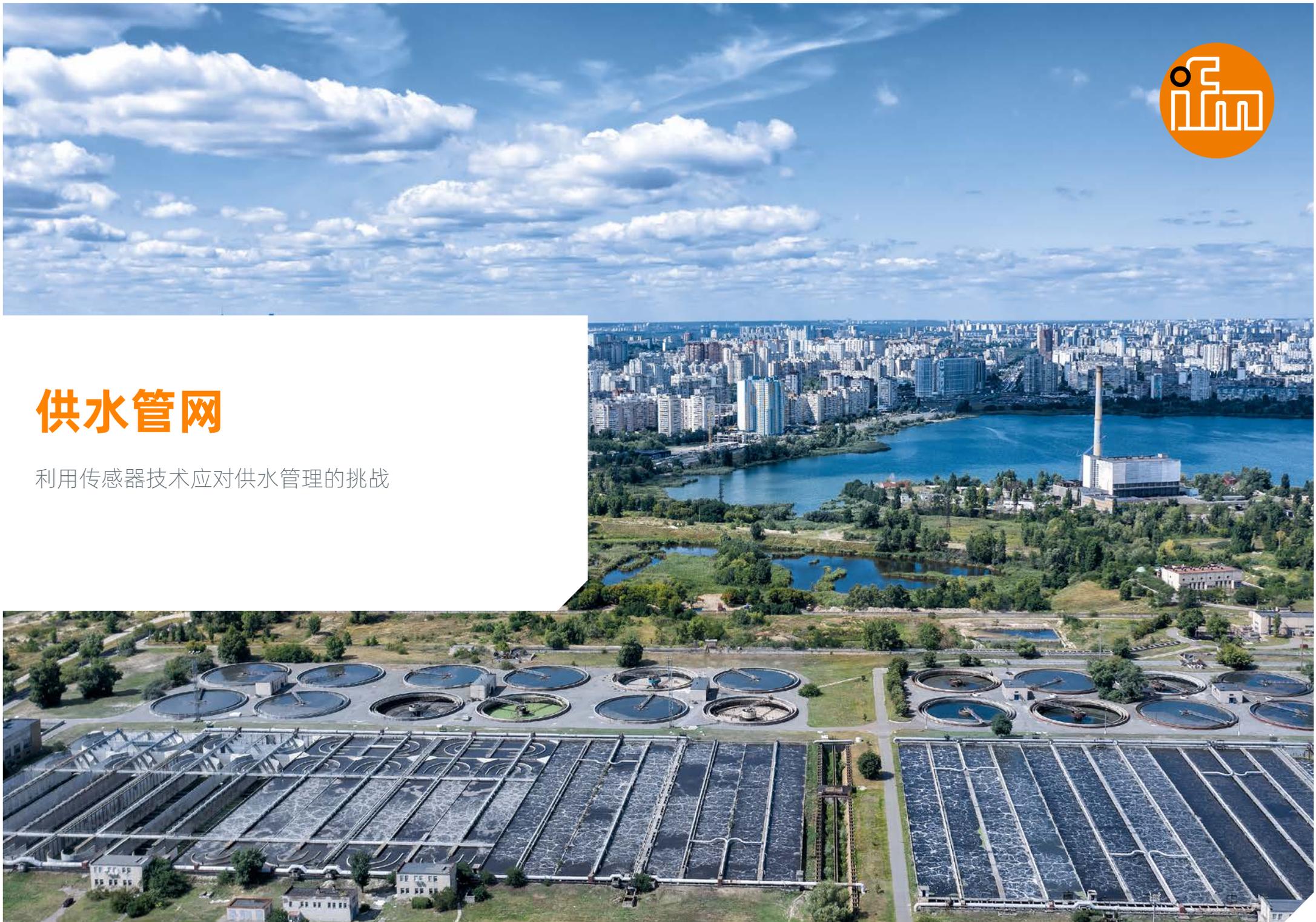




# 供水管网

利用传感器技术应对供水管理的挑战





## 供水管网：利用传感器技术应对供水管理的挑战

随着全球人口不断增长，对水资源的需求及消耗量也在不断增长。根据联合国预测，从现在起到2050年，全球的用水需求将每年增长1%。然而，目前仍有22亿人口无法获得安全饮用水，且该数据未来更可能会上升而不是下降。

