

《电子电路制造业清洁生产评价指标体系 (征求意见稿)》编制说明

《电子电路制造业清洁生产评价指标体系》标准编制组

二〇二五年九月

目 录

1 指标体系制定的主要产业政策介绍	1
2 印制电路板制造业概况	2
2.1 我国印制电路板制造业生产概况	2
2.2 我国印制电路板制造业技术发展情况	3
3 工作过程	5
4 印制电路板生产工艺及污染控制技术调查分析	6
4.1 印制电路板生产工艺	7
4.2 产污分析	8
5 指标体系情况简介	9
5.1 范围	9
5.2 指标体系制定原则	9
5.3 指标体系参考资料	10
6 指标体系编制指导思想	10
7 指标体系框架的确立	11
8 指标选取	11
8.1 指标分类	11
8.2 指标基准值的确定	12
8.3 权重分值的确定	12
9 对产业的影响分析	12

1 指标体系制定的主要产业政策介绍

90年代初，我国从发达国家引进清洁生产的概念，并与多个国家开展了多种形式的合作。1997年4月，国家环境保护局制定并发布了《关于推行清洁生产的若干意见》，要求地方环境保护主管部门将清洁生产纳入已有的环境管理政策中。1995和2000年两次修订颁布的《中华人民共和国大气污染防治法》中均明确规定“企业应当优先采用能源利用效率高、污染物排放量少的清洁生产工艺，减少大气污染物的产生。”2002年6月29日，第九届全国人大常委会第二十八次会议通过《中华人民共和国清洁生产促进法》，该法于2003年1月1日起实施。从此，清洁生产有了专门的法律保障。

为贯彻落实《清洁生产促进法》，引导企业采用先进的清洁生产工艺和技术，全面推行清洁生产，国家经济贸易委员会、国家环境保护总局分别于2000，2004，2006年先后发布了3批《国家重点行业清洁生产技术导向目录》。该目录涉及冶金、石化、化工、轻工、纺织、机械、有色金属、建材、电力、煤炭，半导体等行业，共141项清洁生产技术，是行业主管部门在对本行业清洁生产技术进行认真筛选、审核的基础上，组织有关专家进行评审后确定的。这些技术经过生产实践证明，具有明显的经济和环境效益，同时对于推进清洁生产技术、工艺、设备、产品的升级换代，节约资源能源，促进经济增长方式转变，实现资源优化配置具有重要的现实意义。

在当今全球倡导“绿色制造”的大环境下，各国均相继出台了与电子产品污染控制与资源综合利用等相关的指令及法规，企业也通过不断改进技术方案做到合规。根据《中华人民共和国清洁生产促进法》，企业应开展清洁生产技术研究，通过改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。另外，在我国《电子信息产品污染控制管理办法》中也提出要通过设计、生产过程中，改变研究设计方案、调整工艺流程、更换使用材料、革新制造方式等技术措施，减少产品中有害物质的使用。同时，相关部门也在组织制定支撑上

述法规的国家标准和行业标准。目前，工业和信息化部组织制定了有关清洁生产水平评价及审核的国家标准，明确了清洁生产水平评价指标体系；生态环境部也已经或正在组织制定一系列清洁生产标准，其中一些虽涉及到电子行业，但标准数量很少，而且其内容侧重点主要是排放指标的要求。此外，李毅中部长在《加快产业结构调整 推进工业节能减排》署名文章中明确指出：“要加快推行清洁生产，积极推行资源综合利用，切实加强工业“三废”污染防治。加强工业清洁生产审核工作，编制工业先进适用清洁生产技术指南，制定清洁生产水平评价标准编制通则。抓紧重点行业、重点企业的工业治污，把减排和治污紧密结合，标本兼治。控制污染源，实现少减排、零排放”。因此，作为电子信息产业中上游的电子电路制造业，希望从产品生命周期的角度，从源头的有害物质减量化，生态设计，特别是工艺制造过程指导企业，制定相关产品清洁生产指导性技术文件，使企业采用优化技术，满足清洁生产审核要求，并达到排放要求。

