

# 机械设计与节能减排

吴宗泽 于亚杰 等编著



# 机械设计与节能减排

吴宗泽 于亚杰 等编著



机械工业出版社

随着国民经济的高速发展,我国的环境遭到日益严重的污染和破坏。单位 GDP 的成本明显高于发达国家,土壤、大气及水污染已经严重威胁到人民群众的身体健康。提高资源利用率、降低污染物的排放,实现经济的可持续发展已经成为我国迫切需要解决的重要问题。

本书共分 8 章,第 1 章介绍我国环境污染的情况及其治理;第 2 章到第 7 章介绍了提高效率、节能减排、减少污染物排放的具体办法,包括结构设计、密封、制造、绿色设计及再制造几个方面;第 8 章介绍了我国关于节能减排的一些政策和措施以及发达国家关于节能减排的政策法规等,可供读者参考。

本书可供机械设计、机械制造等相关专业从业人员及高等院校师生使用,也可供管理人员参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计与节能减排/吴宗泽等编著. —北京:机械工业出版社, 2011. 10

ISBN 978-7-111-36319-4

I. ①机… II. ①吴… III. ①机械设计-节能 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 224040 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:曲彩云 责任编辑:曲彩云

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·15.25 印张·312 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-36319-4

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010)88379782

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

目前,我国节能减排形势迫切而严峻。工业生产为人类生活做出了巨大的贡献,但是与之相伴的是物资消耗速度空前,日益严重的环境污染和破坏正威胁着人们的健康和正常生活,这些负面的影响阻碍了工业生产的持续发展,已经引起了全世界的重视。

制造业在节能减排中起着至关重要的作用,机电产品制造业是使用资源最多的行业,从矿山采掘、材料冶炼、零件加工、机械使用直到报废处理,会产生一系列的污染。据统计,全球70%的环境污染来自制造业。制造业每年产生7亿t有害废物和55亿t无害废物。2005年我国进入家电报废高峰期,该年淘汰废旧电器达到1500万台,以后每年的增加量在30%左右。2000年达到报废标准的汽车已达到210万辆,以后逐年迅速增加。这些大量报废的产品如果得不到妥善的处理,不但是极大的资源浪费,还会对环境造成严重的污染。

因此,从事机械制造的人员,理所当然地肩负着节能减排、减少污染、节约原材料的责任。必须采取各种有效措施,完成这一任务。

机械设计在节能减排中的重要作用。机械生产是由设计开始的,机械的强度、寿命,制造和装配的工艺性,材料和热处理的选择,使用和修理是否方便,回收或再制造的可能性等,都是在机械设计阶段决定的。设计中的错误和不足,很难在以后的生产或使用环节得到改正,因此,要进行有效的节能减排必须从设计开始。

设计过程必须有合理的制度和严格的管理。设计师参加制定有关节能减排的规定和制度,会使制度更加全面合理。因此本书也包括一些节能减排管理方面的内容。

本书分8章:第1章介绍我国环境污染的情况及其治理;第2章介绍减轻机械自重、提高有效载荷率的方法;第3章从抗疲劳、耐磨及耐蚀性三个方面讲解提高机械寿命的方法;第4章介绍零件设计的技巧;第5章介绍节能减排的方案;第6章介绍绿色设计;第7章介绍正在逐渐兴起的再制造技术;第8章介绍我国关于节能减排的一些政策、措施以及一些发达国家关于节能减排的政策、法规等。

本书由盖雨聆编写第6、7章,于亚杰编写第8章,其余各章由吴宗泽编写。吴宗泽和于亚杰负责整理和统编全书。

本书可供机械设计、机械制造等相关专业的从业人员和高等学校师生使用,也可供管理人员参考。

本书经过反复核对,但难免存有不当之处,希望广大读者批评指正。

作 者

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 我国环境污染的情况及其治理

1.1 我国的环境污染情况	1
1.1.1 我国的大气污染物排放情况	1
1.1.2 我国的水污染情况	2
1.1.3 我国的固体废物污染情况	3
1.1.4 我国二氧化碳排放情况	3
1.1.5 三废排放的重点行业	4
1.2 我国对环境污染的治理	5
1.2.1 我国环境保护与可持续发展的政策和规定	5
1.2.2 我国常用的治理污染的技术	6
1.3 机械工业节能减排的重要性	9
1.4 用“循环经济”的思想指导机械设计工作	9
1.4.1 循环经济的特点	9
1.4.2 循环经济的 3R 原则	10
1.4.3 循环经济是节能减排的重要途径	10

