

# 水质检测中的pH值与硬度分析及其对管网腐蚀的影响

孙宇欣 吴 琼

陕西水务发展集团岐山县供水有限公司 陕西宝鸡 722400

**摘要：**给水网络作为城市基础设施的关键组成部分，一旦遭受腐蚀侵袭，不仅会直接影响水质的纯净度，对民众的健康构成潜在威胁，还会引发渗漏现象，导致宝贵水资源无谓的损耗。鉴于此，给水服务提供者必须深刻认识腐蚀问题的严重性，并采取精准有效的防控策略，从根本上解决给水管道内部的腐蚀难题。有鉴于此，本文旨在深化对给水管道腐蚀危害的认识，并探讨相应的预防措施及技术解决方案，以期提升给水管道的服务性能与耐用度，供业界参考借鉴。

**关键词：**给水管道的；腐蚀；危害；防治技术

## 前言

pH值在水质评估中扮演着关键角色，不仅是水污染监测的常用指标，也是水质评价及其实际应用的重要参考依据。在污水处理流程中，精确测量污水的pH值至关重要，它不仅捕捉水质变化的细节，还要考虑到污水的酸碱度如何影响污泥中微生物的生存条件，而pH值的波动正是判断污水污染程度的核心指标。

水的硬度是指水中所含钙、镁、铁、锌等金属元素形成的多价或二价离子总量，是评估水质软硬程度的关键参数。天然水源中，钙、镁离子构成了水的主要硬度成分，其整体硬度则取决于碳酸盐、氯化物、硝酸盐等物质的含量。硬度可进一步细分为暂时硬度和永久硬度，前者如氯化钙、硫酸镁等形成的硬度，在加热过程中会因生成碳酸盐沉淀而去除；后者如以硫酸盐、硝酸盐、氯化物形式存在的硬度，性质稳定，不易受热分解，因此被定义为永久硬度。衡量水硬度的两种方法普遍应用：一是以氧化钙含量（mg/L或 $\mu\text{g/L}$ ）直接表示；二是采用“德度”作为换算单位，其中1德度相当于每升水中含有10毫克的氧化钙（CaO）。根据硬度大小，水被划分为不同等级：极软水（0~4）、软水（4~8）、微硬水（8~12）、中硬水（12~18）、硬水（18~30）及极硬水（30以上）。水的硬度对生产生活和自然环境均产生深远影响。硬水因含有较多矿物质，可能导致织物膨胀、颜色暗淡，并增加洗涤时的肥皂消耗量。对于饮用与烹饪而言，纯水硬度较低时，冲泡茶水能展现出更佳的风味。适度的水硬度能促进面粉发酵，增强面筋结构，从而提升面包品质。在水产养殖领域，水硬度同样扮演重要角色，它影响水中有机物的转化过程，降低有害物质毒性，

对藻类和虾类等水生生物的生长环境起到调节作用。因此，水的硬度是衡量水质的重要维度之一。

## 一、分析给水管道的危害

给水网络作为城市基础设施的关键部分，其构件——给水管道的，随年月的累积，无可避免地遭受侵蚀。尽管腐蚀现象不立即引发灾难性损害，但它潜移默化地削弱了管道的服务性能与水质。接下来，我们将深入剖析其带来的具体负面影响。

### 1.降低水质质量

科学调查揭示，受腐蚀影响的给水管道的末端，水中细菌含量显著高于源头。这一增长不仅加剧了管道的腐蚀进程，更可能导致渗漏，缩短管道寿命，最关键的是，它污染了水源，对民众健康构成威胁，影响饮用水安全。

### 2.渗漏风险加剧

实践中观察到，存在腐蚀问题的管道，其渗漏风险随使用时长而递增。据统计，每年因腐蚀引发的管道泄漏，给给水企业带来沉重的经济负担和维修挑战。

### 3.给水效能受阻

腐蚀导致的另一个严重后果是给水管道的输送能力的衰减。随着腐蚀产物如细菌和锈垢的积累，管道内部空间逐渐缩减，降低了水流通过的截面，进而削弱给水压力，尤其影响高层用户的正常用水。为弥补这一压力损失，需启用额外泵站增压，这不仅消耗更多电力资源，还加剧了渗漏风险，形成恶性循环。通过上述分析可见，给水管道的腐蚀问题不仅关乎水质安全、经济成本，还直接影响到城市给水的整体效率与可持续性，因此，采取有效措施预防和控制管道腐蚀，显得尤为重要。

