**工程建设行业标准**

**《电子工业超纯水用再生水水质规范》**

**编制说明**

**中国电子系统工程第二建设有限公司**

**二〇二四年十月**

# **一、编制依据**

根据《工业和信息化部办公厅关于印发2023年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》(工信厅科函〔2023〕291号)要求，由中国电子系统工程第二建设有限公司会同有关单位共同开展行业标准《电子工业超纯水用再生水水质规范》（计划号：2023-1770T-SJ）的编制工作。

**二、编制目的**

我国面临严峻的水资源短缺和水环境污染问题，污水再生利用是解决我国水资源问题的重要途径。2021年1月11日，国家发展改革委员会等十部委联合发布《关于推进污水资源化利用的指导意见》，明确指出积极推动污废水工业循环利用，完善再生水处理和利用标准体系。

电子和半导体工业，水量需求大，水质要求高。随着我国高端电子和半导体工业自主发展的刚性需求，电子超纯水需求将大幅增加，传统水资源越来越难以满足快速增长的纯水制备需求。我国缺水地区，如北京、上海，正逐步开展城市再生水用于电子超纯水制备的生产实践。未来，进一步拓展城市再生水在电子超纯水制备中的应用将是我国电子行业高质量发展的重要支撑。

电子超纯水要求极高的水质。例如，12寸集成电路产线要求纯水的总有机碳（TOC）小于1 μg/L，金属离子小于1 ng/L，电阻率大于18.2 MΩ⋅cm等。因此，电子企业对水制备系统进水中的小分子有机物、硼、硅浓度有严格的要求。再生水是一种重要的工业用水水源，但是，现有再生水水质标准体系并不完善，仅涉及工业冷却水、洗涤水、锅炉用水等工业用水，指标种类少、水质要求低，未限定TOC、尿素、硼、硅等影响电子超纯水制备的关键水质指标，难以满足电子超纯水水源要求。

基于城镇污水厂出水和电子企业厂内循环水制备的再生水，可用于制备电子超纯水，是缓解我国水资源短缺与电子超纯水快速增长矛盾的重要途径，也是推动污废水工业循环利用的重要环节。本标准以建立用于电子超纯水制备的再生水水质要求为目标，确定再生水水质控制项目及限值等。本标准的制定和实施，对规范和指导再生水用于电子超纯水制备具有积极的现实意义，为推动污废水工业循环利用提供标准和技术支撑。

**三、编制原则**

1. 通用性原则

本规范属于电子工业行业标准，规范将结合电子行业需求及再生水水质特点，针对电子超纯水的制备要求，全面研究集成电路、显示器件、太阳电池等行业电子超纯水用再生水水质要求，提出适用于电子工业超纯水用再生水水质规范。

2. 协调性原则

本规范的编制针对电子工业超纯水用再生水水质要求，细化细分领域个性化需求，如集成电路、显示器件、太阳电池等。同时与《电子级水》、《生活饮用水卫生标准》等相关规范相协调，确保本规范中的技术内容不存在重复交叉和矛盾的情况。本规范所提出的规定内容、深度或格式要求，与现行有效的相关法规、标准、规范、规程相协调，避免重复、矛盾；同时还考虑与相关国际标准的衔接、协调问题，以及与国际工程惯例相互适应的问题。

3. 创新性原则

再生水制备电子工业超纯水在国内属于电子和水处理新兴交叉行业，是十三五、十四五期间重点鼓励发展的行业，国内近年才随着电子工业的发展而规模化发展的。本规范的制定，填补了行业空白。本规范的编制将遵守和落实国家十四五期间的战略部署和相关要求。

4. 先进性原则

本规范的编制将结合再生水制备电子工业超纯水快速发展的形势和特点，充分调研国际国内技术水平，将先进的技术和水质要求综合考虑到规范的水质指标中，使规范具有一定的先进性和前瞻性，为再生水用于电子超纯水制备提供水质保障与规范支撑。

**四、编写方法**

标准主编单位中国电子系统工程第二建设有限公司筹建成立编制组，编制组由具有丰富专业理论和实践经验，熟悉业务及有关法规、文字表达能力较强的人员组成。主编单位提出标准工作大纲，包括标准框架及主要内容，组织参编单位讨论并根据框架开展有关调研编制工作。参编单位根据本单位优势领域承担相应工作，主编单位明确编制工作分工及编制计划。

1、规范结构、书写格式、用语按住房和城乡建设部《工程建设标准编写规定》和《工程建设标准出版印刷规定》（建标〔2008〕182号）的规定执行；

2、编写工作按准备（含调研）、征求意见、送审、报批四个阶段进行；

3、所涉及技术要求能定量的要定量，不能定量的要定性，定性和定量要做到准确。

**五、编制过程**

第一阶段，启动阶段（2023年11月～2024年4月）

主编单位在本阶段收集了大量的相关资料，多次召开内部讨论会，讨论标准主要技术内容，起草工作大纲。2024年4月26日，由中国电子系统工程第二建设有限公司在无锡市以线上线下会议相结合的形式组织召开了本项工程建设行业标准编制工作组成立暨第一次工作会议。住房和城乡建设部标准定额司、工业和信息化部电子工业标准化研究院、清华大学、河海大学、清华大学深圳国际研究生院、江苏卓胜微电子股份有限公司、沃顿科技股份有限公司、西安蓝晓科技新材料股份有限公司、佛山柯维光电股份有限公司、中冶京诚工程技术有限公司等10家单位共计16位领导、专家和科技人员参加了会议。

会议由工业和信息化部电子工业标准化研究院电子工程标准定额站杜宝强高级工程师主持。房和城乡建设部标准定额司毕敏娜高级工程师和工业和信息化部电子工业标准化研究院景晓晖副主任分别介绍了国务院深化标准化工作改革背景及实施总体要求，并对标准制定工作给出了具体指导。会上，杜宝强高级工程师宣布编制组成立并宣读了编制组成员名单。

中国电子系统工程第二建设有限公司能江磊正高级工程师详细介绍了《电子工程用再生水水质规范》《电子工业超纯水用再生水处理工程技术规范》两项行标的编制工作大纲，包括规范的编制任务、要点适用范围、主要技术内容等。与会代表对编制工作大纲进行了热烈讨论和补充完善；制定了编制工作进度计划和编写任务分工并通过了编制工作大纲。

