

排水管道堵塞与结垢的原因及预防措施研究

梁建华¹ 揭鑫² 卢珊³

1. 深圳市龙岗区水务局; 2. 深圳市深水水务咨询有限公司; 3. 深圳市利源水务设计咨询有限公司

摘要: 城市排水系统是城市基础设施中至关重要的一部分, 它负责收集和排放污水、雨水以及其他废水, 保障城市的环境卫生和人民的生活质量。然而, 随着城市化进程的加快和人口的增加, 排水系统面临着越来越多的挑战, 其中之一就是排水管道的堵塞与结垢问题。本文对排水管道堵塞与结垢的原因进行了比较深入的分析, 在此基础上, 进一步探讨了排水管道堵塞与结垢对系统的影响, 并结合排水管道堵塞与结垢的特点, 提出了具有一定针对性的预防措施, 进而为排水系统的优化设计和运营管理提供了科学依据。

关键词: 排水管道; 堵塞; 结垢; 预防措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.013

一、前言

随着城市化进程的加快和人口的增加, 城市排水系统承担着越来越重要的任务。然而, 在长期使用和不当管理的情况下, 排水管道往往会面临堵塞与结垢等问题, 严重影响排水系统的正常运行和城市的环境卫生。因此, 对排水管道堵塞与结垢的原因进行深入研究, 并采取相应的预防措施, 具有重要的现实意义。

二、排水管道堵塞与结垢的原因分析

(一) 固体废弃物堵塞

1. 食物残渣与油脂

在城市排水系统中, 随着生活垃圾和废水的排放, 大量的食物残渣和油脂会被排水水流冲刷至排水管道内。这些食物残渣往往来自家庭、餐饮业和食品加工业, 包括食物残渣、骨头、果皮、蔬菜渣等, 而油脂主要来自食品的烹调和加工过程。

食物残渣和油脂在排水管道内很容易发生沉积和堆积, 随着时间的推移, 它们会逐渐形成固体块状物, 并阻塞管道的通道。特别是在较窄的管道和弯头处, 食物残渣和油脂容易形成死角, 导致堵塞问题更加严重。食物残渣和油脂的堆积不仅会导致排水管道的流量减小, 影响排水效率, 还可能引发排水系统的倒灌和积水现象, 造成排水管道的损坏和腐蚀。此外, 食物残渣和油脂的堆积还为细菌和微生物提供了良好的生长条件, 进一步加剧了管道的污垢和异味问题。

2. 污垢和异物

在排水系统中, 固体废弃物包括各类固体垃圾、沉积物和其他异物, 这些废弃物往往会被排水水流冲刷或漂浮到管道内。

污垢是指排水水流中携带的可溶性固体颗粒和微粒, 例如泥沙、泥浆、油脂、悬浮颗粒等, 它们会随着水流进入排水管道, 并在管道内部沉积和堆积。随着时

间的推移, 污垢会逐渐积聚, 导致管道内径减小, 从而限制了水流通过的能力, 最终引起排水管道的堵塞。除了污垢, 排水管道中还常常会被异物所堵塞。异物是指不属于排水系统的杂物, 如纸张、塑料袋、树叶、餐具、玩具等, 它们可能被人为或风吹雨淋带入排水管道。一旦异物进入管道, 它们会在管道内部阻碍水流的正常流动, 引发堵塞问题, 甚至导致管道破裂^[1]。

(二) 污泥结垢

1. 污水中的有机物沉积

在排水管道中, 污水中含有大量的有机物, 如悬浮物、有机碎屑、油脂、蛋白质等。当污水流经排水管道时, 这些有机物会逐渐沉积在管道内壁和管道表面, 形成黏稠的污泥结垢。

有机物的沉积会导致排水管道内径逐渐变窄, 从而减小了管道的流量和排水能力。污泥结垢不仅会造成排水管道堵塞, 还会增加管道内的摩擦阻力, 使排水阻力增大, 影响排水效率。污水中的有机物主要来自生活污水、工业废水和农业污水等, 其中生活污水中含有大量的食物残渣、厨余垃圾和洗涤剂有机物, 工业废水中含有各种有机化合物, 而农业污水中含有悬浮物和有机养分。这些有机物在排水管道中沉积和堆积, 逐渐形成污泥结垢。

