INTERNATIONAL MOLYBDENUM ASSOCIATION
THE VOICE OF THE MOLYBDENUM INDUSTRY

钼成就更优质的供水管线

水的重要性不言而喻，但是全世界的水输配系统每年因渗漏损失数十亿升水。减少渗漏的解决方案是多方面的，但事实证明，采用含钼不锈钢更换现有的输配水管道是非常成功的。

平均而言，市政供水系统因漏损而损失的水量占其水处理总量的三分之一，许多管网的漏损量远超一半。水漏损造成每年数十亿美元的资源浪费，并使全球很多地方受到干旱和水资源短缺的影响。例如，今年早些时候美国亚利桑那州的立法者宣布，由于缺水，他们将开始限制发放凤凰城周围新建建筑的建筑许可证。法国南部为期4年的建筑许可暂停令也由于干旱于今年生效。

供水主管道上带不锈钢阀门管件的分水鞍座

部分波纹不锈钢管

在水表处的连接

© Philippe De Putter

“气候变化将大大增加人们获得水和卫生设施的压力，除非政府现在采取更多措施准备好关键的基础实施”

—联合国

尽管发现和修复漏损的方法在不断改进，但许多漏水点仍然因为太小而无法找到。这些微小的渗漏往往会造成清洁饮用水的浪费长达数年。找到并修复漏损点给供水公司的人力物力带来压力，这些人力物力在满足其他需要优先解决的事项时已经显得捉襟见肘。对于人口不断增长、干旱或资源不断减少的地区来说，渗漏会降低它们在危机时刻的应变能力，并影响该地区持续供水的能力。

由市政系统供水的用水紧张地区采用了各种措施来保护其珍贵的水资源供应—— 从雨水和废水的回收再利用，到限制植物浇水、洗车，甚至是居民的洗澡时间。但是，如果这些供水系统能够减少水的损失，又会是怎样的情形呢？一些公用事业公司报告称，95% 的漏水都发生在输配水系统的最后几米，即连接供水主管道和各个建筑物的配水管道中。用“更好”的材料来更换供水管道是否能防止水漏损？

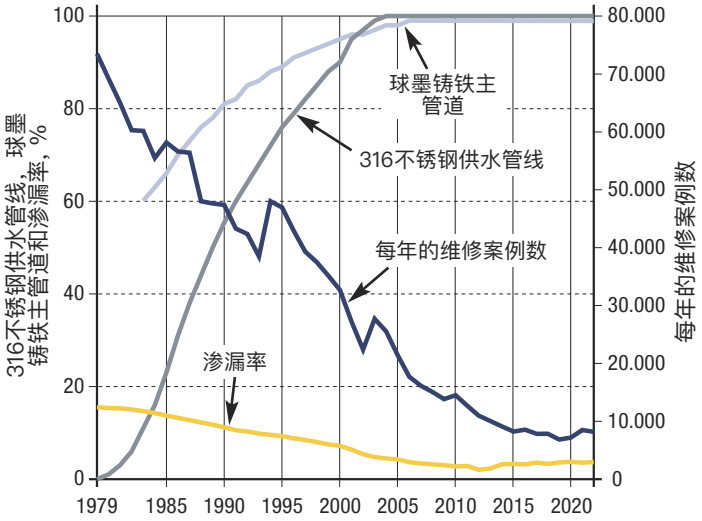
不锈钢供水管线：开端

东京是世界上第一个意识到更好的材料可以带来巨大变化的城市。面对强劲的人口增长和有限的水资源供应，东京都水务局（TBWW）决定通过消除漏损来充分利用现有的水资源。东京都水务局需要一种坚固、韧性好、卫生性好的供水管，它还能抵御几乎每天发生的地震，而且维护费用最低。经过多年研究之后，东京于 1980 年开始用 316 不锈钢水管取代铅管。

20 世纪 90 年代，对不锈钢管进行了改进，增加了几组褶皱（被称为波纹），可以用手弯曲。这种管道的灵活性减少了安装所需的管接件件数量，并提高了管道对路面移动和地震的抵抗能力。这种产品被称为部分波纹不锈钢管或 SPCT。

