

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1298—2023

电子工业水污染防治可行技术指南

**Guideline on available techniques of water pollution prevention and control
for electronic industry**

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2023-06-07 发布

2023-07-01 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言.....	ii
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 行业生产与水污染物的产生.....	2
5 污染预防技术.....	6
6 污染治理技术.....	7
7 环境与安全管理措施.....	11
8 污染防治可行技术.....	13
附录 A（资料性附录） 典型电子产品生产工艺流程及废水产污环节.....	19

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》等法律，防治环境污染，改善生态环境质量，推动电子工业水污染防治技术进步，制定本标准。

本标准提出了电子工业水污染防治可行技术。

除本标准所列的水污染防治可行技术外，其他可实现电子工业水污染物稳定达标排放的水污染防治技术，也可作为企业技术选择的参考。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部水生态环境司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境科学研究院、中国电子工程设计院有限公司、中国电子元件行业协会、中国电子电路行业协会、中国半导体行业协会。

本标准生态环境部 2023 年 6 月 7 日批准。

本标准自 2023 年 7 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

电子工业水污染防治可行技术指南

1 适用范围

本标准提出了电子工业水污染防治可行技术。

本标准可作为电子工业企业或生产设施建设项目及电子工业污水集中处理设施的环境影响评价、国家污染物排放标准制修订、排污许可管理和水污染防治技术选择的参考。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 4754—2017	国民经济行业分类
GB 39731	电子工业水污染物排放标准
GB 50814	电子工程环境保护设计规范
HJ 576	厌氧-缺氧-好氧活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 577	序批式活性污泥法污水处理工程技术规范
HJ 579	膜分离法污水处理工程技术规范
HJ 1031	排污许可证申请与核发技术规范 电子工业
HJ 1095	芬顿氧化法废水处理工程技术规范
HJ 1253	排污单位自行监测技术指南 电子工业
HJ 2002	电镀废水治理工程技术规范
HJ 2006	污水混凝与絮凝处理工程技术规范
HJ 2007	污水气浮处理工程技术规范
HJ 2009	生物接触氧化法污水处理工程技术规范
HJ 2010	膜生物法污水处理工程技术规范
HJ 2013	升流式厌氧污泥床反应器污水处理工程技术规范
HJ 2014	生物滤池法污水处理工程技术规范
HJ 2047	水解酸化反应器污水处理工程技术规范
HJ 2058	印制电路板废水治理工程技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

电子工业 electronic industry

包括电子专用材料、电子元件、印制电路板、半导体器件、显示器件及光电子器件、电子终端产品、其他电子设备等电子产品制造业，分别对应 GB/T 4754—2017 中的计算机制造（C391）、电子器件制

造（C397）、电子元件及电子专用材料制造（C398）和其他电子设备制造（C399）。

3.2

水污染防治可行技术 available techniques of water pollution prevention and control

根据我国一定时期内环境需求和经济水平，在水污染防治过程中综合采用污染预防技术、污染治理技术和环境管理措施，使水污染物排放稳定达到国家污染物排放标准、规模应用的技术。

4 行业生产与水污染物的产生

4.1 电子专用材料

4.1.1 生产工艺

电子专用材料包括电子功能材料、互联与封装材料和工艺与辅助材料。生产工艺包括前处理、刻蚀、电蚀、抛光、清洗、溶铜、表面处理、涂覆、粉碎、研磨等，其典型生产工艺流程及产污环节示意图见附录 A 的图 A.1 和图 A.2，主要废水产污环节如表 1 所示。

4.1.2 水污染物

水污染物主要来源于前处理、刻蚀、电蚀、抛光、清洗、溶铜、表面处理、涂覆、粉碎、研磨等生产单元的工艺废水和辅助生产系统产生的废水，主要污染物项目有 pH 值、悬浮物、石油类、化学需氧量（COD_{Cr}）、总有机碳（TOC）、氨氮、总氮、总磷、阴离子表面活性剂（LAS）、总氰化物、氟化物、总铜、总锌、总铅、总镉、总铬、六价铬、总砷、总镍、总银。

表 1 电子专用材料制造主要废水产污环节

产品类别	主要产污环节	主要生产工艺	废水类别	
电子功能材料	前处理	切片、倒角、研磨	含悬浮物废水、有机废水	
	刻蚀	刻蚀	酸碱废水、含氟废水、含氨废水	
	电蚀	铝箔腐蚀	酸性废水、含氨废水	
	抛光	抛光	有机废水	
	清洗		酸洗	酸性废水、含氟废水
			碱洗	碱性废水
有机溶剂洗			有机废水	
互联与封装材料	溶铜	溶铜	酸性废水、含重金属废水（含铜废水）	
	表面处理	表面处理	含重金属废水（含铜废水、含锌废水、含六价铬废水）、含氰废水	
	涂覆	有机涂覆	有机废水	
工艺与辅助材料	粉碎	粉碎	含重金属废水	
	研磨	研磨	有机废水、含重金属废水	
—	辅助生产系统	过滤、离子交换、反渗透、水洗等	辅助生产系统废水	

4.2 电子元件

4.2.1 生产工艺

电子元件包括电容器、电阻器、电感器、电子变压器和敏感元器件等。生产工艺包括混合、研磨、清洗、端面处理、图形制作和涂覆等，其典型生产工艺流程及产污环节示意图见附录 A 的图 A.3 和图 A.4，主要废水产污环节如表 2 所示。

4.2.2 水污染物

水污染物主要来源于混合、研磨和清洗、端面处理、图形制作和涂覆等生产单元的工艺废水和辅助生产系统产生的废水，主要水污染物项目有 pH 值、悬浮物、石油类、COD_{Cr}、TOC、氨氮、总氮、总磷、LAS、总氰化物、氟化物、总铜、总锌、总铅、总镉、总铬、六价铬、总砷、总镍、总银。

表 2 电子元件制造主要废水产污环节

主要产污环节	主要生产工艺	废水类别
混合	混合	有机废水
研磨	研磨	含重金属废水（含镍废水）
清洗	清洗	有机废水
端面处理	端面处理	酸碱废水、含重金属废水、含氰废水
图形制作	显影	含重金属废水（含银废水）
	刻蚀	酸碱废水、含氨废水、含氟废水
涂覆	涂覆	有机废水
辅助生产系统	过滤、离子交换、反渗透、水洗等	辅助生产系统废水

4.3 印制电路板

4.3.1 生产工艺

印制电路板包括刚性板与挠性板，单面印制电路板、双面印制电路板、多层印制电路板，以及刚挠结合印制电路板、高密度互连印制电路板和集成电路封装载板等。生产工艺包括线路制作、化学沉铜、电镀、阻焊制作、表面处理和成型等，其典型生产工艺流程及产污环节示意图见附录 A 的图 A.5，主要废水产污环节如表 3 所示。

4.3.2 水污染物

水污染物主要来源于内层外层线路制作、化学沉铜、电镀、阻焊制作、表面处理和成型等生产单元的工艺废水和辅助生产系统产生的废水，主要污染物项目有 pH 值、悬浮物、石油类、COD_{Cr}、TOC、氨氮、总氮、总磷、LAS、总氰化物、硫化物、氟化物、总铜、总铅、总镍、总银。

表 3 印制电路板制造主要废水产污环节

主要产污环节	主要生产工艺	废水类别
内层线路制作	内层前处理化学清洗	含悬浮物废水、低浓度有机废水、含重金属废水（含铜废水、络合铜废水）
	底片制作	含氨含重金属废水、有机废水
	显影	有机废水
	酸性刻蚀	酸性废水、含重金属废水（含铜废水）
	去膜	有机废水
	黑（棕）化	含重金属废水（络合铜废水）

主要产污环节	主要生产工艺	废水类别
化学沉铜	去钻污、沉铜	含重金属废水（含铜废水、络合废水）、有机废水
电镀	镀铜/镀锡	含重金属废水（含铜废水）
	退镀	含重金属废水（含铜废水）
外层线路制作	外层前处理化学清洗	含重金属废水（含铜废水）
	显影	有机废水
	酸性蚀铜	含重金属废水（含铜废水、络合铜废水）、含氟废水
	去膜	有机废水
	退锡	含重金属废水（铜氨废水）
阻焊制作	阻焊前处理化学清洗	含重金属废水（含铜废水）
	显影	有机废水
表面处理	热风整平焊锡、化学银/镍/金、有机可焊保护层等	含重金属废水（络合铜废水、含镍废水、含银废水、含铜废水）、含氰废水
成型	成型、清洗	含重金属废水（络合铜废水）
辅助生产系统	过滤、离子交换、反渗透、水洗等	辅助生产系统废水

4.4 半导体器件

4.4.1 生产工艺

半导体器件包括半导体分立器件、集成电路和半导体照明器件等。生产工艺包括前处理、清洗、外延、光刻、刻蚀、去胶、金属沉积、研磨、封装和电镀等，其典型生产工艺流程及产污环节示意图见附录 A 的图 A.6，主要废水产污环节如表 4 所示。

4.4.2 水污染物

水污染物主要来源于前处理、清洗、外延、光刻、刻蚀、去胶、金属沉积、研磨、封装和电镀等生产单元的工艺废水和辅助生产系统产生的废水，主要污染物项目有 pH 值、悬浮物、石油类、COD_{Cr}、TOC、氨氮、总氮、总磷、LAS、总氰化物、硫化物、氟化物、总铜、总锌、总铅、总镉、总铬、六价铬、总砷、总镍、总银。

表 4 半导体器件制造主要废水产污环节

主要产污环节	主要生产工艺	废水类别
前处理	框架切割、划片	含悬浮物废水
清洗	清洗	含氟废水、酸碱废水、含氨废水、有机废水、含磷废水
外延	气相/液相/固相外延	酸碱废水、含重金属废水（含砷废水）
光刻	显影	含氨废水
刻蚀	湿法刻蚀	酸碱废水、含氟废水、含氨废水、含磷废水
去胶	湿法去胶	有机废水、酸碱废水
金属沉积	铜制程、镍制程	含重金属废水（含铜废水、含镍废水）
研磨	化学机械研磨	含悬浮物废水
封装	封装	含悬浮物废水、含重金属废水、有机废水
电镀	电镀	有机废水（清洗废水）、含重金属废水、含氰废水
辅助生产系统	过滤、离子交换、反渗透、水洗等	辅助生产系统废水