《电子工程用再生水水质规范》会议纪要主要内容如下：

1.标准正文的主要内容参照已发布的再生水团体标准，适度控制创新内容；

2.语言行文要规范化，参考住建部规范书写，术语可尽量引用已有标准，避免出现“一般”、“有争议时”等指代不清的用语；

3.后续通过补充企业征询，确定标准内容关于电子工程用再生水水质的认可度；

4.标准正文关于 TOC、硼、氟等水质指标的限值进行完善；

5.标准草案中提及的检测方法能否达到要求的检测限度需要确认，是否可参考国际标准。

第二阶段：征求意见阶段（2024年4月～2024年10月）

编制组各成员单位根据工作大纲任务分工，由专人负责起草所分担章节的技术内容。主编单位先后组织专题讨论会，针对规范适用范围、水质要求等问题展开讨论，并于2024年10月25日，在无锡市召开编制组全体会议讨论规范初稿，会议由线上和线下同步进行。中国电子系统工程第二建设有限公司、工业和信息化部电子工业标准化研究院、清华大学、河海大学、清华大学深圳国际研究生院、江苏卓胜微电子股份有限公司、沃顿科技股份有限公司、西安蓝晓科技新材料股份有限公司、佛山柯维光电股份有限公司、中冶京诚工程技术有限公司等12家单位共计19位领导、专家和科技人员参加了会议。

会议由中国电子系统工程第二建设有限公司主任工程师罗嘉豪主持，会议对标准逐条进行讨论，明确修改意见，包括规范文本格式、明确水质指标与分析方法等问题。

编制组基于调研和讨论情况，形成标准征求意见稿。

**六、标准主要内容**

**6.1 标准适用范围**

本规范适用于以再生水为水源，作为电子工业超纯水制备用水的水质要求，包括集成电路、显示器件、太阳电池等超纯水系统。

**6.2 标准文本主要章节**

本规范规定了电子工业超纯水用再生水水质要求：电子工业超纯水制备用再生水的相关术语、水质指标要求、取样分析方法。

（1）总则；

（2）术语与缩略语；

（3）水质指标；

（4）取样分析方法。

**6.3 水质指标的选择**

**6.3.1 选择说明**

由于现有的水系统的水源多为自来水，所以污染控制项目的选择主要参考《生活饮用水卫生标准（GB 5749-2022）》，并结合台积电、中芯国际、京东方等公司对水系统用的再生水的要求，以及新加坡NEWater再生水的相关指标，最后对再生水中可能包含的尿素、消毒副产物等做出了更为细致的规定。

**6.3.2 水质控制项目选取**

电子行业水系统大部分使用城市自来水作为水源，系统的处理工艺和处理负荷都是按照自来水水中的污染物组分确定的，所以污染物指标的选取首先宜从《生活饮用水卫生标准（GB 5749-2022）》（当地有地方标准需要参考当地地标）中的筛选水系统的敏感指标，同时对比为台湾台积电公司供水的台南市永康再生水厂的产水水质指标与新加坡NEWater再生水水质指标项目，最终确定再生水中污染物指标项目。

《生活饮用水卫生标准（GB 5749-2022）》旨在保证居民饮用水的安全，水质指标多涉及对人体有害的物质，并通过限值限制其对人体的伤害；水系统旨在去除水中的杂质，保证水中的纯净度，筛选出的水系统的敏感指标需要符合水系统的特性（如表6-1），再对表6-1中的指标进行筛选，得到标准中的污染物控制项目。

表6-1 水系统的敏感指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 指标 | 单位 | 限值 | | |
| 生活饮用水 | NEWater  （典型值） | 台积电 |
| 1 | 温度 | ℃ |  |  | 15-35 |
| 2 | SS | mg/L |  |  | <1.0 |
| 3 | 浊度 | NTU | 1 | ＜5 | <0.3 |
| 4 | 色度 | - |  | ＜5 |  |
| 5 | COD | mg/L | 3 |  | <4 |
| 6 | pH | - | 6.5-8.5 | 7-8.5 | 6.5-8.5 |
| 7 | TDS | mg/L | 1000 | ＜150 | <150 |
| 8 | 电导率 | μS/cm |  | ＜250 | ＜250 |
| 9 | TOC | mg/L |  | ＜0.5 | <1.0 |
| 10 | 总硬度 | mg/L as CaCO3 | 450 | ＜50 | <50 |
| 11 | 碱度 | mg/L |  |  | <30 |
| 12 | 氨氮 | mg/L | 0.5 | ＜1 | <0.5 |
| 13 | 亚硝酸氮 | mg/L | 0.7 |  | <0.1 |
| 14 | 硝酸盐氮 | mg/L | 10 |  | <10 |
| 15 | SiO2 | mg/L |  | ＜3 |  |
| 16 | 砷 | mg/L | 0.01 |  | <0.05 |
| 17 | 硼 | μg/L | 500 | 500 | 100 |
| 18 | 铬 | mg/L | <0.05 |  | <0.05 |
| 19 | Al | mg/L |  | ＜0.1 |  |
| 20 | Ba | mg/L |  | ＜0.1 |  |
| 21 | Ca | mg/L |  | 4-20 |  |
| 22 | Cu | mg/L | 1 | ＜0.05 |  |
| 23 | 镉 | mg/L | <0.005 |  | <0.005 |
| 24 | Fe | mg/L | 0.3 | ＜0.04 |  |
| 25 | Mn | mg/L | 0.1 | ＜0.05 |  |
| 26 | Na | mg/L |  | ＜20 |  |
| 27 | Sr | mg/L |  | ＜0.1 |  |
| 28 | Zn | mg/L |  | ＜0.1 |  |
| 29 | NO3 | mg/L |  | ＜15 |  |
| 30 | 氟化物 | mg/L | 1 | ＜0.5 |  |
| 31 | 氯化物 | mg/L | 250 | ＜20 | <15 |
| 32 | 硫酸盐 | mg/L | 250 | ＜5 | <45 |
| 33 | 磷酸根 | mg/L |  |  | <0.5 |
| 34 | 余氯 | mg/L |  | ＜2 |  |
| 35 | 异养菌数 | CFU/ml |  | ＜300 |  |
| 36 | 大肠菌群总数 | mg/L |  | 不得检出 |  |
| 37 | 肠病毒 | mg/L |  | 不得检出 |  |
| 38 | 尿素 | mg/L |  |  | <0.005 |
| 39 | 总三卤甲烷 | mg/L | 1 | ＜0.08 |  |

常规水系统的污染物主要包含阴阳离子、有机物、颗粒等，针对水制备系统的处理特性，首先选取电子超纯水的核心控制指标，如TOC、电阻率（电导率）、B、全硅；其次选取阴阳离子中对水系统中重要处理环节影响较大的水质指标，如TDS、pH、浊度、SS、总硬度、总碱度；最后选取阴阳离子中的常见的特征性污染物，如F、氨氮、亚硝酸氮、硝酸盐氮、磷酸根、氯盐、硫酸根、砷。另外，针对经过反渗透系统处理的反渗透产水中小分子有机物占比较高的特性，额外选取尿素和总三卤甲烷作为TOC要求较高的集成电路水用再生水的代表性控制指标项目。

