

附件 3

《印制电路板废水治理工程技术规范》

(征求意见稿)

编制说明

《印制电路板废水治理工程技术规范》编制组

二零一五年十一月

目录

1	项目背景	43
2	标准制定必要性、编制原则和依据	43
3	主要工作过程	45
4	国内外相关标准研究	47
5	同类工程现状调研	50
6	主要技术内容及说明	66
7	标准实施的环境效益与经济技术分析	77
8	标准实施建议	79

项目名称：印制电路板废水治理工程技术规范

项目统一编号：25.2.1

项目承担单位：中国环境保护产业协会、广东新大禹环境工程有限公司、中国印制电路行业协会、浩蓝环保股份有限公司

编制组主要成员：刘媛，王滢，司传海，陈利军，尚光旭，王辉，刘恋，朱琼芳，王俊，王龙基

标准所技术管理负责人：姚芝茂

标准处项目负责人：范真真

《印制电路板废水治理工程技术规范》编制说明

1 项目背景

为适应国家环境保护工作需要，2012 年环境保护部下达了《关于开展 2012 年度国家环境技术管理项目计划工作的通知》（环办函[2012]328 号），按照财政部项目资金管理要求以及环境保护部和中国环境科学研究院项目管理的有关规定，中国环境科学研究院委托中国环境保护产业协会承担《印制电路板废水治理工程技术规范》的编制任务，参编单位有广东新大禹环境工程有限公司、中国印制电路行业协会、浩蓝环保股份有限公司。

2 标准制定必要性、编制原则和依据

2.1 标准制定的必要性

据中国印制电路行业协会（CPCA）的调查结果，2011 年我国印制电路板（Printed Circuit Board, PCB）年产量已达 1.98 亿 m^2 ，我国已成为印制电路板生产大国，并形成了以印制电路板为核心的系列产业链。PCB 产业的迅速发展扩大，使 PCB 废水污染排放加重，PCB 废水的处理也日益受到重视。

PCB 废水中含有大量的金属离子，如 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Ag^+ 、 Au^+ 、 Sn^{2+} 、 Sn^{4+} 等，成分复杂，浓度高，有固态悬浮金属颗粒、游离态金属离子及络合态金属离子等。PCB 废水中也含有高浓度有机物，如油墨废水，其 COD 含量可达 10000mg/L 甚至更高；生产线排出的各种报废浓缸液（无回收价值）及浓缸水洗水含有表面活性剂、油墨、绿油、有机分散剂、光亮剂、除油剂等有机物。PCB 废水中还含有氨氮、氰化物、氟化物、磷等污染物。妥善处理 PCB 行业产生的废水是 PCB 行业实现可持续发展的重要方面。

PCB 废水处理技术发展迅速，工艺技术逐步成熟，但国家尚无起指导作用的工程技术规范发布，PCB 废水处理工程设计上往往存在工艺落后、设计不合理等因素，从而导致废水处理达不到预期效果。国内印制电路板行业废水治理与国外先进水平相比尚有差距，印制电路板废水处理工程质量参差不齐，处理效果差强人意，已建成的废水处理站能达到预期要求的较少，停产或出水不达标的情况屡屡出现，因此很有必要对印制电路板废水治理工程的技术内容加以规范，淘汰落后工艺，提高工程技术水平和质量。

制订《印制电路板废水治理工程技术规范》，规范废水治理工程的设计，可为企业或工业园区进行废水分水路线、废水处理工程设计、施工及安装、调试、验收和运行管理等提供

技术依据，也可作为环境影响评价、环境保护设施设计与施工、建设项目竣工环境保护验收及建成后运行与管理的技术依据。

2.2 编制原则

本规范以《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》为指导，以为印制电路板废水污染控制措施提供技术规范、指导废水污染治理设施建设运行管理、保护环境、保障人体健康、不断提高我国印制电路板产业污染控制与管理水平为宗旨，根据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》，突出规范的实践性、科学性、完整性和可操作性。

具体原则如下：

(1) 实践性原则。通过实践调查和理论分析相结合的方式，以满足现行排放标准为前提，适应现有技术水平，体现先进性、实践性和可操作性的特点，按照工程技术规范编制总原则的要求，确定规范的结构和内容，突出技术要求的针对性和科学合理性。

(2) 科学性原则。规范的工艺方法分类科学、层次清晰、结构合理，并具有一定的可分解性和可扩展空间。

(3) 完整性原则。根据环境工程技术规范应服务于环境管理、运行管理以及工程设计与验收的要求，规范的内容应包括工艺方法、运行管理等主要技术要求的内容，系统覆盖印制电路板废水治理工程设计与运行管理的相关内容。

2.3 编制依据

本标准编制的依据包括：

(1) 国家对工程建设环境保护的有关法律、法规，如《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》和《中华人民共和国清洁生产促进法》等；

(2) 国家环保部关于标准制修订工作的相关规定，如：《国家环境保护标准“十二五”发展规划》（环境保护部环发〔2013〕22号）、《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国家环境保护总局公告2006年第41号）、《加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见》（国家环境保护总局公告2007年第17号）和《关于开展2011年度国家环境技术管理 ze 项目的通知》（环办函〔2011〕565号）等；

(3) 相关标准、规范和管理办法，如《电镀污染物排放标准》GB 21900、《清洁生产标准-印制电路板制造业》HJ450-2008、《建设项目（工程）竣工验收办法》（计建设〔1990〕1215号）、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》（2002年国家环境保护总局）、《给水排水构筑

物施工及验收规范》GB50141、《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 和《环境工程技术规范制订技术导则》HJ526 等；

(4) 国家有关的产业政策和相关规划；

(5) 现行印制电路板生产技术和装备的情况及发展趋势，不同生产原料、产品和工艺水平企业的废水排放源强及排污特点；

(6) 现行印制电路板废水处理技术水平和趋势，处理设施和装备调查材料等；

(7) 印制电路板废水处理工程治污效果、企业经济承载能力调查资料等。

3 主要工作过程

3.1 工作过程

根据环境保护部下达的任务，编制承担单位组织相关单位，成立编制组和制定编制计划。依据编制计划，编制组对 70 多家印制电路板生产企业的废水治理现状做了调研，主要采用问卷调研和现场调研两种工作方式，调研的主要内容包括企业的基本情况、生产线情况、废水产生量、废水治理设施运行情况、废水排放情况、废液处理情况等，并对国内外 PCB 生产及发展概况、PCB 生产工艺及产污环节、PCB 废水治理现状及存在的问题等基本情况进行全面的调查，了解和掌握了国家的环境保护和 PCB 行业发展的相关政策。

编制组在对 PCB 企业废水处理情况广泛调研的基础上编写大纲，2013 年 1 月完成了《印制电路板废水治理工程技术规范》开题报告和规范编制大纲。

2013 年 2 月，环境保护部科技标准司在北京组织专家进行了开题论证。开题论证会上，确定了规范编制的技术路线和工作方案，通过了规范编制大纲。编制组按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国家环境保护总局第 41 号公告）和《环境工程技术规范制订技术导则》上的技术规定，按照规范编制大纲，在进行大量调研工作的基础上，开展编制工作，在对初稿进行修改后，于 2014 年 3 月完成了规范征求意见稿（初稿）和编制说明的编制。

2014 年 5 月，编制组在广州召开了《印制电路板废水治理工程技术规范》（征求意见稿）专家研讨会，对规范征求意见稿（初稿）进行预审，主要完善内容有：

- 1、确定了拟编技术规范所参照的排放标准为正在制订的《电子工业污染物排放标准》；
- 2、确定了拟编技术规范所选择的技术路线为工艺成熟、可达标、性价比高、有工程应用的技术路线，需确定工艺参数，根据污染物因子一一列明；
- 3、编制说明需要进一步调研，对调研资料进行分析汇总，确定选取的工艺及参数是否

合理，数据是否具有典型性、代表性和时效性；

4、完善了一些细节问题，如：废水的收集、来源、出口；明确规范的适用范围；清洁生产的要求等。

2014年7月，编制组列席参加《电子工业污染物排放标准》（征求意见稿）专家讨论会，对规范征求意见稿（初稿）进一步完善。

2015年10月，编制组编制完成规范征求意见稿和编制说明。

3.2 技术路线

通过对各类印制电路板企业、生产工艺、产品种类、添加剂种类和用量、生产规模、各工艺所产污染物种类和数量、现有各处理工艺的处理效果，优劣势分析等进行大量的现场调研，并对印制电路板工业园区进行单独分析，单独调研，形成我国印制电路板行业从原料到生产、从产污到治理的全过程评估，并参考国内外同行业废水治理技术等资料，依据国家相关政策与法规，最后确定印制电路板行业废水治理工程技术规范。具体技术路线如图1。

（1）成立规范编制组，编制开题报告，在环境保护部科技标准司的主持下，召开开题论证会。然后汇总各方面建议，开始规范编制工作。

（2）通过互联网、期刊和书籍等途径调查、收集国内外相关行业产业政策、法规、条例、管理办法、标准；污染防治技术政策、发展规划以及国内外最新研究成果，分析总结印制电路板行业生产技术发展水平、废水来源、组成、特征污染物及污染治理的现状；

（3）在上述工作的基础上，确定编制方案，提出废水基本技术要求及典型工艺流程，筛选重点调研部门；

（4）对重点调研部门进行走访、调研，研究受控工艺或设施，识别污染因子、评估工艺技术；

（5）通过对各种工艺技术的环境和经济效益对比分析，对方案选择、设计审核、施工调试、监测控制、运行管理、竣工验收全过程提出相关工艺的技术路线、实施条件和配套保障措施。参考国内外相关排放标准、污染防治技术政策，印制电路板废水处理技术，依据国家相关政策和法规，确定《技术规范》框架。按照国家对环境标准的格式和内容要求，编制《印制电路板废水治理工程技术规范（征求意见稿）》和《印制电路板废水治理工程技术规范（征求意见稿）编制说明》，广泛征求各方意见，并进行归纳、整理，提出修改意见；对于重大问题和分歧较大的地方，召开会议听取意见，进行沟通讨论。

（6）在征求意见稿的基础上，编制《印制电路板废水治理工程技术规范（送审稿）》和

《印制电路板废水治理工程技术规范（送审稿）编制说明》。经审查后，按照审查意见进行修改和完善，并编制《印制电路板废水治理工程技术规范（报批稿）》和《印制电路板废水治理工程技术规范（报批稿）编制说明》，进行报批，完成报批后的相关工作。