4.5 显示器件及光电子器件

4.5.1 生产工艺

显示器件包括薄膜晶体管液晶显示器件、低温多晶硅薄膜晶体管液晶显示器件、有机发光二极管显示器件、真空荧光显示器件、场发射显示器件、等离子显示器件、曲面显示器件以及柔性显示器件等。光电子器件包括电子束光电器件、电真空光电子器件、激光器件、红外器件、通信有源光器件与子系统及光无源器件等。显示器件生产工艺包括阵列、彩膜、成盒和模组等，其典型生产工艺流程及产污环节示意图见附录 A 的图 A.7~图 A.10，主要废水产污环节如表 5 所示。光电子器件生产工艺包括基片处理、外延、光刻、刻蚀、减薄等，其典型生产工艺流程及产污环节示意图见附录 A 的图 A.11，主要废水产污环节如表 5 所示。

4.5.2 水污染物

水污染物主要来源于显示器件的阵列、彩膜、成盒和模组等生产单元，光电子器件的基片处理、外延、光刻、刻蚀、减薄等生产单元的工艺废水和辅助生产系统产生的废水，主要污染物项目有 pH 值、悬浮物、石油类、COD_{Cr}、TOC、氨氮、总氮、总磷、LAS、总氰化物、氟化物、总铜、总锌、总铅、总砷、总镍、总银。

表 5 显示器件及光电子器件制造主要废水产污环节

产品类别	主要产污环节	主要生产工艺	废水类别
显示器件	阵列	清洗	有机废水、酸碱废水
		光刻	有机废水、酸碱废水
		光刻胶剥离	有机废水
		湿法刻蚀	含磷废水、含重金属废水（含铜废水）、酸碱废水
		干法刻蚀	POU（源头处理）产生的含氟废水
		化学气相沉积	POU（源头处理）产生的含氟废水
	彩膜	光刻	有机废水（彩膜废水）
		显影	
		ITO（氧化铟锡）再生剥离	酸碱废水
		RGB（彩色矩阵膜）再生剥离	酸碱废水
		清洗	酸碱废水
	成盒	清洗	有机废水、酸碱废水
模组	清洗	酸碱废水	
光电子器件	基片处理	酸洗	酸性废水
	外延	气相/液相/固相外延	酸碱废水、含重金属废水
	光刻	显影	有机废水
	刻蚀	湿法刻蚀	有机废水、酸碱废水
	减薄	减薄	含悬浮物废水
—	辅助生产系统	过滤、离子交换、反渗透、水洗等	辅助生产系统废水

4.6 电子终端产品

4.6.1 生产工艺

电子终端产品包括计算机整机、计算机零部件、计算机外围设备、工业控制计算机及系统、信息安全设备和其他计算机应用电子设备等。生产工艺包括电镀、清洗、机械抛光等，其典型生产工艺流程及产污环节示意图见附录 A 的图 A.12，主要废水产污环节如表 6 所示。

4.6.2 水污染物

水污染物主要来源于电镀、清洗、机械抛光等生产单元的工艺废水和辅助生产系统产生的废水，主要污染物项目有 pH 值、悬浮物、石油类、COD_{Cr}、TOC、氨氮、总氮、总磷、LAS、总氰化物、总铜、总锌、总铅、总镉、总铬、六价铬、总镍、总银。

表 6 电子终端产品制造主要废水产污环节

主要产污环节	主要生产工艺	废水类别
电镀	电镀	含重金属废水、含氰废水
清洗	清洗	有机废水（清洗废水）
机械抛光	湿法抛光	含悬浮物废水
辅助生产系统	过滤、水洗等	辅助生产系统废水

4.7 其他电子设备制造

4.7.1 生产工艺

其他电子设备包括电子记事本、电子词典、电子白板等。生产工艺以组装为主，部分产品含有电镀、清洗等工艺，其典型生产工艺流程及产污环节示意图、主要废水产污环节与电子终端产品相似。

4.7.2 水污染物

水污染物主要来源于电镀工艺废水，主要污染物项目有 pH 值、悬浮物、石油类、COD_{Cr}、TOC、氨氮、总氮、总磷、LAS、总氰化物、总铜、总锌、总铅、总镉、总铬、六价铬、总镍、总银。

5 污染预防技术

5.1 一般原则

鼓励电子工业企业推行清洁生产，采取本标准提出的污染预防措施，提高物料利用率、清洗效率，减少水污染物和废水产生量。

5.2 原辅材料替代技术

5.2.1 环保型退镀液替代技术

适用于印制电路板生产的电镀工序。用硫酸、双氧水体系的环保型退镀液替代电镀工序常规的确酸退镀液，可减少废水中总氮的产生量，从而减少总氮的排放量。该技术需同时使用硫酸亚铁或亚硫酸氢钠作为还原剂，前者易增加污泥产生量，后者成本较高。

5.2.2 非金属树脂材料替代技术

适用于显示器件及光电子器件生产的彩色滤光片制备。在彩色滤光片的制备过程中，BM（黑色矩阵）膜采用环保性能相对较好的非金属黑色树脂替代金属铬/氧化铬，可消除使用铬带来的污染问题。

5.3 设备或工艺革新技术

5.3.1 逆流清洗废水回用技术

适用于电子工业清洗工序产生的清洗废水回用处理。清洗过程有单级清洗、二级和三级逆流清洗，由末级槽进水、第一级槽排出清洗废水，其水流方向与工件清洗移动方向相反，生产线配套在线回用水装置，对多级逆流水洗的最后一道水洗废水进行在线回收，回用至上一级清洗环节，进而提高水重复利用率，节约厂区新鲜水使用量。与全部采用新鲜水清洗相比，可减少废水产生量约 30%以上。

5.3.2 喷射水洗技术

适用于印制电路板水平生产线的清洗工序。喷射水洗技术分为喷淋水洗和喷雾水洗，工件可集中到 2~3 处水洗槽中进行清洗，清洗水一般为上一级水洗的排出水。由于喷嘴可调到任意需要的角度，可有效清除工件表面的脏物，清洗效率得到提高，清洗废水经收集和针对性处理后循环利用。与全部采用新鲜水清洗相比，可减少废水产生量约 50%以上。

6 污染治理技术

6.1 物化处理技术

6.1.1 混凝

适用于电子工业废水中油脂、悬浮物等水污染物处理。该技术通过对悬浮颗粒或荷电胶粒的脱稳、聚集和凝聚，实现污染物与水的分离。混凝处理过程常用的混凝剂有铁盐、铝盐和聚合盐类，絮凝剂常用聚丙烯酰胺（PAM）。该技术对悬浮颗粒、胶体颗粒、疏水性污染物等具有良好的去除效果。工艺设计和管理参见 HJ 2006。

6.1.2 气浮

适用于电子工业产生的比重较小、悬浮物浓度为 5000 mg/L~10000 mg/L 的悬浮颗粒处理。气浮工艺主要有电解气浮法、叶轮气浮法、加压溶气气浮法和浅层气浮法等。电子工业常用电解气浮法处理含六价铬废水、含氰废水。该技术对含盐量大、电导率高、含有毒有害污染物废水的处理具有优势。工艺设计和管理参见 HJ 2007。

6.1.3 化学沉淀法

适用于电子工业产生的含重金属废水、含氟废水、高浓度含磷废水、显示器件产生的彩膜废水处理。该技术向废水中投加碱性药剂调节 pH 值至碱性，投加石灰、硫化物、钙盐等沉淀剂后充分搅拌，使金属离子、氟离子、磷等与沉淀剂反应生成沉淀。沉淀后，常添加铁盐、铝盐、聚合盐类、PAM 等混凝剂或絮凝剂，提高处理效果。处理含重金属络合废水时，需在投加沉淀剂之前，加入芬顿试剂、次氯酸钠、硫化物、铁盐、重捕剂等破络剂先进行破络反应。废水中磷的去除率为 95%以上，上清液需进入有机废水处理系统进一步处理。该技术操作简便、技术成熟、可同时去除废水中的多种污染物，但污泥产生量大。工艺设计和管理参见 HJ 2058、HJ 2006。

6.1.4 吸附法

适用于电子工业产生的含重金属非络合废水处理。利用吸附材料具有比表面积大、吸附能力强、活性基团多等特性，使液相中的物质传递至固相表面。常用的吸附剂有活性炭、硅藻土、沸石、壳聚糖、纳米材料等。吸附剂的选择、预处理和用量、废水 pH 值、停留时间、运行条件等可通过试验确定。废水中重金属的去除率为 90% 以上。该技术操作简便、工艺简单，但存在吸附剂的再生和金属的回收问题。

6.1.5 碱性氯化法

适用于电子工业产生的总氰化物浓度小于 100 mg/L（络合氰离子除外）的含氰废水处理。利用次氯酸根的氧化性，将氰化物氧化为低毒的氰酸盐，氰酸盐继续被氧化成无毒的碳酸盐和氮气。反应时间与废水中的氰化物含量有关，一般为 1 h~1.5 h，有效氯与氰化物的质量比为 6~10。处理后废水中的总氰化物浓度不大于 0.5 mg/L。该技术操作简便、反应完全，但破氰处理后，废水需进入含重金属废水处理系统进一步处理。工艺设计和管理参见 HJ 2058。

6.1.6 离子交换法

适用于电子工业产生的中低浓度含氰废水、铜氨废水、含重金属废水或要求回收金属离子的废水处理。通过离子交换树脂与废水中的相应离子进行选择交换，离子可被树脂吸附，达到去除废水中相应污染物的目的。处理后废水中的总氰化物浓度小于 0.1 mg/L，但废水中的铁、亚铁氰化物等杂质对树脂的洗脱再生有影响。该技术设备简单、树脂无毒且可反复再生使用，但成本较高。工艺设计和管理参见 HJ 2058。

6.1.7 酸析法

适用于印制电路板产生的 COD_{Cr} 浓度为 5000 mg/L~15000 mg/L 的有机废水处理。该技术加入酸性药剂将 pH 值调为 2~4，废水中的高浓度有机物在酸性条件下会析出固体，通过固液分离可去除大部分有机物和部分重金属，然后再加入混凝剂聚合氯化铝和絮凝剂 PAM 等混凝沉淀，去除沉淀物。废水中 COD_{Cr} 的去除率为 80%。该技术操作简便、工艺运行稳定、反应快速，但药剂用量较大。工艺设计和管理参见 HJ 2058。