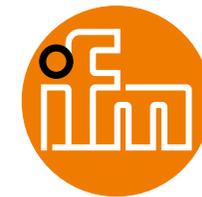
所以，水处理（尤其是水循环回收）已成为一项全球性的重要课题，也是确保现在及未来人类生活质量的关键。目前，全球大约每年生产1000立方千米的废水。仅在德国，就有约1万家废水处理厂，它们每年处理大约98亿立方米的居民和商业废水，并将其进入水循环。此外，德国大约有3000家企业配有内部废水处理设备，可将废水处理直接排放回水循环。

全球每年大约生产1000立方千米的废水。

自1882年欧洲开设了第一家废水处理厂（即现今的Frankfurt am Main）以来，废水处理技术已经发生了重大变化。除了成熟的生化处理工艺外，人们还使用更环保更卫生的水净化技术解决方案。同时，这也导致废水处理体系涵盖的人数大幅增加。根据德国联邦环境部数据，该数值在2013年达到了95.6%或7810万人。用于表示废水处理设备性能的单位是人口当量（PE）。1个人口当量表示个人平均每天生成废水中的生物可降解负荷，相当于5天内生物降解需氧量为60 g。此外，工业和农业也会产生大量的废水；在德国，废水处理厂需要额外覆盖3千万的PE。

然而，废水处理仅是水循环的一部分。实际的水供应一部分由市政部门承担，一部分由私营企业承担。水供应也是市政业务的关键部分，实施通常外包给私营企业。2019年，德国每人每天的耗水量为125升。根据德国能源和水工业协会（BDEW）估计，考虑到新冠疫情对日常生活和卫生的影响，2020年该数值将上升到129升。总体而言，1990年以来德国的用水需求一直在稳定下降，从当时的147升下降到2007-2017年的121-123升。在用水区块方面，近年来公共用水每年用水量稳定在大约50亿立方米；工业、农业以及能源领域配有自己的取水设施，它们在2016年的总用水量接近190亿立方米，相比于1991年的270亿立方米下降了约三分之一。用水量的持续下降要归功于用水效率的提升，包括在生产过程中水的多次及循环利用。然而，如果我们放眼全球的工业用水需求，可以发现2000年的工业用水需求量为776立方千米，而2025年这一数据预计将上升到1170立方千米，这是因为发展中国家工业化程度在逐渐提高。