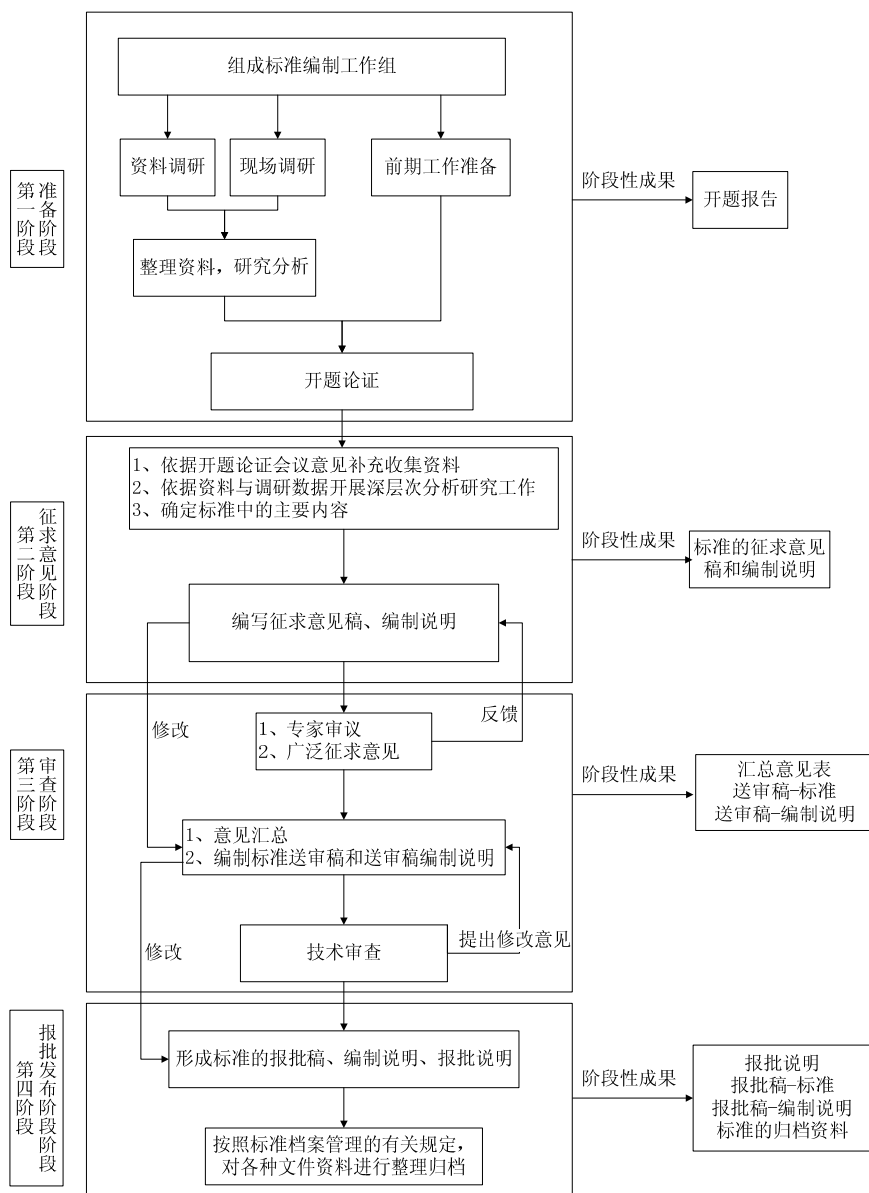


图 1 技术路线图

4 国内外相关标准研究

环境工程技术规范制订工作在国外已经开展多年，国际标准化组织和美国、法国、德国、日本等发达国家已经发布了数百项环境工程技术规范，各国与环境工程服务相关的技术标准是面向产品或服务的自愿性标准，其技术标准类型主要包括：基础标准、环境质量和污染物监测分析方法标准、产品与设施性能分析测试标准、环境工程服务技术标准以及环保产品标准等。

在我国，环保产业从上世纪 70 年代开始萌芽，80 年代逐步发展，到 90 年代成熟壮大，环保产业经历了从无到有的发展历程，因此原来的建设部、化工部、机械部等多个部委都在各自的行业内制订并发布了一些与环境工程相关的技术规范，包括国家标准和行业标准，上世纪 90 年代末期，伴随国务院机构改革、部委调整后，只有建设部仍然在环保标准方面做出较多工作，且主要是在污水、工业废水、垃圾处理等领域发布了较多的标准和技术规范。目前，环境保护部已颁布环境保护标准 1918 项，但其中仅有少部分与环境工程相关的技术规范，远远不能满足环境工程服务业发展和环境管理的要求。因此，从行业发展角度看，我国的环境保护工程技术规范还有待大力发展。

我国印制电路板废水现行治理标准根据项目地域和建设时间不同而采用了不同的标准，2008 年前建设的项目执行《污水综合排放标准》或地方排放标准。2008 年后建设的项目大部分执行《电镀污染物排放标准》(GB21900-2008)新建企业水污染物排放限值，在敏感区域则执行 GB21900-2008 中水污染物特别排放限值（见表 1）。2013 年环境保护部已开始组织编制《电子工业污染物排放标准》，参考 2015 年 10 月发出的征求意见稿中的水污染物排放控制要求，水污染物排放限值和特别排放限值参见表 2。

表 1 《电镀污染物排放标准》(GB21900-2008)

序号	指标	单位	表二限值	表三限值	备注
1	总 铬	mg/L	≤1.0	≤0.5	车间或生产设施废水排放口
2	六价铬	mg/L	≤0.2	≤0.1	车间或生产设施废水排放口
3	总 镍	mg/L	≤0.5	≤0.1	车间或生产设施废水排放口
4	总 镉	mg/L	≤0.05	≤0.01	车间或生产设施废水排放口
5	总 银	mg/L	≤0.3	≤0.1	车间或生产设施废水排放口
6	总 铅	mg/L	≤0.2	≤0.1	车间或生产设施废水排放口
7	总 汞	mg/L	≤0.01	≤0.005	车间或生产设施废水排放口
8	总 铜	mg/L	≤0.5	≤0.3	企业废水总排放口
9	总 锌	mg/L	≤1.5	≤1.0	企业废水总排放口
10	总 铁	mg/L	≤3.0	≤2.0	企业废水总排放口
11	总 铝	mg/L	≤3.0	≤2.0	企业废水总排放口
12	pH		6~9	6~9	企业废水总排放口
13	悬浮物	mg/L	≤50	≤30	企业废水总排放口
14	化学需氧量(COD _{cr})	mg/L	≤80	≤50	企业废水总排放口
15	氨 氮	mg/L	≤15	≤8	企业废水总排放口
16	总 磷	mg/L	≤1.0	≤0.5	企业废水总排放口
17	石油类	mg/L	≤3.0	≤2.0	企业废水总排放口
18	总 氰	mg/L	≤0.3	≤0.2	企业废水总排放口

表 2 《电子工业污染物排放标准》(征求意见稿) 水污染物排放限值

单位：mg/L (pH 值除外)

序号	污染物	排放限值		特别排放限值		污染物 排放监 控位置
		直接排放	间接排放 ⁽¹⁾	直接排放	间接排放 ⁽¹⁾	
		印制电路板		印制电路板		
1	pH 值	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	企业废 水总排 放口
2	悬浮物 (SS)	50	100	20	100	
3	化学需氧量 (COD _{Cr})	80	300	50	300	
4	总氰化物	0.2	0.4	0.2	0.2	
5	石油类	3.0	8.0	1.0	5.0	
6	氨氮	20	50	15	20	
7	总氮	30	60	20	35	
8	总磷	1.0	6.0	0.5	3.0	
9	硫化物	1.0	1.0	1.0	1.0	
10	氟化物	10	20	8.0	20	
11	阴离子表面活性剂 (LAS)	3.0	6.0	0.5	1.0	
12	总铜	0.5	1.0	0.3	1.0	
13	总锌	--	--	--	--	
14	总镉	--	--	--	--	
15	总铬	--	--	--	--	
16	六价铬	--	--	--	--	
17	总砷	--	--	--	--	
18	总铅	--	--	--	--	
19	总镍	0.5	0.5	0.1	0.1	
20	总银	0.3	0.3	0.1	0.1	

注：(1) 企业向城镇污水处理厂排放废水时，水污染物排放执行本表间接排放控制要求；其他情况除总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅、总镍、总银执行本表间接排放控制要求外，其他水污染物排放控制要求由企业与公共污水处理系统商定或执行相关标准，并报当地环境保护主管部门备案，公共污水处理系统排放应保证达到相关环保要求。

目前我国没有系统的印制电路板废水治理技术规范，制订《印制电路板废水治理工程技

术规范》，可为印制电路板行业污染源稳定达标排放、污染物总量削减、节能减排和环境保护目标的实现提供可靠的技术保障。

本规范是依据国家有关法律法规，现有的印制电路板废水治理技术水平，成熟的生产实践经验和印制电路板废水治理的发展趋势，结合国民经济的实际发展水平和国家国民经济近期发展规划，首次编制。

5 同类工程现状调研

5.1 行业背景

5.1.1 行业发展概况

印制电路板（PCB）又称印刷电路板、印刷线路板，是重要的电子部件，是电子元器件的支撑体，是电子元器件电气连接提供者。简单的说 PCB 就是置有集成电路和其他电子组件的薄板，它几乎出现在目前每一种电子设备当中。1948 年美国正式认可 PCB 技术用于商业用途。自 20 世纪 50 年代中期起，PCB 技术才开始被广泛采用，PCB 产品也被广泛应用。近半个世纪以来，PCB 制造业有了很大的发展，目前 PCB 在电子工业中已经占据了绝对统治的地位。特别是近三十年来，全球 PCB 产业迅速发展，其速度令人瞩目。

表 3 2013 年全球 PCB 产值（单位：百万美元）

国家或地区	刚性 1-2 层板	标准多层板	HDI	IC 载板	柔性电路板	软硬结合板	其他	合计 (US\$)
中国	2016	13148	4605	653	4672	248	4	25345
香港	4	72	8	57	0	0	1	142
印度	256	144	0	0	21	2	3	426
日本	1040	1622	681	2038	832	103	303	6618
韩国	711	2152	1497	2620	1778	674	0	9433
台湾	685	1751	1262	2704	1584	158	0	8144
其他亚洲地区	640	626	358	652	1452	33	0	3760
西欧	684	992	358	0	170	166	0	2370
北美洲	300	1791	195	16	278	105	365	3050
中南美洲	56	29	0	0	1	0	0	86
以色列和北非	54	27	13	0	1	42	0	138
全球总量	6446	22354	8978	8739	10788	1531	676	59512

目前全球 PCB 产品主要有：刚性板、HDI 板、IC 载板、柔性板等。2013 年全球 PCB

产值为 595.12 亿美元。其中，传统多层板产值达到了近 223.54 亿美元，占全球 PCB 产值的 37.6%；HDI 板产值达到了近 89.78 亿美元，占全球 PCB 产值的 15.1%；IC 载板产值达到近 87.39 亿美元，占全球 PCB 产值的 14.7%；柔性板产值达到近 107.88 亿美元，占全球 PCB 产值的 18.1%（资料来源：世界电子电路理事会）。

不同国家或地区电子产品的重心不同，其 PCB 主要产品也不尽相同。日本作为传统的笔记本、手机和小型数码设备的生产大国，其 PCB 绝大部分用在电脑、通讯和消费电子方面。2013 年日本 PCB 产值为 66.18 亿美元，主要为传统多层板和 IC 载板。（资料来源：WECC 世界电子电路理事会）。

韩国 2013 年 PCB 产值为 94.33 亿美元，其中 IC 载板和传统多层板的产值分别为 26.2 亿美元和 21.52 亿美元，为主要的 PCB 产品。（资料来源：WECC 世界电子电路理事会）。