**6.3.3 电子超纯水的其他污染物筛查**

在污水处理和再生水的生产过程中可能采用不同的氧化方法，不同的氧化方法会引入不同的氧化副产物，如，臭氧氧化的副产物为醛、酮、酸等羰基化合物，这部分有机氧化副产物在反渗透系统中的去除能力较差，也会对纯水系统带来不良的影响，再生水用于电子超纯水制备原水时，需要根据上游水源和水处理工艺，针对相关的氧化副产物进行污染物筛查，确定电子超纯水制备用水其他污染物项目以及限值。

**6.4 污染物限值的确定及制定依据**

**6.4.1 水质基本控制项目及限值的确定方法**

再生水作为电子超纯水水源时，其水质控制项目及限值的确定方法如下。

（1）参考电子超纯水制备系统的传统水源水质特征；

（2）参考全国各地区自来水的水质特征；

（3）参考全国各地区典型再生水的水质特征；

（4）参考国际、国内相关水质要求，包括我国《生活饮用水卫生标准（GB 5749-2022）》、新加坡NEWater再生水水质标准和电子与半导体企业对作为电子超纯水水源的再生水水质要求；

（5）根据电子超纯水制备中各技术环节对污染物的去除效率和终端水质要求，计算进水的水质限值，制备系统无需改造即可利用再生水制备满足要求的电子超纯水。

**6.4.2 水质基本控制项目及限值的确定过程**

（1）电导率

电导率是表示物质中电荷流动难易程度的指标。再生水电导率可以表示带电离子浓度。再生水电导率越高，带电离子浓度越高。在电子超纯水制备系统后段，电子超纯水的离子含量极低，电导率极低，变化不明显。因此，再生水电阻率，即电导率的倒数，被用于指示电子超纯水中带电离子的含量。再生水电阻率越高，带电离子浓度越低。

电导率和电阻率是电子超纯水的基本指标，对于纯水离子去除效果的评价有着重要的意义。各细分行业电子超纯水对电阻率的要求较高，如表6-2所示。

表6-2 ASTM电子超纯水的电阻率限值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | | Type E-1 | Type E-1.1 | Type E-1.2 | Type E-1.3 | Type E-2 | Type E-3 | Type E-4 |
| 电阻率（25℃） | MΩ∙cm | 18.1 | 18.2 | 18.2 | 18.2 | 16.5 | 12 | 0.5 |

电子超纯水制备中各技术环节对带电离子的去除效率（即电阻率的提高效率，或电导率的降低效率）如表6-3所示。离子交换树脂处理、反渗透处理是去除带电离子、提高电子超纯水电阻率的主要技术环节。再生水的电导率越高，电子超纯水制备系统的投资成本、运行成本越高。因此，再生水的电导率不宜太高。

表6-3 电子超纯水制备中各技术环节对带电离子的去除效率

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 工艺段 | 2B3T | RO | MB | 总去除率 |
| 各工艺段去除率 | 98% | 95% | 90% | 99.99% |

相关企业对再生水电导率的要求，及国内各地区自来水的电导率实测值如表6-4和表6-5所示。台积电、中芯国际及新加坡的NEWater对再生水的电导率要求均为小于250 μS/cm；京东方B4对再生水的电导率主要参考当地的自来水实际水质，为小于540 μS/cm。国内自来水电导率的地区差异较大，波动范围为87.7 μS/cm~789.0 μS/cm；平均值为317.2 μS/cm。北方地区自来水的电导率较高，南方地区自来水电导率较低。

可用于电子超纯水水源的再生水多由超滤-反渗透工艺生产，带电离子含量较低.因此，用于电子超纯水水源的再生水电导率值宜小于250 μS/cm。当电子超纯水制备系统的设计值小于250 μS/cm时，应对再生水进行深度处理，如二级反渗透工艺、反渗透+离子交换树脂工艺等。

表6-4 自来水的电导率范围和典型电子企业再生水的电导率限值（单位: μS/cm）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 自来水 | 台积电 | 中芯国际（北京） | 新加坡  NEWater | 京东方B4 |
| 7 nm线宽工艺 | 28 nm线宽工艺 | 8.5代  TFT-LCD |
| 数值 | 87.7-789.0 | ＜250 | ＜250 | ＜250 | ＜540 |

表6-5 国内主要城市自来水的电导率值（单位: μS/cm）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 电导率 | 城市 | 电导率 | 城市 | 电导率 |
| 北京 | 443.0 | 厦门 | 167.0 | 昆明 | 161.0 |
| 上海 | 340.0 | 福州 | 235.0 | 洛阳 | 685.0 |
| 无锡 | 335.0 | 宁波 | 87.7 | 天津 | 278.0 |
| 淮安 | 322.0 | 杭州 | 204.0 | 武汉 | 377.0 |
| 泰州 | 319.0 | 滁州 | 181.0 | 大连 | 253.0 |
| 苏州 | 551.0 | 重庆 | 414.0 | 合肥 | 161.2 |
| 徐州 | 789.0 | 吉安 | 111.0 | 成都 | 276.0 |
| 南京 | 238.0 | 广州 | 206.0 | 平均值 | 317.2 |

（2）TOC

总有机碳（TOC）是以碳的含量表示水中有机物的总量。再生水中的TOC越高，说明水中的有机物含量越多。TOC是评价电子超纯水的基本指标，在电子行业中，激光会运用于电子产品的生产之中，当激光器照射时，某些类型的有机物会被照射分解，可能会导致pH变化和微气泡生成，会对激光造成潜在的光干扰，从而使产品产生缺陷，所以TOC对于电子产品的生产良率有着重要的影响。

TOC是电子超纯水的基本指标，对于纯水有机物去除效果的评价有着重要的意义。再生水中较高浓度的TOC会对超纯水中的TOC含量造成影响。各细分行业电子超纯水对TOC的要求如表6-6所示。

表6-6 ASTM电子超纯水的TOC限值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | | Type E-1 | Type E-1.1 | Type E-1.2 | Type E-1.3 | Type E-2 | Type E-3 | Type E-4 |
| TOC | μg/L | 5 | 2 | 1 | 1 | 50 | 300 | 1000 |

