

给水管道冲洗中气水脉冲技术应用研究

赵婧华

北京市自来水集团禹通市政工程有限公司 北京 100011

摘要：通过系统地分析气水脉冲技术的冲洗原理、设备结构和工作参数，我们评估了其在不同给水管道条件下的冲洗效果。研究结果显示，气水脉冲技术能够有效地清除管道内壁的污垢和杂质，同时显著降低冲洗过程中的能耗和环境影响。在优化参数和设备改进的基础上，进一步提升气水脉冲技术的冲洗效率和稳定性，为实现给水管道高效、环保的清洗提供有力支持。

关键词：给水管道；气水脉冲技术；冲洗效率；能耗；环保

1 给水管道冲洗的重要性

给水管道作为城市基础设施的关键组成部分，其安全和清洁直接关系到广大市民的饮用水质量和身体健康。因此，给水管道冲洗工作的重要性不言而喻。第一，冲洗可以有效去除管道内的污垢、沉淀物和细菌等微生物，保障饮用水的清洁度和卫生标准。长时间不进行冲洗的管道容易积聚各类杂质，不仅影响水的口感，还可能滋生有害细菌，对人体健康构成威胁。第二，冲洗能够预防和减少管道堵塞，确保供水的连续性和稳定性。管道中的杂质和沉积物若不及时清除，可能会逐渐堵塞管道，导致供水不足或中断，影响居民的正常生活。第三，冲洗还能延长管道的使用寿命。给水管道在长期运行过程中，不可避免地会受到腐蚀和磨损。定期冲洗可以去除管道内壁的结垢和腐蚀产物，减少管道的腐蚀程度，从而延长其使用寿命^[1]。

2 给水管道冲洗中气水脉冲技术原理

气水脉冲技术是一种高效的管道清洗方法，其原理主要基于气液两相流在管道内部产生的周期性压力脉冲。这种技术结合压缩空气和水流的交替注入，使得在管道内形成了周期性变化的压力环境。具体来说，当压缩空气注入管道时，会在管道内部形成高压区域，随后水流迅速跟随进入，形成低压区域。这种高压和低压的快速交替产生强烈的压力脉冲，这些脉冲沿着管道传播，并作用于管道内壁。这些压力脉冲具有足够的能量和冲击力，能够有效剥离附着在管道内壁的污垢、锈蚀物、沉淀物以及微生物等杂质。这些被剥离的杂质随着水流的推进被冲洗出管道，从而实现了管道的彻底清洗。与传统的水冲洗方法相比，气水脉冲技术通过产生周期性的压力脉冲，不仅提高冲洗的效率和清洁度，还大大减少冲洗过程中所需的水量和能耗。^[2]同时，由于气水脉冲的作用方式较为温和，对管道内壁的损伤也较

小，有助于延长管道的使用寿命。

3 气水脉冲技术基本特点

气-水脉冲管道清洗技术于上世纪90年代被提出，并随着传感技术和计算机控制技术的发展逐步成熟，近年来该技术在北方地区中小口径供水管网清洗项目中得到较为广泛的应用。气-水脉冲管道清洗技术与传统管道清洗技术相比较，具有如下特点：（1）操作方便、简单易行，采用计算机自动测控；（2）工作断面较小，利用原有管道附属设备进行施工，不需要实施管线开挖，不使用大型机械设备，清洗距离受管道附件和桥管等影响较小，非常适合复杂管道的清洗；（3）冲击力大，对较为坚硬的管壁积垢去除效果好，且对管壁内防腐层损伤较小；（4）清洗时间短，耗水量低，能有效缩短断水时间、节约工程费用；（5）纯物理过程，无化学污染物，清洁环保。

4 气水脉冲技术在给水管道冲洗中的应用

4.1 应用流程

气水脉冲技术在给水管道冲洗中的应用流程通常包括以下几个步骤：（1）准备阶段：首先需要对给水管道进行初步的检查和准备。这包括确认管道的类型、材质和规格，以便选择适当的设备和参数。同时，还要确保管道的连接处密封良好，以防冲洗过程中发生泄漏。（2）设备设置与连接：将气水脉冲设备运输至指定地点，并根据管道的实际情况进行设备的设置和连接。这通常涉及到设备的定位、管路的布置以及气、水接口的对接等。（3）参数调整与启动：在设备连接完成后，需要根据管道的具体情况和冲洗要求进行参数调整。这包括设置脉冲频率、压缩空气压力、水流速度等关键参数。参数设置完毕后，启动气水脉冲设备，开始冲洗工作。（4）冲洗作业：在冲洗过程中，压缩空气和水流交替进入管道，形成周期性的压力脉冲。这些压力脉冲沿