预计2025年仅工业用水需求量就会上升到1170立方千米。



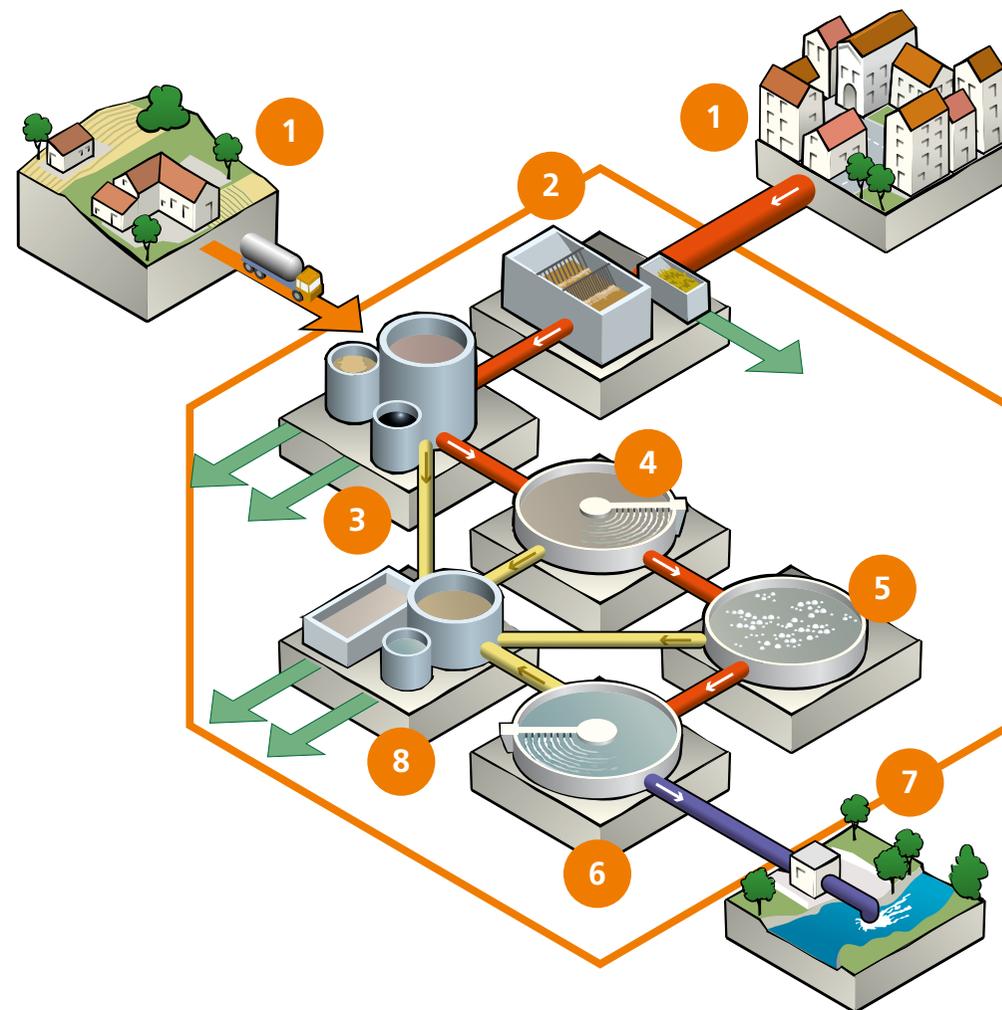
整体来看，必须将水的问题作为一个循环来看待，该循环包括水的供应和处理，对于这两方面我们需要从整体的角度来管理。因此，市政部门在取水和废水处理方面面临的挑战类似：它们都涉及泵和管道这类设施。为了保证设备能够正常运行，必须使用可靠的控制器。近年来，气候变化和相应的水资源稀缺对水供应形成了重大威胁。未来，市政部门需要克服更多更大的挑战，才能确保可靠的水供应。除此之外，还存在越来越多的地下水微塑料、含盐废水和硝酸盐污染问题。由于人口结构变化，水供应还面临进一步挑战：技术工人匮乏，无法满足不断增长的用水需求。这种局面需通过使用先进传感器技术和定制软件解决方案对设备进行分布式控制和监测来应对。

气候变化使水供应变得更加困难，并成为许多市政部门需要面对的棘手问题。

### 废水处理厂案例：复杂的系统

通过废水处理厂的工艺流程可以明显看出废水处理厂的复杂程度：水通过污水系统进入设备 (1)。在最初的物理清洁 (2) 中，使用格栅去除水中的大型杂质。较大的杂质则停留在下游的沉砂池中 (3)。该步骤对于滤除水中的泥沙、石子、碎玻璃等杂质必不可少，否则它们会在后续的处理步骤中损坏设备组件。在初次沉淀池 (4) 中流速将适当降低，以便有机物沉淀下来。然后污水将直接排出，并通过中温厌氧处理 (8) 实现稳定化。

物理净化步骤之后是生物净化步骤 (5)。首先将水输送到污泥活性工段。通过添加大气中的氧气，使嗜氧细菌将废水中的有机污染物分解；有机化合物中的氮首先分解为氨，然后通过硝化作用氧化为硝酸盐。之后再通过反硝化作用将硝酸盐分解为分子态氮。该过程完成后，废水和活性污泥就将进入滤清器 (6)，在这里通过水力作用将水与活性污泥分离；部分活性污泥以回流污泥的形式返回曝气池，剩余部分作为多余污泥排出并输送到污泥处理工段 (8)。然后，净化水从废水处理设备流出并返回到水循环 (7)。





以上步骤基本构成了整个水净化过程，但废水处理设备中的分解物仍需加以技术性处理。污泥将在浓缩池中进行浓缩和预处理。之后再通过中温厌氧污泥稳定化进行分解，然后对分解气体进行处理和利用，例如用作热电联产设备的能源。一旦分解污泥完成脱水，就可以进行处理。如今，污水污泥通常在能源生产中用作燃料。其在农业中的堆肥应用已经急剧减少，这主要是因为针对减少磷酸盐和硝酸盐造成的土壤污染的相关法规要求日益严格。