电子电路生产过程中使用了大量繁多的各种有机和无机物，并涉及有毒有害物质，如不加以控制，将会产生较大的环境污染。因此，需要尽快研究、制定电子电路行业的清洁生产评价指标体系。

2 印制电路板制造业概况

印制电路板（Printed Circuit Board，简称“PCB”），又称为印制线路板、印刷电路板、印刷线路板。是现代电器安装和连接元件的基板，是电子工业中一种重要的基础组装件。

PCB 诞生于 20 世纪 30 年代，采用电子印刷术制作，以绝缘板为基材，有选择性的加工孔和布设金属的电路图形，用来代替以往装置电子元器件的底盘，并实现电子元器件之间的相互连接，起中续传输的作用，是电子元器件的支撑体，有“电子产品之母”之称。该产业的发展水平可在一定程度上反映一个国家或地区电子产业的整体发展速度与技术水平。

2.1 我国印制电路板制造业生产概况

印制电路板制造业作为电子信息产业这一战略性先导产业的基础行业，随着电子行业的蓬勃发展，正迎来重大发展机遇。与此同时，基于成本和产业链的考虑，越来越多的欧美国家、日本、韩国和台湾地区的大中型厂商都将制造中心转

移到中国大陆。经过多年的发展，我国线路板行业正步入 10 年黄金期，2016 年起，受益于数据中心、汽车电子、网络基础设施设备以及消费电子需求崛起，全球 PCB 产值逐年上涨，呈现长期成长的趋势。中国早已是世界 PCB 的最大制造产地。

2023 年受宏观经济及电子行业景气度不佳影响，PCB 行业产值出现一定回落。根据美国电子市场著名调研机构 Prismark 公司（以下简称“Prismark”）估测，2023 年全球/中国 PCB 产值分别约为 695/378 亿美元，同比分别下降约 15.0%/13.2%。展望 2024 年及未来，人工智能、汽车电子等行业将有效支撑 PCB 行业需求，叠加电子行业本身的周期复苏，预计 2024 年全球/中国 PCB 行业产值将分别达约 730/393 亿美元，同比分别增长约 5.0%/4.1%。

长期以来，中国以庞大的生产能力和成本优势，成为全球 PCB 制造业的中心。随着全球经济一体化的深入发展和供应链多元化的需求，“中国+N”的新模式逐渐成为行业新趋势，其中“N”代表的是东南亚等新兴市场。中国仍将保持行业的主导制造中心地位，但由于中国 PCB 行业的产品结构和一些生产转移，Prismark 预测 2023-2028 年中国 PCB 产值复合增长率约为 4.1%，略低于全球，预计到 2028 年中国 PCB 产值将达到约 461.80 亿美元。

表 2.1-1 Prismark 预计近年各个国家和地区 PCB 的产值增长情况（单位：亿美元）

国家和地区	2022	2023E		2024E		2028E		GAGR (2023-2028)
	产值	增长率	产值	增长率	产值	增长率	产值	
美洲	3369	-4.8%	3206	3.1%	3304	3.5%	3855	3.8%
欧洲	1885	-8.3%	1728	1.5%	1854	2.9%	2002	3.0%
日本	7280	-16.5%	6078	3.9%	6316	4.9%	7904	5.4%
中国大陆	43553	-13.2%	37794	4.1%	39341	3.7%	46180	4.1%
亚洲（除中国大陆、日本）	25654	-19.3%	20710	7.5%	22256	7.6%	30472	8.0%
总计	81741	-15.0%	69517	5.0%	72971	5.1%	90413	5.4%

数据来源：Prismark

2.2 我国印制电路板制造业技术发展情况

从 Prismark 预估数据的产品类别来看，全球 PCB 产业均在向高精度、高密度和高可靠性方向靠拢，不断提高性能以适应下游产业发展。未来五年，预计封装基板、18 层及以上多层板、HDI 将展现出较为强劲的增长势头，预计 2023 年