着管道传播,剥离并冲洗管道内壁的污垢和杂质。冲洗作业通常持续一段时间,具体时长根据管道的清洁程度和冲洗效果而定。(5)效果评估与记录:冲洗作业完成后,需要对冲洗效果进行评估。这可以通过观察冲洗后的水质、管道内壁的清洁度以及管道的通畅性等方面来进行。同时,还要记录冲洗过程中的相关数据,如冲洗时长、消耗的压缩空气和水量等,以便后续分析和改进。(6)后续处理与维护:冲洗作业结束后,需要对设备进行清理和维护,以保证其正常运行和延长使用寿命。同时,还要对给水管道进行定期的巡查和维护,以确保其安全和稳定运行。

4.2 试验前期数据采集及准备工作

在进行气水脉冲技术冲洗给水管道之前,严格遵循国际惯例,对管网进行全面的现状调查。这包括了用户投诉调查和水质调查。水质调查重点关注了诸如浊度、色度、铁含量及细菌学指标等核心参数,确保了数据的全面性和准确性。考虑到供水管道的不同使用年限、管材和管径等因素,精心选择若干具有代表性的管道进行深入调查。特别是针对部分管道内壁的腐蚀情况,进行详细的取样分析。这一步骤至关重要,因为它为我们提供管道实际状况的直接证据,帮助我们更好地理解 and 应对潜在的问题。分析结果表明,所有未进行内衬且使用超过5年的管道均遭受不同程度的锈蚀,其中普通铸铁管材的问题尤为突出。在某些情况下,锈瘤的高度甚至达到了5cm,而从管道中取出的锈块尺寸也异常庞大,有的达到了惊人的6cm。这些数据生动地展示了管道腐蚀的严重性^[3]。当水流在低速或停滞状态下通过被严重腐蚀和结垢的管网末端时,水流方向的改变或突然加速都可能导致水质急剧恶化,表现为水变得浑浊、发黄,严重影响饮用水的安全性。管道内部的结垢还会导致管径有效断面缩小。

4.3 冲洗效果评估

为了评估气水脉冲技术在给水管道冲洗中的效果,进行对比实验和现场应用案例的研究。通过对比分析,气水脉冲技术在冲洗效率、清洁度以及管道内壁损伤等方面均展现出显著的优势。在对比实验中,选择相同长度、材质和规格的给水管道,分别采用传统的水冲洗方法和气水脉冲技术进行冲洗。结果显示,气水脉冲技术在相同的时间内,能够清除更多的污垢和杂质,冲洗效率显著提高。同时,通过对冲洗后管道内壁的观察和检测,发现气水脉冲技术能够更好地保持管道内壁的清洁度,减少微生物和细菌的滋生。

4.4 能耗与环境影响分析

首先,从能耗角度来看,气水脉冲技术通过高效地利用压缩空气和水流,实现了冲洗过程中的能量优化利用。由于气水脉冲技术采用的是周期性的压力脉冲,而非持续的高能耗冲洗方式,因此在相同的冲洗效果下,其能耗更低。这意味着在冲洗过程中,不仅可以减少对能源的消耗,还可以降低运行成本,具有显著的经济效益。其次,从环境影响角度来看,气水脉冲技术也展现出其环保优势。传统的水冲洗方法往往会产生大量的废水,不仅增加处理成本,还可能对环境造成污染。而气水脉冲技术通过循环使用冲洗介质,有效减少废水的产生。同时,由于冲洗过程中无需添加化学清洗剂,也避免化学物质对环境的污染。这不仅有助于节约资源,还可以减少因管道维修和更换而产生的环境影响。

5 气水脉冲技术的优化与改进

5.1 参数优化

在进行参数优化时,首要对影响气水脉冲效果的关键因素进行深入研究。这些关键因素通常包括脉冲频率、压缩空气压力、水流速度、管道直径和管道材质等。通过理论分析和实验验证,可以确定各参数之间的最佳匹配关系,以实现最佳的冲洗效果。具体而言,脉冲频率的优化应根据管道内污垢的种类和分布进行调整。对于易冲洗的污垢,可以适当降低脉冲频率,以减少能耗;而对于难以冲洗的污垢,则需要增加脉冲频率以提高冲洗效率。压缩空气压力和水流速度的优化则需要根据管道的具体情况和冲洗要求进行调整,以确保冲洗过程中的压力和水流速度能够充分剥离和冲洗管道内壁的污垢。针对不同材质和规格的给水管道,还需要进行专门的参数优化研究。这需要考虑管道材质对脉冲波的传导性能、管道的承受压力能力以及管道内壁的光滑度等因素。通过综合考虑这些因素,可以确定最适合该类型管道的参数组合,以实现最佳的冲洗效果。在进行参数优化的过程中,还可以借助现代技术手段,如数值模拟和智能算法等,来提高优化的准确性和效率。在气水脉冲技术冲洗给水管道的数值模拟中,根据流体动力学、管道材料和结构力学等基本原理解,建立一个描述冲洗过程的数学模型。这个模型可能包括管道内的水流速度、压力分布、气体与水的交互作用、以及冲洗过程中对管道内壁的作用力等多个因素。然后,使用计算机程序(如流体力学软件或专用的模拟工具)来解这个模型,生成一个或多个表示冲洗效果(如清洗程度、清洗时间、内壁损伤等)的输出参数。通过不断调整和改变模型中的参数,从而为实验设计、实际操作和参数优化提供重要依据^[4]。