2. 钙镁离子结垢

在排水管道中, 水中含有大量的钙镁离子, 当水中的钙镁离子浓度较高时, 随着水的流动和蒸发, 钙镁离子会逐渐沉积在管道内壁和管道表面, 形成硬质的钙镁结垢。

钙镁离子结垢不仅会导致排水管道内径减小, 从而降低管道的流量和排水能力, 还会使管道内壁表面变得不光滑, 增加了水流的摩擦阻力。这些结垢物质会不断积累, 最终形成坚硬的垢层, 严重影响了排水系统的正常运行。钙镁离子结垢主要受到水质硬度的影响, 水质硬度是指水中钙镁离子的含量。一般来说, 水质硬度越高, 排水管道结垢的风险就越大。在一些地区, 地下水中的钙镁离子含量较高, 导致了排水管道结垢问题日益突出。

(三) 生物生长导致的堵塞与结垢

在排水管道中, 微生物如细菌、真菌和藻类会在适宜环境下迅速繁殖, 形成生物膜或生物胶囊附着在管道或颗粒上。它们通过吸附和吸收水中的物质形成黏稠物质, 与管道内颗粒物结合导致堵塞和结垢, 受到如水质、流速和水温等因素影响。同时, 排水管道中的水源和养分也促使水生植物如水藻、水生杂草迅速生长, 形成覆盖层降低流量和引入更多沉积物。随时间, 植物

壮大，堵塞和结垢问题加剧，可能导致管道破裂和漏水^[2]。

三、排水管道堵塞与结垢对系统的影响

(一) 堵塞对系统的影响

1. 环境污染与卫生问题

首先，当排水管道堵塞时，污水无法顺利排出，导致污水在管道内滞留，逐渐积累形成积水。这些积水中含有大量的有机废物、微生物和其他污染物，会逐渐分解和腐败，产生恶臭气味。这不仅对周围的居民和商业场所造成了极大的困扰，还会对周围的空气质量产生负面影响，加剧城市环境污染问题。

其次，排水管道堵塞还会导致污水溢出，使得污水直接进入地表水体或下水道，对周围的环境产生严重污染。这些污水中含有大量的悬浮固体、有机物和微生物，会破坏水体的生态平衡，导致水质恶化，危害水生生物的生存和繁殖。同时，污水中的有害物质还可能对土壤和地下水产生污染，影响土壤质量和地下水资源的可持续利用。

最后，排水管道堵塞还可能导致城市卫生问题的加剧。积水中的有机废物和微生物可以成为细菌和病毒的滋生场所，增加了传染病的传播风险。同时，积水还可能成为蚊虫的滋生地，增加了疾病传播的潜在威胁。对于城市来说，这不仅会增加卫生防疫的工作负担，还会影响居民的生活质量和健康状况。

(二) 结垢对系统的影响

1. 排水效率下降

当管道内堆积了大量固体废物、沉积物或者受到生物生长影响时，管道的截面积将被有效减小，导致排水流速降低。降低的排水流速使得污水在管道内停留时间增加，进一步促进固体颗粒的沉积，形成更大的堵塞物。这种堵塞不仅阻碍了污水的正常排放，也会造成排水压力增加，增加管道泄漏和破裂的风险。排水效率的下降也会导致排水系统的运行效率降低，延长污水处理时间，增加运行成本。

2. 管道破裂风险增加

当管道内出现堵塞或结垢现象时，排水流速受阻，导致管道内压力升高。在长时间的运行和压力的作用下，管道内壁可能发生腐蚀和损伤，尤其是在结垢处。此外，堵塞和结垢还可能导致排水管道受到不均匀的压力和应力分布，进一步增加管道发生破裂的概率。一旦排水管道发生破裂，大量污水会泄漏到地表或地下，给周围环境和居民生活带来严重影响。漏水不仅会造成环境污染，还可能对道路和地基产生冲击和破坏，甚至引发道路塌陷等安全事故。

