

## 实验室 I 级纯水、II 级纯水、III 级纯水的制取及使用

实验室纯水标准主要可参照国家实验室分析用水标准 GB/T6682-2008、国际标准化组织 ISO3696、美国实验与材料学会 ASTM D1193 以及美国临床与实验室标准研究所 CLSI 等。一般用水等级分为 I 级纯水、II 级纯水和 III 级纯水，本文主要介绍其制取方法以及相关的使用范围。

---

### I 级纯水的制取及使用

---

#### I 级纯水的制取

I 级纯水即称之为超纯水，是在 II 级或 III 级纯水基础上制备。市售超纯水机大多集成了预滤、离子交换、活性炭吸附以及微超滤等技术。

(1) 预滤。建立在仪器本系统泵驱动下的正压过滤基础上，以去除源水中存在的 100 $\mu$ m 左右粒径的颗粒物，对下一级纯水柱起保护作用。建议在主要以蒸馏水为源水的超纯水机上配置，也作为其他单一或组合纯水技术的前级处理。

(2) 离子交换。通过内置的阴离子树脂和阳离子树脂，分别静电吸引供水中的阳离子和阴离子而置换出 H<sup>+</sup>和 OH<sup>-</sup>，形成 H<sub>2</sub>O，单独使用离子交换可生成 II 级纯水。技术局限为：①产量有限，一旦全部结合为被置换占据后，离子仍游离存在，需要更换；②不能有效去除有机物、热源及细菌等；③化学再生的去离子床可产生有机物和颗粒。在离子交换基础上可结合电去离子(Electro deionization, EDI)技术，在电场作用下吸附于树脂上的离子分别选择性的通过阳离子或阴离子渗透膜迁移到高浓度侧而排出，同步实现了离子交换、迁移渗透和交换树脂的电再生，故又称作连续电去离子法，水纯度可达到 15M $\Omega$ ·cm。

(3) 活性炭吸附。由有机材料制成带有迷宫小孔的多孔颗粒，展开面积很大，1g 活性炭可达 1000m<sup>2</sup>，溶解于水中的有机分子进入孔中在万有引力的作用下结合在孔壁上。有天然活性炭和人工活性炭之分，能有效吸附可溶性有机物和氯，但不能除去离子和微粒子。

(4) 微(超)滤。运用切向流超滤技术，发挥着分子筛作用，能有效滤除颗粒物、生物大分子、热源、酶类、微生物和胶体物，除用于化学合成等高级别实验外，由于可有效去除热源和 DNA 酶、RNA 酶，还可作为非常理想的细胞培养和分子生物学实验用水，其缺陷则为不能去除可溶性无机物和有机物，当高分子物累积过多，存在着污染、阻塞问题。

#### I 级纯水的使用

选择性集成上述技术生产的超纯水机可产出 10.0~18.0M $\Omega$ ·cm 两类 I 级纯水，广泛用于要求消除溶液痕量本底影响的化学和生物学实验，如 LC、LC-MS、ICP-MS、qPCR、电泳、细胞培养、组织学及化学元素分析等。若用于实验室特殊目的，可组合以下配置：①微孔滤

器，一般为 0.2nm 的圆盘滤器，作为最后纯化步骤安装在出水端，又称之为终端滤器。能有效滤去细菌以及大于其孔径的颗粒物，如树脂碎片、碳末及胶体颗粒等。用于静注、血清、抗体及培养基等制备用水，但不能去除无机物、有机物、热源及病毒，使用寿命有限；②UV 福照，在出水路径用 254nmUV 灯辐照，微生物细胞中的 DNA 和蛋白吸收 UV 导致其失活；新近有采用 185nm 和 254nm 两个波长 UV 光组合，能产生有机物的光氧化，使有机物溶解转化为 CO<sub>2</sub>，产出 TOC<5ppb 的高纯度水。

---

### II 级纯水的制取及使用

---

经反渗透、蒸馏或结合离子交换制备，适用于灵敏度要求较高的化学分析目的。反渗透 (reverse osmosis, RO) 是经济的纯化水方法，其核心是 RO 膜，即半透膜。RO 膜的孔结构较 UF 膜还紧密，能够去除颗粒、细菌以及 >200Dalton 分子量的有机物(包括热源)达 95%~99%。在半透膜两侧存在着浓度差，在渗透压作用下低浓度侧的水分子向高浓度侧移动，稀释过程终止于两侧压力达到平衡。制作 RO 水是在高浓度施加一个与渗透相反的压力，迫使水通过半透膜而被收集(未通过半透膜的水被排斥掉)，称之为反渗透。蒸馏是传统的水纯化技术，可以去除广谱污染物，理想的阻抗值在 0.5~1MΩ·cm 之间，水中总离子污染物约 500ppb；采用石英材质的蒸馏器进行双蒸、3 次蒸馏效果更佳。但蒸馏过程也会携带某些污染物随之被冷凝，从玻璃或金属接口能提取出硅、钠、锡及铜等污染物。沸点<100℃的有机物将自动转为蒸馏液，沸点>100℃的有机物能溶解在水蒸汽中也进入到蒸馏液。在蒸馏过程中也可能为水道中水的氯与天然有机物发生反应提供动能，生成新的有机化合物。因此，蒸馏水中的 TOC 水平是在 100ppb 左右。蒸馏制备需要较长的储存时间，易受空气中的无机有机挥发物、细菌、颗粒物、藻类以及塑料容器中的有机物、玻璃容器中的离子再次污染。

---

### III 级纯水的制取及使用

---

经蒸馏或离子交换技术制备，用于常规化学分析实验及器皿的最终清洗。

不同级别或不同纯化技术配置产出的纯水有不同的实验用途、成本也不同，必须根据实验目的结合各项纯水技术指标进行合理选择，既要避免纯水的纯度不能满足实验要求，又要防止不必要的浪费。