## 第 2 章 减轻机器重量

2.1 选择合理的设计方案	11
2.1.1 省掉不必要的机械设备	11
2.1.2 用已有的设备代替	11
2.1.3 减少零件数目	12
2.2 合理选择和使用材料	13
2.3 结构合理设计	14
2.3.1 减小零件受力	14
2.3.2 合理设计零件的形状	16
2.4 减轻汽车重量	23
2.4.1 采用新材料	23
2.4.2 轻量化工艺技术	25

2.4.3 轻量化结构设计技术	26
2.5 万能工具显微镜改进设计	26

## 第 3 章 提高机械的使用寿命

3.1 概述	30
3.2 提高疲劳强度	32
3.2.1 疲劳强度设计方法	32
3.2.2 合理选择材料	33
3.2.3 改进结构	35
3.2.4 改进工艺	35
3.2.5 合理操作, 定期检修	35
3.3 提高耐磨性	36
3.3.1 合理选择材料和热处理	36
3.3.2 减低表面压强	36
3.3.3 避免局部剧烈磨损	36
3.3.4 自动调节与补偿	37
3.3.5 设置易更换的磨损件	37
3.3.6 润滑剂与添加剂	38
3.4 提高耐蚀性	40
3.4.1 常见的腐蚀分类	40
3.4.2 在腐蚀工作条件下材料的选用	40
3.4.3 提高耐蚀性的机械结构	45
3.4.4 用覆盖保护层减轻或避免腐蚀	48
3.4.5 防腐蚀实例	49
3.5 机械设备维修	50
3.5.1 概述	50
3.5.2 维修的工作内容	51
3.5.3 极限技术状态	51
3.5.4 维修性设计	52
3.5.5 机械零件的修复技术	55

## 第 4 章 机械零件节能减排合理设计

4.1 螺纹连接件	59
-----------	----

4.1.1	概述	59	5.4.2	锻压加热的节能	157
4.1.2	螺纹连接的力分布	59	5.4.3	合理选择热处理方法	158
4.1.3	受轴向外载荷紧螺栓的强度计算	62	5.4.4	锻造余热利用	158
4.1.4	德国工程师协会技术准则 VDI 2230《高强度螺栓连接系统计算》	68	5.4.5	采用非调质钢	158
4.1.5	受弯曲应力的螺钉强度计算	85	5.4.6	加热炉的节能措施	160
4.1.6	提高螺纹连接强度的措施	88	5.4.7	锻造设备的振动和噪声的控制	161
4.2	密封设计	93	5.5	胶粘工艺的污染和防治	162
4.2.1	概述	93	5.5.1	胶粘剂的分类	162
4.2.2	静密封	93	5.5.2	胶粘剂对健康的主要危害	162
4.2.3	填料密封	107	5.5.3	汽车制造业防止胶粘剂危害的措施	163
4.2.4	机械密封	120	5.6	冷加工工艺的节能减排	163
4.3	钢丝绳设计	127	5.7	涂料涂装工艺的污染和防治	164
4.3.1	概述	127	5.7.1	涂料及其分类	164
4.3.2	钢丝绳的术语、标记和分类	128	5.7.2	涂料的成分	164
4.3.3	钢丝绳的工作状态和失效分析	130	5.7.3	喷涂方法产生的污染	166
4.3.4	钢丝绳的报废标准	131	5.7.4	对喷涂污染的处理	167
4.3.5	有关钢丝绳寿命的结构设计问题	136	5.8	电镀工艺的污染和防治	168
<b>第 5 章</b>	<b>机械制造业的节能减排</b>	<b>137</b>	5.9	包装的污染和防治	169
5.1	污染排放标准	137	5.9.1	概述	169
5.2	铸造工艺的污染防治和节能	151	5.9.2	包装材料	169
5.2.1	主要污染源和污染物	151	5.9.3	设计包装结构应该注意的问题	170
5.2.2	治理措施	152	5.10	润滑剂的污染和防治	170
5.2.3	节能措施	153	5.10.1	润滑剂的使用	170
5.3	焊接工艺的污染和防治	154	5.10.2	使用润滑油和润滑脂的安全问题	171
5.3.1	概述	154	5.10.3	润滑剂的储存和包装	171
5.3.2	焊接清洁生产的内容	154	5.10.4	润滑油和润滑脂的再生	172
5.3.3	焊接生产中的污染	154	<b>第 6 章</b>	<b>绿色设计</b>	<b>173</b>
5.3.4	焊接污染的卫生防护技术	155	6.1	概述	173
5.3.5	焊接生产中的安全	156	6.2	绿色设计的材料选择	173
5.4	锻压和热处理工艺的污染和防治	157	6.3	考虑拆卸回收的产品设计	174
5.4.1	概述	157	6.3.1	可拆卸设计的原则	174
			6.3.2	主动拆卸结构设计	176
			6.4	考虑包装的产品设计	176
			6.4.1	概述	176

