

高桂兰 谢华清 编



电子工业毒害物质 检测及防治

HAZARDOUS SUBSTANCES IN ELECTRONIC INDUSTRY
& THEIR DETECTIONS AND PREVENTIONS



化学工业出版社

电子工业毒害物质 检测及防治

HAZARDOUS SUBSTANCES IN ELECTRONIC INDUSTRY
& THEIR DETECTIONS AND PREVENTIONS



化学工业出版社

· 北京 ·

本书注重阐述了电子工业及产品带来的环境问题,电子产品的主要生产工艺,在生产过程中产生和涉及的有毒有害物质,以及这些有毒有害物质的分析检测技术及方法,电子产品绿色设计与制造。本书适合相关专业大专院校师生、科研人员及管理人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子工业毒害物质检测及防治/高桂兰,谢华清编.
北京:化学工业出版社,2011.10
ISBN 978-7-122-12253-7

I. 电… II. ①高… ②谢… III. ①电子工业-
有害物质-检测②电子工业-有害物质-防治 IV. X76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 182687 号

责任编辑:曾照华
责任校对:洪雅姝

文字编辑:冯国庆
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市万龙印装有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张11 $\frac{3}{4}$ 字数237千字 2012年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址:<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

随着时代的进步和电子科学技术的发展，电子产品已广泛应用于国防、科技、国民经济的各个领域以及社会生活的各个方面，而且已经成为现代信息社会的重要标志，电子工业已经成为国民经济的基础性、支柱性和先导性产业。近几十年来，全球电子电器工业技术更新速度越来越快，电子产品升级换代周期不断缩短。电子工业生产过程中大量使用品种繁多的有机和无机物，其中有许多有毒有害物，对环境危害较为严重。如不加以控制，将会产生较大的环境污染。目前的电子电器产品中含有大量的重金属，如汞、镉、铅、六价铬等，此外电子电器产品还使用含有多溴联苯（PBB）、多溴联苯醚（PBDE）阻燃剂的阻燃塑料，因此，如果对报废电子电器产品不进行恰当的处理将会造成严重的环境污染。有效地控制污染源及治理排放成为电子工业发展的关键。

鉴于此，欧盟经过近 10 年的讨论磋商，于 2003 年 2 月 13 日正式颁布了《关于报废电子电器设备指令》（简称 WEEE）及《关于在电子电器设备中限制使用某些有害物质指令》（简称 RoHS）两指令。欧盟希望通过制定 WEEE 及 RoHS 这两个环保法规来减少报废电子电器产品对生态环境的污染，保障欧盟电子电器工业的可持续发展。

电子电气产品内几乎所有的有毒有害物质都是在生产阶段为达到一定目的而被添加进去的。电子工业中使用这些有毒有害物质过程中，一方面会对环境造成影响和压力；另一方面，电子生产涉及的工艺，如印制线路板制造、焊接、电镀、清洗等，均会产生污染物。因此，明晰电子工业产生的相关的有毒有害物质，对于技术创新，开展绿色制造，提升产业竞争力，具有重要的意义。

我国是一个电子电器产品出口大国，随着我国出口产品结构的不断优化，家电产品在我国对外出口产品中所占比例会越来越大。从长期来看，WEEE 及 RoHS 指令将对我国家电产品向欧盟的出口带来巨大影响。为了减轻欧盟指令对我国电子电器行业的冲击，需要对指令进行认真分析，对电子电器产品的零部件材料及其组成物质进行分析研究，以识别出含有 RoHS 指令限制使用的六种有毒有害物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯以及多溴联苯醚）的材料及其零部件。从而为企业应对欧盟的两个指令提供有力的支持，加快有毒有害物质替代技术的研究，加快

产品技术的更新,生产符合 WEEE 和 RoHS 指令要求的电子电器产品。从而增强我国产品在欧盟市场上的竞争能力,开发新的市场,实现电子电器行业的持续发展。

本书分为 6 章,由上海第二工业大学城市建设与环境工程学院高桂兰和谢华清两位老师共同编写。其中高桂兰编写了第 2 章、第 3 章,谢华清编写了第 1 章、第 4 章~6 章由高桂兰和谢华清共同编写。全书由高桂兰负责统稿。