可以对复杂的水处理工艺进行高效控制和集中监测。

这里所述的废水处理技术并不仅仅在德国应用。全球各地的工厂都使用类似的工艺流程。根据国家不同，可能个别工艺步骤受到的法规约束也不同，但基本流程和相关的挑战和问题是类似的。为了能够控制复杂的工艺，污水处理厂（污水厂）必须有作为中央控制设施的控制室，可以对所有信息或运行状态进行查询并对所有工艺步骤进行控制。较旧的设备通过可编程逻辑控制器（PLC）操作，而更现代化的废水处理设备则配备过程控制系统。在这两种系统中，各种传感器的数据都通过总线系统传输至中控室。

### 先进的设备控制器确保顺利运行

为了确保污水处理厂的工艺流程顺利进行，先进的设备控制器至关重要。与水处理循环中的所有工厂相同，污水处理厂也被归类为关键基础设施。该类别的设备必须防止受到外部影响且不能发生故障。若污水处理厂发生故障，将导致成千上万人的日常生活受到影响，并对环境构成威胁。水供应方面同样如此。自来水厂同样非常重要，因为地下水并非天然适合人类使用。与废水处理相同，水处理设备也使用了复杂的技术。若处理过程中发生任何错误，都会导致失去宝贵的水资源。对于工作人员日益减少的工厂而言，这尤其重要。技术工人的匮乏也会影响水处理行业，因为相关专业的年轻人越来越少。

如何解决过程安全和技术工人匮乏的矛盾。

解决方案是采用分布式控制室，并在这些控制室中通过大屏幕快速查询状态。在控制室中，员工可以远程检查传感器数据，并对设备功能或单独设备组件的状态进行初步评估一即所谓的状态监测。若持续实施和评估这种基于IT（信息技术）的状态监测，将可以进一步实现需求导向的预测性维护。由于理想的设备状态与需要维护的设备状态之间存在使用年限差别，因此可以及时安排维护措施。这意味着在理想情况下，废水处理设备可以超出设计寿命，运行20年以上。为了能够始终深入了解设备的状态，还需定期将硬件和软件更新到最新状态。通过改造，较旧的设备也可以更新并提高工作效率。这些设备的传感器通常单独接线至PLC。将其改用创新系统，如带IO-Link（工业4.0关键技术）接口的传感器技术，将是理想的解决办法。