四、排水管道堵塞与结垢的预防措施

(一) 工程上的预防措施

1. 合理设计与规划

首先，选择适合的管道材质是预防结垢的关键。一些材质的管道表面较为光滑，不容易附着污垢和异物，

例如塑料管道和不锈钢管道。与传统的铸铁管道相比，这些材质的管道能够减少污垢的沉积，降低管道堵塞的风险。其次，合理选择管道的直径和坡度也是重要的考虑因素。管道的直径应根据排水量和流速进行合理确定，避免管道过小造成流量不畅，导致固体废弃物和污垢堆积。最后，在排水管道的布局方面，应尽量避免过多的弯头和拐角，因为这些地方容易形成死角，使污垢和异物积聚，增加了排水管道堵塞的风险。应优先选择直线段和平滑过渡的弯曲，确保排水管道的畅通。

2. 定期检查与维护

首先，定期检查排水管道的状态是预防堵塞与结垢的有效手段。这可以通过使用摄像头或其他检测设备进入管道内部进行视觉检查，或者通过检测管道内的流速和流量来评估管道的状况。这样能够及早发现管道内是否有污垢、异物或者其他堵塞的迹象，及时采取清洗和清理措施。其次，定期维护排水管道也是非常重要的。维护工作包括定期清洗管道内部的污垢和固体废弃物，清理排水口和排水井，确保排水通畅。同时，还要检查管道是否存在破损、渗漏或者其他损坏情况，及时修复和更换受损的管道部件，以保证排水系统的正常运行^[3]。

(二) 运营管理上的预防措施

1. 垃圾分类与处理

首先，建立健全的垃圾分类制度是关键。市民和单位应该根据不同类型的垃圾，将其分门别类地投放到相应的垃圾桶或回收容器中。生活垃圾、厨余垃圾、可回收垃圾和有害垃圾应该分别分类处理，以减少对环境和排水系统的负面影响。垃圾分类制度的建立需要政府部门、社区和居民共同努力，通过宣传教育、设立分类投放点等方式，形成垃圾分类的良好习惯。其次，加强对垃圾的处理和回收工作。运营管理单位可以采取不同的垃圾处理措施，如焚烧、填埋、堆肥等，根据不同类型的垃圾选择适合的处理方式，避免将不易降解的垃圾直接倾倒或排放到排水管道中。最后，加强对垃圾的监管和处罚也是重要的预防措施。对于违反垃圾分类规定、乱倒垃圾和非法排放废弃物的行为，应采取严厉的处罚措施，形成强有力的垃圾治理机制，从源头上减少垃圾进入排水系统的可能性。

2. 污泥处理与清除

首先，建立定期污泥处理计划是必要的。运营管理单位应根据排水管道的使用情况和特点，制定合理的污泥处理计划。这包括定期清除管道内的污泥，并将其送往处理设施进行处理，如沉淀池、污水处理厂等。定期处理污泥可以有效减少管道内部的积存量，降低结垢和堵塞的风险。其次，采用合适的污泥处理技术是关键。不同类型的污泥可能需要采用不同的处理方法，例如机械化处理、化学处理、生物处理等。在选择污泥处理技术时，应考虑到污泥的特性和数量，以及处理设施的处理能力和效率。合适的处理技术能够有效降低污泥的体

积和湿度，方便后续的清除和处置工作。最后，加强对排水系统的监测和检查也是必要的。定期对排水管道进行检查，及时发现污泥的堆积和结垢情况，以便及时采取清除措施。

3. 生物防污措施

首先是使用生物清洁剂。这些清洁剂中含有特定的微生物，这些微生物能够分解有机物质，如食物残渣、油脂和其他污垢，将其转化为无害的物质。通过定期向排水管道中注入生物清洁剂，可以有效地降解管道内的有机物，防止其在管道内部沉积和堆积，减少结垢和堵塞的风险。其次是植物的应用。一些适合水环境的水生植物，如水葱、箬竹等，具有吸收养分和悬浮物质的特性。将这些植物种植在排水渠道或污水塘中，可以起到净化水质的作用，防止污垢和异物在管道内堆积，减少管道结垢的可能性。最后，生物防污措施还包括培养和保护水环境中的有益微生物群落。这些有益微生物可以与管道内的有害微生物竞争营养和生存空间，从而抑制有害微生物的生长和繁殖。通过保持水环境的生态平衡，可以有效地减少管道内的微生物生长，降低堵塞和结垢的风险^[4]。

（三）技术手段上的预防措施

1. 管道内涂层与材料优化

首先，在管道内涂层方面，选择光滑且具有抗腐蚀性的材料可以减少固体颗粒在管道壁上的附着，减少结垢的可能性。一些具有降低摩擦阻力和防黏附性能的涂层材料，如特殊聚合物涂层、陶瓷涂层等，能够有效地减少管道内部的摩擦损失和污垢沉积，提高排水效率，降低结垢风险。