本书是在过去几年编者在编制国家环境保护标准《电子工业污染物排放标准 电子专用材料》和讲授《电子产品和电子工业中有毒有害物质》讲义的基础上整理补充而成,希望为学生和相关读者提供一本感兴趣的读物。书中大量引用了电子信息领域众多学者的卓越工作,在此谨向本书直接或间接引用的著作的作者们表示衷心的感谢。编者在编写本书过程中得到了环境保护部“电子工业污染物排放标准 电子专用材料”、上海市重点学科“电子废弃物资源化及环境功能材料”、上海市教委重点学科“电子产品与环境工程”以及上海地方本科院校“十二五”内涵建设项目重点专业“环保设备”等建设项目的支持,编者所在单位上海第二工业大学的领导和同事们给予了热情的鼓励和支持,在此一并表示感谢。

编者试图通过本书向读者介绍电子工业中毒害物质及其检测和防治方法,由于水平有限,不足之处在所难免,希望广大读者给予批评指正。

编者

2011 年 8 月于上海

目 录

CONTENTS

第1章 绪论	1
1.1 电子产品分类	1
1.1.1 电子产品的定义	1
1.1.2 电子电器设备的分类	1
1.2 电子工业的发展	3
1.3 电子工业及产品的环境问题	4
1.3.1 环境问题	6
1.3.2 能源问题	8
1.3.3 产品中的毒害物质	10
1.3.4 在生产过程中使用的毒害物质	11
思考题	12
第2章 电子产品生产工艺	13
2.1 概述	13
2.2 印制电路板生产工艺	14
2.2.1 印制电路板概述	14
2.2.2 基板材料	17
2.2.3 印制板的制造工艺	19
2.3 电子产品封装工艺	31
2.3.1 封装技术简介	31
2.3.2 通孔插装技术	32
2.3.3 表面安装技术	34
2.4 焊接技术	40
2.4.1 使用电烙铁进行手工焊接	41
2.4.2 电子工业中的自动焊接技术	41
思考题	45

第3章 电子工业中的有毒有害物质	47
3.1 概述	47
3.2 半导体行业产生的主要毒害物质	48
3.2.1 半导体行业概况	48
3.2.2 半导体主要制造工艺	49
3.2.3 半导体行业产生的主要毒害物质现状	50
3.2.4 主要国家、地区及国际组织相关标准	57
3.3 印制电路板生产过程产生的毒害物质	60
3.3.1 电子铜箔材料生产	60
3.3.2 覆铜板材料生产	61
3.3.3 印制电路板生产环境污染	61
3.4 电子元件生产过程产生的毒害物质	63
3.4.1 电容器生产	63
3.4.2 电阻器	67
3.4.3 电位器	68
3.4.4 电感器	70
3.4.5 电子变压器	71
3.4.6 敏感元件	71
3.4.7 电子元件行业排污现状	72
3.5 显示器件生产过程产生的毒害物质	72
3.5.1 电真空器件生产污染情况	72
3.5.2 平板显示器生产污染情况	75
3.5.3 光电子器件生产污染情况	84
3.5.4 显示器件行业排污现状	86
3.6 电子材料生产过程产生的毒害物质	87
3.6.1 半导体材料的制备	88
3.6.2 电子陶瓷材料	91
3.6.3 焊接材料产生的有毒有害物质	91
3.7 电镀产生的有毒有害物质	92
3.8 污染防治技术	93
3.8.1 废水处理	93
3.8.2 废气处理	97
思考题	100
第4章 电子产品中的主要毒害物质	101
4.1 生产过程及产污分析	102

4.1.1	电子终端产品的生产工艺	102
4.1.2	产污分析	103
4.2	电子产品中主要有毒有害物质	105
4.2.1	铅的应用和危害	107
4.2.2	镉的应用和危害	108
4.2.3	汞的应用及危害	108
4.2.4	铬的应用和危害	108
4.2.5	PBB 和 PBDE 的应用和危害	109
4.3	计算机内的主要毒害物质	110
4.4	电视机内的有毒有害物质	112
4.5	空调与冰箱内的有毒有害物质	113
4.5.1	产品内有有毒有害物质	113
4.5.2	氟里昂及其危害	115
4.5.3	废旧产品处理	116
4.6	手机内的有毒有害物质	120
4.7	电池内的有毒有害物质	120
4.8	电子产品中毒害物质相关的环保法规	122
4.8.1	概述	122
4.8.2	WEEE 指令	122
4.8.3	RoHS 指令	125
4.8.4	EPR 体系	126
4.8.5	机遇和挑战	127
	思考题	128