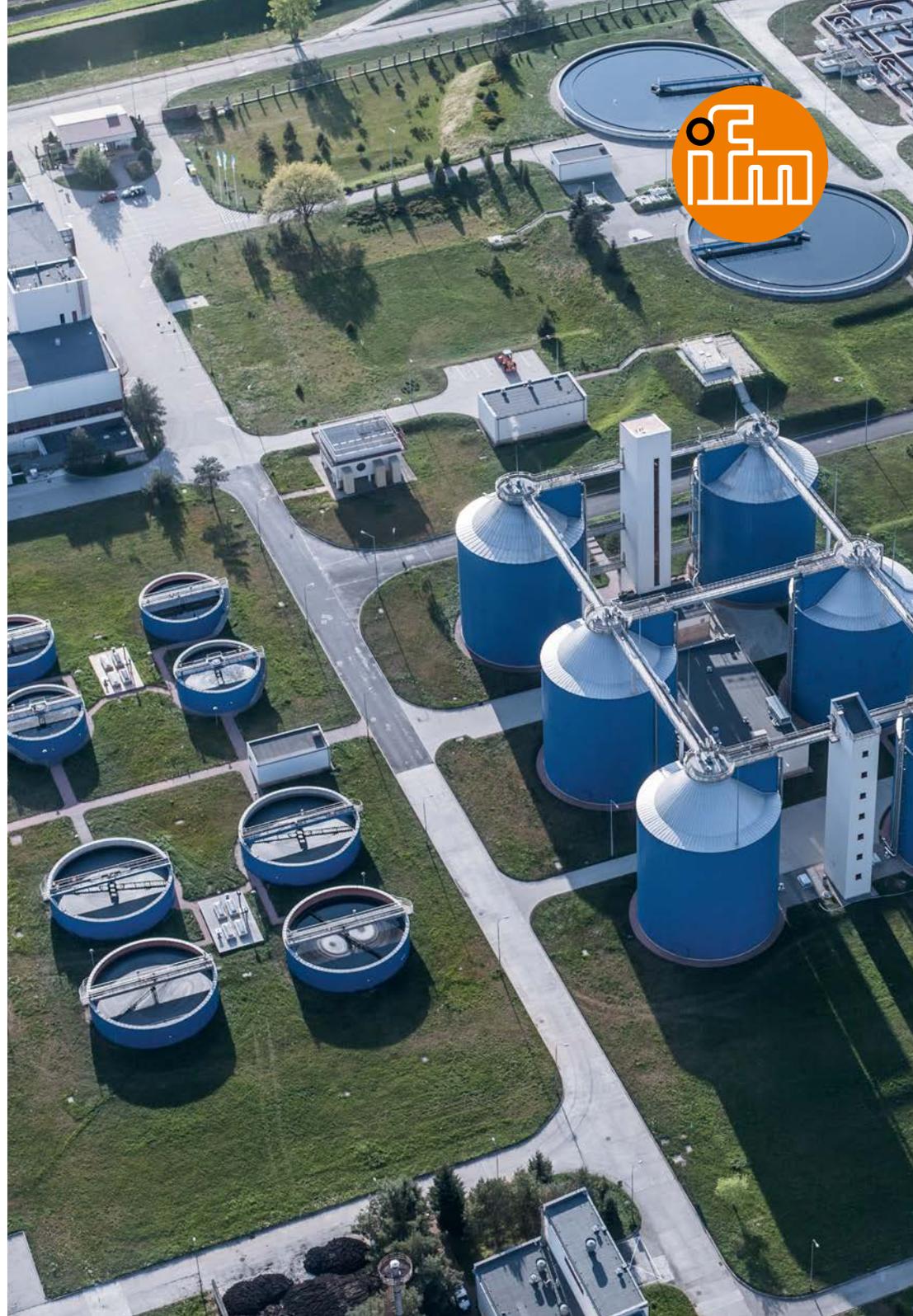
**预测性维护可以将设备的实际使用寿命延长或超出设计使用寿命。**

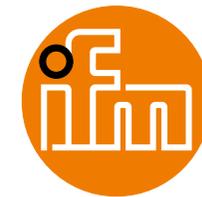
#### **探索设备内部：传感器信息如何到达IT层级**

传感器在现代化废水处理厂的控制方面发挥着重要作用。它们可测量泵、管道和设备中的各种参数，包括距离、电导率以及状态诊断信息。水处理工艺中也分布着不同的传感器：位置传感器可以测量格栅中的链条张力、检测气动阀门执行器的位置以及监测纵向和环形刮泥板。位置传感器也可确保维护舱门的正确关闭，保证机器操作人员和维护人员的工作安全。

流量传感器用于物理净化阶段，可以检测除污机和格栅中的冲洗水。压力传感器可以检测冲洗水，液位传感器则用于分解过程。在生物净化阶段，传感器也对工艺的顺利完成起到重要作用，有助于确保硝酸盐和磷酸盐按照要求高效降解。在这里，使用的是用于检测化学和物理变量的传感器。在废水处理设备的出口处，它们有助于识别有害物质，从而使员工能相应采取措施。通过监测工艺中这个最后步骤，可以得出有关整个设备净化质量的结论，以及废水处理设备残余杂质的相关信息。利用这些即时可用的信息，设备操作人员可以保证质量优化。

