

# 基于上海老旧供水管网现状的思考

张心悦

上海市供水管理事务中心

**摘要：**公共供水管网是城市运行的“地下生命线”，上海近年一直大力推进老旧供水管网改造工作，在改造过程中不可避免的会遇到难点问题。本文通过简要论述上海供水管网现状、分析主要供水管网数据，总结老旧供水管网现状和影响因素，分析改造难点，提出解决问题的建议，主要包括搭建爆管预警系统、选择改造方式、搭建智慧管网等，综合开展对供水管网改造工作的思考。

**关键词：**供水管网；改造；上海

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.17.067

供水管网是上海供水系统中的重要组成部分，是实现安全优质供水的重要环节。作为我国乃至全球的超大城市，上海市随着经济社会的不断发展，城市主干道路下密布各类地下管线，不同口径及功能的管线密集地敷设在地表以下10m以内的浅层空间，多种类型管线形成城市赖以生存与发展的地下管网系统。当前，上海供水管网面临管网数量庞大、其他各类管线纵横交错敷设等异常复杂的环境特征和管材老化、漏损率大、易突发爆管等隐患问题，因此上海迫切需要加快推进城市供水管网的老旧更新改造，加强市政基础设施智慧化建设，保障安全运行，促进城市高质量发展。

## 一、上海老旧供水管网现状

### （一）上海供水管网现状

供水管网是指供水工程中向用户输水和配水的管道系统，由管道、配件和附属设施组成。上海供水管网自20世纪50年代开始进入稳步增长的态势，大发展于21世纪初，一直延续至今。据统计，截至2021年底，供

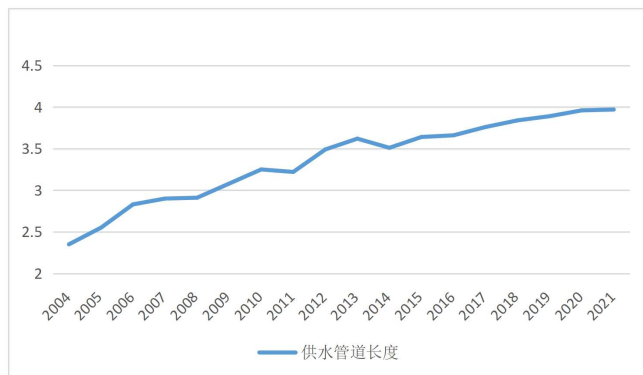


图1: 2004-2021年上海供水管道长度  
(单位: 万公里)

水管网长度约3.97万公里(中国城乡建设统计年鉴, 2021), 相较于2010年增加约26.8%, 相较于2004年增加约69.9%(图1)。主要影响因素分析如下:

### 1. 材质

上海供水管道材质种类较多, 包括钢管、球墨铸铁、灰口铸铁、镀锌、水泥、塑料和玻璃钢等, 球墨铸铁管作为铸铁管的一种, 是上海目前较为常见的大口径管道所用材质, 具有优越的耐久性能及防腐性能。灰口铸铁管、水泥管、玻璃钢管和口径塑料管多铺设于1990年前, 经过研究发现这类材质极易发生爆管漏损。

### 2. 敷设时间

上海供水管网历史悠久, 人口规模超1500万, 管龄跨度较大。经调研, 在DN300及以上的供水管道中, 1978年之前敷设的管道仍存在一定比例。

## （二）老旧供水管网改造现状

实施老旧供水管网改造是目前最有效降低管网漏损率的手段之一。根据《国务院办公厅关于印发城市燃气管道等老化更新改造实施方案(2022年-2025年)的通知》要求, 明确供水管线更新改造对象, 应为材质落后、使用年限较长、运行环境存在安全隐患、不符合相关标准规范的城市供水管道。具体包括: 水泥管、灰口铸铁管或运行年限满30年、存在安全隐患的其他管道。

### 1. 老旧供水管网现状

供水管线日常养护维护由供水企业负责。其中, 中心城区由城投水务集团维护管理, 郊区分别由区供水企业维护管理。上海老旧供水管网改造工作近年一直大力推进, 经过“十二五”“十三五”改造, 全市累计完成约3500公里管网改造。剩余老旧供水管道计划至2035年基本完成。“十四五”期间, 上海市计划改造老旧供水管线2000公里, 每年改造不少于400公里。2021年、2022年均超额完成目标任务。

### 2. 老旧供水管网成因分析

漏损管网是重点改造的老旧供水管网, 经分析, 管道漏损是供水管道系统中存在的一个普遍性问题, 城镇供水系统漏损成因比较复杂, 主要由以下三个原因造成: 一是管道管龄较长, 年代久远; 二是管道材质较差, 易与内壁发生腐蚀; 三是管道因调度等原因发生局部压力过高; 四是季节变化带来的荷载压力。