第5章 有毒有害物质的分析检测 129

5.1	样品的采集与预处理	129
5.1.1	电子产品分析简介	129
5.1.2	样品采集	129
5.1.3	样品预处理	129
5.2	色谱分析方法	132
5.2.1	色谱分析简介	132
5.2.2	气相色谱法	133
5.2.3	高效液相色谱法	135
5.2.4	色谱定性与定量分析方法	136
5.3	光学分析方法	138
5.3.1	等离子体发射光谱分析方法	138
5.3.2	原子吸收光谱法	142

5.3.3 X射线荧光分析方法	145
5.4 其他分析方法	146
5.4.1 电化学分析法	146
5.4.2 滴定分析法	147
5.4.3 质谱分析法	147
5.4.4 紫外-可见分光光度法	148
5.4.5 红外光谱法	149
5.5 综合解决方案	149
5.5.1 概述	149
5.5.2 分析测试程序步骤	150
5.5.3 测试程序流程	151
5.5.4 六种有毒有害物质的分析方法	152
5.6 分析案例	155
5.6.1 金属镉的分析检测	155
5.6.2 多氯联苯的分析检测	157
思考题	158

第6章 电子产品绿色设计与制造概述 159

6.1 电子产品绿色设计	159
6.2 电子产品绿色制造	161
6.3 生命周期评价	162
6.4 电子产品绿色制造实例	164
6.4.1 发展趋势	164
6.4.2 集成电路中的绿色制造技术	166
6.4.3 无铅焊料	166
6.4.4 不含卤素的阻燃剂	171
6.4.5 导电胶	172
6.4.6 印制线路板的绿色制造示例	174
6.4.7 可重复使用的密封剂	175
6.4.8 电镀铜连线	176
思考题	177

参考文献 178

第1章

绪论

1.1 电子产品分类

1.1.1 电子产品的定义

随着时代的进步和电子科学技术的发展，电子产品已广泛应用于国防、科技、国民经济的各个领域以及社会生活的各个方面，而且已经成为现代信息社会的重要标志。

根据欧盟《关于废弃电气电子设备指令》(WEEE 指令)、《关于在电气电子设备中限制使用某些有害物质指令》(RoHS 指令) 和我国《电子信息产品污染控制管理办法》对电子产品的定义，电气电子设备 (electric and electronic equipment, EEE) 是指采用电子技术制造的依靠电流或电磁场才能正常工作的设备，以及可以产生、传输和测量电流及电磁场的设备，这些设备的设计电压分别是交流电不超过 1000V、直流电不超过 1500V。

1.1.2 电子电器设备的分类

欧盟《关于废弃电气电子设备指令》、《关于在电气电子设备中限制使用某些有害物质指令》和我国《电子信息产品污染控制管理办法》都把电子产品分为十大类，具体归纳如下。

(1) 家用电器产品

指电视机，摄录像机、收录放机，家用音响设备，电冰箱、冷柜及其他用于食物保存的制冷设备，洗衣机，衣服烘干机，洗碗机，电炉、电磁炉、电热盘、微波炉等用于烹调 and 食物加工的电子设备，电暖器及其他大型的可以加热房间、床、坐

具的设备,电风扇、空调机、排油烟机、吹风、排风和空调设备,吸尘器及其他小型家用清扫设备,缝纫、针织、编织和其他纺织品加工设备,熨斗及其他熨平、整平和衣物护理用品,煎锅,烤面包机、研磨机、咖啡机、搅拌机、豆浆机等小型食品加工机和开启或密封容器或包裹的设备,电动刀具,理发、吹发风机、电动牙刷、电动剃须刀、按摩器具及其他身体护理和按摩器具,电子钟表及其他用来测量、指示或记录时间的器具,电子秤等家用电子电器及主要配套件。

(2) 计算机行业产品

指大、中、小、微型计算机,学习机、电子记事本、电子词典等信息终端机,计算机网络设备,终端显示设备,绘图仪、扫描仪、鼠标、键盘、磁卡读写器、数码照相机等输入设备,打印机、复印机、语音和图形图像输出设备,软盘、硬盘(包括移动硬盘、U盘)、光盘等外存储设备,电子计算机配套产品及耗材。