北美 PCB 应用最多的方面是军事、航空和以 Cisco、Apple 为代表的通讯。2013 年北美 PCB 总产值为 30.50 亿美元，其中传统多层板的产值为 17.91 亿美元，为主要的 PCB 产品。（资料来源：世界电子电路理事会）。

我国的 PCB 研制工作开始于 1956 年，1963—1978 年逐步扩大形成 PCB 产业。改革开放后，引进国外先进技术和设备后，单面板、双面板和多层板均获得快速发展，国内 PCB 产业由小到大逐步发展起来。到 1990 年，我国 PCB 行业总产值总计不到 25 亿元；1996~2000 年期间，我国 PCB 产值年均增长率 25.8%，产值由 1996 年的 90 亿元扩大到 2000 年的 313 亿元。2000 年到 2010 年，中国 PCB 产业继续高速增长。2001 年 PCB 产值提高到 43.9 亿美元，超过中国台湾，居世界第三位；2013 年中国 PCB 产值达到了 253.45 亿美元，占全球产量的 42.6%。

从产量构成来看，我国 PCB 产业的主要产品已经由单面板、双面板转向多层板，而且正在从 4~6 层向 6~8 层以上提升。随着多层板、HDI 板、柔性板产量的快速增长，我国的 PCB 产业结构正在逐步得到优化和改善。2013 年，我国总 PCB 产值为 253.45 亿美元，其中传统多层板的产值为 131.48 亿美元，占总 PCB 产值的 51.9%，其次为柔性板、HDI 板，分别占总 PCB 产值的 18.4%、18.2%。

受环保要求、土地资源匮乏、法律管制严格、煤电油能源紧张、劳动力成本上升和人民币汇率波动等方面的影响，我国 PCB 产业布局出现了由珠三角、长三角向西部、华中、华东、东南和泛珠三角等地区转移的现象。近年来，全国各地承接珠三角、长三角地区 PCB 企业转移的产业园也迅速发展起来，如西部地区的重庆两江新区、四川遂宁 PCB 产业园、四川广安 PCB 产业园，泛珠三角的广东梅州经济开发区工业园，华东地区的安徽铜陵 PCB

产业园、广德经济开发区 PCB 产业园，东南地区的江西龙南 PCB 产业园。

5.1.2 行业生产发展趋势

(1) 行业集中度日趋提高

全球近 2500 家 PCB 企业，仅百大企业合计销售额已达到 449.05 亿美元，占全球产值的 80%。大型企业的优势更加明显，为巩固其市场地位，扩产和相互并购步伐继续加快。2010 年，TTM Technologies 并购了 Meadville Electronics，Viasystems 并购了 Merix，翰宇博德与 GBM 集团合并，并投资近 10 亿美元在重庆建立新的基地，健鼎科技股份有限公司并购了在嘉兴的 Hiboard Electronics，同时在仙桃市投资 5 亿美元建设新的厂房。欣兴电子股份有限公司并入了载板制造商 SUBTRON 与德国的 Ruwel International，这些企业的规模迅速扩大。

(2) 全球 PCB 产业向亚洲（尤其是中国）转移

近年来，欧美等地 PCB 企业由于成本压力等原因，PCB 产业逐渐转向了亚洲市场，特别是中国大陆。2013 年，全球 PCB 总产值为 595.12 亿美元，其中亚洲 PCB 产值就有 494.4 亿美元，占全球总 PCB 产值的 90.5%，其中，中国大陆占 42.6%。近十年来，中国大陆迅速成为电子产品和 PCB 生产大国。综观 PCB 产业近十年来的发展，中国大陆因内需市场潜力与生产成本低廉的优势，吸引外资纷纷进驻，促使中国 PCB 产业在这短短数年便呈现爆炸性的增长。以倍数成长的中国 PCB 产业，从 2001 年的 43.9 亿美元到 2010 年的 562.4 亿美元，发展迅猛，已成为全球最大的 PCB 生产国家。根据 PRISMARK 预测，到 2016 年亚洲 PCB 产值将占全球 PCB 产值的 91.6%，其中，中国大陆占 45.9%，日本占 11.5%，亚洲其它国家占 34.2%。

(3) PCB 产品结构进一步调整

为了顺应电子产品多功能化、小型化、轻量化的发展趋势，对 PCB 的要求是高密度、高集成、封装化、微细化、多层化，所以单、双面板转向多层板，多层板由 4~6 层板向 8~16 层以上提升，HDI 板、柔性板、封装基板等快速增长。

1) 2011 年，全球单/双面板、多层板、挠性板、HDI 板和封装基板分别占总 PCB 产值的 14.4%、39.9%、16.6%、13.5%和 15.6%。根据 PRISMARK 预测，到 2016 年，全球单/双面板、多层板、挠性板、HDI 板和封装基板分别占总 PCB 产值的 12.2%、37.6%、18.4%、15.4%和 16.4%。

2) 2011 年 4 层板、6 层板、8~16 层板和 18 层以上板的产值相对于 2010 年来说，分别

增长了 1.3%、1.6%、0%和 0%。而根据 PRISMARK 预测，到 2016 年，4 层板、6 层板、8~16 层板和 18 层以上板产值的复合年均增长率（2011—2016 年）分别为 4.0%、4.1%、4.6%和 3.0%。

（4）推广应用先进技术、工艺和设备

PCB 产业先进技术、工艺和设备的应用主要体现在以下几个方面：（a）HDI 板生产技术、多层 FPC 技术、刚挠结合板生产技术、IC 载板技术、特种板（高频微波、金属基、厚铜箔）生产技术、背板制造技术和埋入元件印制板等先进技术的应用；（b）微孔填孔/塞孔工艺、高 Tg（玻璃化温度）板生产工艺、埋盲孔生产工艺、UV 激光切割 FPC 外形工艺、无卤无铅印制板工艺、厚铜箔板加工工艺、特性阻抗生产与检测工艺、高频特性板生产工艺、CTE（热膨胀系数）印制板等节能降耗、清洁生产、变废为宝先进工艺的应用；（c）生产精细导线、新高分辨率光致掩模和曝光装置、激光直接曝光装置、均匀一致镀覆设备、生产组件埋嵌（无源有源组件）制造和安装设备及设施的应用。

（5）发展循环经济、推行清洁生产

PCB 企业主要从以下几个方面发展循环经济：（a）积极推进节能降耗，在生产过程中大力节能、节水、节材，减少资源消耗，实现以最少的资源消耗创造最大的经济效益。（b）全面推行清洁生产，从源头减少污染物的产生。通过不断改进设计、使用清洁的能源和原材料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理，减少污染物的产生和排放，实现由末端治理向污染预防的转变。（c）大力开展资源综合利用，最大限度利用资源。PCB 企业通过发展循环经济，不仅能够节能降耗，减轻污染，而且能够综合利用资源，提高经济效益和社会效益，从而抛弃传统的高消耗、高污染、低效率工业发展模式，而走向生态工业的绿色发展道路。

5.2 印制电路板生产工艺及产污环节

5.2.1 单层基板制作流程及产污分析

（1）开料、钻孔：将单覆铜板按需要裁切成所需尺寸，然后在铜箔上按工程资料的程序钻出定位孔。在钻孔时设置吸尘装置进行除尘，钻孔后用刷板机进行刷板，去除其中的钻污。

此处产生铜箔废边角料和粉尘。

（2）清洗：在贴膜之前会有贴膜前处理工序，是将铜箔基板用稀硫酸溶液循环冲洗，并用磨板机进行刷磨，清水多级淋洗，目的是将线路板上的氧化物除去。

此处产生有机废水和硫酸雾气体。

(3) 贴膜、曝光：将感光干膜滚压于铜箔基板上。然后将线路图案底片置于感光干膜上，利用干膜在紫外光照时形成集合反应，在紫外光照射下曝光显影，使线路图案上的干膜起感光硬化，将设计的图形转移到 PCB 上。

(4) 显影：又称图形转移。用含碳酸钠的显像液将线路以外未感光硬化的干膜溶液去除，并进行冲污和逆流水洗。

此过程产生有机废水和废液。

(5) 蚀刻：以碱性蚀刻液（氯化铵+氨水）蚀刻液将铜箔基板上未覆盖蚀刻阻剂的铜面全部溶蚀掉，仅剩被硬化的油墨或干膜保护的线路铜，并进行逆流水洗。

此过程产生酸性含铜废液、含铜废水和氨气。

(6) 褪膜：用含氢氧化钠的水溶液或有机溶剂溶解线路铜上硬化的油墨或干膜，使线路铜裸露出来，并进行水洗。

此过程产生有机废水和废液。

以上(4)、(5)、(6)合称 DES 线。

(7) 压板、补强：已形成电路图形的 PCB，和冲切好窗口的保护膜进行假接，将保护膜临时固定在 PCB 上，然后经高温真空压机将保护膜与 PCB 压合在一起，覆盖膜作为永久的保护膜，就压合在 PCB 上了。

此过程产生树脂分解气。

(8) 耙冲：在线路板上冲出用于固定螺母的孔。

(9) 除毛刺胶渣：用脱脂剂和稀硫酸除去线路板上的油和有机物，并进行逆流水洗和清水洗、干燥。

此过程产生含铜废水，硫酸雾。

(10) 网印阻焊图形（常用绿油）：其作用是防止波焊时产生桥接现象，提高焊接质量和节约焊料等作用。它也是印制板的永久性保护层，能起到防潮、防腐蚀、防霉和机械擦伤等作用。从外观看，表面光滑明亮的绿色阻焊膜，为菲林对板感光热固化绿油。不但外观比较好看，更重要的是其焊盘精确度较高，从而提高了焊点的可靠性。

贴感光膜、预烘产生有机废气，曝光、显影产生弱酸性废液、弱酸废气、废水，绿油感光热固化、清洗干燥产生废水。

(11) 网印标记字符图形、固化：使用字符油墨丝印，此过程产生有机废气、废油墨。

(12) 喷锡（无铅锡）：先预热、上松香然后喷锡，此过程产生有机气体。

(13) 外形加工、电测试：此过程产生边角料；然后进行电测试。

(14) OSP 抗氧化：配置抗氧化浓缩液进行除油、微蚀、并加入氨水慢慢调节 pH 值，干燥冷却出板。

此过程产生浓缩废液、有机废水。

(15) 成品检查、包装、合格产品出货。

5.2.2 双面板制作流程及产污分析

双面板与单面板的制作工艺流程基本一致。区别在于：单面板的基材只有一面覆盖铜箔，而双面板两面皆有铜箔，因此双面覆铜板在开料、钻孔清洗、进行单层板中的（3）～（7）工序时，需对导通孔金属化进行沉镀铜工序，以便两面线路连接，并进行图形电镀（镍/金），而单面板不需要沉铜工序，但也有图形电镀（镍/金）工序；双面板的压板工序需对两面加保护膜，而单面板只需一面。