#### （1）管龄较长

相关研究人员在对城市供水管道寿命进行研究时发现, 管道存在浴缸曲线, 即将管道分为三个阶段: 初期

阶段，这一阶段的管道质量以及施工质量是导致管道发生爆管的主要原因，这一阶段出现问题可以通过检测管道质量进行修复，发生爆管风险不高；管道运行阶段，这一阶段引发爆管的主要原因为荷载过量或者第三方的介入，这一阶段由于外界因素导致的，发生概率相对较低；管道老化、退化阶段，这一阶段因为运行时间较长，发生爆管的概率相对较大。因此，超过30年的供水管网需列入改造范围。

### （2）管道腐蚀

早年部分供水管道易使管道内壁发生腐蚀，分析原因，可能是水中的微量元素，管道铺设的周边土壤与管道发生化学反应，其会导致管道的管壁强度大幅下降以及管壁变薄，发生爆管。

### （3）管道压力

据统计，近几年发生在交通流量大、地下管线交汇处的爆管事件占据较大比例。由于调度等方面原因，某段出现较大流量会对管道流量和节点压力产生直接影响，发生爆管。

### （4）季节因素

季节变化带来的温度变化会使管道机械结构和伸缩接口发生变化，土的荷载或路面重载车辆反复对管道造成荷载压力。例如刚性接口管道会因为自身的特点在寒潮期间温度骤降道时发生爆管。

## 二、老旧供水管网改造难点

老旧管网漏损成因复杂且现阶段不具备对所有地下供水管网进行实时、全面的检测和监测，对于现有明确的改造项目，在改造过程仍存在一定难点问题。

### （一）爆管漏损不易发现

据统计，2016年至2020年，DN500以上供水管道每年发生爆管事件仍有十起左右，供水管网系统中各类泄漏、爆管事件给城市带来的损失不容忽视。而当前，上海市城市供水管网主要以监测水质、水量和压力等运行功能指标为主，缺乏供水管网实时安全状态信息以及新型检测技术，管道发生漏损不易被发现，发生爆管更是会产生严重的社会影响。

### （二）改造推进难度大

上海作为国际化大都市，道路交通流量大，DN500及以上的供水管道多布于市政道路下，市政道路开挖给市民造成较大影响。一旦施工，居民受噪音困扰进而投诉，施工单位被迫停工，易造成工期延误。同时，供水管道涉及重点管控道路的项目需多部门审批，前期耗时长、存在无法施工的风险，影响整体改造进度。

### （三）智慧化应用较少

管网改造管理目前仍较多依赖于电子记录，传统的管理模式已不能满足城市供水管网改造过程中管理的需

要。虽然上海各供水企业已建立GIS系统，但针对老旧供水管网的特殊模块管理仍较为薄弱，无法动态直观了解全市改造进程，同时，管网改造过度依赖人工经验，智慧化手段在管网改造中仍应用较少。建设智慧管网是实现智慧供水的重要步骤，是城市供水管理发展的必然趋势。

## 三、老旧供水管网改造建议

随着上海城市在2035年将基本建成卓越的全球城市，供水行业也不断创新拓展。根据规划要求，至2035年，全市供水管网漏损率要降至6%。近些年，上海供水致力于推进供水管网在预警、改造工艺、智慧化等方面的工作。结合管网现状和发展需要，对管网改造工作的建议如下：

### （一）开展供水管网状态预警及检测

#### 1. 爆管预警系统

搭建供水管网爆管预警系统，可以预知爆管风险，有助于提高区域安全供水水平。针对管道运行的不利工况，在交叉路口、交叠管线、施工区域等位置的管道进行保护性监测和预防性监测，通过实时监控管道运行状态、结构状态和环境状态，融合运行监控技术与风险评估技术，提高管道风险评价的精准度，提高维护养护工作的效率。可以通过排摸区域DN300及以上管网风险，并将爆管预警算法嵌入大数据中台，实现供水爆管的预警，并针对系统可行性开展进一步研究。

#### 2. 新型管道内检测技术

上海近几年尝试多种检测技术，为管道体检，其中应用效果较好的为SAHARA内检测新技术，作为一种系统式的给水压力管道评估设备，SAHARA可以在不开挖路面、不断水的情况下，在供水管道内部进行检测。确定漏点位置和估算渗漏量，并对管道内壁气囊进行定位和长度测量。在此基础上，绘制三维管道走向图，进行温度和压力测量并提供视频资料，使工作人员可以清晰掌握阀门状态、支管、内衬层质量、堆积物及局部淤塞等关键信息，同时对金属管道腐蚀情况进行评估，对管网内部进行彻底检测。该技术在昆阳路等地实地应用，为老旧管网实现精细化检测，管道翻排提供定性依据。

#### 3. 管网结构性检测

管网结构性检测P-cat技术也称为逆向瞬态管线状态评估技术，属于高精度扫描技术，对采集的压力波变化相当敏感，例如管壁强度变化处、壁厚变化处、管道配件处、材料变化处、口径变化处及一些异常处，通过压力波的释放和收集对管道进行分段波速分析，检测与评估分段管道的管壁剩余强度及管壁厚度，有助于检测出老旧供水管道。