至 2028 年的复合增长率将分别达到 8.8%、7.8%、6.2%，增速超过行业平均水平。

表 2.2-1 全球 PCB 各类产品市场规模（亿美元）及增速

	2023	2024	2028	GAGR（2023-2028）
单/双面板	78	79	90	3.1%
4-6 层	155	160	183	3.4%
8-16 层	95	100	123	5.5%
18 层及以上多层板	16	17	23	7.8%
HDI	105	111	142	6.2%
封装基板	125	136	191	8.8%
软板	122	126	151	4.4%
合计	695	730	904	5.4%

数据来源：Prismark

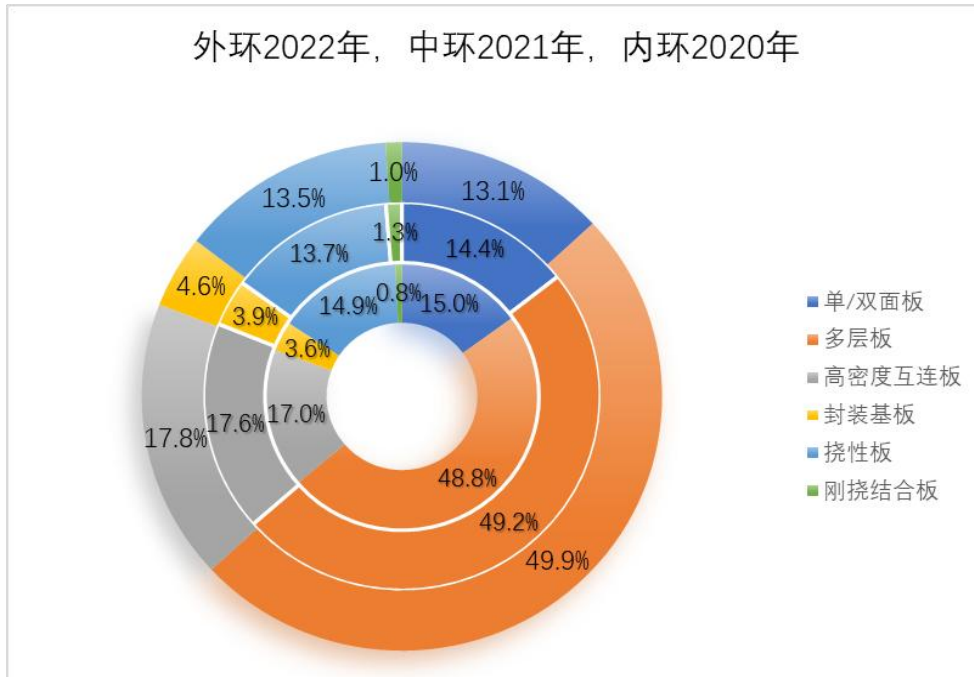
从 PCB 产业分下游应用占比来看，根据 Prismark 数据，智能手机、个人电脑、其他消费电子、汽车电子、服务器及数据中心是 PCB 下游中的核心应用场景，其中服务器及数据中心、汽车电子成长最快，预计 2022 年至 2027 年 CAGR 分别达到 6.5%、4.8%，是推动 PCB 行业新一轮快速增长的主要驱动力。

表 2.2-2 全球 PCB 不同领域产值（百万美元）及增速

	2022	2023	2027	GAGR（2022-2027）
个人电脑	127	94	103	-4.1%
服务器及数据中心	99	82	135	6.5%
其他计算机产品	41	37	43	0.8%
智能手机	160	130	170	1.2%
有线通讯基础设施	67	59	96	2.6%
无线通讯基础设施	36	32	42	3.3%
其他消费电子	111	90	119	1.4%
汽车电子	95	91	120	4.8%
工业控制	33	30	37	2.4%
医疗器械	16	15	17	2.3%
航空航天	34	34	41	4.1%
合计	817	695	903	2.0%