沉铜、图形电镀（镍/金）工序为：

（1）沉铜：加入预浸剂沉铜开缸，加入碱、EDTA、甲醛、硫酸铜溶液进行沉铜，之后在酸性溶液中加入纯锡进行镀锡，又称导通孔金属化。

此过程产生酸性含铜废液和甲醛。

（2）逆流清洗：进行逆流水洗。

此过程产生络合铜废水。

（3）微蚀：此过程用过硫酸钠对铜线表面进行微蚀，除去有机物，并用清水冲洗，便于后续电镀。

此过程产生酸性含铜废液和酸性含铜废水。

（4）电镀铜：为使线路板上铜线达到一定厚度要求，将线路板浸置于含有硫酸铜、硫酸及微量氯离子和添加剂（如光泽剂）的电镀槽液的阴极，阳极则为铜块，供给直流电源，即可在基板的线路上镀上一层铜。又成全板电镀薄铜。

此过程产生酸性含铜废液、废水和酸性气体。

（5）电镀镍/金：在基板表面导体上先镀上一层镍后再镀上一层金，目的是提高耐磨性，降低接触电阻，防止铜氧化，提高连接的可靠性。由于铜表面直接镀金会因铜金界面扩散形成疏松态，在空气中形成铜盐而影响可靠性，先镀一层镍后能有效地阻止铜金互相扩散。镀镍液主要成分为 $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ，镀金液由 $\text{KAu}(\text{CN})_2$ 和添加剂组成。

此过程产生含镍废水、镀镍废液、镀金清洗废水和镀金废液。

（6）清洗：镀金完成后用碱液除去其余的保护膜，最后进行清洗。

此过程产生碱性有机废液和废水。

接着进行单面板工序中的（8）～（15）。

以上（3）～（6）又称为表面处理线，是对需要焊接或压接或需要保护的焊盘进行表面处理，形成一层表处理层，用于焊接。

5.2.3 多层板制作流程简述

多层印制电路板制作过程分为内层板制作和外层板制作。

首先进行内层板线路的制作：两块基板在开料、钻孔、清洗、烘干后用经过开窗的热固胶膜压合在一起，成为一块双面板。压合的双面板再经钻孔、贴膜曝光，DES 线、再分别压上保护膜，清洗后内层板的制作即完成。

外层板的制作：制作完成的内层双面板两面分别用热固胶膜与一块单面板压合在一起即成为一块四层板，再进行钻孔、孔前处理沉镀铜、外层贴膜曝光、DES 线等对外层板进行制作，余下工序与双面板的制作完全一样。

多层板的制作特点：不需对内层双面板进行沉镀铜和表面处理，但外层板的制作与双面板一样。

综上所述，单、双、多层线路板的制作工艺本质是一样的，皆在同一条生产线上进行生产，只是多层板对工艺设备和工人的要求更高，产品的报废率相对也较高。

5.2.4 PCB 生产工艺及产污分析

PCB 制作各工段生产工艺简介见表 4。

表 4 PCB 制作各工段生产工艺简介

工段	任务	工艺流程
开料	按流程卡上的产品型号及所规定的要求从整张覆铜板或部分（覆铜板余料上）裁切成所符合的要求	接单→领料→开料→烘烤→倒角→穿销钉→转下工序
沉铜	在催化剂作用下，在整个板面和玻璃纤维孔壁上沉积一层薄薄的铜层	设备检查→检验→去毛刺→检验→上板→膨化→水洗→去钻污→回收洗→预中和→中和→水洗→除油→水洗→粗化→水洗→预浸→活化→水洗→加速→水洗→沉铜→水洗→下架→烘干→检验
图形电镀	为增加孔壁以及板面铜层的厚度，铅	上架→除油→喷淋→粗化→喷淋→预

	锡层抗蚀刻层，要求能满足蚀刻工艺要求及热熔工艺要求	浸 (H ₂ SO ₄) → 镀铜 → 二次水洗 → 预浸 → (HBF ₄) → 镀铅锡 → 二次水洗 → 烘干 → 下架 → 退挂具 → 二次水洗 → 上架
图电镍金	通过电镀的方法，将导电图形镀上镍和金作为蚀刻保护层，用于 IC 片压焊的印制板工艺	设备检查 → 上架 → 去油 → 喷洗 → 粗化 → 喷洗 → 水洗 → 预浸 → 图形镀铜 → 喷洗 → 预浸 → 镀镍 → 喷洗 → 水洗 → 预浸 → 镀金 → 回收水洗 → 水洗 → 下架
蚀刻(内层蚀刻)	为了把线路图形显示出来，利用干膜、湿膜或电镀层作为蚀刻阻挡层，在碱性、酸性氯化铜溶液中，蚀刻去线路外的铜层，然后根据不同的阻挡层性质在不同的溶液内退去蚀刻阻挡层，显示出完整的图形线路	检查设备 → 入板 → 膨松 → 去膜 → 碱洗 → 水洗 → 自来水洗 → 吸干 → 蚀刻 → 氨洗 → 水洗 → 吸干 → 退铅锡 → 水洗 → 吸干 → 烘干 → 转半成品检验
防氧化	在印制电路板的铜箔上，通过水溶性耐热，助焊液形成 0.2~0.5μm 的一种防止铜箔氧化的膜	检查设备 → 放板 → 脱脂 → 循环洗 → 泵洗 → 微蚀 → 循环洗 → 自来水洗 → 酸洗 (预浸) → 循环洗 → 泵洗 → 吸干 → 抗氧化 → 循环洗 → 泵洗 → 泵洗 → 吸干 → 冷风 → 热风 → 检验
喷纯锡	对印制电路板提供光亮、平整、均匀的铅锡层表面层，方便焊接，满足客户要求	检查设备 → 放板 → 微蚀 → 水洗 → 风干 → 预浸助焊剂 → 喷铅锡 → 降温 → 放板 → 热水洗 → 水洗 → 刷洗 → 高压水洗 → 冷风干 → 热风干 → 检查
图形转移(内层图形转移)	图形成像就是将工作胶片上的图形转移到铜板上，形成抗电镀或抗蚀刻掩膜图像	刷板 → 贴膜 → 对位 → 曝光 → 显影 → 修板 → 出板 → 检查
黑化	使清洁铜面产生氧化膜，以免环氧树脂在聚合硬化过程中产生的胺成分攻击铜面，从而提高树脂与铜面结合力	去油 → 自来水洗 → 自来水洗 → 粗化 → 纯水洗 → 预浸 → 黑化 → 自来水洗 → 自来水洗 → 纯水洗 → 空滞 → 烘干
层压	通过层压机利用热量和压力将组合好的铜箔、半固化片、内层板合成符合要求的多层板	黑化 → 烤板 → 裁铜箔 → 预叠板 → 裁半固化片 → 磨钢板 → 排板 → 热压 → 冷压 → 拆板 → 点靶 → 铣靶 → 打靶 → 多层板后固化 → 检板
钻孔	在生产板上按客户需要钻出孔，其孔	接收板 → 过数 → 找资料 → 查电脑指示

	径大小、数量、位置满足客户的要求	→调程序→上刀具→改参数→上板→ 钻孔→校对→下板→退销钉→去毛刺 →检板
铣外形	通过数控铣床、斜边机、V-cut 机的机械加工，根据用户提供的外形尺寸图或文件使印制板四周及异形孔符合用户设计要求，完成对印制板的外形加工	接板→领资料→调程序→定参数→排刀→钻定位→上板→做首板→检查→生产→抽检→清洗→转板
电测	检查印制板电气性能、品质是否符合用户的要求	接收产品→确定测试方法→制作测试程序和工具→测试→产品转出

PCB 制作各工段主要产污情况见表 5。

表 5 PCB 制作各工段主要产污情况

工段（车间）	产污种类	主要污染因子
开料	粉尘、固体废物	粉尘
沉铜	重金属废水、废酸碱液、酸性废气、有机废气	Cu^{2+} 、SS、BOD、COD、酸雾、非甲烷总烃
图形电镀	重金属废水、废酸液、有机废水、酸性废气	Cu^{2+} 、COD、SS、酸雾
图电镍金	重金属废水、废酸液	Cu^{2+} 、SS、镍、氰化物等
蚀刻	重金属废水、废母液、碱性废气	Cu^{2+} 、SS、氨氮
OSP	废酸液、酸性废气、有机废气、有机废水	BOD、COD、酸雾、非甲烷总烃
喷纯锡	重金属废水、废酸液	Cu^{2+} 、SS、石油类
图形转移	有机废水、废酸液、酸性废气、有机废气	Cu^{2+} 、SS、BOD、COD、酸雾、非甲烷总烃
黑化	重金属废水、废碱酸液、酸性废气、	Cu^{2+} 、SS、酸雾
层压	粉尘	粉尘
铣外形	有机废水	Cu^{2+} 、SS、BOD、COD
钻孔	粉尘	粉尘
电测	无	无

由上表可以看出，印制电路板废水主要污染物为酸碱、重金属铜和镍、氰化物、氨氮、COD、SS 和有机物等。

5.3 印制电路板废水治理现状和存在的问题

5.3.1 印制电路板废水治理现状

编制组对 70 多家印制电路板生产企业的废水治理现状做了调研，主要采用问卷调研和现场调研两种工作方式，调研的主要内容包括企业的基本情况、生产线情况、废水产生量、废水治理设施运行情况、废水排放情况、废液处理情况等。根据调研结果整理汇总了目前印制电路板废水治理现状及存在的问题。

(1) 印制电路板废水排放标准

目前，因印制电路板行业还未颁布行业污染物排放标准，PCB 行业废水治理后排放执行的标准主要参考《污水综合排放标准》(GB18918-2002)，实际执行《电镀污染物排放标准》(GB21900-2008)，正在编制的《电子工业污染物排放标准》；本次编制参照《电子工业污染物排放标准》。

(2) 印制电路板废水治理工程达标情况

由于印制电路板生产工艺复杂、药剂使用多，产生的废水水质复杂、较难处理，国家又尚无指导性工程技术规范发布，部分 PCB 废水治理工程工艺技术水平相对落后，工程质量差，处理效果无保障。

国内现有印制电路板废水处理工程(含工业园区)日常达标率不理想，因此有必要提高印制电路板废水治理工程的工艺技术水平，提高废水达标排放比率。

(3) PCB 废水治理排放现状

现阶段 PCB 行业主要针对废水中 COD 和重金属铜进行治理，对废水中的氨氮、总氮等重要指标没有设置专门的处理设施，不能满足越来越严格的环保要求。

中国印制电路板行业协会(CPCA)环保洁净分会对全国 PCB 行业主要企业的废水治理排放情况进行了调查，调查结果如下：

a) Cu 排放情况：大部分企业执行《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中一级标准，Cu 排放限值为 0.5mg/L。但因自来水水质标准中铜的浓度限值为 1mg/L，且 PCB 生产废水中含有铜的络合剂，PCB 废水中 Cu 要稳定达到 0.5mg/L 的排放限值较难。

b) COD 排放情况：绝大多数企业执行的 COD 排放标准是《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中二级标准 150mg/L。纳管排放的企业，COD 排放标准为 150~300mg/L。少数企业执行一级排放标准 100mg/L。采用生化处理去除 COD 的企业约有 10%，PCB 废水的生化处理技术不易掌握；没有采用生化处理的企业，其排放废水中 COD 大多超过 150mg/L。

c) 其它污染物治理情况：对氨氮、总氮、第一类污染物镍，没有设置相应的处理装置。

d) 印制电路板废水基准排水量问题：根据印制电路板制造业清洁生产指标要求，单位印制电路板废水产生量见表 6 所示，用水重复率见表 7 所示。

表 6 单位印制电路板废水产生量

序号	板层	废水产生量 (m ³ /m ²)		
		国际清洁生产先进水平	国内清洁生产先进水平	国内清洁生产基本水平
1	单层板	≤0.14	≤0.22	≤0.30
2	双层板	≤0.42	≤0.78	≤1.32
3	多层板 (2+n 层)	≤ (0.42+0.29n)	≤ (0.78+0.39n)	≤ (1.30+0.49n)
4	HDI 板 (2+n 层)	≤ (0.52+0.49n)	≤ (0.85+0.59n)	≤ (1.30+0.79n)