电子超纯水制备中各技术环节对TOC和小分子有机物的去除效率如表6-7所示，小分子有机物的去除效率较普通TOC去除率低。离子交换树脂处理、反渗透处理、双波长紫外线是去除TOC、降低电子超纯水TOC的主要技术环节。再生水的TOC越高，电子超纯水制备系统的投资成本、运行成本越高。因此，再生水的TOC不宜太高。

表6-7 电子超纯水制备中各技术环节对TOC的去除效率

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工艺段 | ACF | 2B3T | RO | UV+MB | UV+PMB | 总去除率 |
| 各工艺段去除率 | 15% | 90% | 80% | 90% | 70% | 99.95% |
| 小分子有机物各段去除率 | 15% | 80% | 70% | 90% | 70% | 98.47% |

相关企业对再生水TOC的要求，及国内各地区自来水的TOC实测值如表6-8和表6-9所示。台积电、中芯国际及新加坡的NEWater对再生水的TOC的要求为0.5 mg/L~1 mg/L；京东方B4是显示面板TFT-LCD制造企业，生产过程对电子超纯水的TOC要求较低，并参考北京地区的自来水实际水质，对TOC的参考值为小于2 mg/L。

表6-8 自来水实测TOC及相关电子企业再生水TOC限值（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 自来水 | 台积电 | 中芯国际（北京） | 新加坡  NEWater | 京东方B4 |
| 7 nm | 14 nm | 8.5代  TFT-LCD |
| 数值 | 0.58~5 | ＜1 | ＜0.5 | ＜0.5 | ＜2 |

表6-9 国内各地区的自来水TOC指标（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | TOC | 城市 | TOC | 城市 | TOC |
| 北京 | 1.92 | 厦门 | 1.40 | 昆明 | 0.60 |
| 上海 | 2.10 | 福州 | 2.70 | 洛阳 | 0.58 |
| 无锡 | 3.40 | 宁波 | 0.60 | 天津 | 0.80 |
| 淮安 | 5.00 | 杭州 | / | 武汉 | 1.40 |
| 泰州 | / | 滁州 | / | 大连 | 2.53 |
| 苏州 | 2.70 | 重庆 | 1.72 | 合肥 | 2.01 |
| 徐州 | 4.20 | 吉安 | 2.00 | 成都 | 0.75 |
| 南京 | 0.70 | 广州 | / | 平均值 | 1.90 |

国内自来水TOC的平均值为1.90 mg/L；各地区差异较大，波动范围为0.58 mg/L~5 mg/L。结合水系统各段工艺对TOC的去除效率，当原水的TOC为1 mg/L时，产水的TOC大约为0.5 μg/L，可以满足E-1.3类标准对电子超纯水中TOC的水质要求。考虑到再生水的生产工艺多为双膜法，产水的小分子有机物比例较高，小分子有机物的处理效率会有一定的下降，当再生水的TOC为0.5 mg/L时，产水的TOC大约为0.75 μg/L，同时参考全国各地自来水中的TOC实测值，因此确定再生水的TOC限值如表6-10。

表6-10 再生水用作工业水水源的TOC限值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 集成电路 | | 显示器件 | | 太阳电池 |
| 12英寸 | 8英寸及以下 | AMOLED | TFT-LCD |
| 1 | TOC（mg/L）≤ | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 2.0 |

可用于电子超纯水水源的再生水多由超滤-反渗透工艺生产，TOC含量较低，但小分子有机物含量较高。因此，用于电子超纯水水源的再生水TOC值宜满足表6-10。尿素和三卤甲烷是典型的难处理小分子有机物，可作为再生水中的小分子有机物指示性指标。当电子超纯水制备系统的设计值小于相对应的TOC限值时，可根据情况对再生水进行深度处理，如采用二级反渗透工艺或反渗透+高级氧化工艺。

（3）硼

硼（B）是元素周期表第三主族唯一的非金属元素，B原子的价电子少于价轨道数，所以存在缺电子情况，但硼与同周期的金属元素锂，铍相比原子半径小，电离能高，电负性大，以形成共价键分子为特征。在pH较低的情况下，以硼酸形式存在的B，反渗透的去除效率低（普通反渗透膜，pH9时，去除率为80%左右），化学清洗会导致脱硼效率明显下降。在离子交换树脂的选择性表中，B的选择性较低，比较难以将离子交换树脂中的氢氧根交换出来，所以离子交换树脂对于硼的去除率比一般离子较低，B的波动会导致离子交换树脂容易被B穿透，硼的去除效果急剧下降，所以硼对于水中离子的去除能力有着重要的指示意义。再生水B越高，电子超纯水系统的硼泄漏可能性越高，需要更高的离子去除能力。

电导率和电阻率是高等级电子超纯水的基本指标，对于纯水离子去除效果的评价有着重要的意义。各细分行业电子超纯水对B的要求如表6-11所示。

表6-11 ASTM电子超纯水的B限值

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | | Type E-1 | Type E-1.1 | Type E-1.2 | Type E-1.3 | Type E-2 | Type E-3 | Type E-4 |
| 硼 | ng/L | 300 | 100 | 50 | 50 | - | - | - |

电子超纯水制备中各技术环节对硼的去除效率如表6-12所示，部分企业为了达到严格的B指标要求，增加了专门的除硼树脂对硼进行深度去除。离子交换树脂处理、反渗透处理是去除硼的主要技术环节。再生水的硼越高，电子超纯水制备系统的投资成本、运行成本越高。因此，再生水的硼不宜太高。

表6-12 电子超纯水制备中各技术环节对B的去除效率

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工艺段 | 2B3T | RO | MB | PMB | 总去除率 |
| 各工艺段去除率 | 95% | 80% | 90% | 90% | 99.99% |

相关企业对再生水B的要求，以及国内各地区自来水的B实测值如表6-13和表6-14所示。台积电、中芯国际对再生水的硼要求为0.1 mg/L~0.2 mg/L；新加坡NEWater和京东方B4的再生水用户对电子超纯水中的B并无要求，所以对再生水B的要求较低，为小于0.5 mg/L。国内自来水B的平均值为0.08 mg/L，各地区差异较大，波动范围为0.01 mg/L~0.39 mg/L，根据《生活饮用水卫生标准》（GB 5749），自来水中的B的限值为小于1.0 mg/L，各地自来水均可以满足自来水的限值要求。

表6-13 自来水中的硼及相关电子企业再生水硼限值（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 自来水 | 台积电 | 中芯国际（北京） | 新加坡  NEWater | 京东方B4 |
| 12英寸  集成电路 | 12英寸  集成电路 | 8.5代  TFT-LCD |
| 硼 | 0.01-0.39 | ＜0.1 | ＜0.2 | ＜0.5 | ＜0.5 |