6.1.8 吹脱法

适用于电子工业产生的氨氮浓度大于 500 mg/L 的含氨废水处理。该技术通过加碱性药剂调节 pH 值至碱性，经脱气塔吹脱走废水中的氨气，使氨氮浓度降至 50 mg/L 以下，排入含氟废水处理系统进一步除氟；未达到要求的出水将回流再处理。吹脱出的氨气在吸收塔中加酸吸收成硫酸铵，处理后的气体循环回脱气塔，硫酸铵收集后委托外运处理。该技术工艺简单、处理效果稳定，但能耗高，吹脱塔易结垢。

6.1.9 折点加氯法

适用于电子工业产生的氨氮浓度不大于 50 mg/L 的铜氨废水处理。当废水水量、氨氮浓度随时间变化不大时可采用此技术。该技术通过加入次氯酸钠氧化破坏铜氨络合物，同时沉淀出铜。pH 值为 9.5 左右，投加次氯酸钠中的有效氯与氨氮摩尔比为 1.6:1 时，废水中氨氮的去除率为 80% 以上，铜的去除率为 99.8%。该技术反应快速、脱氮效果稳定，但处理后的废水中含有残留氯，易与水中有机物生成可吸附有机卤化物（AOX），可采用活性炭吸附去除。工艺设计和管理参见 HJ 2058。

6.1.10 磷酸铵镁脱氨氮法 (MAP)

适用于印制电路板产生的铜氨废水处理。该技术通过加入磷酸盐 ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) 和镁盐 ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)，与废水中的铵根和磷酸根发生反应生成白色磷酸铵镁 ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 沉淀进而去除氨氮，再加入碱性药剂和混凝剂去除废水中的铜，废水中氨氮的去除率为 80% 以上。该技术工艺简单、能充分回收氨实现废水资源化，但药剂用量较大，管道易结垢堵塞。工艺设计和管理参见 HJ 2058。

6.1.11 酸碱中和法

适用于电子工业产生的酸碱废水处理。处理酸性废水可采用碱性药剂中和。中和反应产生大量残渣可通过沉淀予以去除，中和处理技术宜采取 pH 自动控制仪自动控制加药，经处理后 pH 值为 6~9。

6.1.12 电解法

适用于电子工业产生的总氰化物浓度为 500 mg/L~40000 mg/L 的含氰废水处理。该技术利用电化学反应破坏废水中的氰化物。在电解电压下，废水中的氰离子在阳极上失去电子被氧化成二氧化碳、氮气或氨。电解槽净极距宜采用 20 cm~30 cm，阳极电流密度宜控制在 $0.3 \text{ A/dm}^2 \sim 0.5 \text{ A/dm}^2$ ，槽电压宜为 6 V~8.5 V。该技术操作简便、处理高浓度含氰废水较经济，但处理后废水中的氰化物浓度小于 50 mg/L，还需采用其他方法处理至达标排放。工艺设计和管理参见 HJ 2002。

6.1.13 微电解 (Fe-C) 法

适用于印制电路板产生的 COD_{Cr} 浓度为 200 mg/L~600 mg/L 的油墨废水处理。该技术将含碳铁屑浸于电解质溶液中，形成微小的 Fe-C 原电池，与污染物发生氧化、还原、吸附、絮凝等作用，去除废水中的有机物。pH 值宜为 3~5，空气搅拌气量不小于 $3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} \sim 5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ，填料接触时间不小于 30 min。废水中 COD_{Cr} 的去除率为 50%~80%。该技术设备小、占地少、工艺运行稳定、反应快速，但电极表面极易污染失去活性。工艺设计和管理参见 HJ 2058。

6.1.14 芬顿氧化

适用于提高电子工业废水的可生化性， COD_{Cr} 浓度为 200 mg/L~600 mg/L 的有机废水、含重金属络合废水处理。该技术利用亚铁离子作为催化剂，在酸性条件下利用羟基自由基的氧化作用，将难生物降解有机物分解成小分子有机物或者矿化。反应时间为 1 h~2 h，pH 值为 2~4。该技术氧化能力强、反应快速，但成本较高，污泥产生量较大。工艺设计和管理参见 HJ 1095。

6.1.15 臭氧氧化

适用于提高电子工业废水的可生化性和含氰废水处理。利用臭氧及其中间产物羟基自由基的强氧化性，使难降解有机物开环破链，降解大分子，从而降低废水中的 COD_{Cr} 。宜在 pH 值为 8~9 的弱碱条件下进行，反应时间为 0.5 h~2 h，废水中 COD_{Cr} 的去除率为 40%~90%。处理后废水中的总氰化物浓度小于 0.3 mg/L。该技术氧化能力强、反应快速、无二次污染问题，但成本较高，接触的容器和管路需采用耐腐蚀材料。工艺设计和管理参见 HJ 2002。

6.1.16 双氧水氧化

适用于电子工业产生的含氰废水处理。在 pH 值为 9~11 的反应条件下，以双氧水为氧化剂将废水中的氰化物氧化为氰酸盐，氰酸盐再水解为碳酸盐和氨。双氧水与氰化物的质量比为 5:1，接触时间不少于 15 min 时，废水中总氰化物的去除率为 97% 以上，接触时间不少于 20 min 时，废水中总氰

HJ 1298—2023

化物的去除率为99%以上。处理后废水中的总氰化物浓度不大于0.5 mg/L。该技术工艺简单、无二次污染问题，但成本较高，原料运输存在一定危险性。工艺设计和管理参见 HJ 2058。

6.1.17 膜分离

适用于电子工业产生的综合废水、低浓度含离子态金属废水处理或要求回收金属离子的废水再生回用。利用选择性膜的半透性，通过外界提供能量使选择性膜两侧出现压差，以此为动力对金属离子进行分离，通常包括电渗析、反渗透等。废水进入膜系统前一般需进行砂滤和精密过滤等预处理。该技术工艺简单、能耗低、选择性好，但成本较高，膜易受污染使性能降低。工艺设计和管理参见 HJ 579、HJ 2058。

6.2 生化处理技术

6.2.1 厌氧处理技术

6.2.1.1 水解酸化

适用于电子工业产生的 COD_{Cr} 浓度不大于 1500 mg/L 的有机废水、综合废水处理。在厌氧条件下，使结构复杂的高分子有机物经过水解和产酸，转化为简单小分子有机物。常用的水解酸化反应器类型包括升流式水解酸化反应器、复合式水解酸化反应器及完全混合式水解酸化反应器，可根据废水水质、水量等情况选用。pH 值宜为 5~9，废水可生化性较差的情况下，水解酸化的水力停留时间宜大于 24 h，废水中 COD_{Cr} 的去除率为 10%~20%，废水的可生化性可提高 20%~40%。该技术处理水量大、出水无臭味，但反应器启动时间较长，需设置后续好氧工艺处理设施。工艺设计和管理参见 HJ 2047。

6.2.1.2 厌氧生物反应器法

适用于电子工业产生的 COD_{Cr} 浓度大于 1500 mg/L、氨氮浓度小于 2000 mg/L、悬浮物浓度小于 1500 mg/L、硫酸盐浓度小于 1000 mg/L 的有机废水、综合废水处理。常用的厌氧反应器形式有升流式厌氧污泥床反应器（UASB）、厌氧折流板反应器（ABR）和内循环厌氧反应器（IC）。电子工业废水厌氧生物反应器的水力停留时间宜大于 12 h，废水中 COD_{Cr} 的去除率为 40%~60%。该技术污泥产生量少、能耗小、可产生清洁能源沼气，但对有毒物质较敏感，有硫化氢二次污染问题。UASB 工艺设计和管理参见 HJ 2013。

6.2.1.3 厌氧氨氧化法（ANAMMOX）

适用于电子工业产生的氨氮浓度为 200 mg/L~800 mg/L 的含氨废水处理。该技术在厌氧条件下，以氨为电子供体，以硝酸盐或亚硝酸盐为电子受体，将氨氧化成氮气。该技术包含的前置短程硝化可比全程硝化节省 63% 的供氧量和 50% 的耗碱量，与常规 A/O 脱氮工艺相比可节约 100% 的碳源，但工艺控制及管理要求比较高。

6.2.2 好氧处理技术

6.2.2.1 序批式活性污泥法（SBR）

适用于电子工业产生的 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ 值大于 0.3 的有机废水、综合废水处理。主要工艺包括循环式活性污泥工艺、连续和间歇曝气工艺、交替式内循环活性污泥工艺等。工艺过程一般由进水、曝气、沉淀、排水和待机五部分组成。废水中 COD_{Cr} 、悬浮物、氨氮的去除率分别为 80%、80%、90% 以上。

该技术成本较低、占地少、耐冲击负荷能力强，但自动化控制要求高，不设初沉池易产生浮渣。工艺设计和管理参见 HJ 577。

6.2.2.2 生物接触氧化法

适用于电子工业产生的 COD_{Cr} 浓度不大于 2000 mg/L 的有机废水、综合废水处理。进水 COD_{Cr} 浓度超过 2000 mg/L 时，需增加厌氧法预处理。该技术由接触氧化池和沉淀池两部分组成，可根据进水水质和处理效果选用一级或多级接触氧化池。优先选用高效填料，种类包括悬挂式、悬浮式和固定式等。进水水温宜控制在 12 °C~37 °C，pH 值宜为 6~9，营养组合比（ BOD_5 : 氨氮: 磷）宜为 100:5:1，气水比参数宜通过试验确定。废水中 COD_{Cr} 的去除率为 60%~90%。该技术耐冲击负荷能力强、污泥产生量少，但滤料更换和维修困难。工艺设计和管理参见 HJ 2009。

6.2.2.3 膜生物法（MBR）

适用于电子工业产生的 COD_{Cr} 浓度小于 500 mg/L，悬浮物浓度小于 150 mg/L，氨氮浓度小于 50 mg/L 的有机废水、综合废水处理。膜生物处理系统宜设置超细格栅。按照污水的性质和污染物浓度选择膜生物法的工艺类型，常用的有浸没式和外（分）置式。废水中 COD_{Cr} 、悬浮物、氨氮的去除率分别为 90%、99%、90% 以上。该技术操作简便、处理效率高，但成本高，能耗高，易出现膜污染问题。工艺设计和管理参见 HJ 2010。

6.2.2.4 曝气生物滤池（BAF）

适用于电子工业好氧生物处理系统出水的深度处理。曝气生物滤池的容积负荷和水力负荷宜根据试验资料确定，进水悬浮物浓度不大于 60 mg/L。宜采用气水联合反冲洗，反冲洗空气强度 10 L/m²·s~15 L/m²·s，反冲洗水强度 4 L/m²·s~6 L/m²·s。废水中 COD_{Cr} 的去除率为 70%~85%，悬浮物的去除率为 75%~98%。该技术工艺运行稳定、耐冲击负荷能力强、耐低温、自动化程度高，但对进水悬浮物要求较高，反冲洗会出现结团现象。工艺设计和管理参见 HJ 2014。