表 7 印制电路板用水重复利用率

清洁生产标准	国际清洁生产先进水平	国内清洁生产先进水平	国内清洁生产基本水平
重复利用率	≥55%	≥45%	≥30%

调查的所有 PCB 企业在生产过程中都采取了水循环利用措施，但用水重复率达不到清洁生产要求，且仅有近 40% 企业设有末端回用水设备。

PCB 废水成分复杂，PCB 废水处理全因子达标的企业不多，整体上 PCB 废水的处理技术还未完全成熟。

(4) PCB 废水治理工艺技术现状

印制电路板废水治理遵循清污分流、分类处理的原则，废水经分类收集可分为重金属废水、含氰废水、络合废水和有机废水等，其治理工艺也是基于废水种类有针对性地选用。

a) 重金属铜的治理工艺

印制电路板废水中铜的存在形式以络合铜为主，常用的络合剂有氨和 EDTA、柠檬酸和酒石酸等；部分企业的生产废水还可能含有一些未知的络合剂或螯合剂。由于络合剂或螯合剂与 Cu 形成的络合物稳定常数小于 Cu(OH)₂ 的溶度积常数，若采用普通加碱沉淀除铜的工艺处理效果不理想，需经破络处理。经破络处理后，废水中络合铜释放出离子态铜，可经混凝沉淀去除。目前较为成熟的破络工艺见表 8。

表 8 目前较为成熟的破络工艺

破络工艺	原理	优缺点
Na ₂ S 法	溶度积常数原理:硫化铜溶度积小于络合态铜,能够生成硫化铜沉淀	效果明显,但处理过程中会产生异味,不加以控制和处理会造成二次污染
重金属捕集剂法	重捕剂螯合铜离子原理:重金属捕集剂是螯合剂,能形成稳定的含铜螯合物沉淀	效果明显,但药剂价格较高,成本较高
氧化剂破络法	氧化破坏络合物原理:药剂氧化可破坏络合剂的部分结构而改变络合性能达到除铜的效果	效果明显,但氧化剂投加大,运行费用高
铁盐“屏蔽”法	铁盐屏蔽部分络合剂原理:Fe ³⁺ 可掩蔽EDTA,从而释放Cu ²⁺	酸性条件下效果明显,但对部分络合剂有效果
生化法	厌氧菌分解破坏有机物原理:可改变络合剂或螯合剂性能,释放Cu ²⁺	成本低廉,效果良好,但对铜的浓度有要求

b) 氰化物的治理工艺

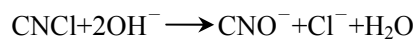
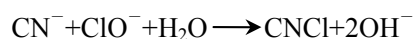
含氰废水水量较小,已有非常成熟的处理工艺。采用碱性氯化法处理主要工艺流程见图

2。



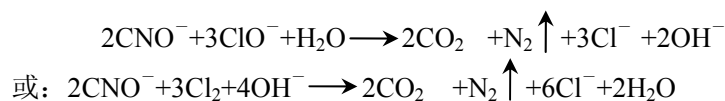
图2 碱性氯化法处理含氰废水工艺

碱性氯化法原理介绍如下:碱性氯化法破氰分二个阶段:第一阶段是将氰氧化成氰酸盐,称“不完全氧化”,反应式如下。



CN⁻与OCl⁻反应首先生成CNCl,CNCl水解成CNO⁻的反应速度取决于pH值、温度和有效氯的浓度。pH值越高,水温越高,有效氯浓度越高则水解的速度越快,而且在酸性条件下CNCl极易挥发,所以操作时必须严格控制pH值。

第二阶段是将氰酸盐进一步氧化分解成二氧化碳和氮气,称“完全氧化”,反应式如下:



经处理后,氰化物的去除率可以达到99%以上。

c) COD的治理工艺

PCB 废水中的 COD 主要源于显影除胶液、表面活性剂、蓬松液等。目前，对 PCB 废水中的 COD 治理主要工艺见表 9。

表 9 PCB 废水中的 COD 治理主要工艺

工艺	原理	优缺点
Fenton 氧化工艺	Fe-Fenton 氧化法使 H_2O_2 在 Fe^{2+} 的催化作用下分解产生 $\cdot OH$ ，其氧化电位达到 2.8V，它通过电子转移等途径将有机物氧化分解成小分子。	处理效率高，但成本很高
微电解工艺	微电解法是絮凝、吸附、架桥、卷扫、共沉、电沉积、电化学还原等多种作用综合效应的结果，能有效地去除污染物提高废水的可生化性。新产生的铁表面及反应中产生的大量初生态的 Fe^{2+} 和原子 H 具有高化学活性，能改变废水中许多有机物的结构和特性，使有机物发生断链、开环；微电池电极周围的电场效应也能使溶液中的带电离子和胶体附集并沉积在电极上而除去；另外反应产生的 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 及其水合物具有强烈的吸附絮凝活性，能进一步提高处理效果。	处理效果较好，但需经常更换填料
生物处理工艺	微生物分解有机物质	处理成本低，但占地面积大，对废水中成分要求较高
MBR 工艺	MBR 是属于膜分离的一种，将生化池中的活性污泥进行截留，保证生化系统中高污泥浓度，提高生化系统的效率，同时，将大分子的有机物进行截留，提高 COD 去除率。	解决了生物处理工艺中占地面积大的问题，且管理较方便，但投资较高

d) 氨氮的治理工艺

氨的溶解度高，化学性质稳定，以往 PCB 废水处理中对氨氮重视不够，出水氨氮往往不达标。PCB 废水中氨氮浓度一般在 150mg/L 以下，常用的处理工艺见表 10。

表 10 PCB 废水中常用的氨氮治理工艺

工艺	原理	优缺点
化学沉淀法	氨与化学沉淀剂 (H_3PO_4+MgO) 反应生成沉淀物	适合氨氮浓度较高废水的处理，通常有 90% 的去除率，但药剂用量大，容易造成二次污染
折点加氯法	将氨氮氧化成氮气而脱去	通常可使出水氨氮浓度低于 0.1mg/L，但投药量较难控制，操作要求高
离子交换法	离子交换剂上的离子和废水中的氨离子进行交换	去除率高，设备简单，操作方便，适合低浓度氨氮废水的处理

吸附法	将氨氮吸附在吸附剂上去除	吸附材料常用活性炭，但水中的 pH、金属离子和有机物对吸附效率影响很大
生化法	氨氮 → 硝态氮 → 气态氮逸出	能彻底脱除废水中的氮，且不会造成二次污染，但对操作要求较高

同 COD 的去除一样，在对出水氨氮要求较高的时候，常需采用多种工艺相结合的方式来处理废水中的氨氮。

在实际工程中，由于 PCB 废水的复杂性，需要根据不同进水浓度以及出水要求选择多种工艺组合处理，才能达到预期目标。

(5) PCB 废水治理工艺实例

由于 PCB 废水的成分复杂，废水种类较多，现选几个项目说明现行治理工艺的运行情况。

a) 昆山市某污水厂

污水处理厂收集了 5 家印制电路板生产企业的废水，生产单面、双面及多层印制电路板的情况都有。总排水量 8000m³/d，其中生产废水排水量 7000m³/d，员工生活污水排水量 1000m³/d。主要污染控制指标为 Cu、Ni 等重金属及氨氮、COD 和 pH 等。本工程采用分水技术，将进厂的废水按不同的污染情况分成五股：络合废水（含化学铜废水及膜分离浓液）、油墨废水（油墨酸洗后废水）、废酸液、车间蓬松废液、脱脂及高浓度废水，分别进入单独的废水池。工艺流程图见图 3。

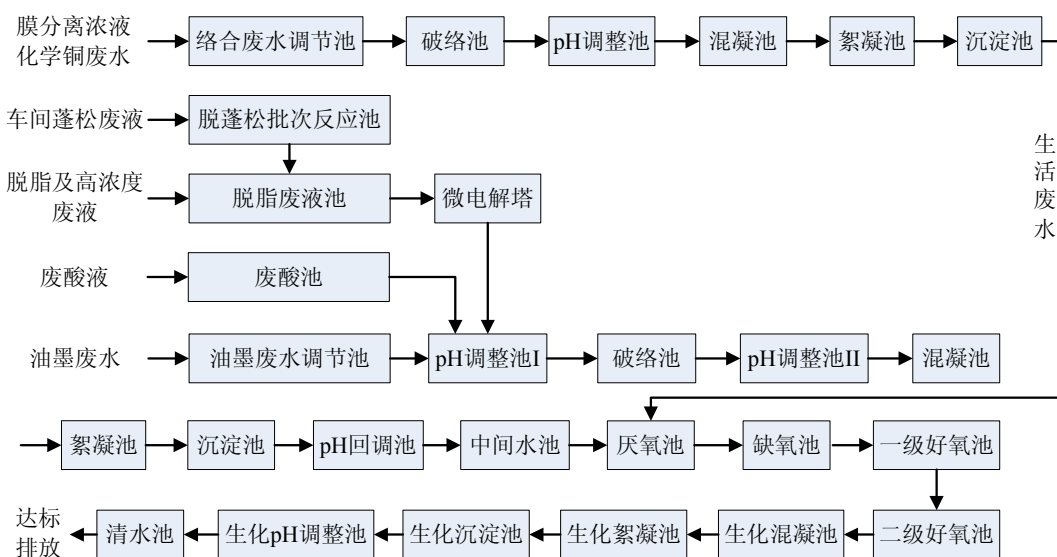


图 3 工艺流程图

利用上述组合工艺对 PCB 废水的处理效果如表 11 所示。

表 11 处理效果表

主要污染物名称	进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率(%)	年去除总量 (t)
COD	≤11000	≤80	99.3	30576
Cu	≤40	≤0.5	98.75	110.6
Ni	≤20	≤1	95	53.2
氨氮	≤25	≤5	80	56

本项目占地面积 16038m²，设计水量 8000m³/d，政府控股总投资 4000 万元。废水站年运行费用约 1089.2 万元/年。

该工程执行的是《污水综合排放标准》(GB8978—1996)中的第二时段一级标准及《太湖地区污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》(DB32/T1072-2007)，由于其分水具有针对性，较为合理，处理效果较好。

b) 广东某工业园区污水处理厂

该园区进入集中污水处理厂的 PCB 废水约占总水量的 75%，印染废水约占 5%，生活污水约占 20%。污水处理厂一期生产废水排放量为 9000m³/d，生活污水及其它废水排放量为 3000m³/d，合共 12000m³/d。主要污染控制指标为 Cu、Ni 等重金属及氨氮、COD 和 pH 等。工艺流程图见图 4。