其次，在管道材料优化方面，选择耐腐蚀、抗污垢性能好的材料也是重要的措施。一些特殊材料，如玻璃纤维增强塑料（GRP）管道、不锈钢管道等，具有较好的耐腐蚀性和抗污垢性能，能够长期保持管道的畅通和高效排水，减少管道结垢和堵塞的风险。

最后，定期检查和维护管道内涂层和材料也是保持管道畅通的重要环节。在使用过程中，管道内涂层可能会因为磨损或受损而影响其降低摩擦阻力和抗污垢性能，因此需要定期检查涂层的状况，并进行必要的修复或更换。

2. 超声波清洗技术

超声波清洗技术利用超声波的高频振动作用，可以有效地清除管道内的污垢和结垢，保持管道的畅通。超声波清洗技术适用于各种类型的管道，包括水泥管道、铸铁管道、塑料管道等，具有非常广泛的应用范围。

超声波清洗技术的工作原理是利用超声波在液体中产生的高频振动，将能量传递给管道内的污垢和结垢，使其脱落并分散在液体中。这样，管道内的污垢和结垢就可以被冲刷出管道，从而保持管道的畅通。超声波清洗技术具有非接触、非侵入性的特点，不会对管道内部造成损伤，同时也不需要拆卸管道，减少了维护成本和

人力资源的消耗。同时，超声波清洗技术还可以针对不同类型的污垢和结垢进行针对性的处理。例如，对于一些较为坚硬的结垢，可以采用较高频率和较大能量的超声波进行处理，从而更加有效地清除结垢。而对于一些较为软弱的污垢，可以采用较低频率和较小能量的超声波进行处理，避免过度清洗导致管道损伤。这种针对性的处理，可以保证清洗效果的最大化，同时也确保了管道的安全和稳定运行。

3. 管道内壁清洗机器人

管道内壁清洗机器人通过自主运动在排水管道内部进行清洗和巡检，能够有效地清除管道内的污垢和结垢，同时实时监测管道的状态，发现潜在的问题并及时修复，从而保持管道的畅通和稳定运行。

管道内壁清洗机器人通常配备有高压水枪或激光清洗设备，可以对管道内壁进行精确而彻底的清洗。机器人可以穿越管道的弯曲和狭窄部位，达到平时难以触及的区域，从而清除隐蔽的污垢和结垢。同时，机器人还可以根据管道的特点和实际情况，调整清洗参数，实现针对性的清洗，提高清洗效率。除了清洗功能，管道内壁清洗机器人还配备有传感器和摄像头，可以实时监测管道的运行状态和内部情况。一旦发现管道内存在堵塞、破损、腐蚀等问题，机器人可以立即向操作人员发出警报，并进行实时录像和传输，帮助操作人员及时采取措施进行修复和维护^[5]。

五、结语

综上所述，排水管道堵塞与结垢是城市排水系统面临的重要问题，但通过合理的原因分析和科学的预防措施，可以有效地避免和解决这一问题。本文对排水管道堵塞与结垢的原因及预防措施进行了深入研究，为城市排水系统的设计和运营提供了重要的理论和实践指导。在未来的工作中，还可以进一步研究排水管道堵塞与结垢的影响机理和治理技术，为城市排水系统的可持续发展提供更多的支持和保障。

参考文献

- [1]王菲.基于不平衡数据分类方法的排水管道堵塞识别研究[D].昆明理工大学,2020.
- [2]王俊岭,杨明霞,张亚琦,李英.排水管道堵塞试验及影响因素分析[J].科学技术与工程,2020,20(06):2305-2311.
- [3]闫菁,冯早,吴建德,马军.排水管道堵塞故障的声诊断方法研究[J].云南大学学报(自然科学版),2018,40(03):431-439.
- [4]闫菁.基于声学主动检测的排水管道堵塞故障辨识研究[D].昆明理工大学,2018.
- [5]李继云.黄水管道结垢特性分析及源分离排水系统构建研究[D].清华大学,2015.

作者简介:梁建华(1982.07-),男,汉,广东省河源市和平县,大学本科,研究方向:环境工程。