表6-14 国内各地区的自来水硼指标（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 硼 | 城市 | 硼 | 城市 | 硼 |
| 北京 | 0.01 | 厦门 | <0.01 | 昆明 | <0.01 |
| 上海 | 0.03 | 福州 | 0.02 | 洛阳 | / |
| 无锡 | 0.07 | 宁波 | <0.01 | 天津 | 0.01 |
| 淮安 | 0.08 | 杭州 | 0.02 | 武汉 | 0.03 |
| 泰州 | / | 滁州 | <0.011 | 大连 | 0.11 |
| 苏州 | 0.09 | 重庆 | / | 合肥 | 0.05 |
| 徐州 | 0.39 | 吉安 | 0.21 | 成都 | 0.07 |
| 南京 | 0.02 | 广州 | <0.1 | 平均值 | 0.08 |

表6-15 再生水用作工业水水源的硼限值（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 集成电路 | | 显示器件 | | 太阳电池 |
| 12英寸 | 8英寸及以下 | AMOLED | TFT-LCD |
| 硼（mg/L）≤ | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

结合水系统各段工艺对B的去除效率，当再生水的B为0.3 mg/L时，常规电子超纯水系统的产水的B大约为20 ng/L，可以满足12英寸集成电路行业对电子超纯水的水质要求。不同细分行业用户对电子超纯水的水质要求差距较大，同时参考全国各地自来水中的B实测值，为了防止离子交换树脂的过早穿透，本标准针对用于电子超纯水水处理系统的再生水中的B进行规定，限值如表6-15所示。

可用于电子超纯水水源的再生水多由超滤-反渗透工艺生产，带电离子含量较低，因此，用于电子超纯水水源的再生水硼宜满足表6-15。当现有水制备系统的设计值小于相对应的B指标时，可根据情况对再生水进行深度处理，如采用二级反渗透工艺或反渗透+除硼树脂等。

（4）总溶解性固体

总溶解固体（英文：Total dissolved solids，缩写TDS），又称溶解性固体总量，它表明1升水中溶有多少溶解性固体。在再生水中，TDS可以表示水中无机物和有机物两者的含量，TDS越高，说明再生水中的无机物和有机物越多，TDS与电导率、电阻率有一定的关联性，再生水中的TDS越高，再生水电导率越高。

TDS是电子超纯水的基本指标，对于纯水有机物和无机物去除效果的评价有着重要的意义。

电子超纯水制备中各技术环节对无机和有机溶解性固体的去除效率参见表6-3和表6-7所示。离子交换树脂处理、反渗透处理是去除无机和有机溶解性固体、降低电子超纯水TDS的主要技术环节。原水中的TDS越高，水系统的投资成本、运行成本越高。

相关企业对再生水TDS的要求，以及国内各地区自来水的TDS实测值如表6-16和表6-17所示。台积电、中芯国际和新加坡NEWater对再生水的TDS要求均为150 mg/L；京东方B4对再生水的TDS主要参考当地的自来水水质标准，为270 mg/L~280 mg/L。国内自来水TDS的平均值为199 mg/L；各地区差异较大，波动范围为18 mg/L~512 mg/L。北方地区自来水的TDS较高，南方地区自来水TDS较低。

表6-16 自来水实测TDS及相关电子企业再生水TDS限值（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 自来水 | 台积电 | 中芯国际（北京） | 新加坡  NEWater | 京东方B4 |
| 7nm | 28nm | 8.5代  TFT-LCD |
| 数值 | 18-512 | ＜150 | ＜150 | ＜150 | ＜270-280 |

表6-17 国内各地区的自来水TDS指标（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | TDS | 城市 | TDS | 城市 | TDS |
| 北京 | 282 | 厦门 | / | 昆明 | 111 |
| 上海 | / | 福州 | / | 洛阳 | 486 |
| 无锡 | 335 | 宁波 | 44 | 天津 | / |
| 淮安 | / | 杭州 | 155 | 武汉 | 248 |
| 泰州 | / | 滁州 | / | 大连 | 32 |
| 苏州 | / | 重庆 | / | 合肥 | 18 |
| 徐州 | 512 | 吉安 | 96 | 成都 | 87 |
| 南京 | / | 广州 | / | 平均值 | 199 |

可用于电子超纯水水源的再生水多由超滤-反渗透工艺生产，溶解性有机物含量较低.因此，用于电子超纯水水源的再生水TDS值为小于150 mg/L。当电子超纯水制备系统的设计值小于150 mg/L时，可根据情况对再生水进行深度处理，如采用二级反渗透工艺或反渗透+离子交换树脂工艺。

（5）氟离子

氟离子是一种阴离子，再生水中氟离子的来源主要是工业废水的排放，尤其是电子企业的生产中会产生大量的含氟废水，这部分含氟废水会排放至下游的污水处理厂最终排放至水体或成为再生水。

再生水中的氟离子是一种电子行业典型污染物，在电子工业再生水中极易富集，对于再生水的水质评价有着重要的意义。各细分行业电子超纯水对氟离子的要求如表6-18所示。

表6-18 ASTM电子超纯水对氟离子的要求（单位: ng/L）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | Type E-1 | Type E-1.1 | Type E-1.2 | Type E-1.3 | Type E-2 | Type E-3 | Type E-4 |
| 氟离子 | 100 | 50 | 30 | 50 | - | - | - |

电子超纯水制备中各技术环节对氟离子的去除效率如表6-3所示。离子交换树脂处理、反渗透处理是去除氟离子的主要技术环节。再生水水中的氟离子越高，电子超纯水制备系统的投资成本、运行成本越高。因此，再生水的氟离子不宜太高。

相关企业对再生水氟离子的要求，以及国内各地区自来水的氟离子实测值如表6-19和表6-20所示。中芯国际、新加坡NEWater和京东方B4对再生水的氟离子要求均为0.5 mg/L，台积电对再生水中的氟离子暂时没有规定的限值。国内自来水氟离子的平均值为0.33 mg/L；各地区差异较大，波动范围为0.1 mg/L~0.8 mg/L。根据《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2022），自来水中F的限值为小于1 mg/L。结合相关企业对再生水氟离子的要求和自来水中氟离子的含量，确定再生水的氟离子限值为小于0.5 mg/L。在水制备系统中，氟离子的限制也是需要满足系统浓水的排放标准，在最新的《电子工业水污染物排放标准》（GB 39731-2020）中规定氟离子的直接排放标准为10 mg/L，在水的处理过程中会采用反渗透的处理方式，反渗透的回收率为80%左右，当氟离子的进水大于2 mg/L时，纯水系统的反渗透浓水的氟离子含量将有超过10 mg/L的风险，影响反渗透浓水的排放，当再生水中氟离子的限值为小于0.5 mg/L时，不会影响企业废水的排放。此外，树脂塔再生水废水也含有较高浓度的氟离子，其排放也宜考虑氟污染物控制。当企业当地的废水中F的排放指标限值低于3 mg/L时，需要计算纯水系统的排放浓水中的氟离子浓度，确定再生水的氟离子限值。