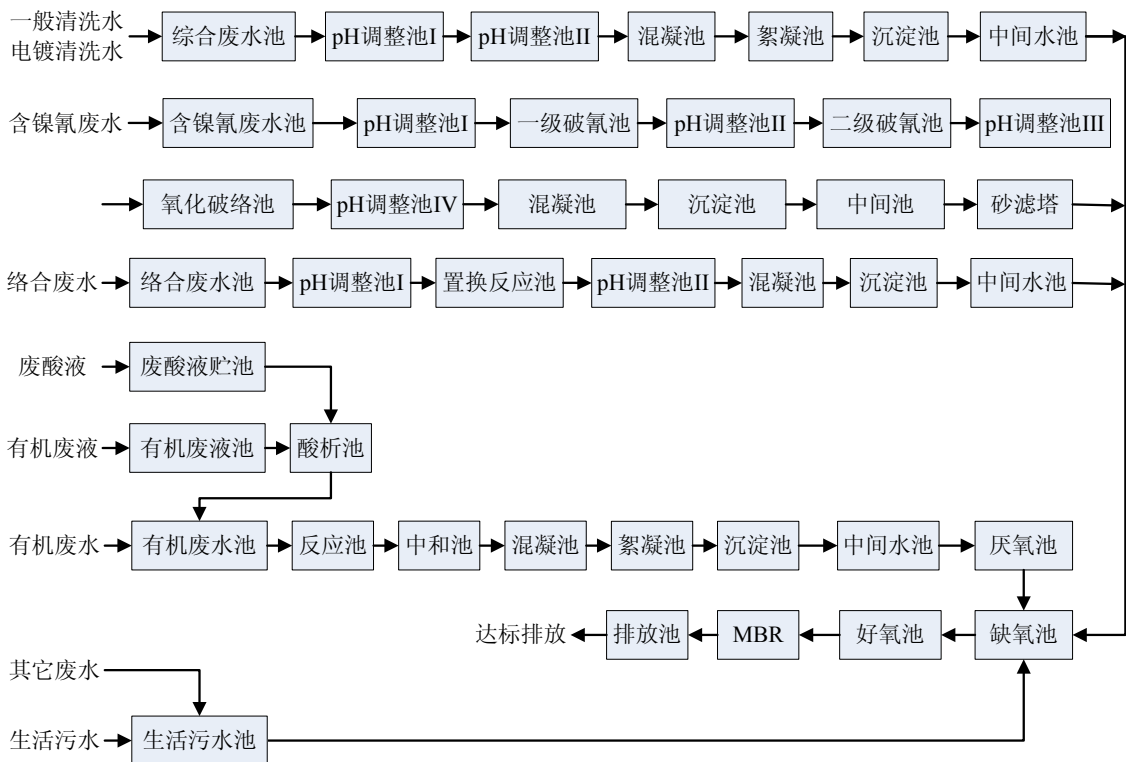


图 4 工艺流程图

利用上述组合工艺对 PCB 废水的处理效果如表 12 所示。

表 12 处理效果表

主要污染物名称	进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率(%)	年去除总量 (t)
COD	≤462	≤40	91.3	1823
Cu	≤40	≤0.5	98.75	170.6
Ni	≤30	≤1.0	96.6	125.3
氨氮	≤40	≤8.0	80	138.2

本项目占地面积 29447m²，设计水量 12000m³/d，总投资 7394 万元，于 2011 年正式开始运行。外排废水排放标准执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)一级 B 标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》(DB44/26-2001)第二时段一级标准中较严的指标。由于前期分水彻底，管理到位，且工艺具有较强的针对性，尤其是率先在 PCB 工业园区废水治理中使用了 MBR 工艺，出水达标率很高。

5.3.2 印制电路板废水治理存在的问题

目前，国内 PCB 废水治理效果很不理想，处理工艺达不到处理要求、设计不合理等情况导致的废水处理不达标情况较为普遍，尤其是印制电路板大型工业园区的废水处理，由于水质极为复杂，在没有可借鉴的实际工程和技术规范的情况下，不易设计出合理高效的废水处理工艺，导致处理后的废水难以达标。

目前，国内的 PCB 废水治理存在的问题主要表现为以下几个方面：

(1) 一些企业源头管理缺失，分水不合理，混排严重，导致处理费用增加，处理效果不佳。PCB 废水的处理工艺对源头管理的要求较高，不同类废水混杂将导致处理费用大大增高，如络合废水混入其他废水中，将导致每股水都要投加络合剂进行破络，否则铜难以达标。

(2) 废水站设计不合理或工艺落后，导致处理费用高却达不到处理要求。我国整体上的 PCB 废水治理工艺技术没有其他工业废水处理技术成熟，专门从事 PCB 废水研究的单位较少。但是有不少较为成熟的处理工艺，在一些项目中取得了较好的处理效果，但这些处理工艺往往得不到有效的推广应用，导致一些废水处理站设计不合理或工艺落后，不仅处理费用较高，而且达不到处理要求。

(3) 一些 PCB 企业环保投入不足。企业多希望将资金投入有产出的生产线，对废水处理设计单位以及处理设施选择则以价格低为导向，处理设施设备和仪表产品质量较低档，且

在运营期间废水站管理不到位，操作人员素质参差不齐；从而导致废水治理难以达标。

(4) PCB 废水的处理重点关注的是重金属和 COD，较少考虑氮磷等污染因子。PCB 废水中含有对微生物具有毒性的物质，生化处理受影响严重，导致氮磷等常超标。

总体而言，PCB 废水处理不达标主要是因为源头分水不合理，没有对生产线排水进行合理的分类收集；污染因子考虑不全，污染物因子去除工艺不合理或不完善，从而导致废水难以治理达标。

6 主要技术内容及说明

6.1 本标准的结构和内容编排

依照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》(国家环境保护总局第 41 号公告)的有关规定，根据《环境工程技术规范制订技术导则》的要求，并参考国家近年发布的一系列行业污染源治理工程技术规范等标准的结构和内容编排，确定本标准的结构和内容编排。

6.2 前言

依照国家环境保护总局第 41 号文件中有关环境保护标准前言的编写规定，并根据 GB/T1.1 的要求，编写了本标准的前言。

前言说明了制订标准的依据、目的，并简述了标准的主要内容和标准的管理。

6.3 适用范围

本标准首先简要说明了规范规定的主要内容和适用范围。在适用范围中，表明了本标准适用的主体与对象。

6.4 术语和定义

本标准规定了印制电路板废水治理工程技术规范所涉及到的有关术语及定义。根据本标准的技术内容，给出了印制电路板、印制电路板废水、含氰废水、含镍废水、高浓度有机废水、低浓度有机废水、络合铜废水、铜氨废水、含铜废水、磨板废水、综合废水、废液、废水分流共 13 个术语，并进行了定义或解释。

6.5 污染物与污染负荷

在印制电路板生产过程中，使用多种不同性质的化工材料，导致生产过程中产生的废水

及废液性质非常复杂。不同生产工序所产生的废水及废液，含有不同性质污染物，既有重金属化合物，又有合成高分子有机物及各种有机添加剂。废水和废液中的重金属污染物大部分以游离的离子态存在，部分重金属以络合物的形态存在，以络合物形态存在的重金属主要是化学镀漂洗水和化学镀废液及碱性蚀刻废液，它们分别为 EDTA-Cu 和 $[\text{Cu}-(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 等。PCB 生产过程中废水中的有机物，以合成高分子化合物为主，主要来自脱膜(去油墨)显影漂洗水和废液、这种有机物可生化性比较差，构成了 PCB 废水有机物污染物处理的特点。此外，还有一些低分子有机物如甲醛、EDTA、酒石酸等，这些有机物是构成废水中 COD 的来源。PCB 生产厂因局部工艺的变更也会导致废水中污染物的变化。因此，虽同属 PCB 生产厂，其废水中污染物成分及浓度也会有所不同，废水处理工程的设置，需有针对性的措施，不可采取完全统一的模式。

因此 PCB 废水必须进行按质分类进行处理，且废水分类直接影响 PCB 废水达标难易程度。因此 PCB 废水分类至关重要。

6.5.1 废水分类原则

印制电路板废水应根据污染物种类以及浓度进行分类收集和分质处理，废水分类一般应遵循以下原则：

- a) 含镍废水应单独分流（总镍属第一类污染物）；
- b) 含氰废水应单独分流；并须避免含铁、镍离子废水混入；
- c) 含铜废水、铜氨废水与络合铜废水宜分流后分别处理；
- d) 显影脱膜(退膜、去膜)废液含高浓度有机物，应单独分流；一般有机物废水根据实际需要并核算排放浓度后确定分流去向；
- e) 废液应单独分流收集；
- f) 废水分流还需结合排污企业（园区）自身状况，按当地环保要求，环评批复等因素综合考虑。

6.5.2 国内同类型 PCB 企业（产业园）的废水水量与水质情况

本标准参考国内同类型的 PCB 企业（产业园）的废水水量与水质情况，同时参考国内各类型的电路板企业的废水水量与水质情况，作为本标准对 PCB 废水分水量与水质的相关设计数据进行规定的依据。下面列举国内相同类型的废水水量与水质情况。

（1）硬板

广东达进电子科技有限公司为电路板生产企业，主要以生产硬板为主，2007 年实施污

水站改造工程，根据业主提供的水质情况，其进水水质见表 13。

表 13 进水水质表

序号	废水种类	水量 (t/d)	所占比例	(平均) 水质 (mg/L)			
				pH	Cu	COD	NH ₃ -N
1	一般综合废水	6150	85%	2~5	<100	<100	/
2	络合废水	800	11%	<4	<60	<300	<40
3	有机废水	280	4%	>10	/	<15000	/
	合计	7230	100%				

(2) 软板

春焱电子科技(苏州)有限公司由西萨摩亚春焱实业有限公司独资创办，公司地处常熟市东南经济开发区黄浦江路，主要生产以柔性电路板为主的新型仪表元器件及相关材料，根据业主提供的进水水质资料，其水质情况见表 14。

表 14 进水水质表

序号	废水种类	水量 (t/d)	所占比例	(平均) 水质 (mg/L)			
				pH	Cu	COD	NH ₃ -N
1	有机废液	20	0.5%	13	<5	10000	/
2	有机废水	280	8.2%	7	/	~300	/
3	综合废水	2885	85.2%	4	20	<60	/
4	络合废水	200	5.1%	3	80	~200	<50
	合计	3385	100%				

(3) 单面板

上海外开希(PYKC)电路板有限公司位于上海金陵松江工业园区内(上海金陵松江工业园区位于文俊路 88 号)。主要以生产单面板为主，根据业主提供的进水水质资料，其水质情况见表 15。

表 15 进水水质表

序号	废水种类	水量 (t/d)	所占比例	水质 (mg/L, pH 除外)		
				COD	Cu	pH
1	络合废水	100	6.9%	≤200	~100	5~10
2	有机废水	115	8%	~15000	~10	12
3	综合废水	1225	85.1%	≤100	~30	3~5
	合计	1440				