(3) 信息技术和电信设备

指集中数据处理、通信发射机、通信接收机、用户接入设备、交换机等大型机、小型机,电台、传真机、电话机、应答系统、传真机、电动和电子打字机等通信终端设备及通信配套产品,移动电话、车载电话、对讲机、无线寻呼机等移动通信设备,移动通信系统设备,其他以电子方式进行信息收集、储存、处理、演示或通信的产品和设备、用户终端和系统,其他通过电信传输声音、图像或其他信息的产品或设备。

(4) 广播电视行业电子视听产品

指收音机,电视机,摄影机、录像机、高保真录音机、扩音器、乐器等不以电信形式进行声音和图像的录制或复制的产品或设备,广播电视发射机,网络传输设备及话筒、天线等配件。

(5) 照明设备

指家用荧光灯之外的荧光灯、直线式荧光灯管、紧凑型荧光灯管、高亮度放电灯泡,包括高压钠灯和金属卤化物灯、低压钠灯、除白炽灯以外的其他照明或用于发射或控制灯光的设备。

(6) 电子电工工具产品

指电钻、电锯等对木材、金属和其他材料进行切割、剪切、钻孔、打磨、打洞、折叠、弯曲或者类似加工的电动设备,用于铆接、打钉或者拧紧或去除铆钉、螺丝或类似用途的工具,用于焊接、封装或者类似用途的电子装联设备,液体或气体物质的喷雾、喷涂、分散设备或其他方式的处理设备,割草或者其他园林活动的工具,以及电子工业专用设备。

(7) 电子元器件产品

指电容器、电阻、电位器、连接器(包括开关、插座)、继电器、滤波器、电感、变压器等电子元件,光敏、电敏、气敏等敏感元件,传声器、扬声器、耳机等电子组件,印制电路板,电子管、显像管及配件等电子器件,二极管、三极管、传感器等半导体器件,集成电路,电机,电线电缆,光纤光缆,电池等。

(8) 医疗电器设备

指心、脑等各科医用电子仪器设备, 心电、心理示波及记录仪器, 诊断、分析、测量仪器, 及其他检查、预防、监视、处理、减轻疾病、创伤或者残疾的设备。

(9) 电子测量和监控仪器

指频率、电压、元器件参数、声学等的电子测量仪器, 稳压电源, 记录显示仪, 烟雾探测器、自动调温器等家庭或者试验室及工业用调节、监测和控制仪器。

(10) 电子计算机应用产品

指个人计算设备、袖珍和台式计算器及其他以电子方式进行信息收集、储存、处理、演示或通信的产品与设备, 电动玩具, 用于自行车、跑步或者划船等休闲运动的带有电子电气组件的设备, 自动柜员机(ATM)、自动售货机等能够自动交出产品的所有装置、点钞机、出租汽车计价器、加油机计控器、电子游戏机等商业电子应用产品。

1.2 电子工业的发展

电子工业是研制和生产电子设备及各种电子元件、器件、仪器、仪表的工业。电子技术始于通信技术, 即电报和电话的发明与使用。电子工业是19世纪末、20世纪初开始发展起来的新兴工业, 20世纪发展迅速, 应用广泛, 成为近代工业发展的一个重要标志。迄今为止, 电子工业大致经历了五个发展阶段。

第一代: 电子管——底座框架式时代(1946~1957年)

第一代电子产品的基本电子元件是电子管、大型电阻电容, 手动调谐机构, 体积大、重量重、耗电多、寿命短, 主要局限于生产一些简单的电子产品。

第二代: 晶体管——通孔插装(THT)时代(1958~1970年)

1948年, 美国贝尔实验室诞生了世界上第一个晶体管, 10年后晶体管以小巧、轻便、省电、寿命长等特点, 很快地被各国应用起来, 在很大范围内取代了电子管, 大大推动了电子技术的发展。第二代电子产品进一步复杂化, 体积缩小, 价格降低, 耗电少, 使用方便, 可靠性高。

第三代: 集成电路——通孔插装时代(1971~1980年)