6.4.2 机械产品的包装设计 .....	176	进节能减排 .....	203
6.5 节能的绿色产品设计 .....	177	8.1.2 国家加快培育战略性新兴 产业 .....	204
6.5.1 节能降耗设计方法 .....	177	8.1.3 节能减排与循环经济的 关系 .....	206
6.5.2 能耗标签与能耗标准 .....	177	8.1.4 节能减排与清洁生产 .....	208
6.6 绿色设计的评价 .....	179	8.2 国外清洁生产政策与实施状况 ...	210
6.6.1 绿色产品的认证和标识 .....	179	8.2.1 美国清洁生产政策与实施 状况 .....	210
6.6.2 绿色产品评价的指标体系 ...	179	8.2.2 丹麦清洁生产政策与实施 状况 .....	212
6.7 绿色设计案例 .....	180	8.2.3 荷兰清洁生产政策与实施 状况 .....	216
6.7.1 地轮的绿色设计 .....	180	8.2.4 法国清洁生产政策与实施 状况 .....	217
6.7.2 齿轮加工机床的绿色 设计 .....	180	8.2.5 德国清洁生产政策与实施 状况 .....	218
6.7.3 汽车轮胎的绿色设计 .....	181	8.2.6 英国清洁生产政策与实施 状况 .....	220
<b>第7章 再制造设计</b> .....	183	8.2.7 捷克清洁生产政策与实 施状况 .....	222
7.1 概述 .....	183	8.2.8 比利时清洁生产政策与实 施状况 .....	223
7.1.1 再制造基本概念 .....	183	8.2.9 西班牙清洁生产政策与实 施状况 .....	224
7.1.2 再制造工程的现状 .....	183	8.2.10 日本清洁生产政策与实施 状况 .....	225
7.1.3 再制造工程的工艺流程 .....	184	8.2.11 泰国清洁生产政策与实施 状况 .....	226
7.1.4 再制造的效益 .....	185	8.3 我国实践清洁生产, 促进节能 减排的建议 .....	228
7.2 再制造设计 .....	185	8.3.1 我国清洁生产的实践 回顾 .....	228
7.2.1 再制造性定义 .....	185	8.3.2 我国清洁生产推进的障碍 分析 .....	229
7.2.2 再制造性的定性要求 .....	186	8.3.3 推进我国清洁生产工作的 建议 .....	231
7.2.3 再制造性的定量要求 .....	189	8.4 结论 .....	234
7.2.4 再制造性预计 .....	190	<b>参考文献</b> .....	235
7.2.5 再制造性试验与评定 .....	191		
7.2.6 再制造方案 .....	191		
7.2.7 废旧件失效模式分类 .....	192		
7.2.8 再制造技术资料 .....	193		
7.3 再制造工艺与技术 .....	194		
7.3.1 再制造工艺 .....	194		
7.3.2 再制造技术 .....	194		
7.4 再制造应用实例 .....	199		
7.4.1 汽车发动机再制造 .....	199		
7.4.2 废旧机床再制造 .....	201		
7.4.3 废旧齿轮变速器再制造 .....	202		
<b>第8章 国内外有关节能减排的 对策</b> .....	203		
8.1 我国节能减排的基本情况和 对策 .....	203		
8.1.1 坚持科学发展, 大力推			

# 第 1 章 我国环境污染的情况及其治理

## 1.1 我国的环境污染情况

### 1.1.1 我国的大气污染物排放情况

我国是大气污染较严重的国家，SO<sub>2</sub> 的排放量居于世界首位。不少城市的大气颗粒物平均浓度长期处于超标状态。表 1-1 给出了我国几种主要的大气污染物的排放量。表 1-2 介绍几类工业企业向大气中排放的主要污染物情况。我国一次能源消费中煤占 70% 左右，因此 SO<sub>2</sub> 的排放量很大，烟尘、工业粉尘的排放量也很高，迫切需要治理。图 1-1 给出了机电产品制造过程中各种加工方法的污染物排放情况。图中表明，加工必定要使用材料和动力，而炼制材料、产生动力的过程中还要产生污染，因此为了节能减排，必须节省材料和动力。

表 1-1 我国主要大气污染物的排放量统计 (/10000t)<sup>[3]</sup>

年份	SO <sub>2</sub>			烟尘			工业粉尘
	合计	工业	生活	合计	工业	生活	
2000 年	1995.1	1612.5	382.6	1165.4	953.3	212.1	1092
2001 年	1947.8	1566.6	381.2	1069.8	851.9	217.9	990.6
2002 年	1926.6	1562.0	364.6	1012.7	804.2	208.5	941
2003 年	2158.7	1791.4	367.3	1048.7	846.2	202.5	1021
2004 年	2254.9	1891.4	363.5	1095	866.5	208.5	904.8