6.2.3 厌氧处理+好氧处理组合技术

6.2.3.1 缺氧-好氧法（A/O）

适用于电子工业产生的经预处理后的有机废水、综合废水处理。该技术具有良好的脱氮效果，在好氧池实现硝化，在缺氧池实现反硝化脱氮。水力停留时间为 10 h~16 h。废水中氨氮的去除率为 85%~95%，总氮的去除率为 60%~85%。该技术操作简便、工艺运行稳定、污泥产生量少、成本低，但对高氨氮高磷废水处理不彻底。工艺设计和管理参见 HJ 576。

6.2.3.2 厌氧-缺氧-好氧法（A²/O）

适用于电子工业产生的经预处理后的有机废水、综合废水处理。该技术可用于二级或三级污水处理以及中水回用，具有良好的脱氮除磷效果。废水中 COD_{Cr} 、悬浮物的去除率为 70%~90%，氨氮、总磷的去除率为 90%，总氮的去除率为 80%。污泥中磷含量较高，一般在 2.5% 以上。该技术工艺运行稳定、耐冲击负荷能力强、污泥肥效高，但难以同时取得好的脱氮除磷效果。工艺设计和管理参见 HJ 576。

7 环境与安全管理措施

7.1 环境与安全管理制度

电子工业企业需按以下要求建立相应环境与安全管理制度：

- a) 根据 HJ 1031 和 HJ 1253 的要求严格执行环境管理台账制度和自行监测制度。
- b) 开展环境与安全风险分析，制定突发环境事件和生产安全事故应急预案，及时修订应急预案，定期开展应急预案演习，完善风险防控措施。
- c) 按要求安装在线监控设备，与生态环境主管部门的监控设备联网，并对在线监控设备定期进行保养、维护和校正，保证设备正常运行。
- d) 建立健全安全风险分级管控和隐患排查治理制度，制定安全生产规章制度和操作规程，如实记录并形成档案，档案至少留存五年。定期对员工进行隐患排查治理相关知识的宣传和培训。

7.2 污染治理设施管理措施

电子工业企业需采取以下污染治理设施管理措施：

- a) 生产过程中无跑冒滴漏现象，车间内实施干湿区分离，湿区地面敷设网格板，湿镀件上下挂作业在湿区进行，湿区设一定倾斜角度，确保废水废液不停留，有效收集。
- b) 废水宜按不同水质分类收集、专管专送和分质集中预处理，分质分流管道设置需满足 GB 50814 的要求。
- c) 电镀废水处理设施根据废水 pH 值、氧化还原电位（ORP）自动调节控制加药；设施的运行通过功能完善的中央控制平台控制，以全面记录并实时反映运行状况。
- d) 厂区清污分流、雨污分流，化学品储罐区采取防泄漏措施。印制电路板企业厂区内需设置容积满足要求的初期雨水池。其他电子工业企业鼓励设置初期雨水池。
- e) 需设置应急事故池，相关要求参考 GB 50814 的规定。
- f) 各污水处理池需严格按照防腐、防渗、防沉降的要求进行设计、施工。
- g) 鼓励园区外的电子工业企业有序入园，废水实施集中处理，促进废水循环利用和污泥综合利用，推动产业集聚发展。

7.3 电子工业污水集中处理设施管理措施

电子工业污水集中处理设施需采取以下管理措施：

- a) 园区入驻企业废水需按照电子工业污水集中处理设施的废水处理工艺设计要求进行分质分流，含铅、镉、铬、砷、镍、银中一项或多项重金属的废水应单独收集，含氰废水、其他含重金属废水等宜单独收集。
- b) 电子工业污水集中处理设施运营单位宜对入驻企业分类收集的废水设置废水缓存罐，并采取 pH 计、电导率仪、流量计、液位计等监控设施，及时发现和杜绝园区入驻企业超进水要求排放废水。
- c) 鼓励电子工业污水集中处理设施运营单位建设污水再生利用设施和中水回用管网，鼓励园区入驻企业开展中水回用。
- d) 电子工业污水集中处理设施运营单位需建设应急事故池。应急事故池的容积需综合考虑发生事故时车间当班设备的最大排水量、事故时消防用水量及可能进入应急事故池的降雨量。事故水需检测分类后，进入相应处理单元。
- e) 电子工业污水集中处理设施运营单位宜建设集中的化工原材料供应体系，并做好分类存储、安全管理及供应、销售记录。

- f) 电子工业污水集中处理设施运营单位需根据相关政策、标准规定，通过签订具备法律效力的合同等形式，基于确保水污染物稳定达标排放的需要，明确与园区入驻企业的污染治理责任划分。
- g) 鼓励园区入驻企业实施“一企一管”改造，并针对污染排放、污染治理设施运行等情况建立“一企一档”。

8 污染防治可行技术

8.1 一般原则

电子工业企业和电子工业污水集中处理设施可根据废水种类、污染物类型、水质特点，综合考虑选用各类技术组合，达到 GB 39731 的排放要求。具体水污染防治可行技术分别见表 7 和表 8。

8.2 分质预处理

电子工业各子行业生产工序的水污染物种类和浓度差异明显，宜采用下列方法对不同类型的废水进行单独收集，经分质预处理后再混合处理。电子工业污水集中处理设施接纳的电子工业企业废水类型较多，分质预处理技术为各类废水治理技术的组合。

- a) 电镀工序产生的含氰废水宜单独分流后采用碱性氯化法、双氧水氧化法、臭氧氧化法、电解法、离子交换法等预处理，并避免含铁废水、含镍废水混入。含氰废水含有镍等重金属污染物时，需通过破氰处理、使游离氰达到后端工艺进水控制要求后，再进入含重金属废水处理系统。
- b) 电镀、化学镀铜等工序产生的含重金属废水、络合铜废水可分别采用化学沉淀法、芬顿氧化法预处理。
- c) 碱性刻蚀工序产生的铜氨废水宜单独分流后采用折点加氯法、MAP 法预处理。
- d) 湿法刻蚀工序产生的含氟废水、含磷废水宜单独分流，采用化学沉淀法预处理。
- e) 显影、剥离、清洗等工序产生的含氨废水、有机废水宜单独分流，含氨废水采用吹脱法预处理，有机废水采用酸析法、芬顿氧化法、微电解（Fe-C）法等预处理。
- f) 显示器件产生的彩膜废水宜单独分流后采用化学沉淀法处理。
- g) 清洗工序产生的酸碱废水采用酸碱中和法处理。

8.3 综合废水处理

电子工业废水经分质预处理后，与辅助生产系统废水和日常维护工序废水混合为综合废水，综合废水采用物化处理技术和生化处理技术的组合技术进行处理，根据废水组分情况采取相应的处理技术，并确保处理过程安全。

- a) 在确保出水达标排放和经济技术可行的前提下，企业宜最大限度提高废水的重复利用率和回用率。
- b) 电子工业废水经过厌氧生物处理后，后续需采用好氧生物工艺处理。
- c) 难生化降解的低浓度电子工业废水可采用芬顿氧化、臭氧氧化等物化处理技术进行深度处理，提高废水的可生化性。
- d) 若有重金属回收或废水回用要求，宜选用膜分离工艺。
- e) 废水直接排入环境水体的，需增加 BAF 技术、芬顿氧化、臭氧氧化、MBR 技术等深度处理单元；废水排入公共污水处理系统的，是否增加深度处理单元需根据废水预处理和生化处理的效果以及纳管要求确定。

- f) 生活污水单独处理并排入公共污水处理系统的，可采取隔油池和化粪池进行处理。直接排入环境水体的，后续可增加生化处理单元进行处理。

8.4 综合毒性处理

电子工业污水集中处理设施可采取以下措施降低废水的综合毒性：

- a) 持续实施清洁生产，严格物料管理，节约原辅材料用量，尽量使用无毒或低毒药剂，对采用新化学物质的药剂加强环境风险评估管理，降低产污环节的废水综合毒性。
- b) 宜采用电解、芬顿氧化等物化处理技术，将难降解物质分解为易生化处理的物质，提高废水的可生化性，后续再采用生化处理技术处理，可降低出水的综合毒性。
- c) 对于监测结果显示综合毒性不达标的废水，将其回流至原处理工艺流程进行二次处理，可降低其综合毒性。
- d) 鼓励电子工业污水集中处理设施运营单位尽早开展废水综合毒性的监测，将监测结果报送当地生态环境主管部门，并根据监测结果积极采取相应的控制措施。

表 7 电子工业企业水污染防治可行技术

序号	适用范围	污染预防技术	污染治理技术		水污染物排放水平 (mg/L)																	适用条件			
			分质预处理技术	综合废水处理技术	悬浮物 (SS)	石油类	化学需氧量 (COD _{Cr})	总有机碳 (TOC)	氨氮	总氮	总磷	阴离子表面活性剂 (LAS)	总氰化物	硫化物	氟化物	总铜	总锌	总铅	总镉	总铬	六价铬		总砷	总镍	总银
1	电子专用材料、电子元件	逆流清洗废水回用技术	①含重金属废水：化学沉淀法 ②含氟废水：化学沉淀法 ③含氨废水：吹脱法/厌氧氨氧化法 (ANAMMOX)/折点加氯法/磷酸铵镁脱氨氮法 (MAP) ④酸碱废水：酸碱中和法	① 混凝-沉淀/气浮+② 生化处理/酸碱中和+③芬顿氧化/电解	≤ 70	≤ 4.0	≤ 100	≤ 30	≤ 25	≤ 30	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 0.5	—	≤ 10	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	直接排放
2			① 混凝-沉淀/气浮+② 生化处理/酸碱中和	≤ 400	≤ 20	≤ 500	≤ 200	≤ 45	≤ 70	≤ 8.0	≤ 20	≤ 1.0	—	≤ 20	≤ 2.0	≤ 1.5	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	间接排放	
3	印制电路板	①环保型退镀液替代技术+②逆流清洗废水回用技术+③喷射水洗技术	①含重金属废水：化学沉淀法 ②含氟废水：化学沉淀法 ③含氨废水：吹脱法/厌氧氨氧化法 (ANAMMOX)/折点加氯法/磷酸铵镁脱氨氮法 (MAP) ④含氰废水：碱性氯化法/双氧水氧化法/臭氧氧化法/电解法/离子交换法/“电解法+离子交换法”/“碱性氯化法/双氧水氧化法/臭氧氧化法+离子交换法” ⑤有机废水：酸析法/微电解 (Fe-C) 法/“酸析法+芬顿氧化法”	① 混凝-沉淀/气浮+② 生化处理/酸碱中和+③芬顿氧化/电解/曝气生物滤池/膜分离	≤ 70	≤ 5.0	≤ 100	≤ 20	≤ 25	≤ 35	≤ 1.0	≤ 3.0	≤ 0.5	≤ 0.6	≤ 10	≤ 0.5	—	≤ 0.2	—	—	—	—	≤ 0.5	≤ 0.3	直接排放
4			① 混凝-沉淀/气浮+② 生化处理/酸碱中和	≤ 400	≤ 10	≤ 500	≤ 50	≤ 45	≤ 70	≤ 8.0	≤ 10	≤ 0.8	≤ 0.6	≤ 20	≤ 2.0	—	≤ 0.2	—	—	—	—	—	≤ 0.5	≤ 0.3	间接排放