由于高速电子计算机、航空航天、军事的迅速发展, 迫切要求电子设备必须轻巧、可靠, 然而应用晶体管组装的电子设备在重量、体积、可靠性等方面已经远远满足不了需要, 在第二代电子管曾遇到的来自应用方面的挑战又呈现在晶体管面前。新的现实促使科学家寻找新的解决办法, 1958年世界上出现了第一块集成电路, 它把几十、上百个电子元件集成在一块几平方毫米的硅芯片上。第三代电子产品是以中小规模集成电路为核心。由于采用了集成电路, 电子产品各方面的性能都有了极大提高: 体积小, 成本低, 功能增强, 可靠性大大提高。

第四代：大规模集成电路——表面安装（SMT）时代（1981 年～现在）

随着集成了上千甚至上万个电子元件的大规模集成电路和超大规模集成电路的出现，集成度大大提高。在电子产品中为提高可靠性、降低能耗和成本，大量采用集成电路及高密度印制电路板，使第四代电子产品向小型化发展。

第五代：超大规模集成电路——多层复合贴装（MPT）时代

集成电路发展到超大规模，从而使电子产品向着更小型化、高效能低消耗、高精度、高可靠性、智能化和多功能的方向发展。

经过几十年的发展，电子工业已经成为世界经济最重要的支柱性产业。自 1998 年以来，电子工业全球市场份额已经超过 1 万亿美元。据统计，2008 年世界电子工业产值大约为 1.49 万亿美元。

我国的电子工业从建国之初仅有几家无线电修理厂，发展到今天，形成了门类齐全的电子工业体系。以信息技术为核心的电子工业已经成为国民经济的基础性、支柱性和先导性产业，在推进经济结构调整、改造和提升传统产业、改善人们生活质量等方面发挥了重要的作用。中国已经成为世界电子工业的制造加工工厂。电子工业自 1999 年开始稳居全国工业第一位，到 2003 年已跃居世界第二位（仅次于美国），成为全球电子信息产业大国，主要电子信息产品产销量居世界前列。2010 年，我国规模以上电子信息产业销售收入 7.8 万亿元，同比增长 29.5%；工业增加值增长 16.9%，比上年加快 11.6 个百分点；实现销售产值 63395 亿元，同比增长 25.5%。2010 年，电子信息制造业增加值、利润、投资增速分别高于工业平均水平 1.2、4.3、21.7 个百分点。规模以上电子信息制造业收入、从业人员占全国工业比重达 9.1%、9.7%，电子信息产品出口占全国出口的比重达 37.5%，国民经济支柱性产业地位日趋突出，有力地支撑信息化发展。2010 年，规模以上电子信息制造业从业人员 880 万人，比上年新增 102 万人，占全国城镇新增就业人口的 1/10。

1.3 电子工业及产品的环境问题

电子技术提高了地球上人类的生活质量，但电子产品生产和废弃物的处置影响着地球上大气-陆地-海洋系统的平衡，其对环境的影响严重威胁着地球上生命的质量和生存。在 20 世纪，主要的环境污染来自于汽车工业、钢铁工业以及煤炭发电等，在人们的观念中，电子工业是一个能耗低、污染少的行业。以高科技产业的代表——半导体行业为例，半导体制造厂似乎比任何其他产业的制造厂都干净。在半导体制造厂里，每立方米所含的灰尘不会超过几个粒子，这主要是为了防止灰尘集聚太多而阻断微线路。工人们都是全副武装，不会让半根头发和半点儿脱落的皮肤污染生产环境。而且生产用水也要经过重重过滤，远比多数人所喝的饮用水干净。但这种表面上的洁净，并不能掩盖半导体工业存在的严重环境污染问题。由于人们

对环境保护方面越来越关心,在电子制造方面深入的调查揭示出电子制造业污染环境的这一方面。实际上,一个半导体制造厂就是一个巨大的化工厂。砷和磷等毒性很大的元素被大量用于改造半导体材料的电学特性。易挥发的有机溶剂被喷洒在硅晶片上,以消除它们刻蚀时所产生的废物。在半导体制造的前工艺(晶片制造过程)中,三氯乙烯的年使用量在有机溶剂中名列前茅。根据美国联邦环保局的评价,三氯乙烯对人体有可能致癌。