表 1-2 工业企业向大气中排放的主要污染物<sup>[3]</sup>

工业部门	企业类别	向大气中排放的主要污染物
电力	火力发电	烟尘、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、CO <sub>2</sub>
冶金	钢铁	烟尘、CO <sub>2</sub> 、氧化铁尘
	非铁金属冶炼	粉尘（含各种重金属如 Pb、Cu 等）、SO <sub>2</sub> 、汞
化工	化工	SO <sub>2</sub> 、硫化氢、氰化物、NO <sub>2</sub> 、氯化物、烃类、烟尘
	氮肥厂	粉尘、NO <sub>x</sub> 、CO、氨、酸雾
	化学纤维厂	烟尘、H <sub>2</sub> S、氨、CO <sub>2</sub> 、甲醇、丙酮、二氯甲烷
	农药厂	砷、汞、氯气
	合成橡胶厂	丁二烯、苯乙烯、乙烯、异丁烯、丙烯腈等

(续)

工业部门	企业类别	向大气中排放的主要污染物
机械	机械加工	烟尘、粉尘、SO <sub>2</sub> 、CO <sub>x</sub> 等(参见图1-1)
仪器	造纸	烟尘、硫醇、H <sub>2</sub> S、SO <sub>2</sub>
	灯泡	烟尘、汞
建材	砖瓦	烟尘、CO、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub>
	水泥	烟尘、水泥尘、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub>
核工业	铀矿山	氡气及其衰变子体、放射性粉尘
	反应堆	<sup>13</sup> N、 <sup>16</sup> N、惰性气体 <sup>85</sup> Kr

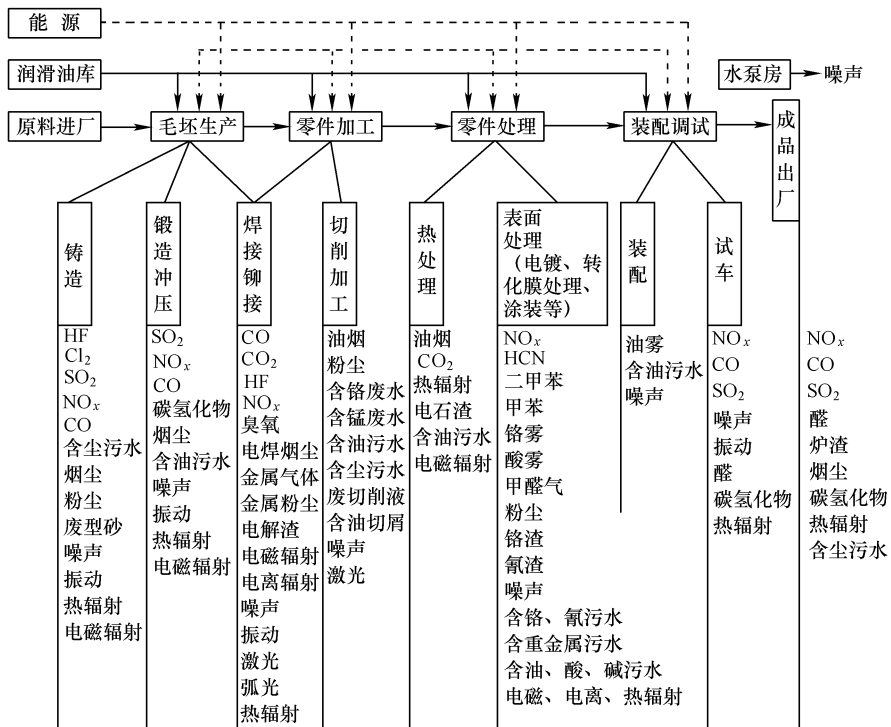


图 1-1 机电产品制造一般生产过程中的污染物排放

### 1.1.2 我国的水污染情况<sup>[3]</sup>

在我国,造成水污染的原因主要有城市排放废水污染,农村禽畜养殖、化肥和农药污染,工业废水、废渣污染。

1972年我国官厅水库受工业废水的污染,1973年国家和各地建立了“三废治理”和“环境保护”机构。此后,工业废水治理一直是水污染防治的重点。1996年国务院提出将三河(淮河、海河、辽河)和三湖(滇池、巢湖、太湖)作为重