序号	适用范围	污染预防技术	污染治理技术		水污染物排放水平 (mg/L)																		适用条件		
			分质预处理技术	综合废水治理技术	悬浮物 (SS)	石油类	化学需氧量 (COD _{Cr})	总有机碳 (TOC)	氨氮	总氮	总磷	阴离子表面活性剂 (LAS)	总氧化剂	硫化物	氟化物	总铜	总锌	总铅	总镉	总铬	六价铬	总砷		总镍	总银
5	半导体器件	逆流清洗废水回用技术	①含重金属废水：化学沉淀法 ②含氟废水：化学沉淀法 ③含氨废水：吹脱法/厌氧氨氧化法 (ANAMMOX)/折点加氯法/磷酸铵镁脱氨氮法 (MAP)	①混凝-沉淀/气浮+②生化处理/酸碱中和+③芬顿氧化/曝气生物滤池/膜分离	≤ 60	≤ 3.0	≤ 100	≤ 30	≤ 20	≤ 30	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 10	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	直接排放
6			④酸碱废水：酸碱中和法 ⑤含磷废水：化学沉淀法 ⑥含氧废水：碱性氯化法/双氧水氧化法/臭氧氧化法/电解法/离子交换法/“电解法+离子交换法”/“碱性氯化法/双氧水氧化法/臭氧氧化法+离子交换法”	①混凝-沉淀/气浮+②生化处理/酸碱中和	≤ 400	≤ 15	≤ 500	≤ 120	≤ 45	≤ 70	≤ 8.0	≤ 20	≤ 0.6	≤ 0.3	≤ 15	≤ 2.0	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	间接排放
7	显示器件及光电子器件	①非金属树脂材料替代技术+②逆流清洗废水回用技术	①含重金属废水：化学沉淀法 ②含氟废水：化学沉淀法 ③酸碱废水：酸碱中和法	①混凝-沉淀/气浮+②生化处理/酸碱中和+③芬顿氧化/膜分离	≤ 50	≤ 2.0	≤ 100	≤ 30	≤ 25	≤ 35	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.3	—	≤ 10	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 0.2	—	—	—	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	直接排放
8			④含磷废水：化学沉淀法 ⑤彩膜废水：化学沉淀法	①混凝-沉淀/气浮+②生化处理/酸碱中和	≤ 400	≤ 10	≤ 500	≤ 200	≤ 45	≤ 70	≤ 8.0	≤ 10	≤ 0.5	—	≤ 20	≤ 2.0	≤ 1.5	≤ 0.2	—	—	—	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	间接排放

序号	适用范围	污染预防技术	污染治理技术		水污染物排放水平 (mg/L)																		适用条件		
			分质预处理技术	综合废水处理技术	悬浮物 (SS)	石油类	化学需氧量 (COD _{Cr})	总有机碳 (TOC)	氨氮	总氮	总磷	阴离子表面活性剂 (LAS)	总氧化物	硫化物	氟化物	总铜	总锌	总铅	总镉	总铬	六价铬	总砷		总镍	总银
9	电子终端产品	逆流清洗废水回用技术	①含重金属废水: 化学沉淀法	①混凝-沉淀/气浮+②生化处理/酸碱中和+③芬顿氧化/电解	≤ 70	≤ 2.0	≤ 90	≤ 30	≤ 25	≤ 30	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.1	—	—	≤ 0.3	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.03	≤ 0.5	≤ 0.1	—	≤ 0.5	≤ 0.3	直接排放
10				①混凝-沉淀/气浮+②生化处理/酸碱中和	≤ 400	≤ 20	≤ 500	≤ 200	≤ 45	≤ 70	≤ 8.0	≤ 5.0	≤ 0.5	—	—	≤ 1.5	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.03	≤ 0.5	≤ 0.1	—	≤ 0.5	≤ 0.3	间接排放
11	其他电子设备制造	逆流清洗废水回用技术	①含重金属废水: 化学沉淀法	①混凝-沉淀/气浮+②生化处理/酸碱中和+③芬顿氧化/电解	≤ 70	≤ 10	≤ 100	—	≤ 25	—	≤ 1.0	≤ 5	≤ 0.5	—	—	≤ 0.5	≤ 2.0	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 1.5	≤ 0.5	—	≤ 1.0	≤ 0.5	直接排放
12				①混凝-沉淀/气浮+②生化处理/酸碱中和	≤ 400	≤ 30	≤ 500	—	—	—	—	≤ 20	≤ 1.0	—	—	≤ 2.0	≤ 5.0	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 1.5	≤ 0.5	—	≤ 1.0	≤ 0.5	间接排放

表 8 电子工业污水集中处理设施水污染防治可行技术

序号	适用范围	污染治理技术		水污染物排放水平 (mg/L)																		适用条件		
		分质预处理技术	综合废水治理技术	悬浮物 (SS)	石油类	化学需氧量 (COD _{Cr})	总有机碳 (TOC)	氨氮	总氮	总磷	阴离子表面活性剂 (LAS)	总氰化物	硫化物	氟化物	总铜	总锌	总铅	总镉	总铬	六价铬	总砷		总镍	总银
1	电子工业污水集中处理设施	①含重金属废水：化学沉淀法 ②含氟废水：化学沉淀法 ③含氨废水：吹脱法/厌氧氨氧化法 (ANAMMOX) / 折点加氯法/磷酸铵镁脱氮法 (MAP) ④酸碱废水：酸碱中和法 ⑤含磷废水：化学沉淀法 ⑥含氰废水：碱性氯化法/双氧水氧化法/臭氧氧化法/电解法/离子交换法/“电解法+离子交换法”/“碱性氯化法/双氧水氧化法/臭氧氧化法/+离子交换法” ⑦有机废水：酸析法/芬顿氧化法/微电解 (Fe-C) 法/“酸析法+芬顿氧化法”/化学沉淀法	① 混凝-沉淀/气浮+② 生化处理/酸碱中和+ ③芬顿氧化/臭氧氧化/电解/曝气生物滤池/膜分离	≤ 70	≤ 5.0	≤ 100	≤ 20	≤ 25	≤ 35	≤ 1.0	≤ 3.0	≤ 0.5	≤ 0.6	≤ 10	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	直接排放
2		① 混凝-沉淀/气浮+② 生化处理/酸碱中和	≤ 400	≤ 10	≤ 500	≤ 50	≤ 45	≤ 70	≤ 8.0	≤ 10	≤ 0.8	≤ 0.6	≤ 20	≤ 2.0	≤ 1.5	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.3	间接排放	