微电子产品对环境的影响,除了包括使用含铅焊料以外,以下方面也很严重,包括在印制线路板和面阵列封装衬底上使用溴和含锑阻燃剂的影响。这些阻燃剂是以溴和氧化锑的结合来实现的。卤族元素,包括溴,阻燃效果很弱,而氧化锑本身并不是阻燃剂。然而,在两者结合后,就可以达到非常强的阻燃效果。这种结合体对火焰的阻燃效果有两种,在燃烧时,氧化锑增加了碳元素的形成,而这可以反过来减少挥发性气体的形成。同时,开始燃烧产生的热量增强了有机化合物和锑的联系,可以产生更稳定的热成型聚合体。另外,在温度超过 315℃ 时,溴形成氢溴酸,它可以与氧化锑反应形成三溴化合物和溴氧化物,可以起到捕获自由基的作用,从而阻止燃烧或高温分解。

目前关注的是溴-锑阻燃剂最终将转化成什么样的物质。根据欧盟(EU)《关于废弃电子电气产品的指令》(WEEE),当含有溴阻燃剂的电子产品回收时,它们会产生二氧(杂)芑和呋喃,其中二氧(杂)芑和呋喃基于共同的化学框架,在这个框架上 1~8 个氯原子可吸附在一系列不同的位置上,这种不同的结合将产生 75 种不同的二氧(杂)芑和 135 种不同的呋喃。

20 世纪 80 年代中期,研究就表明在塑料回收的挤压过程中,会形成有毒的多溴化氧芑(PBDFs)和多溴化的二苯化物(PBDDs)。也有证据表明,多溴化的联苯基成分(PBDEs)会对内分泌起到破坏作用,而且在从事回收工作的工人血液里发现了高浓度的 PBDEs,更有甚者,在北极的海豹体内发现了多溴化联苯(PBBs),这表明 PBB 制造和垃圾倾倒已经污染了宽广的地域,一旦 PBBs 释放到环境中,它们将到达血液环节。

在封装方面,一些有质量保证的供应商可以生产出不含卤化物或锑的衬底,这样就不会受到欧洲相关协会要求的影响。而对于整个系统来讲,目前还不清楚是否能够很容易地将溴和锑用其他物质替代。

随着我国电子信息产业规模的扩大,现在电子工业对资源需求相当可观,由此产生的环境污染问题加剧,产业发展面临的资源约束和环境污染问题已不容忽视。从资源约束看,我国水资源、电力以及人力资源短缺问题已经成为影响当前我国电子工业可持续发展的重要因素。电子工业的环境污染问题可以分为两大类:一是电子产品生产过程对环境和工人健康的危害,通常也称为“高技术污染”;二是废弃的电子产品中包含的有毒或者对环境有害的成分对环境和人体健康的影响,也就是“电子垃圾”问题。这两类环境问题已经成为世界各国电子信息产业发展面临的共同难题,也是我国电子信息产业实现可持续发展必须面对和加以解决的问题。电子

信息产业的可持续发展必须建立在资源与环境的可持续发展的基础上。为实现这一目标，应该改变观念，充分认识到我国电子信息产业发展同样存在短缺资源的限制，认识到电子信息产业发展的环境成本；要通过制度变革推动技术创新，提高资源利用效率，降低有害物质的使用与排放，以缓解电子信息产业发展的资源与环境问题；要运用循环经济的思路，以产业化的方法解决电子垃圾问题。

如图 1-1 所示为电子产品从设计、生产、使用到废弃整个周期中的 6 个方面，它们分别是：

- ① 电子、机械和化学设计；
- ② 原材料、集成电路（IC）和钝化成分的生产、有机电路板的制作，其中包含了一系列的化学反应；
- ③ 用一系列有害物质对元器件进行封装；
- ④ 最终产品送到使用者手中；
- ⑤ 电子产品的使用和消耗；
- ⑥ 产品的废弃和回收。