表6-19 自来水实测氟离子及相关电子企业再生水氟离子限值（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 自来水 | 中芯国际（北京） | 新加坡  NEWater | 京东方B4 |
| 28nm | 8.5代  TFT-LCD |
| 数值 | 0.1-0.8 | ＜0.5 | ＜0.5 | ＜0.5 |

表6-20 国内各地区的自来水氟离子指标（单位: mg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 氟离子 | 城市 | 氟离子 | 城市 | 氟离子 |
| 北京 | 0.35 | 厦门 | 0.40 | 昆明 | 0.09 |
| 上海 | 0.20 | 福州 | 0.30 | 洛阳 | 0.80 |
| 无锡 | 0.31 | 宁波 | 0.29 | 天津 | 0.20 |
| 淮安 | 0.51 | 杭州 | 0.28 | 武汉 | 0.23 |
| 泰州 | / | 滁州 | 0.40 | 大连 | 0.19 |
| 苏州 | 0.40 | 重庆 | / | 合肥 | 0.28 |
| 徐州 | 0.70 | 吉安 | / | 成都 | 0.10 |
| 南京 | 0.20 | 广州 | 0.27 | 平均值 | 0.33 |

可用于电子超纯水水源的再生水多由超滤-反渗透工艺生产，氟离子含量较低. 因此，用于电子超纯水水源的再生水氟离子浓度宜低于0.5 mg/L。当现有水制备系统的设计值小于0.5 mg/L时，可根据情况对再生水进行深度处理，如采用二级反渗透工艺、除氟树脂。

（6）总硅

总硅是指水中总二氧化硅的含量，由于二氧化硅水解产生的硅酸根离子选择性较低，难以将阴离子交换树脂中的氢氧根置换出来，总硅的去除效果较差，最后造成电子超纯水的全硅超标。

总硅是电子超纯水的基本指标，对于纯水离子去除效果的评价有着重要的意义。各细分行业电子超纯水对总硅的要求较高，如表6-21所示。

表6-21 ASTM电子超纯水对总硅的要求（单位: μg/L）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 指标 | Type E-1 | Type E-1.1 | Type E-1.2 | Type E-1.3 | Type E-2 | Type E-3 | Type E-4 |
| 全硅 | 5 | 3 | 1 | 0.5 | 10 | 50 | 100 |

电子超纯水制备中各技术环节对总硅的去除效率如表6-22所示。离子交换树脂处理、反渗透处理是去除总硅的主要技术环节。原水中的总硅越高，水系统的投资成本、运行成本越高。因此，再生水的总硅不宜太高。

表6-22 电子超纯水制备中各技术环节对全硅的去除效率

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工艺段 | 2B3T | RO | MB | PMB | 总去除率 |
| 各工艺段去除率 | 99% | 90% | 80% | 70% | 99.99% |

相关企业对再生水总硅的要求，以及国内各地区自来水的总硅实测值如表6-23和表6-24所示。中芯国际和新加坡NEWater对再生水的总硅要求均为3 mg/L；京东方B4的再生水的总硅指标主要参考当地的自来水水质标准和自身水对总硅的水质要求，所以对再生水总硅的要求较低，为小于11 mg/L。国内自来水总硅的平均值为7.83 mg/L；各地区差异较大，波动范围为2 mg/L~31.3 mg/L。参考水系统各段工艺对总硅的去除效率，当再生水的总硅为3 mg/L时，产水的总硅大约为0.18 μg/L，可以满足12英寸集成电路行业对电子超纯水的水质要求。另外结合全国各地自来水中总硅的实测值，保证再生水的标准可以优于全国的自来水中总硅含量，确定再生水中总硅的限值如表6-25所示。

表6-23 自来水实测全硅及相关电子企业再生水总硅限值（单位: mg/L，以二氧化硅计）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 自来水 | 中芯国际（北京） | 新加坡  NEWater | 京东方B4 |
| 28nm | 8.5代TFT-LCD |
| 数值 | 2-31.3 | ＜3 | ＜3 | ＜11 |

表6-24 国内各地区的自来水总硅指标（单位: mg/L，以二氧化硅计）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 城市 | 全硅 | 城市 | 全硅 | 城市 | 全硅 |
| 北京 | 4.97 | 厦门 | 12.8 | 昆明 | 4.4 |
| 上海 | 6.5 | 福州 | 31.3 | 洛阳 | 14.3 |
| 无锡 | 1.34 | 宁波 | 8.92 | 天津 | 3.82 |
| 淮安 | / | 杭州 | / | 武汉 | 6.91 |
| 泰州 | 3 | 滁州 | <1 | 大连 | 5.97 |
| 苏州 | 2 | 重庆 | 4.32 | 合肥 | 6.53 |
| 徐州 | 7.6 | 吉安 | 5.53 | 成都 | 5.98 |
| 南京 | 8 | 广州 | 11.1 | 平均值 | 7.83 |

表6-25 再生水用作工业水水源的总硅限值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 集成电路 | | 显示器件 | | 太阳电池 |
| 12英寸 | 8英寸及以下 | AMOLED | TFT-LCD |
| 总硅（mg/L）≤ | 3 | 3 | 5 | 10 | 10 |

可用于电子超纯水水源的再生水多由超滤-反渗透工艺生产，全硅含量较低，因此，用于电子超纯水水源的再生水总硅宜满足表6-25。当现有水制备系统的设计值小于相对应的总硅指标时，可根据情况对再生水进行深度处理，如采用二级反渗透工艺或反渗透+离子交换树脂。

（7）尿素

尿素分子式CO(NH2)2，分子量60，是一种小分子有机物，在再生水中，以市政生活污水为水源的再生水中会有较高浓度的尿素。电子超纯水中的尿素的超标会影响生产过程中的光阻涂布，从而影响电子产品的生产良率。尿素由于其分子结构具有很强的稳定性，且分子量很低，水系统对其降解效果非常有限，其原水中的浓度会显著影响水中TOC的含量，所以尿素的指标控制对水系统有着重要的意义。目前各细分行业电子超纯水对尿素并无明确标准，主要通过TOC的指标对其进行控制。