点区域进行治理。1994 ~ 2004 年, 仅淮河流域就关闭了近 5000 家污染严重的企业和生产线, 使淮河干流水质得到了改善。

### 1.1.3 我国的固体废物污染情况

我国工业固体废物的产生量每年都有明显的增加, 其组成相对稳定。2004 年我国工业固体废物的产生量超过 1 亿 t 的行业依次为: 电力和热力生产和供应业, 钢铁材料冶炼和压延加工业, 煤炭开采和洗选业, 黑色金属矿采选业, 有色金属矿采选业。这五个行业的工业固体废物的产生量约占已统计工业固体废物总量的 75%。表 1-3 给出我国主要工业固体废物产生量占总量的比例和综合利用量占综合利用总量的比例。

表 1-3 我国主要工业固体废物产生量占总量的比例和综合利用量占总量的比例

工业固体废物	产生量占总量的比例 (%)	综合利用量占总利用量的比例 (%)
尾矿	29	12
粉煤灰	19	24
冶炼矿渣	13	20
煤矸石	12	13
炉渣	11	17
危险废物	1	1
其他	15	13

注: 2004 年我国主要工业固体废物总综合利用率为 55.7%。

由以上资料可以看出, 制造业使用的材料和动力, 对环境污染产生很大的影响, 是各种影响因素中的主要因素。节约材料和动力是从事制造业全体人员的重要任务。

### 1.1.4 我国二氧化碳排放情况

2007 年以来, 联合国气候变化专门委员会 (IPCC) 陆续发表了四次气候变化评估报告, 从科学上确认了近 50 年气候变暖由人类活动引起的可能性为 90% 以上。并且指出当温室气体浓度超过一定值时, 会导致海平面上升、病毒增加、物种减少和极端气象灾害频繁发生, 进而直接影响人类生存和发展。

我国在世界温室气体排放中占有较大比例, 二氧化碳排放量居世界前列。我国是世界上第二大能源生产国和消费国, 正处在工业化发展加速阶段, 即重化工业阶段。钢铁、汽车、造船等工业的发展和大规模的城市化, 需要消耗大量的材料和能源。在这种情况下, 温室气体排放量的增加很难避免。此外, 由于中国经济增长方式比较粗放, 能源技术装备水平低和管理水平落后, 导致单位 GDP 的能源消耗高

于主要能源消费国家的水平。2005年，中国单位GDP能源消耗，大于美国的三倍，德国的五倍，日本的八倍。同时，中国的能源70%来自煤炭，导致二氧化碳的排放较高。因而，中国承担着减少二氧化碳排放的巨大压力。

发展低碳能源燃料是减排二氧化碳的最终途径。低碳能源技术是国家必须掌握的，不但能够达到节能减排的要求，而且可以成为新的经济增长点。

研究发展减少温室气体排放的技术，是非常重要的长期任务。能源需求的重点是：高级建筑系统、交通设施和系统、制造技术。低碳能源供应技术的重点方向在于可再生能源技术、核能、废弃物处理、氢燃料系统、能源储备系统、可持续生物能系统等。其中有很多零碳排放的能源技术，如氢能、太阳能、风能、水电，潮汐、核电、生物质能等。

2003年，英国政府首先提出了“低碳经济”的概念，是指依靠技术创新和政策措施，建立一种限制、减少温室气体排放的经济发展模式，以减缓气候变化。低碳经济的实质是通过能源技术创新提高能源效率和发展清洁能源。

节能和减排相比，节能具有更大的效果。因为节约了能源，必然就减少了各种有害物质的排放。而人类发展必然会增加能源的利用，因此减排是必须采取的措施，节能和减排是不可分的。应该特别注意减少对化石能源（石油、煤炭、天然气等）的依赖。

### 1.1.5 三废排放的重点行业

据统计，2003年我国在废水、废气和固体废弃物产生总量占前五名的行业见表1-4。1999年世界银行认定的污染密集企业见表1-5。

表 1-4 2003 年我国在废水、废气和固体废弃物产生总量占前五名的行业

位次	产生污染的物质		
	废水（按排放总量）	废气（按排放总量）	固体废弃物（按产生总量）
1	造纸及纸制品业	电力蒸汽热水生产供应业	电力蒸汽热水生产供应业
2	化学原料及制品制造业	非金属矿物制品业	火力发电业
3	火力发电业	钢铁材料冶炼及压延加工业	水泥制造业
4	钢铁材料冶炼及加工业	化学原料及制品制造业	煤炭采选业
5	纺织业	非铁金属冶炼及压延加工业	非铁金属矿

表 1-5 世界银行认定的污染密集企业

位次	空气污染	水污染	金属污染	整体污染
1	钢铁	钢铁	非铁金属	钢铁
2	非铁金属	非铁金属	钢铁	非铁金属
3	非金属矿物	造纸	化工	化工
4	石油煤炭	能源制品	皮革制造	石油提炼

(续)

位次	空气污染	水污染	金属污染	整体污染
5	造纸	化工	陶瓷制造	非金属矿产
6	石油提炼	其他化工制品	金属产品	造纸
7	化工	饮料	橡胶制品	其他化工制品
8	其他化工制品	食品	电子产品	橡胶制品
9	木材制品	橡胶制品	机械	皮革制品
10	玻璃制品	石油提炼	非金属矿产品	金属制品

资料来源: World Development Report, World Bank, 1999.