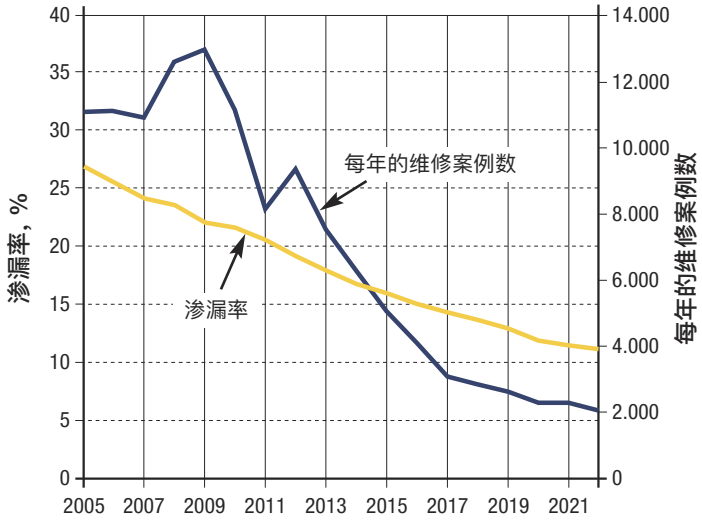
自该项目开始实施至今已有40 多年，到 2000 年代初，东京辖区内的供水管道已100%更换为 316 不锈钢供水管道，管网漏损率和维护需求大幅降低。加上球墨铸铁主管道、渗漏检测和快速维修技术，漏损率从1980年的15.4%降至2022年的3.7%。大部分漏损是由其他材料的管道造成的，例如在私人道路之下，东京都水务局没有管辖权来安装不锈钢水管。总体而言，自1979年以来，东京的水管维修案例减少了 90%，每年可节省数亿美元。

东京的维修案例数和渗漏率（来源: TBWW）



台湾的台北市也通过采用部分波纹不锈钢水管（SPCT）取得了很大的成绩。2002年台湾岛遭遇严重干旱，水资源储备枯竭，导致了49天的间歇性供水。间歇性供水即用水被限制在一天或一周的特定时间内，它给公共福利和健康带来风险，并可能对输配水系统造成破坏。

台北的维修案例数和渗漏率（来源：TWD）



当时台北供水系统的漏损高达28% 。台北市水务局（TWD）为了提高其应对能力，考虑到不锈钢输配水管道在日本多个城市和韩国首尔的卓越表现，台北水务局也开始尝试使用不锈钢输水管道。试验成功后，水务部门于2006年开始安装部分波纹不锈钢水管，作为一个为期20年的减少漏损项目的一部分。截至 2022 年，供水系统的2/3都更换为不锈钢供水管道，漏损率减少了一半以上，降至 11%。当 2014 年台湾遭遇更严重的干旱时，台北市的供水服务没有中断，台北水务局甚至可以将剩余的水出售给邻近的水务公司。此外，在过去的四年中，台北水务局平均每年仅发生 20 起与近 20 万个不锈钢水管连接件相关的漏水事件，比使用其他材料水管的漏水事件少了一个数量级。

供水管道还有哪些材料?

供水管道可由多种材料制成，包括塑料、铜、镀锌钢和以前的铅。其中，塑料管因其重量轻、灵活、前期材料成本低，市场增长显著，成为全球供水系统升级的主要材料。但是，高密度聚乙烯（HDPE）和交联聚乙烯（PEX）等输水用塑料的特性会因生产商的不同而不同，甚至因产品批次的不同而不同。虽然产品配方在不断改进，但这种差异让使用寿命的准确预测变得困难。尽管通常说使用寿命为 50 年，但管道过早失效的情况却时有发生，这通常归结为管材的脆化及随后的开裂，或者是由于内部暴露于氯化水而导致，或者是由于管材没有小心地嵌入一层厚厚的新鲜颗粒回填土而导致管道外部正好被尖锐的岩石撞击而产生纵向裂纹。

土壤受到污染的地区，比如以前的工业区，不能使用塑料管道，因为塑料管容易被汽油等有害碳氢化合物渗透，从而污染供水。除草剂和杀菌剂也会穿墙迁移。某些塑料管如聚氯乙烯，由于其高渗透性，其使用在一些地区是非法的。安装在靠近地面或地面以上的塑料供水管线可能在火灾时融化或在冰冻期间爆裂。通过声学特征和振动来识别塑料水管的渗漏点也不太有效，因为声音传播在塑料材料中受到抑制。