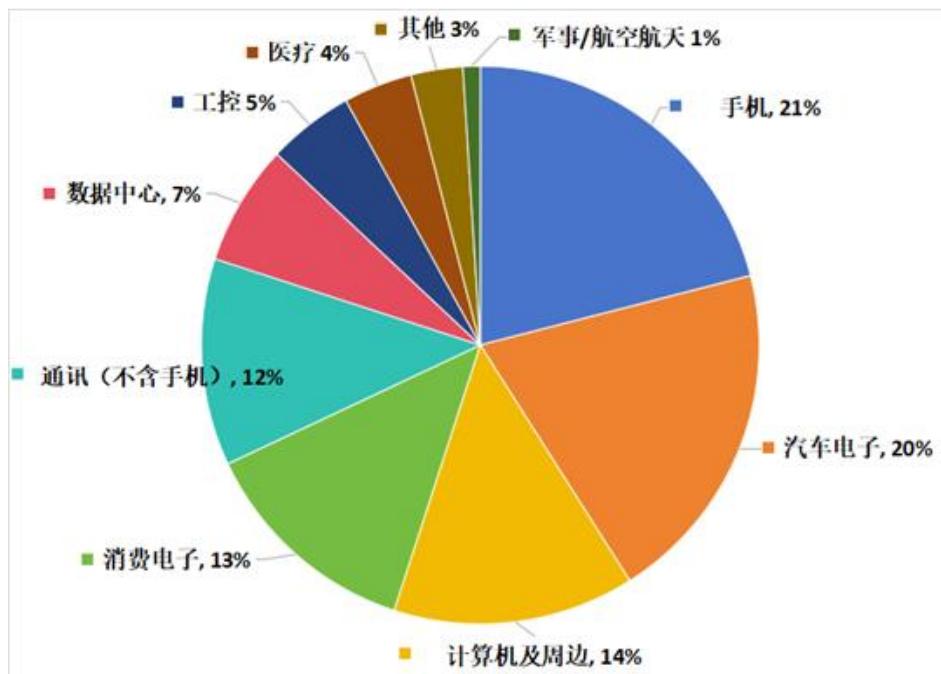
数据来源：Prismark

根据 CPCA 发展年报显示，2022 年我国 PCB 总产值达 3360 亿元，同比增长 1.8%，其中多层板、封装基板、HDI 贡献了主要营收增量，分别同比增长 3.4%，2.9%，19.5%，产业结构不断优化，单双面、多层板、HDI 板合计占比 80%以上。



2020-2022 年中国各类型 PCB 产品占比
(数据引自中国电子电路行业协会发展年报)

此外，新能源汽车的蓬勃发展，拉动了中国 PCB 应用市场主要增量，汽车电子 PCB 营收达 675 亿元，较 2021 年增加 130 亿元，占总营收的 20%，较 2021 年增长 4%。



2022 年中国各应用领域的 PCB 产品营收占比
(数据引自中国电子电路行业协会发展年报)

3 工作过程

1. 2022年，广东智环创新环境科技有限公司、广东省电路板行业协会、广东省清洁生产协会、广东韶科环保科技有限公司、深圳市兴森快捷电路科技股份有限公司、深圳中信华电子集团有限公司&嘉立创、珠海市创富华电子科技有限公司自愿组成研究小组。

2. 2023年1月~4月，由研究小组收集整理关于印制电路板制造业清洁生产的相关法规和标准、技术要求、参考文献等资料，并与行业内典型企业建立联系，开展立项前期研究工作。

3. 2023年5月，编制完成《印制电路板制造业清洁生产评价指标体系》立项申报材料，并向广东省环境科学学会报送立项。

4. 2023年6月2日，广东省环境科学学会在广州市组织召开团体标准《印制电路板制造业清洁生产评价指标体系》立项论证会。专家组听取了标准起草单位的汇报，审阅了相关资料，经认真讨论，给出了同意立项的结论。2023年6月11日，广东省环境科学学会印发了“广东省环境科学学会关于《挥发性有机物专项清洁生产审核 表面涂装行业审核技术规范》等4项团体标准项目立项的通知”(粤环学函 [2023] 22号)，《印制电路板制造业清洁生产评价指标体系》正式立项。