附录 A
(资料性附录)
典型电子产品生产工艺流程及废水产污环节

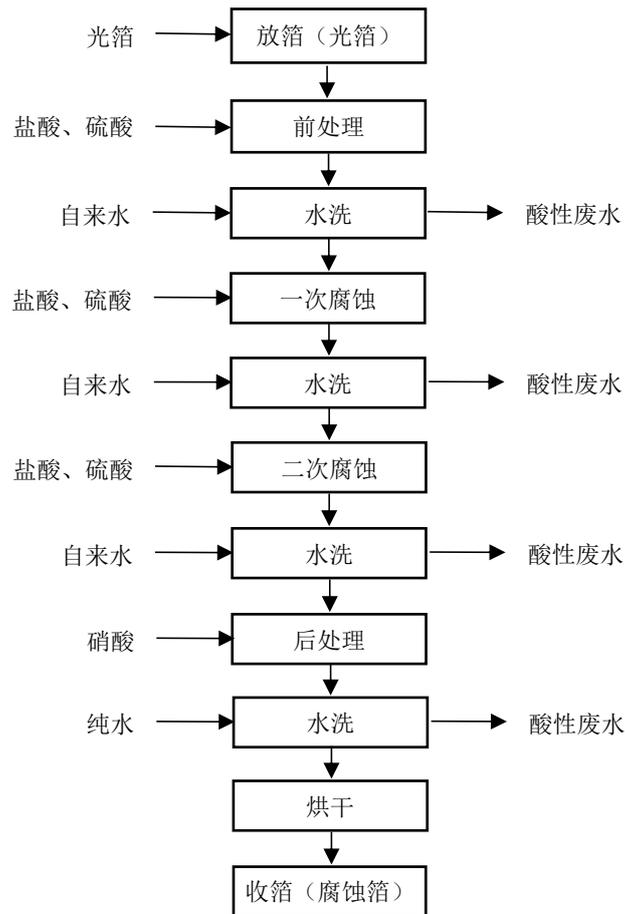


图 A.1 电子专用材料-电极箔腐蚀生产工艺流程及废水产污环节

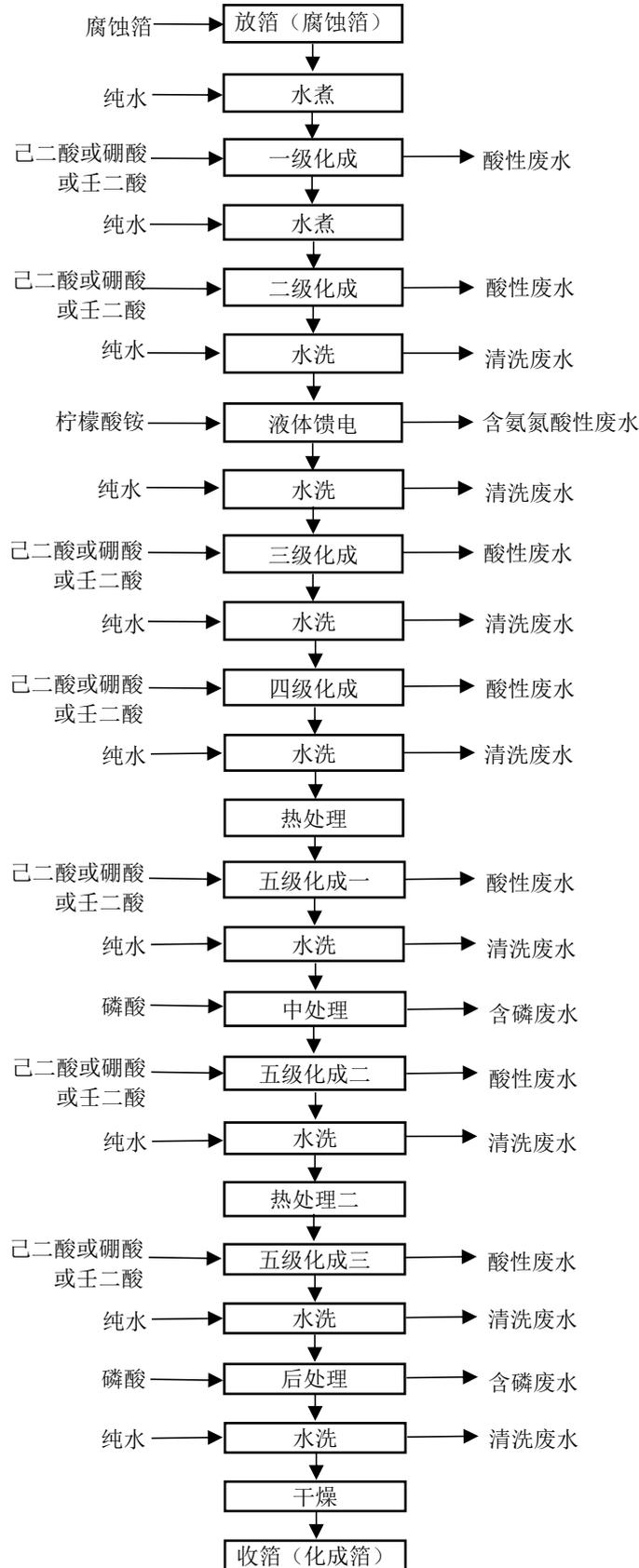


图 A.2 电子专用材料-电极箔化成生产工艺流程及废水产污环节

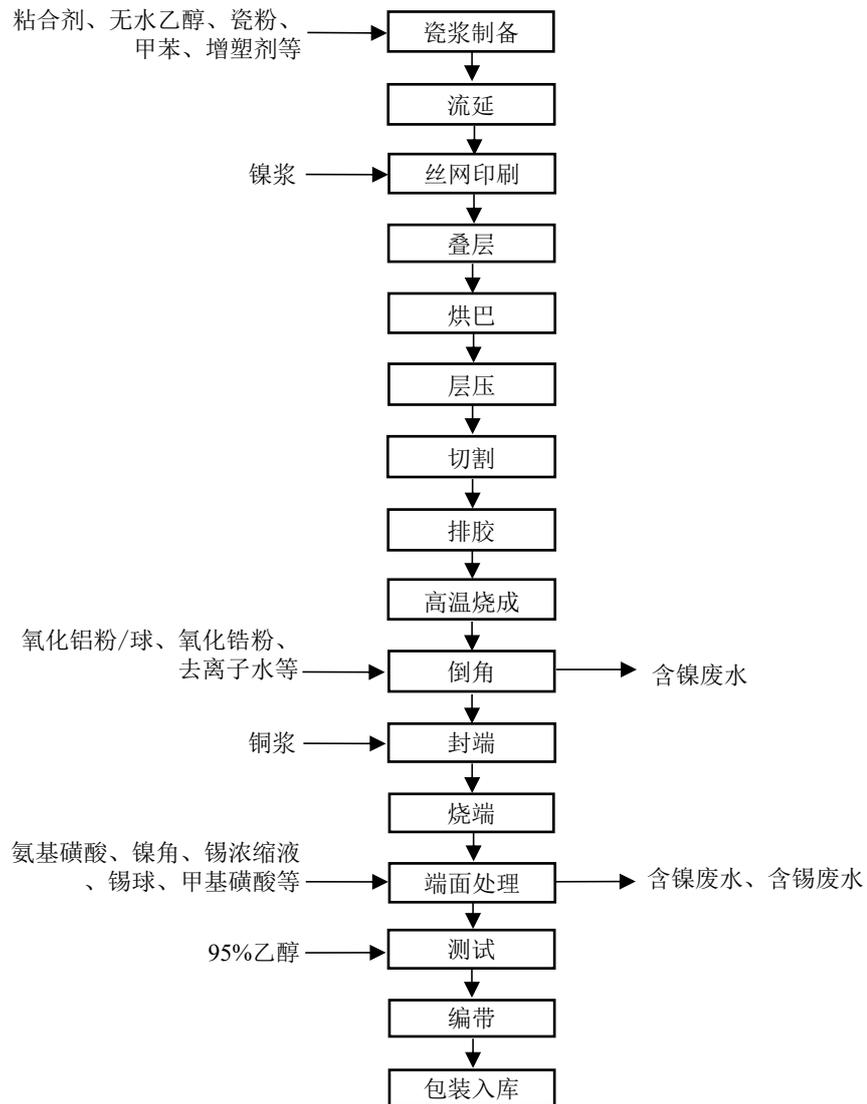


图 A.3 电子元件-片式多层陶瓷电容器生产工艺流程及废水产污环节

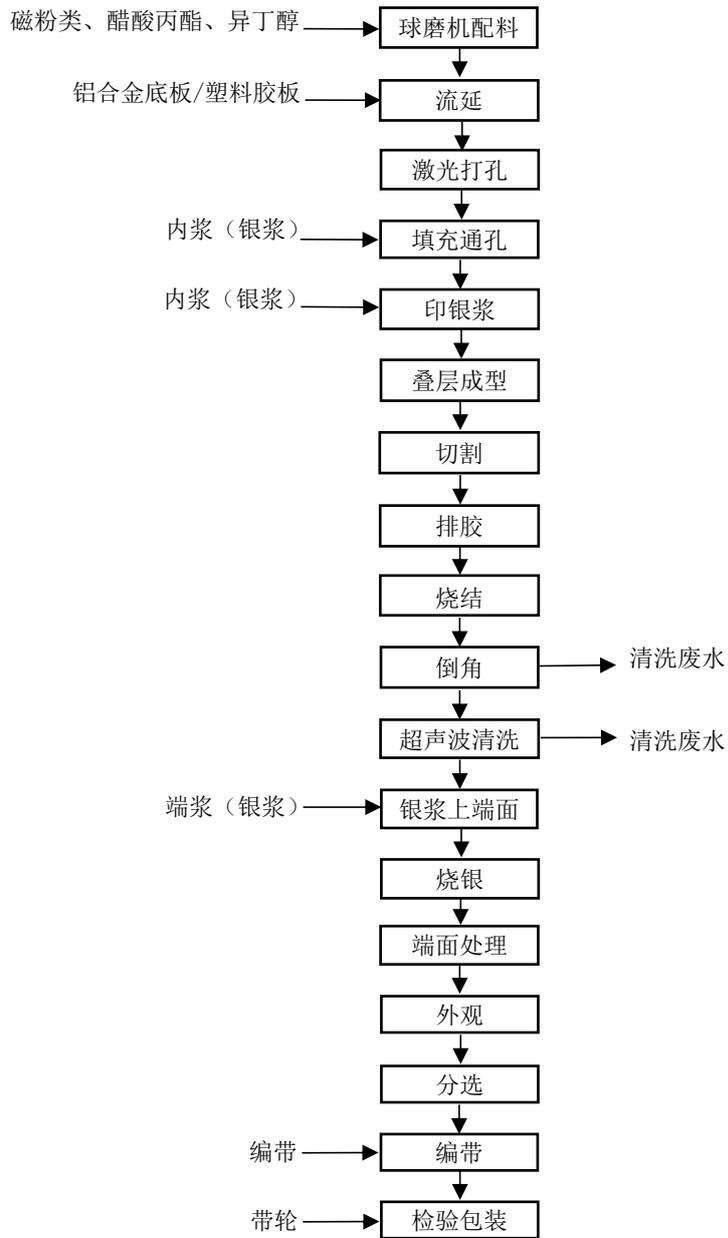