5.2 设备改进

气水脉冲技术的优化与改进不仅涉及到参数的调整,还涵盖了设备的创新与升级。改进设备的核心部件,例如优化压缩空气的储存与释放系统,以提升其响应速度和稳定性。通过改进水流控制系统,确保水流的稳定性与均匀性,从而增强脉冲的冲击力。对设备的结构进行优化设计,采用耐磨损、抗腐蚀的材料,提高设备的耐用性。同时,强化设备的密封性能,减少冲洗过程中可能出现的泄漏问题,确保设备的长期稳定运行。将先进的传感器技术和自动控制技术应用于气水脉冲设备,实现设备的自动化运行和智能监控。这不仅可以减少人工干预,提高冲洗效率,还能确保冲洗过程的安全与稳定。考虑到实际应用中的场地限制和运输需求,可以设计更为紧凑、便携的设备,并采用模块化设计,以便更快速地进行设备安装和拆卸。通过优化设备的能源结构,采用更加节能的压缩空气生成方式,降低设备的能耗。设备的设计应更加注重环保,避免冲洗过程中产生二次污染。简化设备的操作界面,提供直观易懂的操作指导,使用户能够更轻松地掌握设备的操作方法,提高冲洗效率。

6 气水脉冲技术在给水管道清洗领域的潜在应用价值

气水脉冲技术凭借其高效冲洗能力和对环境的友好特性,在给水管道清洗领域展现了广阔的潜在应用价值。随着对水质要求的不断提高和环保意识的日益增强,这种技术有望在未来发挥更加重要的作用。第一,气水脉冲技术在应对复杂的管道清洗问题时展现出巨大的优势。与传统的水射流或化学清洗相比,它能够更为精准地作用于管道内部,有效地去除各种类型的污垢,如锈渣、沉淀物、油脂以及生物膜等。这意味着即使面对老化、破损或布局复杂的管道系统,气水脉冲技术也能提供高效且安全的清洗解决方案。第二,随着对节能

环保的需求不断增加,气水脉冲技术的低能耗和环境友好特性受到广泛的关注。相比传统清洗方法,它减少了废水的产生和化学清洗剂的使用,从而降低对环境的污染和能源消耗。第三,气水脉冲技术在提高给水管道的运行效率和使用寿命方面也具有潜在的应用价值。通过定期清洗,可以去除管道内的污垢和杂质,保持水流的顺畅,提高供水效率。第四,随着物联网和智能监控技术的发展,气水脉冲技术有望与这些先进技术相结合,实现给水管道清洗的智能化和自动化。

结束语

经过一系列的研究和实践验证,气水脉冲技术在给水管道冲洗中展现出显著的优势和潜力。其高效的冲洗能力和环境友好特性使得该技术在给水管道维护和管理中具有广阔的应用前景。随着技术的不断发展和创新,相信气水脉冲技术将在未来的给水管道冲洗领域发挥更加重要的作用,为保障供水安全、提升水质标准作出重要贡献。同时,也期待着更多的研究和实践能够进一步推动气水脉冲技术的优化和改进,为给水管道清洗领域带来更多的创新和突破。

参考文献

- [1]姚秀娟,吴健.给水管道冲洗中气水脉冲技术应用研究[J].电脑高手(电子刊),2020,2(2):479.DOI:10.12277/j.issn.1009-7007.2020.02.446.
- [2]杨磊.气水脉冲管道冲洗技术在给水管道冲洗中的应用[J].工程技术研究,2022,7(10):29-33.DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2022.10.009.
- [3]朱华纺.浅谈气水普通冲洗清洗技术及其应用[J].城市道桥与防洪,2018(07):375-377+31.
- [4]徐海峰,胡正平,童斐,等.新建给水管道冲洗技术研究[J].给水排水.2020,(S1).924-925,928.DOI:10.13789/j.cnki.ww1964.2020.S1.207.