从环境保护的观点出发，以上各项可以分为几类，下面进行详细讨论。

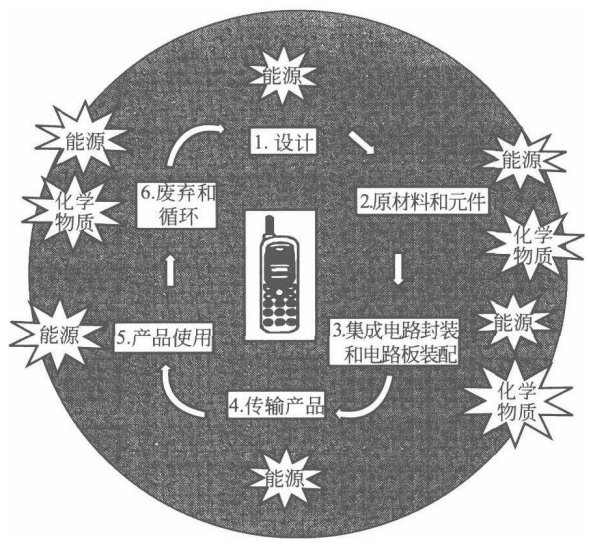


图 1-1 电子产品生命周期以及环境问题

1. 3. 1 环境问题

全球变暖是目前最重要的环境问题。全球变暖是由于多余排放的气体，如 CO₂、CH₄、N₂O 和氟里昂等造成的，而这些气体主要是从人类的活动中排放的，例如燃烧化石类燃料产生能量，这些气体充当了一个阻挡层，阻挡了地表上的热量向宇宙扩散，从而导致地球上温度升高。实际上，这些气体和臭氧层也需要适量地存在，可以有效地屏蔽从太阳来的有害的辐射。否则，大气层将不能保证从太阳来

的辐射热量进出地球，地球将变成寒冷的、没有空气的星球。月亮吸收太阳的能量是地球的4倍，但是月球表面的平均温度比地球表面低，这就是由于月球表面没有大气层的原因。根据美国政府气候变化座谈小组（IPCC）的报告，2100年 CO_2 的浓度将是1990年的2倍，如图1-2所示，这将导致温度升高 2°C ，海平面升高50cm。人们相信，将有10亿人居住的地方被水淹没，而且还有食物短缺、气候异常等现象出现，而这一切都是由于 CO_2 浓度升高引起的。为了防止这种情况发生，1994年提出了关于降低暖气排放的条约，对限制气体减排进行规定。

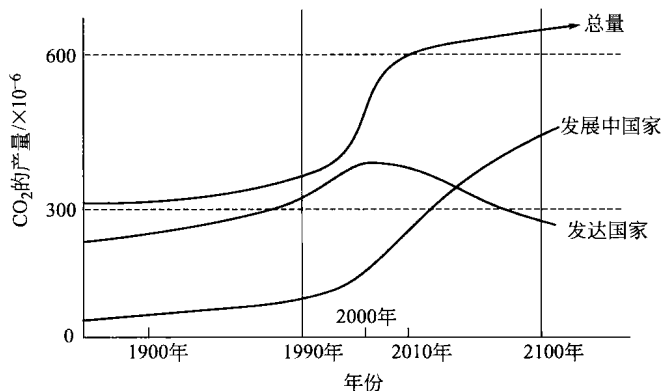


图 1-2 发展中国家和发达国家 CO_2 的产量

根据美国政府气候变化座谈小组（IPCC）的报告

氟里昂气体在同温层内的分解将产生氯原子，这些原子破坏臭氧层，从而导致臭氧洞出现。臭氧洞一年比一年大，阳光中的紫外线将直接照到地面，对人类的健康和生态系统产生负面影响。

pH 值在 5.6 以下的雨称为酸雨。燃料燃烧时产生的气体包括二氧化硫（ SO_2 ）和二氧化氮（ NO_2 ），它们将使雨变酸。土壤、江河、湖泊、沼泽地等的酸化，严重破坏了森林和生态系统。

由于烧毁森林获得耕地、砍树做木材以及酸雨的原因，热带雨林的面积在持续性降低，据估计，每年有 1700 万公顷的雨林从地球表面消失，由于热带雨林面积的减少，从大气中吸收 CO_2 的能力在下降，加速了全球变暖的进程。由于干旱、过度开垦和使用杀虫剂，平均来说，每年世界范围内沙漠化面积将增加 600 万公顷。这一变化影响了世界粮食的产量，使气候发生了变化。

将有害的工业垃圾丢弃在土壤或海洋里会引起污染，典型的有害物质包括重金属和塑料制品。例如，在 2001 年，美国每一天产生的垃圾大约在 6500 万吨。按全世界范围来估算，丢弃到土地的垃圾的数量是一个天文数字。当把有害的工业垃圾烧毁时，所产生的有毒气体也是一种污染。

工业发达的国家常常对工业垃圾的处置有着严格的调整，因而处理成本较高。因此，有害的工业垃圾就从处理成本高的城市转移到了处理成本较低的农村。一些