5. 2023年7月~2024年7月，组织召开多次调研讨论会，结合问卷调查、现场实地调研成果，就指标体系的框架、指标选取、基准值的确定等关键问题进行了讨论，形成标准征求意见稿初稿及编制说明。

6. 2024年11月19日，广东省环境科学学会组织召开《印制电路板制造业清洁生产评价指标体系》标准专家咨询会。

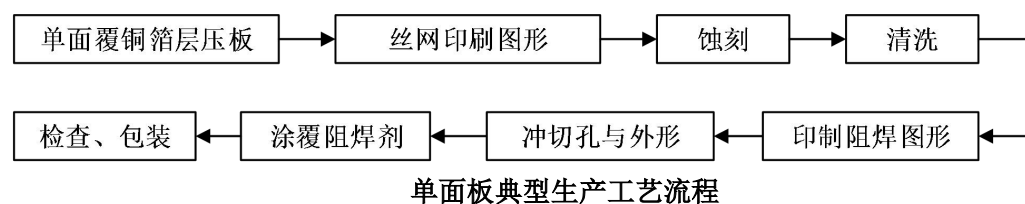
7. 2025年8月，结合专家咨询意见，修改完善形成《电子电路制造业清洁生产评价指标体系》(征求意见稿)。

4 印制电路板生产工艺及污染控制技术调查分析

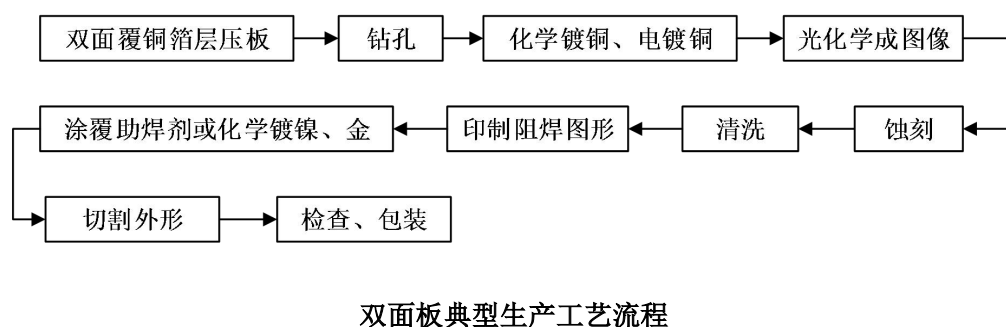
PCB 产品分类方式多样，行业中常用的分类方法主要有按导电图形层数分类、按板材的材质分类以及按产品结构分类。按导电图形层数可分为单面板、双面板、多层板；按板材的材质分类可分为刚性板、挠性板、刚挠结合板；按产品结构分类可分为 HDI 板、IC 封装载板、厚铜板、高频板、高速板、金属基板等。根据生产工艺及产污情况，以层数为基础进行分类，针对不同板材及结构进行进一步细化或说明。