根据尿素的分子式，每1 mg/L尿素可以贡献0.2 mg/L TOC，所以对于电子超纯水有要求较高的行业，尿素的残留，极易导致TOC指标的超标。在水制备系统中，尿素是通过紫外线氧化的方法去除的。典型水系统各段工艺对尿素的去除效率如表6-26所示，水系统对尿素的去除率极低，所以需要严格控制水系统原水中的尿素指标。再生水的尿素含量越高，电子超纯水制备系统的投资成本、运行成本越高。因此，再生水的尿素含量不宜太高。

表6-26 电子超纯水制备中各技术环节对尿素的去除效率

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工艺段 | 2B3T | RO | UV+MB | UV+PMB | 总去除率 |
| 各工艺段去除率 | 0% | 0% | 40% | 40% | 64% |

表6-27 相关电子企业再生水尿素限值（单位: μg/L）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 台积电 | 中芯国际（北京） | 京东方B4 |
| 12英寸集成电路 | 12英寸集成电路 | 8.5代TFT-LCD |
| 数值 | ＜5 | 20-40 | 25-35 |

相关企业对再生水尿素的要求如表6-27所示。国内相关的电子企业对尿素均有要求，集成电路制程最为先进的台湾台积电公司鉴于其先进的制程要求（7 nm以下），对再生水中尿素的要求最为严格，达到了5 μg/L；大陆的电子行业对再生水中尿素的限值，主要参考当地自来水中的尿素含量以及自身制程对尿素的要求，限值为20 μg/L~40 μg/L；新加坡NEWater对再生水的尿素暂无要求。依据水系统各段工艺对尿素的去除效率，当再生水的尿素为10 μg/L时，产水的尿素大约为3.6 μg/L，换算成TOC为0.72 μg/L，可以满足先进制程（7 nm~28 nm制程）对电子超纯水TOC小于1 μg/L的要求（水中含有其他有机物）。根据实际调研国内自来水尿素的平均值为12 μg/L~15 μg/L；各地区差异较大，波动范围为8 μg/L ~40 μg/L。因此，确定再生水中尿素的限值如表6-28所示。

表6-28 再生水用作工业水水源的尿素限值（单位: μg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 集成电路 | | 显示器件 | | 太阳电池 |
| 12英寸 | 8英寸及以下 | AMOLED | TFT-LCD |
| 尿素（μg/L）≤ | 10 | 15 | 20 | 40 | 40 |

可用于电子超纯水水源的再生水多由超滤-反渗透工艺生产，对尿素的去除效率不佳，尤其是市政污水再生水，产水极易高于表6-28中的要求，因此超滤-反渗透工艺生产无法满足相对应的尿素指标时，可根据情况对再生水进行深度处理，如采用高级氧化工艺。

（8）总三卤甲烷

三卤甲烷是一类化学物质，是一类具有代表性的中性小分子有机物，是指甲烷（CH4）中的三个氢原子，为卤族元素所取代，一般很少自然存在于水体中，但在再生水厂加氯去除臭味及消毒过程中，水中有机物和氯反应所形成；而主要的生成物包括CHCl3（氯仿）、CHBrCl2（一溴二氯甲烷）、CHBr2Cl（二溴一氯甲烷）、CHBr3（溴仿）等。电子超纯水系统中的痕量三卤甲烷对于水的TOC指标影响较大，且去除效率较低。三卤甲烷作为电子超纯水中一种代表性的氧化有机副产物，其在再生水中的含量与终端的水的TOC指标有着密切的关系，对电子超纯水的终端TOC有着重大的影响，所以总三卤甲烷对于电子超纯水的制备过程有重要的意义。各细分行业电子超纯水对总三卤甲烷并无明确标准，主要通过TOC的指标对其进行控制。

虽然各细分行业电子超纯水对三卤甲烷并无明确标准，但三卤甲烷的超标会影响TOC指标，依据三氯甲烷的分子式，每1 g三氯甲烷可以贡献0.1 gTOC，其余三卤甲烷贡献值根据相对分子质量的升高而下降，所以三卤甲烷的残留量越高，TOC超标的风险越高。在水制备系统中，总三卤甲烷是通过树脂、反渗透和紫外线氧化的方法联合去除的。典型水系统各段工艺对总三卤甲烷的去除效率如表6-29所示，水系统对三氯甲烷的总去除率约为96.25%左右。为满足水的水质要求，再生水中的总三卤甲烷越高，水系统的投资成本、运行成本越高。因此，再生水的总三卤甲烷不宜太高。

表6-29 电子超纯水制备中各技术环节对总三卤甲烷的去除效率

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 工艺段 | 2B3T | RO | UV+MB | UV+PMB | 总去除率 |
| 各工艺段去除率 | 50% | 70% | 50% | 50% | 96.25% |

表6-30 相关电子企业再生水总三卤甲烷限值（单位: μg/L）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 台积电 | 中芯国际（北京） | 新加坡  NEWater | 京东方B4 |
| 7nm | 28nm | 8.5代  TFT-LCD |
| 数值 | / | / | ＜80 | / |

相关企业对再生水总三卤甲烷的要求如表6-30所示。国内相关的电子企业对再生水中的小分子有机物的控制仍以尿素为主，并没有对总三卤甲烷的限制指标；新加坡NEWater由于其再生水的杀菌方式为氯杀菌，所以对再生水中的总三卤甲烷有所限值，为80 μg/L。依据水系统各段工艺对总三卤甲烷的去除效率，当再生水的总三卤甲烷20 μg/L时，产水的总三卤甲烷大约为0.8 μg/L，假设全部为三氯甲烷，换算成TOC为0.08 μg/L，可以满足先进制程（7 nm~28 nm制程）对电子超纯水TOC小于1 μg/L的要求（水中含有其他有机物）。根据实际调研国内自来水总三卤甲烷的平均值为15 μg/L~20 μg/L；各地区差异较大，波动范围为10 μg/L ~70μg/L。因此用于电子超纯水制备系统的再生水中总三卤甲烷限值如表6-31所示。

表6-31 再生水用作工业水水源的总三卤甲烷限值（单位: μg/L）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 集成电路 | | 显示器件 | | 太阳电池 |
| 12英寸 | 8英寸及以下 | AMOLED | TFT-LCD |
| 总三卤甲烷（μg/L）≤ | 20 | 20 | 40 | 80 | 80 |

可用于电子超纯水水源的再生水多由超滤-反渗透工艺生产，总三卤甲烷的含量较低，在消毒过程中需要严格控制杀菌剂的用量，减少总三卤甲烷等消毒副产物的产生，因此，用于电子超纯水水源的再生水总三卤甲烷宜满足表6-31。当现有水制备系统的设计值小于相对应的总三卤甲烷指标时，可根据情况对再生水进行深度处理，如采用高级氧化工艺。