## 1.2 我国对环境污染的治理

### 1.2.1 我国环境保护与可持续发展的政策和规定

1982年以来,全国人大常委会陆续制定了一系列关于环境保护的法律。下面介绍这些法律的名称及制定和修订时间,还列举了一些其他命令、规定、标准等,以备查用。

- 1) 《环境保护法》基本法, 1989年制定。
- 2) 《海洋环境保护法》1982年制定, 1999年修订。
- 3) 《水污染防治法》1984年制定, 1996年修订。
- 4) 《大气污染防治法》1987年制定, 1995年、2000年修订。
- 5) 《固体废物污染环境防治法》1995年制定, 2004年修订。
- 6) 《环境噪声污染防治法》1996年制定。
- 7) 《放射性污染防治法》2003年制定。
- 8) 《中华人民共和国节约能源法》中华人民共和国主席令第77号, 2008年4月1日施行。
- 9) 《全国污染源普查条例》国务院令第508号, 2007年10月9日公布施行。
- 10) 《中华人民共和国电子废物污染环境防治管理办法》国家环境保护局令第40号, 2008年4月1日施行。
- 11) 《中华人民共和国循环经济促进法》中华人民共和国主席令第4号, 2009年1月1日施行。
- 12) GB/T 21471—2008 废弃电子电气产品再使用及再生利用体系评价准则。
- 13) GB/T 18883—2002 室内空气质量标准。
- 14) GB/T 14848—1993 地下水质量标准。
- 15) GB/T 15618—1995 土壤环境质量标准。
- 16) GB/T 21900—2008 电镀污染物排放标准。

- 17) GB/T 16297—1996 大气污染物综合排放标准。
- 18) GB/T 13271 锅炉大气污染物排放标准。
- 19) GB/T 16171—1996 炼焦大气污染物排放标准。
- 20) GB/T 9078—1996 工业炉窑大气污染物排放标准。
- 21) GB/T 18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准。
- 22) GB/T 20426—2006 煤炭工业污染物排放标准。
- 23) GB/T 13456—1992 钢铁工业水污染物排放标准。
- 24) GB/T 22421—2008 通信网络设备的回收处理要求。
- 25) GB/T 22422—2008 通信记录媒体的回收处理要求。
- 26) GB/T 22423—2008 通信终端设备的回收处理要求。
- 27) GB/T 22426—2008 废弃通信设备产品回收处理设备要求。
- 28) GB/T 18598—2001 危险废物填埋污染控制标准。
- 29) GB/T 18599—2001 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准。

### 1.2.2 我国常用的治理污染的技术

我国于 1973 年 12 月颁布了中国第一个环境标准《工业“三废”排放试行标准》。以后逐渐加强了对废气、废水、废渣的治理，积累了不少经验。表 1-6 ~ 表 1-8 给出了我国常用的治理三废的技术。

表 1-6 我国常用的大气污染治理技术

技术类型	特 点	说 明
除 尘 抑 尘 技 术	机械式	利用重力、惯性力、离心力等除尘，除尘效率 40% ~ 60%
	湿式	利用水或其他液体与含尘气体接触，适于处理有爆炸危险或同时含有多种有害物质的气体
	过滤式	靠过滤材料清除有害物质，用于原料气的精制、固体粉料的回收，要注意及时清灰
	电式	含尘气体在通过高压电场时电离，使尘粒带电，在电场作用下分离，压力损失小，处理烟气体量大，能耗低，对细粉尘捕集率高
煤 炭 脱 硫 技 术	替换煤炭	换含硫量低的煤炭
	选煤	有物理法、化学法、生物法等去除煤中的硫分
	煤炭加工和转化	汽化、液化或制成煤液混合物、型煤等
燃 烧 过 程 中 脱 硫	型煤固硫	用沥青、石灰等作为粘结剂将粉煤加工成一定的形状，可以减少 SO <sub>2</sub> 排放 40% ~ 60%，提高燃烧热效率 20% ~ 30%
	流化床燃烧脱硫	将煤炭与脱硫剂一起送入循环流化床锅炉中，形成固态硫酸钙，是清洁高效的脱硫方法
	炉内喷钙技术	钙的利用率和脱硫效率较高

(续)