在某些地区，铜是另一种受欢迎的供水管线材料。一般来说，铜管性能良好，没有PEX和其他塑料管材的许多问题。但是，有些土壤和水会与铜发生反应，过早产生点蚀，导致难以发现的针孔渗漏。不锈钢为供水管道提供了最佳的强度、灵活性、使用寿命和耐腐蚀性。

强度比较

	屈服强度（退火状态）	极限抗拉强渡（退火状态）
316不锈钢	205 MPa	515 MPa
铜	70 MPa	220 MPa
塑料（PEX）	19.3 MPa	26 MPa

不锈钢材料固有的延展性与波纹相结合意味着管道可以抗地震，土壤沉降，交通压力以及冻裂。部分波纹不锈钢水管的强度是铜管强度的三倍，比PEX塑料高很多倍。

无反应活性：对卫生性和耐腐蚀性至关重要

不锈钢因其惰性而广泛应用于食品、饮料和制药行业。不锈钢中的铬与空气中的氧结合，在不锈钢表面形成了一层钝化层，阻止了与外部介质发生的任何反应，避免了腐蚀的发生。因此，不锈钢这种无反应活性的材料，可安全地与各种饮用水长期接触。

尽管所有的不锈钢都有惰性钝化层，但不同的牌号具有不同的耐腐蚀性能。东京和台北的供水管线采用了316不锈钢，这是一种钼含量为2%的奥氏体不锈钢，能够耐自来水中的氯和各种土壤的腐蚀。在各种金属管道10年埋地对比试验中，316不锈钢脱颖而出，在日本各地10个不同的试验地点（其中有些地点氯化物和硫酸盐浓度非常高）表现最佳。

316不锈钢输配水管道比塑料管道价格昂贵，有时甚至似乎比铜管还贵。但材料费用不能代表真实的成本，有几个原因： 材料费用只是总安装成本的一部分，总安装成本还包括挖掘沟渠、在管道周围用新回填料回填以及重铺路面。有些设施还需要安装外部保护性管道以避免水管被流石刺穿。波纹不锈钢管道的安装与铜管和PEX 管类似，但安装过程通常更快，从而降低了人工成本。得益于不锈钢管道优异的耐用性和很长的使用寿命，不锈钢水管的维护和更换成本大大低于其他材料，维修次数显著减少，从而减少因道路封闭和重型车辆作

业给环境和人们带来的压力。节约用水不仅能带来经济效益，而且随着全球变暖的加剧，还能提高供水系统的应对能力，缓解资源日益紧张的局面。

部分波纹不锈钢管道的新市场

部分波纹不锈钢管道的实践已经证明，它可以解决严重的水漏损和高维护负担，帮助抵御地震和干旱。意大利既有地震活跃地区，也有干旱地区，很多地方的供水系统都老旧不堪。人们担忧持续多年的低降雨量会导致水资源短缺，呼吁对老化的供水系统进行升级改造。

在过去的一年里，意大利有六家水务局对部分波纹不锈钢管进行了测试，目前有四家水务公司正在评估下一步的工作：几百个部分波纹不锈钢管连接件的"概念验证 "试验。供应链已经到位，起初通过进口，当需求量足够大，可在当地生产。意大利有潜力的生产商 CPC Inox 在今年秋天的博洛尼亚水展上获得了 BFWE 材料创新奖。

在中国珠海，一个区域性供应链也在发展之中，目前一家生产厂的部分波纹不锈钢管产品既供应当地市场，同时也出口。在一场云集全国各地专家和决策者的著名水务大会上，部分波纹不锈钢水管受到高度关注。中国的几家水务集团以及澳大利亚的水务部门正在进行试用评估。

不锈钢用于输配水管道成本并不高昂，根据使用地点的不同，它只增加 10% 到 20% 的初始项目成本。在预计的长达 100 年的使用寿命中，由于维护修理次数的减少、渗漏的大幅降低和能耗的减少所节约的成本，使不锈钢输配水管道的拥有成本比其他材料更低。不锈钢水管在使用寿命结束后还可以完全回收再利用。随着政府和有关部门更加关注供水效率，不锈钢为更持久、更可靠、更可持续的输配水系统提供了最佳解决方案。（Karlee Williston）

› 部分波纹不锈钢水管在意大利安装试用