**6.4.3 水质控制项目限值**

再生水用作工业水水源时，基本控制项目及限值宜满足表6-32的规定，推荐控制项目及限值可以参考表6-33的规定。

表6-32再生水用作电子工业超纯水水源的水质基本控制项目及限值

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 集成电路 | | 显示器件 | | 太阳电池 |
| 12英寸 | 8英寸及以下 | AMOLED | TFT-LCD |
| 1 | TOC（mg/L）≤ | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 2.0 |
| 2 | 硼（mg/L）≤ | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 3 | 总硅（mg/L）≤ | 3 | 3 | 5 | 10 | 10 |
| 4 | 尿素（μg/L）≤ | 10 | 15 | 20 | 40 | 40 |
| 5 | 总三卤甲烷（μg/L）≤ | 20 | 20 | 40 | 80 | 80 |
| 6 | 电导率（μS/cm）≤ | 250 | | | | |
| 7 | TDS（mg/L）≤ | 150 | | | | |
| 8 | 氟（mg/L）≤ | 0.5 | | | | |

表6-33 再生水用作电子工业超纯水水源的水质推荐控制项目及限值

| 序号 | 项目 | 限值 |
| --- | --- | --- |
| 1 | pH | 6.0-8.5 |
| 2 | 浊度（NTU）≤ | 0.3 |
| 3 | SS（mg/L）≤ | 1.0 |
| 4 | 总硬度（mgCaCO3/L）≤ | 50 |
| 5 | 氨氮（mg/L）≤ | 0.5 |
| 6 | 亚硝酸氮（mg/L）≤ | 0.1 |
| 7 | 硝酸盐氮（mg/L）≤ | 10 |
| 8 | 磷酸根（mg/L）≤ | 0.5 |
| 9 | 氯盐（mg/L）≤ | 20 |
| 10 | 硫酸盐（mg/L）≤ | 45 |
| 11 | 砷（mg/L）≤ | 0.05 |
| 12 | 碱度（mgCaCO3/L）≤ | 30 |
| 13 | 菌落总数CFU/mL）≤ | 100 |

**6.4.4 再生水水质特征**

本标准起草组根据现场实际调研走访，实地取样分析，测得北京和无锡两地的再生水厂（UF+RO工艺）的产水中相应控制项目的实际污染物浓度，如表6-34。可以看出，再生水中的大部分指标均可以满足本标准中的水质要求，仅有小分子有机物（尿素、总三卤甲烷，加粗）的含量无法满足本标准中集成电路行业的限值要求，所以在将再生水使用于集成电路行业时，需要对再生水中的小分子有机物进行深度处理（如化学氧化等），处理后的水仍需要满足相应细分行业的水质的各项限值的要求。

表6-34 北京和无锡再生水水质特征

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 水质指标 | 单位 | 北京亦庄再生水 | 无锡新城再生水 |
| 1 | 电导率 | uS/cm | 93.6 | 59.5 |
| 2 | TOC | mg/L | 425 | 729 |
| 3 | 硼 | mg/L | 0.059 | 0.085 |
| 4 | TDS | mg/L | 61 | 48 |
| 5 | F | mg/l | 0.18 | 0.29 |
| 6 | 全硅 | mg/L | 0.4 | 0.25 |
| 7 | **尿素** | μg/L | 19 | 39 |
| 8 | **总三卤甲烷** | μg/L | 65 | 39 |
| 9 | pH | - | 6.58 | 6.25 |
| 10 | 浊度 | mg/L | 0.1 | 0.09 |
| 11 | SS | mg/l | 0.23 | 0.21 |
| 12 | 总硬度 | mg CaCO3/L | 2.58 | 1.25 |
| 13 | 氨氮 | mg/L | ＜0.02 | 0.03 |
| 14 | 亚硝酸氮 | mg/L | 0.058 | 0.025 |
| 15 | 硝酸盐 | mg/L | 0.928 | 0.698 |
| 16 | 磷酸根 | mg/L | 0.256 | 0.198 |
| 17 | 氯盐 | mg/L | 21.1 | 15.6 |
| 18 | 硫酸盐 | mg/L | 1.22 | 0.985 |
| 19 | 总碱度 | mg CaCO3/L | 9 | 2.98 |

**6.5 取样分析方法**

本章节规定对再生水的取样规范；对再生水的监测频率；所规定的各项指标的分析方法，包含基本控制项目和选择控制项目的分析方法。

6.5.1 取样要求：水样取样点宜设在再生水厂供水出口处。

6.5.2 表 6-32 中所列主要项目(电导率、TOC)的宜设置在线监测。

6.5.3 监测分析方法按表6-35执行。

表6-35 监测分析方法表

| 序号 | 项目 | 测定方法 | 方法来源 |
| --- | --- | --- | --- |
|
| 1 | 电导率 | 电极法 | GB/T 5750.4-2023 |
| 2 | pH | 玻璃电极法 | GB/T 5750.4-2023 |
| 3 | 浊度 | 比浊法 | GB/T 13200-1991 |
| 4 | SS | 重量法 | GB/T 11901-1989 |
| 5 | TOC | 膜电导率测定法 | GB/T 5750.7-2023 |
| 6 | 总硬度 | 乙二胺四乙酸二钠滴定法 | GB/T 5750.4-2023 |
| 7 | 氨氮 | 纳氏试剂分光光度法 | GB/T 5750.5-2023 |
| 8 | 亚硝酸氮 | 离子色谱法 | HJ 84-2016 |
| 9 | 硝酸盐氮 | 离子色谱法 | HJ 84-2016 |
| 10 | 硼 | 电感耦合等离子体发射光谱法 | HJ 776-2015 |
| 11 | 磷酸根 | 离子色谱法 | HJ 84-2016 |
| 12 | 氯盐 | 离子色谱法 | HJ 84-2016 |
| 13 | TDS | 称量法 | GB/T 5750.4-2023 |
| 14 | 硫酸盐 | 离子色谱法 | HJ 84-2016 |
| 15 | 砷 | 电感耦合等离子体发射光谱法 | HJ 776-2015 |
| 16 | 氟 | 离子色谱法 | HJ 84-2016 |
| 17 | 总碱度 | 电位滴定法 | GB/T 15451-2006 |
| 18 | 总硅 | 分光光度法 | GB/T 11446.6-2013 |
| 19 | 尿素 | 分光光度法 | GB/T 18204.2-2014 |
| 20 | 总三卤甲烷 | 气相色谱法 | HJ 620-2011 |
| 21 | 菌落总数 | 平板计数法 | GB/T 5750.12-2023 |