**水的流量、压力和状态以及设备机械组件的功能都可以使用传感器来监测。**





总的来说，传感器可以确保设备长期可用。理想情况下，传感器应用通过IO-Link来实现。涉及多供应商的数字化通信技术可简化传感器的安装和更换，确保传感器顺利使用。另一大优势则是数据可同时传输至PLC和IT层级以及相应的中央控制室，及早报告任何故障问题，防止重要的设备组件失效。例如，监测流量、液位、温度或压力的传感器直接安装在设备上。它们不通过硬接线与PLC通信，而是通过M12接口的标准化传感器电缆连接至IO-Link主站，这样便可将数据进一步发送至更高层级的现场总线或IT系统。IO-Link系统还有一个优势是，传感器参数可以远程设置。凭借简单方便的接线，安装时间最多可以减少60%。

通过使用传感器技术，还可以更高效地向维护人员通知相关的故障问题，大大减少对泵系统、管道的人工检查和监视，这些工作可通过状态监测来更有目的性的实施。使用传感器进行振动诊断可以用于监测电机、提升设备、格栅和泵。例如它们的振动表现与正常状态出现偏差，则表明存在异物，需要立即去除，以免对下游工艺造成破坏。泵上的传感器可以进行基本的监测，并检测气蚀或干转问题。不平衡和磨损问题也可及早发现。简单来说，以前的黑盒子现在变成了更透明、更便于控制的系统。

#### 克服设备相关的挑战

另一种能引起泵故障的原因是气蚀，它指的是液压应用中形成的气泡形空穴，在设备运行期间可能会造成机械损坏甚至毁坏。传感器可用来长期检查压力和流量是否正常。此外，不平衡振动、轴偏移和磨损也对用户带来了挑战。可使用振动传感器、速度传感器和温度传感器来解决这些问题。这些系统可以完全自主工作，传感器数据可以无间歇地传输至IT层级。继而实现在控制室中进行持续的远程维护。因此，员工无需像以往那样实地检查管道或泵，并通过监听泵的声音变化来检查故障。利用由传感器和IT层级基础设施构成的一体化解决方案，可以确保更高的设备可用性和过程可靠性。然后，使用诊断分析模块来评估振动传感器，可以作为独立解决方案，或将信息直接发送至控制室。这样，整个泵监测系统可以灵活扩展，并根据废水处理设备的需求进行调整。总之，所需的员工数量更少，从而能优化员工部署，并有效应对技术工人匮乏的问题，最终提升设备可用性。

**IO-Link实现远程数据读取和传感器参数设置。**



### 自动化解决方案：提高水循环的效率

振动传感器技术确保泵和电机的高效监测。

在水供应和水处理体系中使用传感器可以获得多方面回报。一方面，可以应对日益增加的员工压力，因为需要监测安装设备组件的人员更少。工作过程也变得更加高效，因为传感器数据可以在控制室中高效采集。

预测性维护可提高设备的可用性以及水处理的质量。

另一方面，传感器可以防止可能会造成严重后果的故障问题，尤其是在关键基础设施中。通过实施预测性维护或状态监测，可以尽早检测发现并解决错误问题。此外，传感器还可为用户提供更多设备相关的信息，这不仅涉及设备组件，还涉及废水水质以及控制菌落平衡。最终，设备的运行将更加环保，且水质更优。因此，整体设备自动化与监测解决方案是未来高效且可持续维持水供应的关键，并随着气候的变化将成为越来越关键的手段。





## 信息来源

德国联邦环境、自然保护、核安全部 (BMU) (2017):  
Statistik Abwasserentsorgung (废水处理统计)。请参见:  
<https://www.bmu.de/download/statistik-abwasserentsorgung/>

德国联邦环境、自然保护、核安全部 (BMU) (2017):  
Statistik Trinkwasserentsorgung (饮用水处理统计)。请参见:  
<https://www.bmu.de/download/statistik-trinkwasserversorgung/>

Pascal Kosse, Manfred Lübken, Torsten Claus Schmidt, Marc Wichern (2017):  
基于盐诱导的汽提定量分析废水中的一氧化二氮。  
发表于: Science of the total environment, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.053

德国UNESCO委员会: 2021年联合国世界水发展报告。请参见:  
<https://www.unesco.de/kultur-und-natur/wasser-und-ozeane/un-weltwasserbericht-2021>

德国环境部 (UBA):  
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserwirtschaft/nichtoeffentliche-wasserversorgung#effizienter-wassereinsatz-durch-mehrfach-und-kreislauf-nutzung->

[www.water.ifm](http://www.water.ifm)