4.1 印制电路板生产工艺

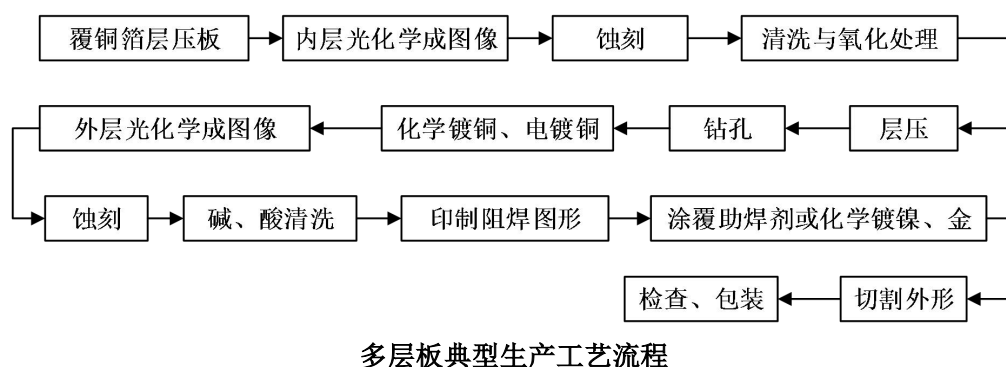
4.1.1 单面板



4.1.2 双面板



4.1.3 多层板



4.1.4 其他说明

挠性板与刚性板生产工艺流程不同处，主要包括采用黑孔代替化学镀铜工序；阻焊工序采取帖覆盖膜的方式代替绿油阻焊工艺。

HDI 板与多层板生产工艺流程基本相同，均包括内层板制作、外层板制作及后续成型工序，HDI 板在内层制作工序时，通常有激光钻孔工序、盲孔/埋孔/盲埋孔电镀工序等，其他生产工艺基本相同。

IC 封装载板是在 HDI 板的基础上发展而来，是适应电子封装技术快速发展

的技术创新，具有高密度、高精度、高性能、小型化以及轻薄化等特点。从产品层数、板厚、线宽与线距、最小环宽等维度看，封装基板更倾向于精密化与微小化，是一类更高端的 PCB，其中线宽/线距是产品的核心差异，封装基板的最小线宽/线距范围在 10~130 μm ，远远小于普通多层硬板 PCB 的 50~1000 μm 。由上述特性决定 IC 封装基板多采用半加成制作工艺，其生产原料、水质等有别于普通多层板及 HDI 板。

4.2 产污分析

印制电路板的生产工序多，制造流程长，工艺复杂，涉及的原材料种类多，因而整个制造过程会产生一些废水、废液、废气、固体废弃物产生。

其中废水、废液主要污染物为酸碱、重金属铜、镍和银、氰化物、氨氮、COD、SS 和有机物等；废气主要可分为粉尘、酸碱雾、挥发性有机化合物等；固体废弃物主要为边角料、不合格产品等。

根据具体生产工艺流程及污染物的性质，主要污染物来源汇总如下：

表 4-1 电路板项目主要污染物来源分析一览表

种类	污染物	来源
废水	含银废水	沉银及沉银后清洗水等
	含镍废水	电镀镍/化镀镍后清洗水等
	含氰废水	电镀金/化镀金后清洗水等
	高浓度有机废水	显影、剥膜、除胶废液和显影首级清洗水等
	低浓度有机废水	脱膜、显影工序的二级后清洗水；贴膜、氧化后以及保养清洗水、废气处理喷淋水等
	络合铜废水	化镀铜等清洗水等
	铜氨废水	碱性、酸性蚀刻清洗水，过硫酸铵体系下微蚀清洗水等
	含铜废水	电镀铜工艺的清洗水等
	磨板废水	钢板磨刷线、表面处理、陶瓷磨板等生产工艺产生的废水等
废液	酸性蚀刻废液	酸性蚀刻工序
	碱性蚀刻废液	碱性蚀刻工序
	棕化废液	棕化工作槽液
	膨松废液	膨松槽液
	含锡废液	退锡、化锡工作槽液
	含镍废液	化镍工作槽液
	退镀废液	退镀工作槽液
废气	粉尘	开料、钻孔、成型等工序
	酸雾（盐酸、硫酸、	酸洗、酸性蚀刻、电镀/化学镀、退镀等工序

种类	污染物	来源
	NO _x 、氰化氢等)	
	甲醛	化镀铜等工序
	氨气	碱性蚀刻等工序
	有机废气	内层涂布、阻焊涂布、文字及喷锡等工序
	其他废气	喷锡含锡废气
固废	边角料、钻孔粉尘	开料、钻孔
	膜废渣	压膜、干膜及退膜工序
	废油墨	内层涂布、阻焊、文字等工序
	废电路板	成型工序

5 指标体系情况简介

5.1 范围

本指标体系规定了电子电路制造业清洁生产的一般要求。本指标体系将清洁生产指标分为九类，即生产工艺及装备、能源消耗、水资源消耗、原/辅料资源消耗、资源综合利用、污染物产生与排放、温室气体排放、产品特征和清洁生产管理。

本指标体系适用于电子电路制造业的清洁生产审核、清洁生产潜力与机会的判断以及清洁生产绩效评定和清洁生产绩效公告制度，也适用于环境影响评价、排污许可证、环保领跑者等环境管理制度。