技术类型	特 点	说 明
扬尘污染治理技术	生态环境治理	绿化地面, 硬化地面
	加强施工管理	施工现场建立围栏、及时覆盖、四级风以上停止容易制造扬尘的施工等
	覆盖易产生扬尘的物料	对于砂石、煤炭、沙、渣土等易产生扬尘的物料及时覆盖、洒水
	避免交通扬尘	防止各种尘源进入道路, 减少路上的尘土, 改进清扫方式

表 1-7 我国常用的水污染治理技术

技术类型	特 点	说 明
物理方法	稀释	将高浓度废水与低浓度废水或天然水混合以降低污染程度
	调节	设调节池, 调节水量、水质变化较大的情况
	重力分离	用沉淀、隔离、气浮等方法处理水中的悬浮物
	离心分离	利用离心设备的高速旋转, 使废水中的悬浮物与水分离
	过滤	用格栅、筛网、沙滤等手段滤掉水中的杂质和悬浮物等
	热处理	用蒸发、结晶等方法
	磁分离	利用磁场截留和分离水中的磁性悬浮物和重金属离子等
化学方法 (投药法)	混凝	加入化学药剂破坏胶体的稳定性, 使水中悬浮物和胶体形成有可分离性的絮状体, 再使之分离、除去
	中和	用中和的方法使水的 pH 达到处理要求 (pH = 6 ~ 9)
	氧化还原	利用氧化还原等方法使水中的有害物质转化为无害物质
	化学沉淀	利用沉淀剂与废水中的可溶性污染物起作用而产生沉淀
	电解	常用于去除重金属离子、酚、致病微生物等
	消毒	对于含细菌、微生物的废水加入漂白粉、液氯等消毒剂
物理化学方法	汽提	利用易挥发性杂质在水溶液或水蒸气中的分配作用去除或回收杂质
	吹脱	通过改变与废水相平衡的气相的组成, 使废水中的易挥发物转入气相, 达到除脱的目的
	萃取	向废水中加入互不相溶, 但能够溶解污染物的溶剂 (即萃取剂), 使污染物大部转入萃取剂, 然后分离水和萃取液
	吸附	利用多孔性固体吸附剂把废水中的可溶性物质或无机物吸附到其表面, 而达到去除污染的目的。常用的吸附剂有活性炭、白土和焦炭等
	离子交换	用离子交换剂上的离子和废水的离子交换, 去除有害离子。常用于去除废水中的重金属离子
	膜分离	利用各种膜的作用, 实现分离废水中的有害物质, 有电渗析、反渗透、超滤、纳滤、液膜分离等方法

表 1-8 我国常用的固体废物处理技术

技术类型	特 点	说 明
化学处理	中和	主要用于处理化工、冶金、电镀等行业的酸性或碱性废渣，使用中和剂与之发生化学反应，降低毒性，中和剂多采用石灰、硫酸、盐酸等
	氧化还原	通过氧化或还原，使固体废物转化为无毒或低毒的化学稳定物质。例如用煤粉、废活性炭等在回转炉中培烧，或在酸性介质中加入 $\text{FeSO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 等还原剂，可将铬渣中的主要毒性成分 6 价铬变成 3 价铬
	化学浸出	用适当的化学溶剂与固体废物发生作用，使其中某些成分选择性溶解，然后回收，可以用于从矿渣中回收贵金属
热化学处理	焚烧	焚烧可以减少废物的体积，利用其热量，并且有消毒作用。主要用于热值大于 $3400\text{kJ/kg}$ 的生活垃圾、医疗垃圾等
	热解	将固体废物在无氧或缺氧条件下加热，使之分解成相对分子质量较小的组分，适于处理废塑料、废橡胶、农业有机废物等
生物处理	堆肥化	通过细菌、真菌等微生物的作用，使固体废物转化成为有机肥，适用于处理生活垃圾、人畜粪便、生活污水污泥等
	厌氧消化	利用厌氧微生物将固体废物中的有机质等分解为稳定、无毒、低毒的物质，同时获得沼气，主要用于处理生活垃圾、农业固体废物、污水污泥等
	生物浸出	用含有某些微生物的溶液与固体废物发生作用，浸出铜、镍、锌、锰等金属，主要用于处理尾矿、矿山废石等，反映温和，能耗较低
固化处理	水泥固化	用硅酸盐水泥和吸附剂、促凝剂使固体废物固化，适用于含重金属的污泥、原子能工业废料等，费用低，但固化体浸出率、增容率较高
	石灰固化	用石灰、粉煤灰、垃圾焚烧灰渣等为固化剂，以活性硅酸盐类为添加剂，使固体废物固化。适用于钢铁、机械工业酸洗产生的废渣、电镀污泥等。处理费用低，固化体可以用于路基、矿坑充填等，但易受酸性介质侵蚀
	沥青固化	用沥青类材料为固化剂，与固体废物在一定温度下均匀混合。适用于中、低放射性蒸发残液、神渣、焚烧残渣等。具有较好的化学稳定性
	玻璃固化	以玻璃原料为固化剂，与固体废物按一定比例混合后，在 $1000 \sim 1200^\circ\text{C}$ 温度下熔融，退化后形成稳定的玻璃固化体，用于处理放射性废物、重金属污泥等

