处比一般区域腐蚀严重。由于水池液位经常变化, 故水池池壁强腐蚀区域常呈水平线性分布, 同一墙面往往有多条强腐蚀带。而进水池、调节池等, 由于流态、汽水变化频繁, 往往出现大面积腐蚀, 尤以顶板、侧墙腐蚀更为严重。密闭水池顶板下的空腔区域长期处于潮湿环境, 且易于积聚污水生物化学反应产生的硫化氢等气体, 所以顶板及以下池壁混凝土腐蚀发展速度最为快速。

2 腐蚀等级确定

2.1 现有规范标准的规定

《混凝土结构设计规范》从 GB 50010—2002 版开始, 增加了耐久性方面的内容。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 中规定, 混凝土结构应根据设计使用年限和环境类别进行耐久性设计。根据该规范规定, 排水箱涵所处的环境类别应为二 b 类, 对应于干湿交替环境及水位频繁变动环境。显然该规范主要针对大气及地下水环境, 未能反映出硫循环造成的腐蚀破坏作用。

《混凝土结构耐久性设计规范》(GB/T 50476—2008) 中规定, 混凝土结构的耐久性应根据结构的设计使用年限、结构所处的环境类别及作用等级进行设计。根据该规范污水厂构筑物的环境作用等级可定义为 I-C、V-C、V-D 或 V-E。I-C 是指在正常大气环境下, 在反复的干湿交替作用表层混凝土碳化引发的内部钢筋锈蚀, 不适用于污水环境。根据文献[3]的污水水质分析, pH 处于 6.56~7.52, 硫酸盐为 72~139 mg/L, 按照《混凝土结构耐久性设计规范》, 水中硫酸根离子等浓度尚未达到 V-D 和 V-E 的环境作用等级。

《给水排水工程构筑物结构设计规范》(GB 50069—2002)中 3.0.4 条,明确规定“贮水或水处理构筑物、地下构筑物的混凝土,当满足抗渗要求时,一般可不作其他抗渗、防腐处理”。因此,在早期的设计中,排水构筑物不做特殊的防腐处理,而近些年则一般考虑采用涂料防腐。

《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046—2008)根据各种介质对建筑材料长期作用下的腐蚀性,分为强腐蚀、中腐蚀、弱腐蚀和微腐蚀 4 个等级^[4],根据文献[3]的污水水质分析,进入污水处理厂构筑物的腐蚀性介质浓度较低,可界定为微腐蚀等级,但这与调查所得的实际腐蚀情况不符。

2.2 腐蚀等级选取建议

《工业建筑防腐蚀设计规范》(GB 50046—2008)列举了常见介质的腐蚀性等级,但城市污水成份比较复杂,规范没有明确的腐蚀性等级。污水对混凝土结构的腐蚀作用主要来自于其生物化学反应产物(硫化氢和硫酸),直接以污水介质的成份判断其腐蚀性等级会导致防腐能力不足。而且不同的作用环境和部位,污水对混凝土结构的腐蚀性也不同(如密闭区域的顶板腐蚀性明显比敞口水池要强得多)。所以城市污水的腐蚀等级必须根据污水浓度、作用部位、密闭条件等因素综合确定。根据对多个既有的污水处理厂构筑物腐蚀情况调研,各构筑物腐蚀程度归纳如表 1 所列。

表 1 城市污水对混凝土结构的腐蚀程度一览表

工艺流程	加盖条件	腐蚀程度
预处理	密闭水池	强
	敞口水池	弱
二级处理	密闭水池	中
	敞口水池	弱
深度处理	密闭水池	弱
	敞口水池	微
污泥处理	密闭水池	强

说明:1.由于城市污水主要是生活污水,成分比较稳定,这里污水浓度没有采用实际污水成份浓度来划分,而是参考污水处理流程来区分。

2.根据经验,常水位以下腐蚀作用相对较弱,一般可不作涂层防护。

3.污泥处理构筑物一般为封闭水池,浓度较高,所以均按照强腐蚀等级。

腐蚀程度没有定量的指标,调研 10~20 a 左右的污水处理厂,一般情况下:混凝土保护层被完全腐蚀脱落,钢筋发生大面积暴露锈蚀,定为腐蚀程度为强;混凝土保护层厚度被明显腐蚀,钢筋个别点锈蚀,但不影响结构,定为腐蚀程度为中等;混凝土保

护层前表面被腐蚀,钢筋无锈蚀,定为腐蚀程度为弱;混凝土和钢筋未见明显腐蚀,定为腐蚀程度为微。预测污水处理厂不同部位的腐蚀程度,要结合工艺流程、水流速度和密闭程度等因素综合判断,从而采取针对性的防护措施。

3 防腐设计

3.1 结构自防腐

污水厂构筑物内部污水环境一般按照 II b 类考虑(参照《给水排水构筑物结构设计规范》的要求),设计使用年限为 50 a 的混凝土结构,最大水胶比为 0.50,最低强度等级为 C30,最大氯离子含量为 0.15%,最大碱含量为 3%。最外层钢筋的保护层厚度,底板下层不小于 40 mm,底板上层和池壁不小于 35 mm,梁、柱不小于 40 mm。

3.2 防腐涂层

目前市场上防腐涂料种类繁多,污水处理厂构筑物用的涂料主要有环氧和聚氨酯两大类,沥青类防腐涂料已逐渐被上述两种涂料替代。环氧涂料对基层(特别是对钢铁基层)具有优良的附着力,耐碱性好,也适合中等浓度以下的大多数酸性介质。环氧涂层的耐候性较差,涂膜易粉化、失光,所以不宜用于敞口水池,也可以用聚氨酯面涂料罩面。聚氨酯类涂料的耐候性与型号有关,脂肪族的耐候性较好,而芳香族的耐候性较差。油性聚氨酯类防腐涂料对混凝土基面干燥度要求较高。