5.2 指标体系制定原则

本指标体系要符合产品生命周期分析理论的要求，充分体现全过程污染预防思想，以帮助印制电路板生产企业进行污染源核查，生产工艺中清洁生产潜力与机会判断，指标体系的建立，消减方案的建立等工作，实现清洁生产。其具体原则体现在如下几个方面：

1. 符合清洁生产标准编制要求的原则。按照清洁生产评价指标体系编制通则明确的“九类”指标要求（生产工艺及装备、能源消耗、水资源消耗、原/辅料资源消耗、资源综合利用、污染物产生与排放、温室气体排放、产品特征和清洁生产管理），综合考虑产品生产实际，指标采用定性、定量相结合的方式。

2. 符合清洁生产的思路，体现生产全过程以预防为主的原则。符合产品生命周期分析理论的要求，充分体现全过程污染预防思想，并覆盖从原材料的选取

到生产过程和污染物的处理处置的各个环节。

3. 考虑清洁生产水平，因地制宜，分阶段实施原则。根据生产特点，特别是生产设备和原材料来源不同，技术经济指标不同。考虑到要调动大多数企业的积极性，以及今后进行清洁生产企业的绩效评定和公告制度的需要制定清洁生产指标体系。并确定了相应的清洁生产分级。

4. 符合产业政策、资源综合利用以及节能减排趋势的要求的原则。根据生产特点，特别是资源综合利用工艺不同，技术经济指标不同，各个企业的指标均相差较大。因此，考虑到大多数生产企业的积极性，以及今后进行清洁生产企业的绩效评定和企业清洁生产绩效公告制度的需要。

5. 与现行管理制度相结合的原则。充分考虑各类产品生产工艺特点，与国内现行环境管理制度（环境影响评价、排污许可证）相结合，以环境保护为重点，作为污染预防战略的技术支持。

5.3 指标体系参考资料

1. 《清洁生产评价指标体系编制通则》（试行稿），（中华人民共和国国家发展和改革委员会，中华人民共和国环境保护部，中华人民共和国工业和信息化部公告，2013年第33号）

2. 《工业和信息化部关于进一步加强工业节水工作的意见》（中华人民共和国工业和信息化部，工信部节〔2010〕218号）

3. 《产业结构调整指导目录（2011年本）（2013年修正）》，国家发展和改革委员会令 第21号

4. 《国家发展改革委关于暂缓执行2014年底淘汰氰化金钾电镀金及氰化亚金钾镀金工艺规定的通知》（发改产业〔2013〕1850号）

5. 《电子工业水污染物排放标准》GB 39731

6. 《工业用水节水术语》GB/T 21543-2008

7. 《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597

8. 《环境管理体系标准》GB/T24001

6 指标体系编制指导思想

本指标体系遵循“科学、合理、易操作”的原则进行编制。指标体系的编制体

现了生产全过程预防控制和源头削减的思想。本指标体系框架及定量、定性指标内容的确定，充分依据现行的《产业结构调整指导目录》和行业清洁生产标准化工作现状、并充分考虑了国内外已有的清洁生产技术成果和成功的清洁生产管理经验和行业未来的发展趋势等信息内容。指标体系中指标的选取考虑了各类产品的生产特点和指标的典型性、代表性、统计指标数据容易获得等因素，使编制的指标体系具有可操作性。

7 指标体系框架的确立

本指标体系评价指标体系框架的确立，主要依据《清洁生产评价指标体系编制通则（试行稿）》，并结合行业生产特点予以确定。

8 指标选取

8.1 指标分类

上述九大类清洁生产一级指标当中，生产工艺及装备指标是通过调查国内外同行业的先进生产工艺与装备水平，在满足国家产业政策要求的基础上，采用无毒/低毒原料、资源消耗低、污染产排少的生产工艺及装备。