## 二、给水管道的腐蚀分类

### 1. 电化学腐蚀对给水管道的的影响

在诸多国内城市的规划构建中，给水管道的通常被深埋地下，尤其在中国北方，因冬季严寒，管道几乎均需置于地下。在地下管道的布局中，需全面考量土壤酸碱度、流体流速等多种因素。一旦土壤中的电解质与管道表面发生作用，便可能引发电化学腐蚀问题，诸如氧化还原反应等，在腐蚀电池的催化下会导致金属腐蚀。当土壤化学物质与金属管道存在差动接触时，会触发原电池现象，形成“电池效应”，进而加剧水管腐蚀。此外，管道内壁主要与水接触，而水作为一种电解质，易在金属表面产生电位差。电位高的部分形成阳极，电位低的部分则为阴极。阴极的金属易受腐蚀，腐蚀产物会溶解进入水中，导致水质恶化。同时，阴极反应会释放电子，促使水溶液中的氢氧根离子增多。当离子浓度达到一定水平时，溶液中的金属离子会转化为低氧化物，如 $Fe(OH)_2$ 。若水中富含氧气，溶解氧会促使低氧化物进一步转化为高价氢氧化物，如 $Fe(OH)_3$ 。这一过程会严重损害管道内壁，造成凹凸不平的腐蚀痕迹。

### 2. 细菌引起的腐蚀问题

从土壤微生物环境的角度分析，土壤中可能存在大量细菌，且其条件往往利于细菌繁殖。在土壤环境中，这些细菌会将土壤和水中的有机物逐步转化为酸或盐类物质，进而促进腐蚀电池电极的形成，加速电化学腐蚀过程。细菌活动不仅直接侵蚀金属管道，还可能通过产生的代谢产物和酸性环境间接加剧腐蚀。因此，在设计和维护给水系统时，需特别关注细菌对管道腐蚀的影响，采取有效措施控制细菌生长，以延长管道使用寿命并保障给水安全。

## 三、给水管道的腐蚀防治措施

### 1. 提升排水水质以促进防蚀效能

为强化防腐蚀成效，优化工厂出水水质无疑是核心策略。当前，我国普遍采用向水中添加氯以杀灭微生物，但过量氯虽能确保消毒效果，却可能加剧管道腐蚀风险。鉴于此，给水机构需依据实际水质状况，科学调控氯添加量，并革新消毒技术，旨在符合国家出水标准的同时，不断追求卓越的水质表现。

### 2. 强化管网水质监控体系

为确保水质信息的即时获取，需对管网水质监测体系进行革新，引入现代化监测工具实施给水水质的连续监测。研究表明，通过分析水的pH值、碱度及硬度等关键指标，可计算腐蚀指数，据此评估水的侵蚀程度。因

此，一旦发现水质退化迹象，应立即调整出水水质，强化出水品质，有效预防给水管道的腐蚀，确保系统稳定运行。

### 3. 推广非金属管道材料的应用

伴随材料科技的持续进步，诸如聚氯乙烯管、玻璃纤维/聚氯乙烯复合管等塑料管材在市场中日益普及。相较于金属管道，这些塑料管展现出显著的轻质耐蚀特性，表面光滑不易结垢，且能大幅降低水流阻力。因此，在铺设给水管道的时，可依据工程需求适度增加非金属管道的应用比例。此类选择不仅造价更为经济，且铺设流程简便高效，展现出广阔的应用前景与潜力。

### 4. 管道内衬优化策略

在给水管道的轻度腐蚀场景下，推荐实施定期清洁与消毒计划，并结合先进的涂层技术，以预防腐蚀现象。对于新管道或腐蚀程度较轻的系统，采用一次性内衬作业能显著提升管道耐用性。当前，内衬技术主要分为两大类：水泥砂浆衬砌与环氧树脂衬砌。水泥砂浆技术通过向管道内壁均匀喷涂砂浆，实现防腐蚀效果；而环氧树脂衬砌则采用特殊混合材料（硬化剂与环氧树脂的复合物），增强内壁耐磨与耐腐蚀性能，其喷涂厚度精确控制在约1毫米，待2小时固化后即可恢复使用。此外，通过调整金属管道的电极状态，将阳极（易腐蚀部分）金属调整为阴极，可显著减少给水管道的腐蚀风险。

### 5. 喷雾缓蚀剂应用新视角

针对给水管道的表面，应用喷雾缓蚀剂形成一层保护膜，该膜包括氧化膜、沉淀膜及吸附膜三种类型，能有效隔绝腐蚀介质，保护管道免受侵蚀。此过程不仅限于表面覆盖，更涉及对金属表面的深度防护，确保管道的长期稳定性。

### 6. 高压水射流清洗技术革新

针对长期使用后的给水管道的，采用高压水射流清洗是一种高效维护手段。该技术利用高压泵加压，将水流通过特制喷嘴转化为高能量射流，连续冲刷管道内壁，不仅恢复了管道的输送效率，还减轻了腐蚀影响。此过程依赖于高精度的水射流控制，确保清洗效果的同时减少了对管道的潜在损伤。

## 四、影响水质pH值测定的相关因素与控制分析

### 1. 仪器校准的精细考量

确保水质pH值测量的准确性，首要步骤是仪器的精准校准。利用特定pH值的缓冲溶液作为基准，如通过pH4.00和pH6.86标准溶液对仪器进行精细调校后，将pH电极置于pH9.18的溶液中，仔细比对标准读数与实际显示值，以验证设备的准确性。

## 2. 深入评估pH电极效能

校正之后,需对pH电极的性能进行全面检测。若电极斜率超过105%,则需进一步审查校正缓冲;斜率处于90%至105%区间内,表明电极状态良好;斜率在85%至90%间,提示需彻底清洗电极;而低于85%,则意味着电极需更换或进行专业维护。