(4) 双层、多层板

昆山沪利微电有限公司位于昆山市出口加工区，是一家专业的印制电路板生产公司，主要生产双层、多层板。根据业主提供的进水水质资料，其水质情况见表 16。

表 16 进水水质表

序号	废水种类	水量 (t/d)	所占比例	(平均) 水质 (mg/L)			
				pH	Cu	COD	NH ₃ -N
1	综合废水	4000	80%	4	35	<150	/
2	络合废水	500	10%	<5	80	~200	<50
3	有机废液	50	1%	13	<5	11000	/
4	低浓度有机废水	450	9%	7	/	~300	/
	合计	5000	100%				

(5) 复合型板（同时生产单面、双面、多层板企业）

安捷利（番禺）电子实业有限公司坐落于南沙开发区资讯科技园，是一家生产单面、双面及多层柔性印制电路板的企业，据业主提供的进水水质资料，其水质情况见表 17。

表 17 进水水质表

序号	废水种类	水量 (t/d)	所占比例	(平均) 水质 (mg/L)			
				pH	Cu	COD	NH ₃ -N
1	综合废水	1850	75%	5	30	<200	
2	有机废水	200	8.1%	7	/	~300	/
3	络合铜废水	300	12.1%	<5	80	~200	<100
4	有机废液	50	2%	13	10	15000	/
5	含氰废水	35	1.4%	10		100	
6	含镍清洗水	35	1.4%	6			
	合计	2470	100%				

(6) 电路板工业园

深圳市鹏金投资有限公司在深圳市宝安区松岗燕川北部工业园内投资建设电路板生产工业园，园区内约有 32 家电路板生产企业，园区内各类型电路板企业均有，2007 年对废水站进行改造，根据业主提供的进水水质，其水质见表 18。

表 18 进水水质表

序号	废水种类	水量 (t/d)	所占比例	(平均) 水质 (mg/L)				
				pH	Cu	COD	NH ₃ -N	CN-
1	有机废液	40	1.5%	13	<5	10000	/	/
2	有机清洗水	250	9.8%	7	/	~300	/	/

3	综合废水	1875	73.2%	4	20	<60	/	/
4	络合废水	375	14.5%	<5	80	~200	<50	/
5	含氰废水	20	1%	8		150		<100
	合计	2560	100%					

注：上述企业中综合废水包括了一般清洗水、磨板废水、含铜废水；

上述同类型企业或工业园中，除安捷利（番禺）电子实业有限公司和深圳市鹏金投资有限公司外，其它企业均为无回用系统，因此废水的分类与比例有所不同。

6.5.3 PCB 废水水量与水质

废水水量和水质的确定是确定 PCB 废水处理规模的重要依据和设计参数，本标准对废水水量的计算和水质数据的获取进行了规定。由上述调研的几种常见的电路板企业的排放水质来看，并根据编制单位的工程经验，电路板废水分水量及水质可归纳为表 19 和表 20：

表 19 印制电路板废水水量比例表

序号	废水种类	比例(%)	来源
1	含氰废水	0.1~2.0	挠性板含氰废水较多
2	含镍废水	0.1~2.0	镀镍清洗水
3	高浓度有机废水	3~6	显影、剥膜、除胶废液和显影首级清洗水
4	低浓度有机废水	8~12	脱膜、显影工序的二级后清洗水；贴膜、氧化后、镀锡后以及保养清洗水、废气处理喷淋水等
5	络合铜废水	3~8	化学镀铜等清洗水，含 EDTA 等络合物
6	铜氨废水	1~5	碱性、酸性蚀刻清洗水，过硫酸铵（APS）体系下微蚀清洗水
7	含铜废水	20~35	电镀铜工艺的清洗水
8	磨板废水	15~30	钢板磨刷线、表面处理、陶瓷磨板线等生产工艺产生的废水

表 20 印制电路板废水水质表

(单位：mg/L, pH 除外)

序号	废水种类	主要污染物	pH	COD	Cu	Ni	CN	NH ₃ -N
1	含氰废水	氰化物	8~10	<80	<0.5	<0.5	<100	<20
2	含镍废水	离子态镍、络合态镍	2~5	<80	<0.5	<50	<0.2	<20
3	高浓度有机废水	有机物，酸碱	>10	5000~15000	2~10	<0.5	<0.2	<20

4	低浓度有机废水	有机物,少量重金属铜,锡等	<10	200~600	2~10	<0.5	<0.2	<20
5	络合铜废水	络合铜、有机物等	10	200~300	150~250	<0.5	<0.2	<20
6	铜氨废水	氨氮、络合铜	8~10	200~300	150~250	<0.5	<0.5	60~200
7	含铜废水	离子态铜、酸碱	3~5	80~300	20~35	<0.5	<0.2	<20
8	磨板废水	悬浮物	5~7	<30	<3	<0.5	<0.2	<5

印刷电路板工程车间排水量应根据环境影响评价文件和实测水量,并考虑一定的余量。无资料时可按自来水用量或者电路板产能进行估算。

a) 自来水用量法:设计水量=车间(生产线)总用水量×(85%~95%)

b) 产能估算方法:单面板按(0.14~0.30) t/m²; 双面板按(0.42~1.32) t/m²; 多层板按[(0.42+0.29n)~(1.3+0.49n)] t/m²; HDI 板按[(0.52+0.49n)~(1.3+0.79n)] t/m²; n 为增加的层数。

应编制污水处理站水量平衡图(包括回用水系统产生的浓液,污泥脱水产生的滤液,污水厂地面、设备清洗水等),根据污水处理站水量平衡图合理确定各处理单元的设计水量。

设计时应考虑初期雨水和应急事故排水量。

印刷电路板车间各类废水水量比例可参考表 19 所示。

印制电路板废水处理工程的设计水质可参考环境影响评价文件和同类型企业(园区)类比数据,并考虑一定的设计余量。无水质数据的,可参考表 20 中主要污染物浓度范围。

进入治理设施的废水进水浓度,应满足设计进水要求,达不到要求的应进行预处理。

废水处理,需回用的应满足回用工序的用水水质要求。废水排放应符合国家和地方排放标准规定,同时满足环境影响评价批复文件要求。

6.6 总体要求

6.6.1 一般规定

(1) PCB 废水治理工程技术方案的选择与确定应遵循的基本原则:技术先进、经济合理、达标排放。针对不同的 PCB 加工要求,分别采用先进的、符合清洁生产要求的清洗方式,从生产源头控制和削减废水的产生量,真正实现废水减量化和减排的目的。有条件的企业,废水处理应回用。

(2) 新建企业（或生产线）的废水处理工程是主体工程的必备配套工程，本标准规定新建企业（或生产线）的废水处理工程应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

(3) 本标准规定了 PCB 废水工程建设规模确定的原则和方法。由于全国 PCB 企业、生产线分布范围广，生产规模不一，生产工艺不同，废水的产生量也各不相同，因此，PCB 废水处理工程的建设规模不宜定量规定，只能做原则性的规定，各 PCB 企业根据生产特点，按照实际的排水量和实测浓度，选择处理工艺，确定工程的建设规模。

(4) 由于 PCB 废水中，针对不同的污染物采取的处理方法不同，技术条件和工艺要求各异，污染物混合在一起，处理起来相互影响，不仅效果很难保证，而且无形中增加了废水处理的规模 and 成本，因此，本标准根据 PCB 废水的特点，提出了 PCB 废水应分类收集、分质处理和回用。

(5) 对 PCB 废水的治理装置、构筑物 and 建筑物提出了相应的防腐、防渗、防漏等措施要求。

(6) 根据国家有关规范排污口和在排水口安装水质在线自动监测仪器的规定，本条规定了废水处理站在排水口应配置水质在线自动监测仪器，并符合 HJ/T 353、HJ/T 355 和 HJ/T 212 的要求。

(7) PCB 废水处理过程中产生的污泥属于危险废物，为了防止二次污染，本规范对 PCB 污泥的处理、贮存、处置做出了规定。

(8) 由于 PCB 废水的有毒有害性，针对目前污染事故不断发生，为了确保环境安全，本规范规定一切 PCB 废水处理站应设事故水池。当处理设施由于事故而停止运行，其系统中的废水应进入事故水池或废水收集池，严格禁止废水进入排放系统。当生产车间的槽液或废槽液泄漏时，也应排入事故水池，在废水处理设施正常运行时，通过调配水质，在不影响处理系统的处理效果的前提下，与正常废水一并处理，其水质符合相关排放标准的要求后排放。

(9) 本条规定了 PCB 废水治理工程的总体设计，除应遵循本规范 and 环境影响评价审批文件要求外，还应符合国家基本建设程序以及国家有关强制性标准、规范的要求。

6.6.2 清洁生产

本条对印制电路板企业提出了清洁生产的要求，印制电路板企业应从源头减少污染物的排放量，减少物耗 and 做好废物料的回收。

6.6.3 工程选址与总体布置

本条对印制电路板废水处理站工程选址和总体布置从废水处理站的选址原则、废水处理站总平面布置、各处理单元平面布置、处理单元的竖向设计、污泥堆放场、废水处理所用的材料药剂存放场所、场地防渗处理、废水处理站大门数量与功能、建筑造型与构筑物处理、场地绿化等方面做出了比较细致和具体的规定。

6.6.4 工程构成

本条明确了工程范围：包括主体处理构筑物与设备（如废水收集池、调节池、物化反应池、生化反应池、沉淀池、污泥浓缩池、深度处理池、标准排放口、提升泵、鼓风机、污泥脱水机、搅拌机、刮泥机、膜装置等）、配套工程（厂（站）区道路、围墙、绿化工程；配电工程、给排水工程、压缩空气站；化验室、控制室、仓库、维修车间、污泥临时堆放场所、办公室等。由于废水处理涉及的内容多，工程组成复杂，因此，PCB 废水治理工程设计按系统工程模式进行了综合考虑。

6.7 工艺设计

6.7.1 一般规定

本条对印制电路板废水处理的工艺设计进行了一般性规定。

- (1) 提出了印制电路板废水处理应选用处理效率高、节约能源、投资省的处理工艺；
- (2) 对生产线废水收集、管道铺设提出了要求；
- (3) 对生化系统的进水提出了要求。

6.7.2 工艺路线选择

本标准将印制电路板废水按照含氰废水、含镍废水、高浓度有机废水、低浓度有机废水、络合铜废水、铜氨废水、含铜废水、磨板废水的分类方法，将相关的处理技术，从处理流程、参数与要求等方面分别提出了相应的技术要求。

本条描述了印制电路板废水处理的基本工艺流程，废水经过分流后，先经过预处理工艺，再排入综合废水处理系统进行进一步处理，达到达标排放或回用处理的要求。

具体预处理工艺在本标准 6.4 条中做了详细规定，综合废水处理工艺在本标准 6.5 条中做了详细规定。

6.7.3 收集、调节系统

本条对印制电路板废水的收集做出了具体规定，要求印制电路板废水的收集要做到清污

分流，分类收集，这为废水的分质处理奠定了基础。

本条对调节池的容积、工艺设计提出了具体要求。

6.7.4 预处理

在预处理流程的选择上，本标准遵循以下原则：

(1) 根据污染物的特性、处理技术成熟度、可靠性，技术经济比较给出了基本工艺流程及工艺技术路线的基本要求。

(2) 每一种废水有多种处理方法供选择。

(3) 本标准确定的工艺参数，是将保证处理工艺连续运行、稳定达标作为基本原则，一般是通过调查同类典型工程案例并进行综合评价后确定的，也有的是采用已得到公认的经验参数，个别的还给出了修正系数。