图 A.4 电子元件-片式叠层电感器生产工艺流程及废水产污环节

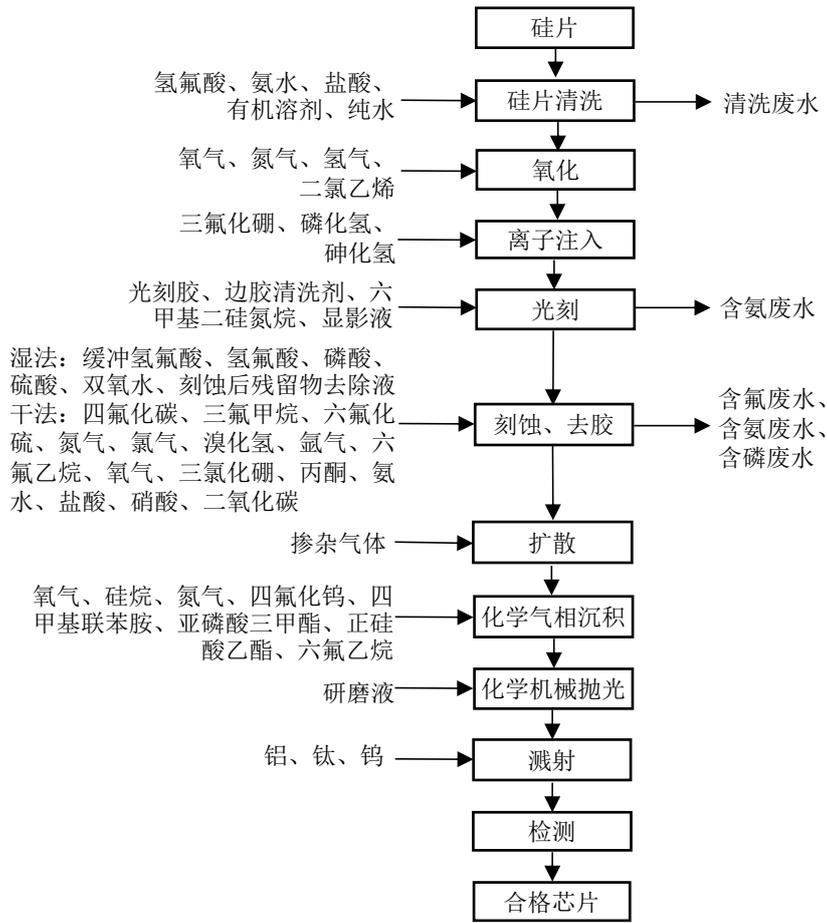


图 A.6 半导体器件集成电路生产工艺流程及废水产污环节

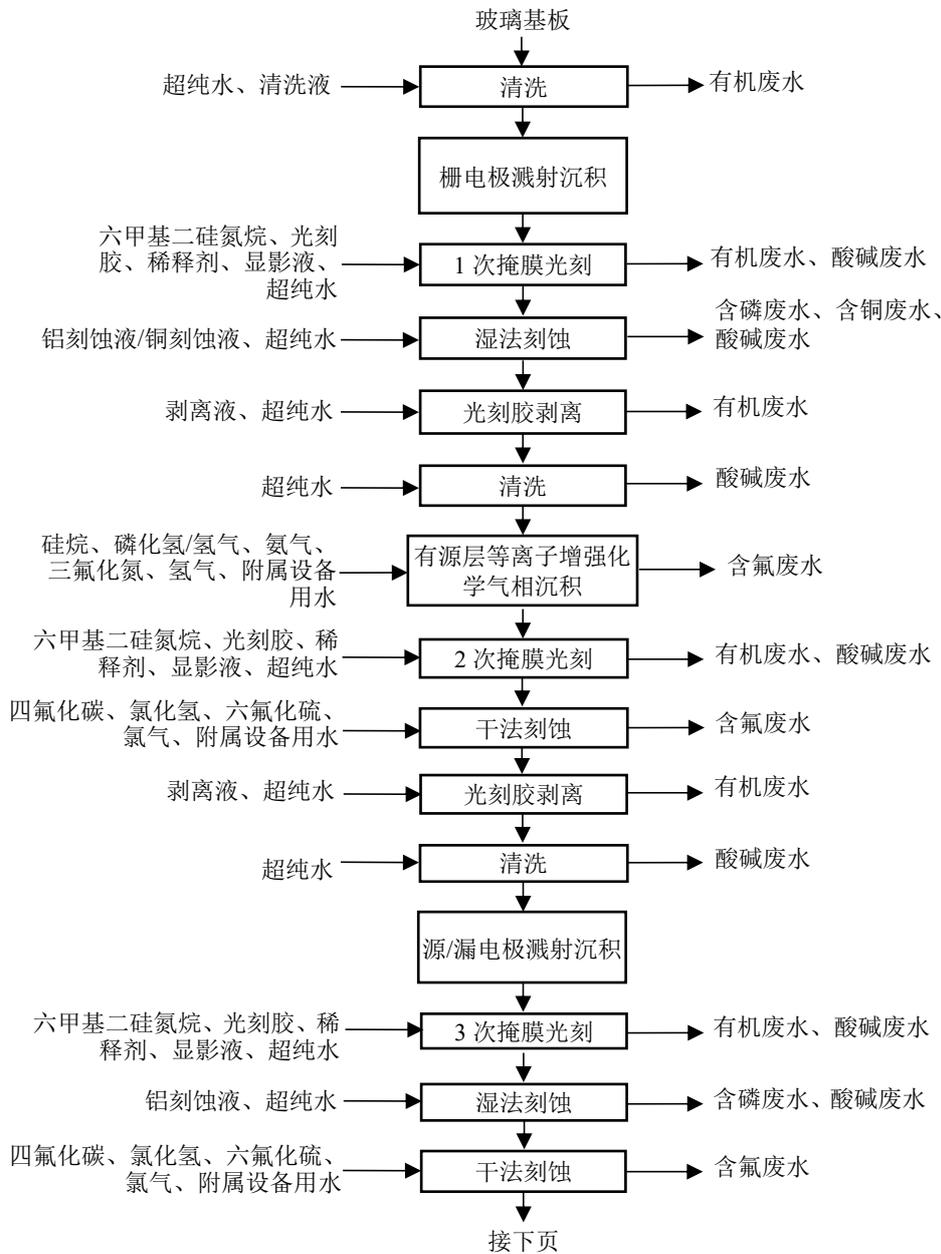


图 A.7 显示器制造阵列生产工艺流程及废水产污环节

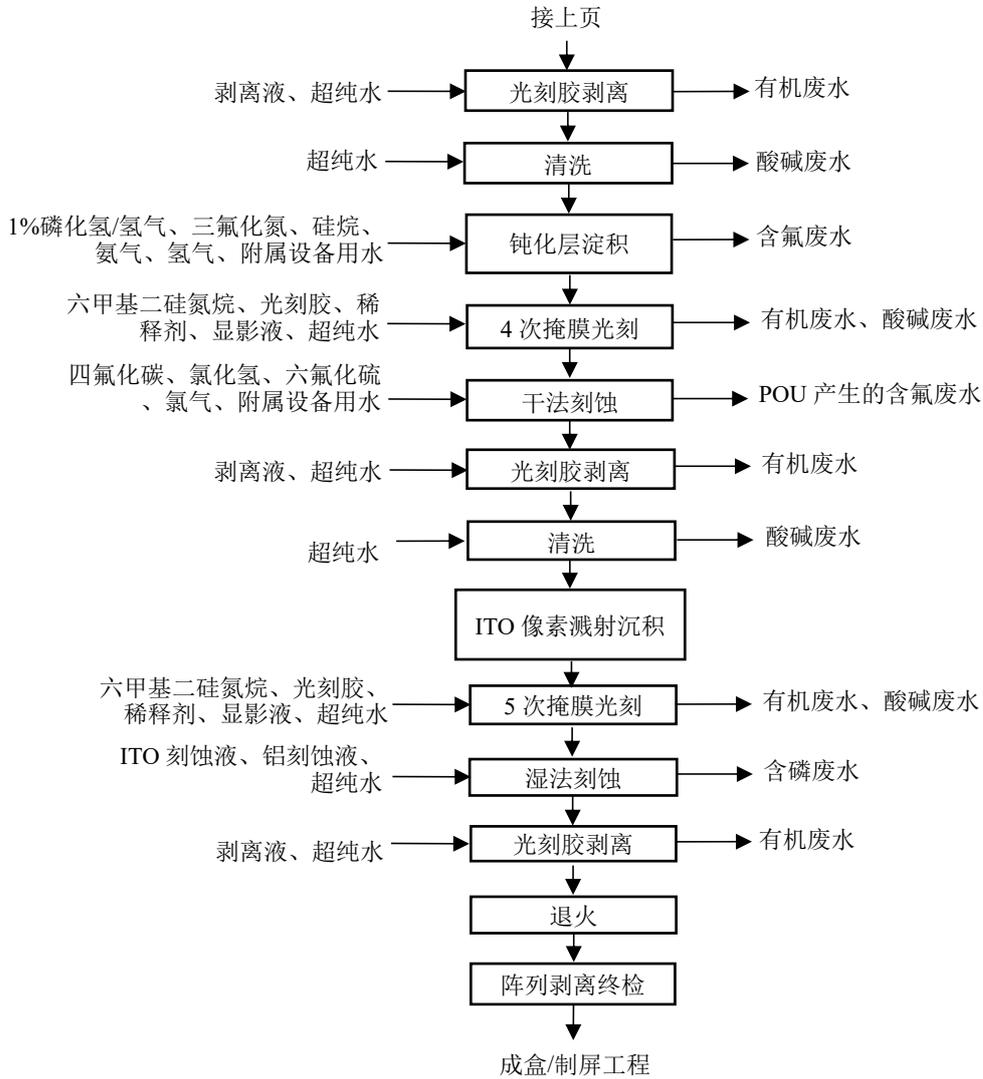


图 A.7 显示器件制造阵列生产工艺流程及废水产污环节（续）

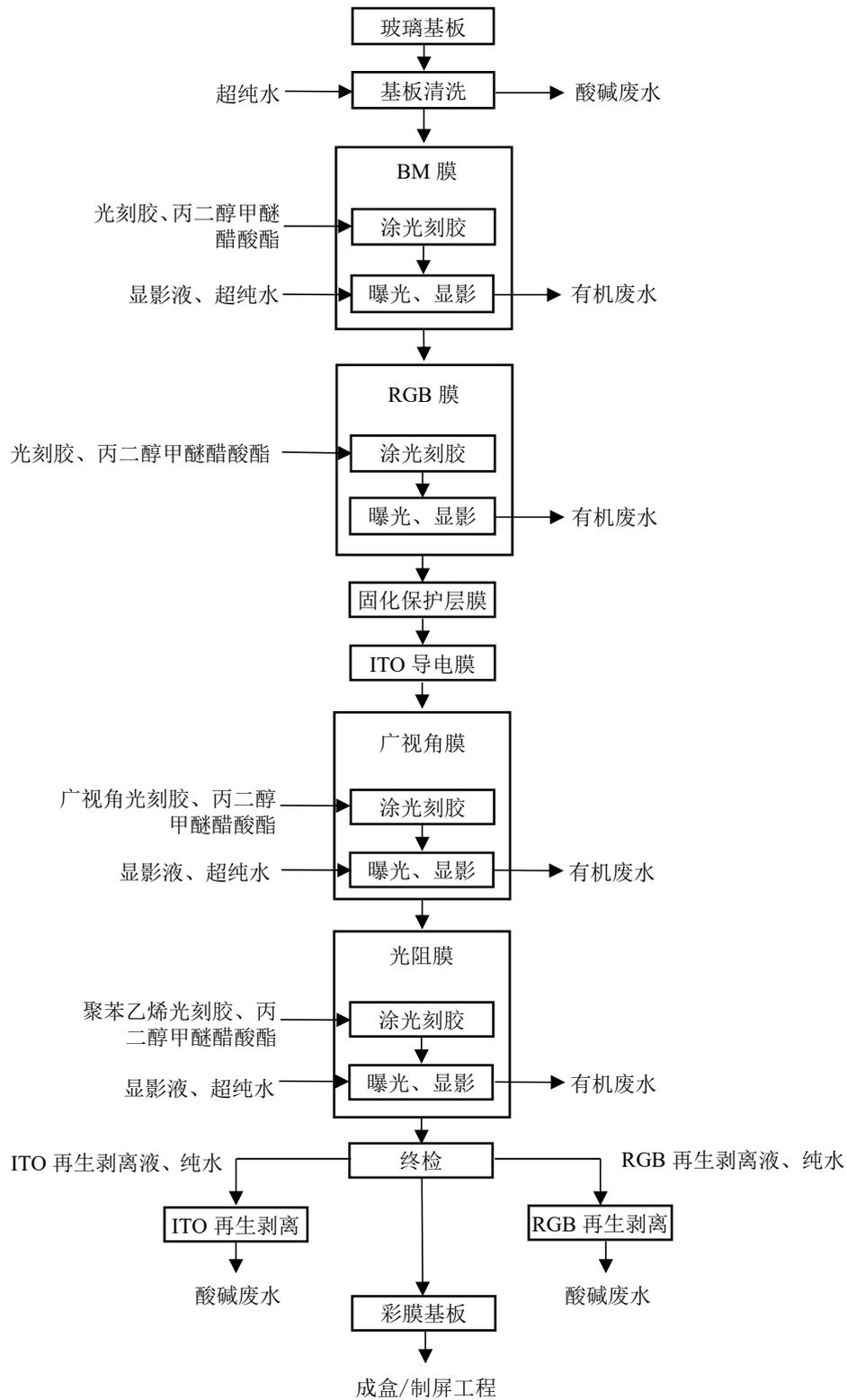


图 A.8 显示器制造彩膜生产工艺流程及废水产污环节