能源消耗、水资源消耗、原/辅料资源消耗指标为行业常用的经济指标。上述指标目的是促进企业采用节能、节水、节材措施，最大限度降低资源、能源的消耗，提高资源能源利用效率。具体指标包括：单位产品电耗、单位产品新鲜水用量和单位产品抗蚀剂消耗量、单位产品阻焊剂消耗量等指标。

资源综合利用指标对印制电路板行业十分重要，为减少重金属污染，鼓励企业回收蚀刻、电镀废液及相应工序后清洗废水中的重金属和水。

污染物产生与排放指标是根据印制电路板生产工艺特点，选择了废水、废水中铜、氰化物、COD、氨氮、废气中 VOCs 等作为控制指标。考虑到行业生产线通常会采取减少药水槽药剂带出的措施，以减少重金属等污染物的产生，以采用减少镀液带出措施数量来衡量。此外，提出危险废物污染防治措施指标。

温室气体排放指标为近年提出的要求。由于印制电路板行业不属于石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、民航等温室气体管控重点行业，因此选择温室气体管理措施作为指标，旨在鼓励企业减排，持续运作组织温室气体管理。

产品特征指标的目的在于促使企业采用先进的企业质量管理规程，严格产品合

格率。对于印制电路板行业，提高产品合格率是非常重要的节约资源和减少污染的措施。

清洁生产管理水平是影响各行业清洁生产绩效的重要因素。清洁生产管理指标从环境法律法规标准执行情况、产业政策执行情况、生产过程环境管理、环境管理体系制度及清洁生产审核情况、废水环保设施运行管理、废气环保设施运行管理、危险化学品管理、危险废物处理处置、环境应急预案等九个方面提出规范性要求。

对于印制电路板生产，考虑到印制电路板不同产品结构及质量要求的差别，按照产品类型及层数对指标进行了进一步细化。根据生产工艺特点将产品分为：1) 单面板；2) 双面板；3) 多层板（HDI、IC 封装基板除外，(2+n) 层）；4) HDI 板 ((2+n) 层)；5) IC 封装基板 ((2+n) 层)。

8.2 指标基准值的确定

考核基准值的选取，既要考虑政策要求，也要考虑当前的行业实际情况。因此，在选取考核基准值时，在符合国家现行产业发展、环境保护政策和行业发展规划要求的前提下，充分考虑行业的现有水平（以往期统计资料、问卷调查数据为基础），将清洁生产先进（标杆）水平划分为I级基准值，将清洁生产准入水平划分II级基准值，将现有企业的平均水平划分为III级基准值。

此外，清洁生产是一个相对概念，它将随着经济发展和技术更新而不断完善，达到新的更高、更先进的水平。因此清洁生产评价指标的考核基准值，也应视行业技术进步趋势和国内企业情况进行不定期调整，不能一成不变，其调整周期最长不应超过5年。

8.3 权重分值的确定

清洁生产评价指标的权重值反映了该指标在整个清洁生产评价指标体系中所占的比重。它原则上是根据该项指标对企业清洁生产实际效益和水平的影响程度大小及其实施的难易程度来确定的。一级指标的权重之和为1，每个一级指标下的二级指标权重之和为1。权重分值是结合行业关键影响因素讨论确定。

9 对产业的影响分析

对于行业中生产规模大、精度要求高、投资多的企业，其环保投资额都很高，但由于其建厂的总投资也很大，因此环保投资占总投资的比例并不高。对于此类企业而言，可通过本指标体系建议对生产过程设备进行改进、工艺及原辅料进行优化控制，达到相应的排放标准，不需要额外投入处理设备，因此执行清洁生产相关标准的经济压力较小。

与之相比，对于行业中投资少、规模小、精度低的企业，以目前的排污现状为基础，要达到清洁生产相关标准的各项要求可能需要追加环保投资，这部分投资对于企业经营将会产生影响，经济可行性上存在一定难度。但根据行业发展趋势，全球 PCB 产业均在向高精度、高密度和高可靠性方向靠拢，不断提高性能以适应下游产业发展，工业和信息化部可以利用这一契机，要求企业加强对环保的投入，对生产工艺和相应设备进行改造提升，从而推进该行业清洁生产的实施。