供水管道通过预警、内检测和结构性检测的多种方

式应用,有助于尽快发现漏损和爆管,及时改造,有效提高供水安全性和供水水质。

## (二) 明确供水管网改造方式选择

老旧供水管道的改造方式主要有三种改造方式,第一种是管道开挖方式,第二种是非开挖修复方式,第三种是优化废除。改造方式的选择应当因地制宜,根据日常施工经验,总结以下适用范围:

管道开挖。主要有两种方式,一是原拆原建,即将原管拆除,在原管位铺设新管道,此方式较多适用于整体改造的管道或是郊区等交通流量较小的地区;二是新管位建设管道,此方式较多适用于地下无新管位或出现供水管线被其他管线覆盖无铺设条件的情况。

管道非开挖。传统的开挖道路改造工艺受限较多,上海的城市交通流量大、地下管网错综复杂,各种绿化环境保护因素等都是制约老旧供水管网改造的主要原因,明确无法开挖直埋敷设的供水管道,宜采用非开挖施工非开挖修复是当前较为新颖的改造方式。与开挖比较,非开挖修复工作面小、白天可恢复交通,可以有效减少施工扰民问题。主要的非开挖修复技术有热水翻转原位固化、常温原位固化、紫外光-蒸汽二元原位固化和fipp热塑成型等,目前上海开展了霍山路等试点工程,取得较好的效果,但由于非开挖修复工艺适用条件不同,且上海乃至全国并未出台相关标准,相关规范有待完善。

优化废除。针对根据实际区域供水量、水力模型等数据综合评定,可以进行优化梳理的冗余管线,可以采取优化方式。

## (三) 加快构建智慧管网

### 1. 构建改造管网“全市一张图”

城市地下管网错综复杂,传统的基于人工经验与图纸相结合的管理模式逐渐无法满足城市供水管网管理的需要。基于GIS技术的供水管网管理模式逐步应用于城市,而针对全市改造管网的GIS模块并未建立,2022年上海初步试点,针对存在安全隐患的供水管道进行数据汇交,绘制完成全市“隐患供水管网图”。根据各区完成情况动态更新,绿色管道表示已完工,蓝色表示已开工,红色表示未开工。每周通报并更新状态。通过信息化手段,实现动态管理。构建全市范围内的老旧供水管线GIS图,对于管理者而言,可以更直观、便捷的分析全市老旧供水管线分布及影响因素,进一步提升工作效率。

### 2. 搭建智慧管网平台

智慧管网是指在城市供水管道上安装水质、水压、水量等在线传感设备,实时感知管网系统的运行状态,同时融合管网维护业务信息,采用可视化的方式进行物

联整合,将海量的信息通过系统有效分析,对管网水量、水压、水质工况进行及时预警,对管理需求作出更加智能化地响应与控制,以更精细、动态地方式管理好供水系统的整个生产、管理和服务,从而达到“智慧供水”的状态。

目前,上海在智慧管网的搭建与信息化等方面的建设仍在摸索阶段,但构建智慧管网是供水发展的必然趋势,要统筹规划,分段实施,先建立试点,优化从预测、检测、监控到改造等多方位全过程的管网运行管理,再建立漏失设备监控平台、爆管预警系统和分区计量平台等,最终构建智慧管网平台,进一步提高精细化管理水平。

## 四、结论

供水是人民生活的保障基础,供水管网更是城市安全的“地下生命线”,是降低管网漏损,节约水资源的有效手段。系统掌握全市供水管网状态,是管理和筛选老旧供水管网的必备条件,老旧供水管网的改造是一项动态更新的系统工程,在改造过程中,老旧供水管网的筛选、改造方式的选择、信息化手段的缺乏都是当前改造面临的难点问题。对标国际最高标准、最好水平,上海的老旧供水管网改造必须从难点问题出发,在管网预测、检测、监控、改造等多方面着力优化提升,科学地整合管网数据、创新改造方式、优化大数据平台,通过日常工作经验和信息化手段,不断提升供水管网的智能化建设和管理的水平,推动供水事业的高质量发展。

## 参考文献

- [1]王圣,王婷婷,阮久丽,等.上海市供水管网改造工程探讨[J].净水技术,2018,37(S1):155-163.
- [2]曾颖.降低供水管网漏损率的实践分析——以上海市嘉定区为例[J].净水技术,2021,40(S1):208-210.
- [3]杨弦,顾丽华,樊敏敏,等.基于GIS信息的供水管网更新改造探讨[J].净水技术,2014,33(S1):151-153.
- [4]刘海.城市供水管网管理探讨及展望[J].供水技术,2022(03):61-64.
- [5]李云峰.智慧供水信息化建设的构想[J].城镇供水,2018(05):52-60.
- [6]庄瑞板.发展一体化、智慧化城市供水体系[J].住宅产业,2019(11):27-32.
- [7]许有礼.城市供水管网现状与技术改造分析[J].四川建材2021(09):183-184.
- [8]杨弦,顾丽华,樊敏敏.基于GIS信息的供水管网更新改造探讨[J].净水技术.2014,33(S1):151-153.