此外，我国对于固体废物的处理还采用陆地填埋或海洋处理的方式。陆地填埋有土地填埋和深井填埋，要严格控制，避免污染。海洋处理只限于主管部门拟定的名录中的固体废物，而且必须遵守相关法规、标准。

## 1.3 机械工业节能减排的重要性

由表 1-5 来看,机械工业只在金属污染一项中列第九位。似乎与钢铁、非铁材料、火力发电相比污染较小,但仔细研究并非如此。据统计,造成全球环境污染的污染物 70% 来自制造业。制造业每年约产生 7 亿 t 有害废物。这是因为:

1) 机械工业生产的产品使用大量的材料,如钢铁、非铁材料、塑料、橡胶等。如果机械工业能够节约使用材料,对减轻污染会有很大的作用。

2) 在机器使用过程中,会使用大量的电力、石油、煤炭等作为动力。这些能源的生产和使用(如汽油燃烧)都会产生污染。如果机械工业的能耗能够降低,对减轻污染会有很大贡献。

3) 在机械制造工艺中有一些对环境的污染很严重,耗能较大,如铸造、电镀、喷漆等,热处理、焊接和锻造影响也较大。

4) 在机器使用过程中要修理,最后要报废,如何处理这些废弃的机器和零部件,是对环境污染有重大影响的问题。

因此,机械制造工程师必须注意节能减排,为我国环境的改善提供有效的措施。由于机械设计占有重要的地位,很多节能减排的措施要在设计机械产品时就预先考虑到,使机械产品在整个寿命周期中能够满足节能减排的要求。如果设计时考虑不周,在制造和使用中是很难纠正和挽回的。

## 1.4 用“循环经济”的思想指导机械设计工作

### 1.4.1 循环经济的特点

当代资源环境问题日益严重的根源在于工业化运动以来,循环经济是以强物质化为特征的线性经济模式。其特点是高的资源消耗和高污染排放。针对这一情况,提出了人类社会的未来应该建立一种物质生命周期经济,即循环经济。不但保证了物质生活的发展,又保持了所要求的环境,并且避免了资源环境的退化。从物质流的角度来看,传统工业社会的经济是一种由“资源—产出—污染排放”单向流动的线性经济。它是把资源(各种物质和能源)不断变成垃圾的运动,且以日益恶化的自然条件为代价,来实现经济的增长。与此不同,循环经济倡导的是一种与地球和谐发展的模式。它要求把经济活动组成一个“资源—产品—再生资源”的反馈式流程。物质和能源要能在这个循环中得到合理和持久的运用,把经济活动对自然环境的不利影响降低到尽可能小的程度。

### 1.4.2 循环经济的3R原则

循环经济的操作原则可以归纳为减量化（Reduce）、再利用（Reuse）和再循环（Recycle）原则，也可以称为“3R原则”。有人在3R原则的基础上，增加了“再制造”（Remanufacture）而称为“4R原则”。

（1）减量化原则 要减少进入生产和消费流程的物质量。例如购买轻型轿车而不是大型轿车，用光纤代替铜导线，用光盘存储代替纸存储。

（2）再利用原则 尽可能多次和多种方式地利用机械产品，避免使其过早地成为垃圾。在设计中选用标准件，使这些零件便于更换或用于其他场合。如包装箱和内装的商品采用标准尺寸，使其可以用于装其他产品。电器设备的遥控器、充电器、外接电源等如果能够互换使用，即使只是同一公司的产品可以互换使用，也可以避免许多废弃的装置。

（3）再循环原则 也称为资源化原则。产品、零部件或其材料，尽可能多地返回使用。我国人口到2020年将达到14~15亿，之后才能逐渐减少。而那时消费水平要有很大提高。因此，资源环境压力很大，必须采用“循环经济”的模式，才能够保证持久的发展。

### 1.4.3 循环经济是节能减排的重要途径

采用循环经济，使新投入的材料和物资减少了，而旧设备和材料的利用率不断增加，对材料和能源的需求就可以减下来。它是节能减排的重要途径。

本书介绍的内容都与此有关，这也是现代机械设计的一个重要的指导思想。