## 3. 样品温度的稳定控制

鉴于pH计无法完全补偿温度对样品的影响,特别是在测量过程中,保持水样温度恒定显得尤为重要,尽量接近实验室环境,以减小因温差导致的测量误差。在可能的情况下,将水样调节至实验室环境的温度,通常建议控制在20℃至25℃之间,这是大多数pH计校准的参考温度。使用恒温水浴或加热垫等工具,缓慢且均匀地调整水样温度,避免急剧的温度变化影响水质成分及pH值。现代pH计大多配备有温度补偿功能,这允许仪器根据测量的温度自动调整读数,以更接近实际pH值。在测量前,确保正确输入或设定水样温度,使仪器能进行相应补偿。

## 4. 二氧化碳干扰的规避

在开放容器中测定pH时,空气中的二氧化碳会溶解于水样中,导致酸碱度变化。为减少此影响,应尽快在取样后完成测试,缩短样品暴露时间。在取样时,尽量使用紧密密封的容器,减少空气与样品的接触,从而限制二氧化碳的溶解。保持实验室环境稳定,避免温度和气压的急剧变化,因为这些变化也会影响气体在溶液中的溶解度。利用自动滴定仪或便携式pH计等先进设备,可以更快地完成测量,同时确保精度。这些设备通常具有内置的温度补偿功能,能更准确地反映样品的真实pH值。

## 5. 缓冲液制备的严谨性

标准缓冲溶液的配制需严格遵守三级水标准,且需经过加热煮沸确认无杂质后冷却使用,确保其pH值稳定性和重复性达到最高标准。

## 6. 待测液体的妥善保存

待测液体的保存状态直接影响pH值测定结果。最佳实践是现场即时检测,若需保存,应置于0至4摄氏度环境,并在取样后6小时内完成测量,以最大限度减少误差。待测液体的保存容器也需仔细选择,以避免对测量结果产生不必要的干扰。理想的容器应为玻璃或高质量的塑料,避免使用含有任何可能影响液体性质的化学物质(如金属或塑料中的添加剂)的容器。同时,确保容器干净、无残留,每次测量前进行彻底的清洗和干燥,防止前一次测量的残留物影响新的测定结果。在保存和运输过程中,应尽量避免剧烈的温度变化、震动或光照,

这些外部因素都可能引起液体中成分的变化,进而影响pH值。对于某些特殊的液体样品,如含有生物活性成分的生物样本,还需特别注意控制保存环境的无菌状态,以防止微生物活动对pH值造成变化。对于需要长时间保存或远距离运输的样品,可以考虑使用化学稳定剂来暂时固定液体的pH值,但这种方法应谨慎使用,因为稳定剂可能会改变液体本身的化学性质,影响后续分析的准确性。在使用前,需详细查阅稳定剂的说明书,了解其可能对特定分析产生的潜在影响。

## 7. 玻璃电极的应用

玻璃电极的恰当运用对水质pH值测量的准确性至关重要。在实际操作中,务必注意以下几点:首先,使用前应将玻璃电极在蒸馏水中浸泡约24小时;其次,测量时,应将电极的球泡完全浸入溶液中,并确保其位置高于陶瓷芯端,以防在搅拌过程中脱落;再次,要确保甘汞电极内电极与陶瓷芯之间、以及玻璃电极内电极与灯泡之间无气泡,以防断裂;在室温下含有适量氯化钾晶体以保持溶液饱和状态,但需避免晶体过多导致溶液路径堵塞;最后,若玻璃电极被污染或表面不洁,应立即进行清洁处理。

## 8. 设备维护与保养

使用后的电极需按规范用纯净水清洗,并在适量氯化钾溶液中浸泡,以保持电极球的湿润性。复合电极不应作为玻璃电极处理,而应用蒸馏水浸泡。这样做可防止因氯化钾溶液浓度降低而影响测量准确性。复查电极应避免接触腐蚀性溶液或强碱,如确需检测此类溶液,应尽量减少浸泡时间并及时清洗。此外,应避免在浓硫酸、无水乙醇等介质中使用,以防破坏水合凝胶层。

## 结论

给水管道作为市政设施的关键组成部分,其腐蚀问题不仅影响给水质量,更可能危害公众健康。因此,给水企业需深刻认识腐蚀问题的严重性,并采取措施有效防治管道腐蚀。通过实施有效的技术手段和策略,可显著提升给水管道的质量水平,从而确保给水的安全性和可靠性。

## 参考文献

- [1] 赵杨. 市政给水管道防腐层技术的研究与应用[J]. 科技创新与应用, 2016(01): 134-135+137.
- [2] 杨起志, 孙涛, 张雪丽. 高腐蚀条件下给水钢管顶管防腐方案的选择[J]. 给水技术, 2016, 10(05): 39-44.
- [3] 王天奎, 张德林, 黄巧霞. 给水管道腐蚀现象原因分析及预防[J]. 内蒙古煤炭经济, 2010: 3: 199.