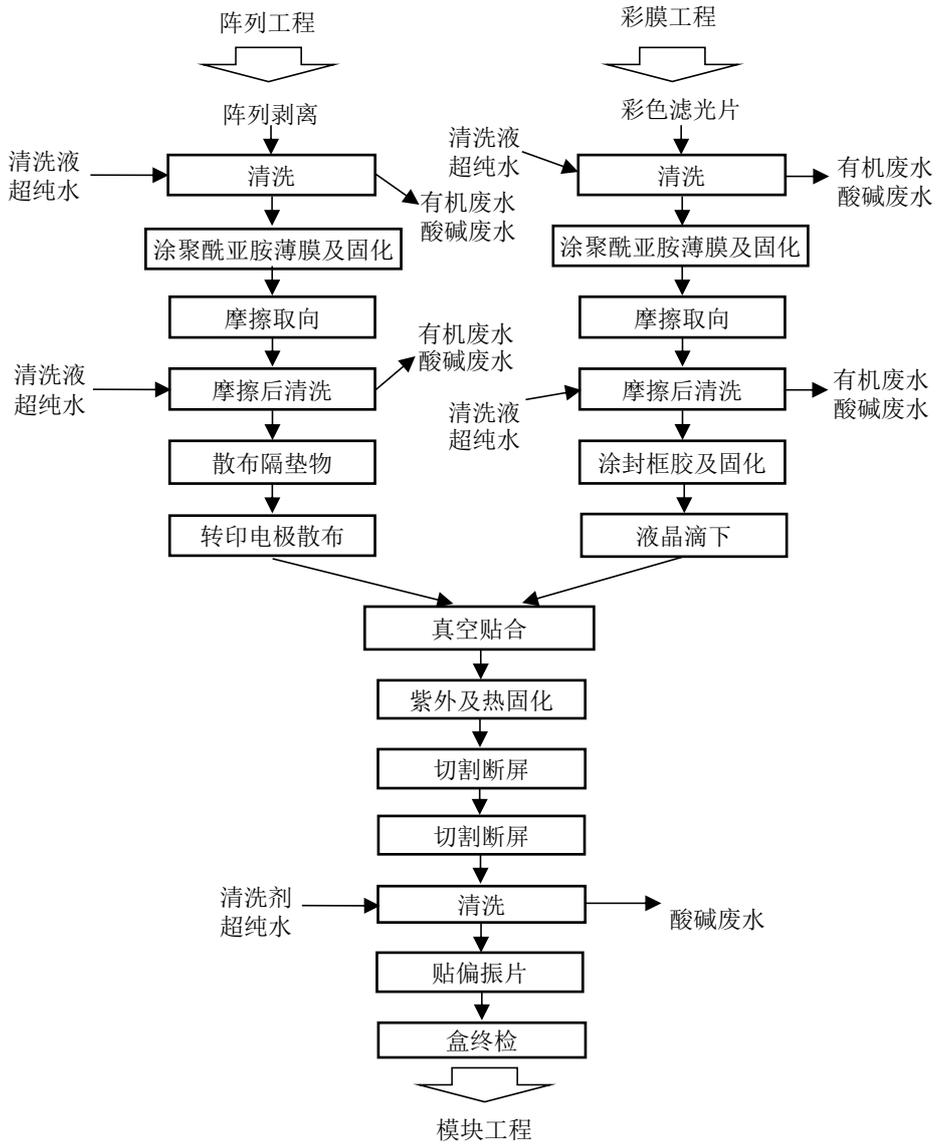


图 A.9 显示器件制造成盒生产工艺流程及废水产污环节

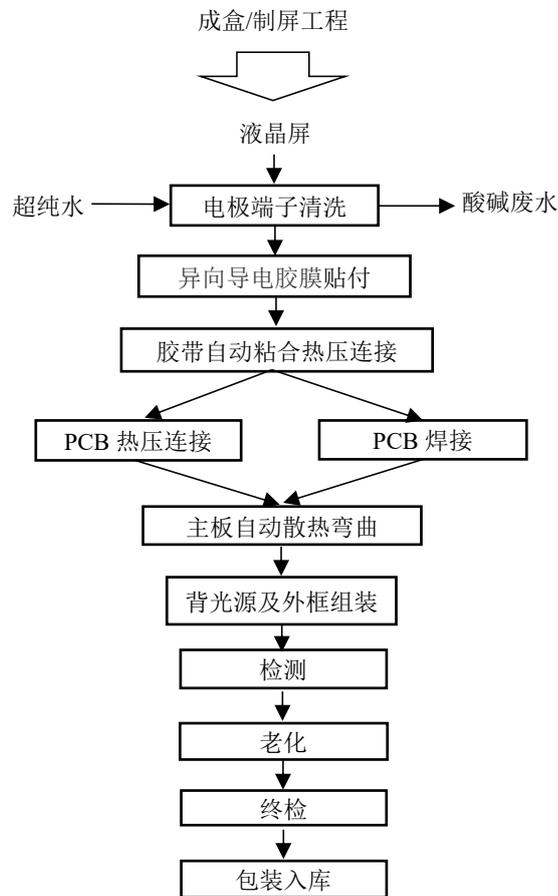


图 A.10 显示器件制造模组生产工艺流程及废水产污环节

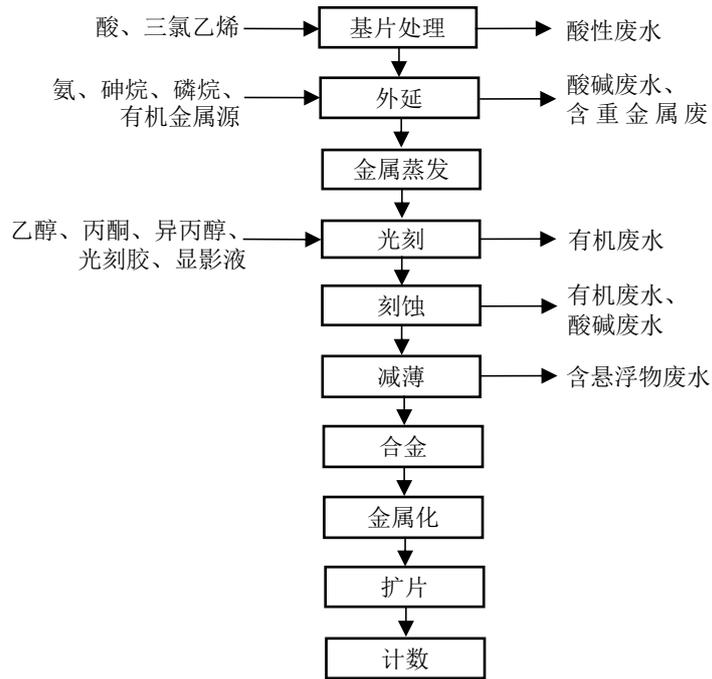


图 A.11 光电子器件制造生产工艺流程及废水产污环节

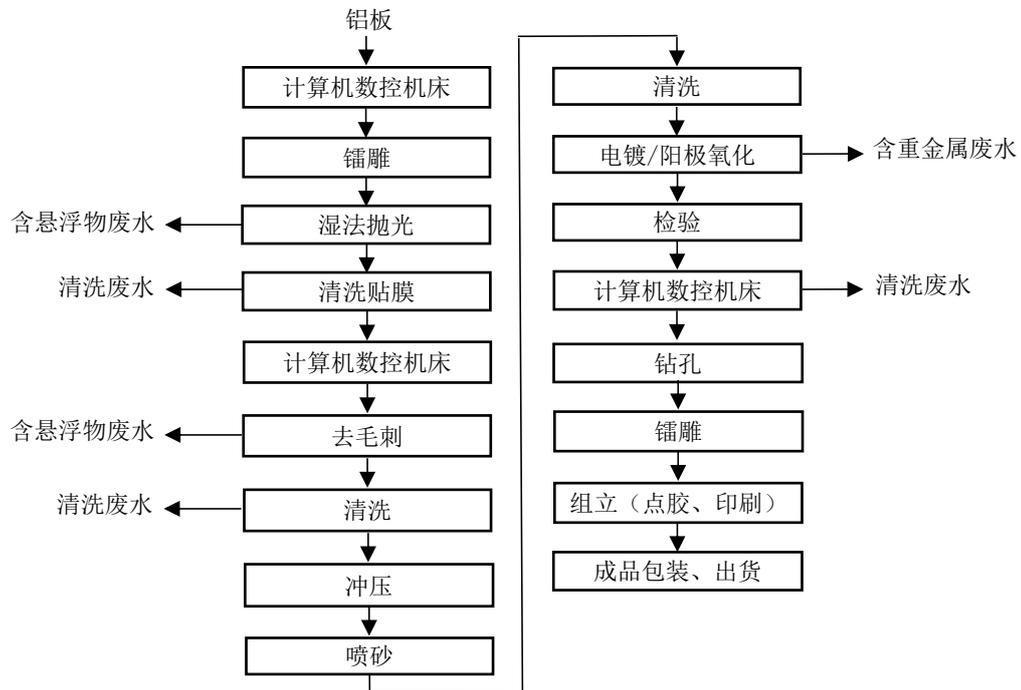


图 A.12 电子终端产品-笔记本/平板电脑外壳生产工艺流程及废水产污环节