6.7.5 综合废水

印制电路板废水污染物种类繁多，要想全因子达标排放，需要对其进行深度处理。本条对深度处理进行了定义，并将生化处理和废水回用的相关处理技术，从处理流程、参数与要求等方面分别提出了相应的技术要求。

6.7.6 废水回用

对印制电路板废水进行回用，符合印制电路板废水清洁生产的要求。

本条将印制电路板废水回用分为线上回用和末端回用两种，并给出了末端回用的基本工艺流程，以及末端回用所产生浓水的处理工艺。

6.7.7 废气

印制电路板废水处理过程中所产生的废气为二次污染，必须得到有效处理。

本条提出应从源头有效控制恶臭的产生，对臭气收集和处理工艺提出了技术要求。

6.7.8 污泥

印制电路板污泥处理是印制电路板废水处理的重要组成部分，属于危险废物。印制电路板废水的处理实质上是通过化学反应将金属类污染物从液体转移到固体的过程，其间，污染物的毒性和对环境的危害程度相应降低和减弱，因此，加强印制电路板污泥的处理与处置，对防止二次污染具有及其重要的作用。本标准针对污泥的特性，对污泥脱水、脱水后污染的堆放及处置分别做出了规定。

6.7.9 噪声

印制电路板废水处理过程中所产生的噪声为二次污染，必须得到有效处理。

本条规定废水站应采用低噪设备，降低噪声源强，并规定定期对机电设备进行维护，对高噪声设备采取隔声降噪措施以有效降低印制电路板废水处理过程中所产生的噪声，避免二次污染。

6.7.10 加药系统

本条对化学药品的贮存、使用应遵循的现行国家标准规定、规范和相关设计规定做出了明确的规定与要求。

6.8 工艺设备和材料

本标准对主要设备和材料的选型提出了选型要求和性能要求，设备和材料的选型首先应根据确定的工艺路线和特点，主要设备材料的性能应能满足废水处理的系统要求，在满足系统可靠性和经济性的同时，还应符合国家现行的产品标准。

需要设置备用的设备，本标准规定了应按工艺单元提出设备的备用形式和要求。在本标准中，对印制电路板废水处理工艺中的水泵、鼓风机、污泥脱水机、加药设备、污泥泵及其他设备、材料在选型和选用中应遵循的标准规范提出了具体要求。

本标准对构筑物、成套设备、管道、阀门、地面以及工程辅助设施提出了防腐要求。

6.9 检测与过程控制

在本章规定了印制电路板废水处理站应根据工艺要求，配备完善的自动化控制系统和水质监测仪器。

(1) 规定了废水处理站的处理水量控制方式、pH、氧化还原电位由 pH 计和 ORP 计控制，规定了流量计设置要求。

(2) 规定了在线监控仪的设置位置，规定了报警系统的设置要求。

(3) 规定了自动控制系统过程控制的配置与基本要求。

6.10 辅助工程

本标准对印制电路板废水处理工程设计中的构筑物、建筑与结构、电气、给排水和消防、采暖、通风和保温等辅助工程应遵循的现行国家标准规定、规范和相关设计规定做出了明确的规定与要求。

6.11 劳动安全与职业卫生

本标准对印制电路板废水处理工程的各构筑物的安全设施、金属物的安全措施、机械设备的防护措施、地下构筑物清理维修工作的安全措施、有害或危险化学品贮存、构筑物通风设施和阻隔防护设施、安全警示标志、消防、安全、报警与简单救护等设施等做出了规定与要求。

本标准对印制电路板废水处理设施在建设、运行过程中产生的废气、废水、废渣、噪声及其他污染物排放应遵循的现行国家标准规定、规范和相关设计规定做出了明确的规定与要求。

6.12 工程施工与验收

本标准在施工与验收的一般规定中，对施工与验收的有关工作做出了以下几条具体规定：

- 1) 规定了工程设计单位、施工单位应具备的资质条件；
- 2) 规定施工单位应严格按照设计图纸、技术文件、设备图纸等组织施工。对施工过程中的材料设备、隐蔽工程和分项工程等中间环节的单项质量验收做出了规定，并特别指出隐蔽工程应经过中间验收合格后，方可进行下一道工序施工。
- 3) 本标准对施工中所使用的设备、材料、器件都规定了明确的质量要求，除应符合现行国家标准和设计要求的，还要有产品合格证书，不得使用不合格产品。
- 4) 本标准规定了电镀废水处理的管道工程、混凝土结构工程、构筑物工程和设备安装应分别按照现行国家标准规范的有关规定进行施工和验收。
- 5) 本标准还规定了施工单位除应遵守相关的技术规范外，还应遵守国家有关部门颁布的劳动安全及卫生、消防等国家强制性标准。

本标准对印制电路板废水处理工程施工中的土建施工和设备安装两个重要内容分别提出了各自的技术要求和质量控制要求。

工程验收通常分为工程施工质量验收和环境保护验收两个部分。本标准对工程竣工验收和环境保护验收的依据、程序、方法和标准及验收文件、资料准备都做出了详细的规定。

本标准明确规定，印制电路板废水治理工程经环境保护竣工验收合格后，方可正式投入使用。

6.13 运行与维护

本标准在运行与维护一章中，对印制电路板废水治理设施运行、维护与管理、人员的基本要求、保障设施运行的基本要求、运行记录、水质监控、规章制度、岗位操作规程以及应急工程设施管理等做出了具体的规定。

7 标准实施的环境效益与经济技术分析

7.1 标准实施的环境效益

印制电路板行业发展迅速，排放的废水成份复杂、浓度高，而随着排放标准的日益严格，迫切需要整理、规范一些技术成熟、经济合理的PCB废水处理技术。本标准的发布能够指导行业的水污染防治，有利于保证企业外排废水达到相关标准的要求，有利于改善环境效益，保持初会和谐发展。具体体现在以下几个方面：

第一，由于本标准对于PCB废水处理规模的确定、处理工艺的选择、主要设计参数的选取和关键设备的选型等均作出了指导性的规定，因此，标准的实施在合理确定工程投资规模、最大程度发挥投资效益和控制运行成本等方面起到非常重要的作用；

第二，本标准为PCB废水的达标排放提供了坚实的技术支撑，可有效地减轻环境污染；

第三，相关废水的排放标准对PCB废水的回用提出了要求，本标准将促进废水处理技术和回用技术的发展，印制电路板废水的达标排放和回用，有利于保护生态环境，节约资源，发展循环经济。

7.2 技术经济分析

7.2.1 可达性分析

本标准基于目前社会经济水平和科学技术水平，规定了PCB废水处理工艺系统的一些关键内容，符合国家有关产业政策和污染防治工程技术政策等方面的要求。

本标准推荐的处理工艺均为成熟技术，有可靠的实践数据、工程案例作为基础，采用这些处理工艺，技术风险小，完全可以达到排放标准的要求。因此，本标准具有良好的技术可达性。

7.2.2 经济可行性分析

PCB废水随处理工艺和处理程度的不同，其工程投资和运行成本也有较大的差异，工程中应根据具体情况合理分析。

(1) 工程投资分析

PCB废水处理工程投资与排放标准密切相关，表21为不同处理级别的工程投资指标统计分析值。

表21 PCB废水处理工程投资估算指标

处理级别	投资指标 (元/m ³ 废水)	单位工程投资比例 (%)	备注
一级强化处理	2150~5350	10~31	参考《电镀污染物排放标准》(GB21900-2008)表2和《电子工业污染物排放标准》(征求意见稿)表1排放限值间接排放要求，出水重金属达标，其余指标达到纳管标准排往后续处理系统或其他污水处理厂进一步处理方可达标排放。
二级处理	1010~2100	5~15	参考《电镀污染物排放标准》(GB21900-2008)表2和《电子工业污染物排放标准》(征求意见稿)表1排放限值直接排放要求，出水全因子达标。
深度(回用)处理	2080~8100	18~65	参考《电镀污染物排放标准》(GB21900-2008)表2和《电子工业污染物排放标准》(征求意见稿)表2特别排放限值直接排放要求，出水全因子达标。
	1650~4300		回用脱盐处理后出水可用来替代自来水，本指标按60%回收率统计分析
合计	6890~19850	100	投资指标包括污泥处理

在废水处理系统的投资构成中，污水处理的深度与工程投资成正比，其中回用处理系统投资最大。如当采用完整工艺，使污水能够回用于生产时，工程投资大幅增加，但该工艺能够有效削减污染负荷，且由于能够有效回收资源，经济和环境效益较好。

(2) 运行成本分析

PCB废水处理系统的运行成本可根据处理级别、具体工艺流程，按照各单元的污染物去除总量进行核算，具体指标详见表22。由于各个区域和地方污泥处置费相差较大，下表中运行费用不含污泥处置费。

表22 PCB废水处理直接运行成本估算指标

处理级别	主要动力原材料消耗	费用 (元/m ³ 废水)	运行费用比 (%)	备注 (药剂种类)
一级强化处理	电耗、药剂	4.5~6.5	50~60	聚合氯化铝、碱、硫酸亚铁等
二级处理	电耗、药剂	0.4~1.5	5~8	葡萄糖、复合肥、尿素、面粉等

深度（回用）处理	电耗、药剂	2.5~3.5	30~35	阻垢剂、非氧化杀菌剂、亚硫酸氢钠
合计		7.5~12		

PCB废水处理系统直接运行费用在7.5~12元/m³的范围内，影响运行成本的因素较多。其中，一级强化处理：采用自然沉降工艺时，运行成本主要集中在水泵提升的电耗上，与水质关系不大，运行成本较低，约0.5~0.8元/m³，采用混凝沉淀时，药剂消耗是该单元主要的费用支出，根据投加药剂的不同约为4~6元/m³；二级处理运行成本主要是好氧曝气的电耗，约为0.4~1.5元/m³；深度处理采用超滤与反渗透组合工艺时，运行成本主要是药剂消耗和电耗，约为2.5~3.5元/m³。

系统处理出水要求决定了该工艺的处理成本，出水要求回用于生产，处理成本高；如出水只需达到当地的排放要求则处理成本较低。随着清洁生产要求的提高，处理程度的要求和回用比例将进一步提高，运行成本也会相应增加，但该费用在企业的可承担范围之内。

8 标准实施建议

本标准为首次制订，由于印制电路板废水的治理技术将随着环保管理要求而不断发展与创新，新技术不断使用，因此，本标准中的相关技术、工艺会发生很大的变化，相应的技术要求也应随之进行相应的调整。因此，建议在本标准实施过程中，广泛听取和收集各方面的意见与建议，根据实际应用情况，对本标准进行不断地修订与完善，使其实用性和可操作性与时俱进，不断满足环境管理和环保设施工程建设需要。