随着人们对施工作业环境的要求提高和特殊场合下施工的要求,市场上出现了一些新型防腐涂料产品,如:环氧无溶剂防腐涂料、水性环氧或聚氨酯防腐涂料、湿面环氧防腐涂料等。无溶剂环氧涂料具有较强的粘结强度,对基面含水量适应性较强,挥发成分少,施工环境友好。湿面环氧防腐涂料可以在水下涂抹硬化,可以带水施工,但是环氧类涂料耐候性较差,一般不宜在敞口水池上应用。聚氨酯防腐涂料具有较好的弹性和粘结强度,表面光洁,但对基面含水量要求较高,一般建议用环氧类涂料做底漆。新型铝酸盐无机防腐砂浆可有效抵御硫化氢带来的腐蚀,在环境和基层潮湿的情况下也可施工,可快速恢复通水(最快施工后 2 h),具有良好的机械强度、喷涂速度快、无异味和挥发性物质等特点。但其对基面处理有要求,造价相对较高。新型铝酸盐无机防腐砂浆使用年限较长,国外污水工程案例中可以到达 50 a。

具体防腐涂层设计可参考《工业建筑防腐蚀设计

规范》附录 C“防腐蚀涂层配套”相关章节。对于混凝土结构,一般防腐涂层的使用年限为 10~15 a。从结构防腐的角度,建议今后的污水处理构筑物设计中应考虑涂层达到使用年限后的检测与维护问题,尽可能提供停水或局部停水条件以定期地进行结构防腐维护工作。

3.3 防腐质量控制

防腐工程质量对污水处理厂的结构安全至关重要,一方面应加强涂层材料的见证取样和性能检测,大面积施工前进行涂装专项方案审批和涂装工艺评估。另一方面,加强现场涂层验收,包括:涂装材料、基层表面处理、涂层厚度、涂层附着力等。

4 某污水厂实例

某大型全地下污水处理厂主要水处理构筑物有:调蓄池、粗格栅进水泵、房细格栅曝气沉砂池、AAO 生物反应池、二沉池、高效沉淀池、反硝化深床滤池、储泥池等。

根据前文有关腐蚀等级确定和防腐涂层特点,防腐设计见表 2 所列。

5 结论和建议

(1)城市污水对混凝土结构的腐蚀作用是一个复杂的反应过程,其中以生物腐蚀为主,同时还有物理和化学的作用。

(2)现有规范标准对城市污水腐蚀等级缺少针对性的规定,城市污水的腐蚀程度必须根据污水浓度、作用部位、密闭程度、流速和检修条件等因素综合确定。

(3)城市污水池的防腐蚀设计,首先应从混凝土材料配比和钢筋保护层等方面提高结构的防腐能力,其次需根据结构的环境腐蚀性特点选择合适的防腐蚀涂层。

(4)城市污水的成分和腐蚀作用机理尚待进一步调查研究,对防腐蚀设计增加理论依据。设计应对构

表 2 主要构筑物防腐程度及防护做法一览表

名称	特点	腐蚀程度	采取防护措施
进厂总管	密闭、水位变化大、流速大、难检修	强	铝酸盐无机砂浆防腐 20 mm
调蓄池	密闭、水位变化大、流速大	强	铝酸盐无机砂浆防腐 20 mm
粗格栅进水泵房	同上、预处理	强	铝酸盐无机砂浆防腐 20 mm
细格栅曝气沉砂池	同上、预处理	强	铝酸盐无机砂浆防腐 20 mm
初沉池	密闭、二级处理	中	无溶剂环氧防腐涂料 500 μm
AAO 生物反应池	同上	中	无溶剂环氧防腐涂料 500 μm
二沉池	同上	中	无溶剂环氧防腐涂料 500 μm
中间提升泵房	密闭	弱	无溶剂环氧防腐涂料 300 μm
高效沉淀池	密闭、深度处理	弱	无溶剂环氧防腐涂料 300 μm
反硝化深床滤池	密闭、深度处理	弱	无溶剂环氧防腐涂料 300 μm
出水泵房	密闭、深度处理	弱	无溶剂环氧防腐涂料 300 μm
污泥泵房	密闭、污泥	强	铝酸盐无机砂浆防腐 20 mm
储泥池	密闭、污泥	强	铝酸盐无机砂浆防腐 20 mm

说明:一般水处理构筑物水位比较稳定(如粗格栅进水泵房、细格栅曝气沉砂池、初沉池、AAO 生物反应池、二沉池等),防腐涂层范围可从水位以下 1.0 m 至顶板(含顶板内侧);但进厂总管、调蓄池等构筑物腐蚀等级为强且水位变化大,一般涂层范围从池壁底到顶板(含顶板内侧)。

筑物耐久性和防腐蚀设计进一步重视,应尽快编制相关设计和验收标准,严格控制质量。

(5)污水处理厂运行期间,构筑物结构防护涂层应进行必要的运行维护和定期更新。

参考文献:

[1] 韩静云,张小伟,田永静,陈忠汉.污水处理系统中混凝土结构的腐蚀现状调查及分析[J].混凝土,2010(9):52-63.
 [2] 王乃震,舒亚俐.城市生活污水处理厂的混凝土微生物腐蚀与设计对策[J].特种结构,2014(4):1-4.
 [3] 特大排水涵管安全评估及健康管理关键技术研究[Z].上海:同济大学,2018.
 [4] GB 50046—2008,工业建筑防腐蚀设计规范[S].

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com