

中国工业系统各行业综合污染度评价方法与实例^{*}

王寿兵 柏红霞 王祥荣 樊正球

(复旦大学环境科学与工程系, 上海 200433)

摘要 中国的环境问题很大程度上与高强度和低效益的工业经济活动有关。降低工业系统污染程度无疑对我国建设资源节约型和环境友好型社会具有重要意义。对工业系统各行业污染度进行量化的综合评价, 得到单一化的污染度指数, 可方便不同行业间清洁水平的比较, 可为各地区工业布局 and 工业结构的调整提供理论依据。本文初步建立了中国工业系统污染度综合评价的方法, 并对“十五”期间(2001—2005)我国重点调查的41个工业行业的综合污染度进行了评价, 得到了各行业的综合污染度评价指数、排名及其变化情况。结果表明, “十五”期间, 我国工业系统污染度总体上有较大幅度的降低, 各行业污染度差别较大, 有的行业污染度有大幅下降, 有的行业还有所增加。本文的研究成果可为建设资源节约型和环境友好型社会提供重要理论支持。

关键词 工业经济系统; 污染度; 综合评价; 中国

中图分类号 F401; X502 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2008)06-0127-07

快速的工业化过程和粗放型的工业经济是造成我国生态环境问题的主要原因之一。工业系统污染度的降低, 不但对我国建设资源节约型和环境友好型社会具有重要意义, 而且对提高我国工业系统的综合竞争力, 尤其是在应对国际绿色贸易壁垒方面具有重要意义。而对我国工业系统各行业污染度进行比较评价, 不但可为进一步提高其环境效率提供理论依据, 而且对各地区的产业布局 and 产业结构的调整等也具有重要指导意义。目前对我国工业系统各行业污染水平的评价大多还停留在单项指标的比较上, 这种评价虽然可以了解每个行业在各单一指标上的优劣, 但无法科学了解其整体水平, 不能对该行业的总体环境形象做出科学评价, 难以满足科学决策的需要。本文遵循科学性、可操作性和排他性等原则初步研究并建立了我国工业系统各行业污染度评价指标体系、评价标准、指标权重和综合方法, 并以2001—2005年全国41个工业行业重点调查企业的相关统计数据进行了实例分析。

1 评价方法

1.1 评价指标体系

评价指标体系的建立考虑以下因素。

(1) 各指标数据具有可获得性和权威性。如果指标数

据难以获得, 就会使评价方法的应用遇到较大的困难, 难以推广应用, 也较难保证评价结果的可检验性和可重复性。另外, 指标数据如果不具有权威性, 就很难保证评价结果的公信力。考虑到《中国环境年鉴》已从2001年起开始每年提供我国工业系统41个行业主要环境污染物产生和排放的相关数据, 而这些数据具有权威性和连续性, 所以本文评价指标的选择将以《中国环境年鉴》所列指标为基础进行选取^[1]。

(2) 各评价指标间具有排他性。各评价指标应从不同的方面表征评价对象的特征, 这样得到的评价结果才能综合反映评价对象的真实情况。如果各指标间表达的信息具有重复性或交叉性, 就会造成重复计算, 使综合评价结果失真。比如COD和氨氮排入水体后, 产生的环境问题是相似的, 都是造成水体的富营养化, 所以COD排放指标和氨氮排放指标之间就不具有排他性。对于这种情况, 本文采用两者之间的共性作为评价指标, 对COD和氨氮而言, 选择的评价指标就是水体富营养化潜力。同样, 对于废水中排放的镉、汞、六价铬、铅等均产生水生生态毒性的污染物, 则统一采用淡水水生生态毒性潜力作为评价指标。而各污染物对每一类指标的贡献则根据当量系数进行汇总^[2,3]。

收稿日期: 2008-08-10

作者简介: 王寿兵, 副教授, 博士, 硕士生导师。研究方向为产业生态学。

* 国家社科重大项目“建设资源节约型与环境友好型社会的理论与政策研究”(编号: 06&ZD024)资助。

(3)不同评价对象结果之间具有可比性。总量指标常常与统计口径和企业规模有关,因此不能进行不同行业 and 不同年份之间的比较。而相对指标或强度指标则较少受上述因素的影响。为此本文采用万元产值的污染产生或排放量指标作为基础数据进行评价。

(4)各评价指标与评价目标之间具有直接相关性。一个行业的污染度大小不但与单位产值的污染物产生量有关,同时也与单位产值的污染物排放量有关。一般说来,由于各行业都不同程度的采取了一些污染治理措施,所以污染物排放量一般会小于污染物产生量。单位产值的污染物产生量表明该行业现有生产技术体系的污染水平,这里把用单位产值污染物产生量多少进行综合评价的污染度叫产生污染度(pollution degree related to pollutant generated, PDRPG);而单位产值污染物排放量表明该行业当年实际对环境的污染水平,这里把用单位产值污染物排放量多少进行综合评价的污染度叫排放污染度(pollution degree related to pollutant discharged, PDRPD)。产生污染度越大,表明该行业生产技术水平越低;排放污染度越大,表明该行业污染治理水平越低。产生污染度与排放污染度间差值越大,一般表明污染治理力度越大。

根据上述考虑因素,特建立中国工业行业污染度综合评价指标体系如表 1。

1.2 指标的正规化

正规化的目的在于消除各指标量纲和级数的差异,使各指标在相对大小方面具有一定的可比性。正规化的方法有许多,如初始化、极差法等^[4]。为了解各指标的动态变化,并考虑到所有指标对污染度大小贡献而言均为正极性,这里采用全国 2001 年(从该年开始,纳入中国环境年鉴统计的工业行业由 2000 年前的 20 个增加到 41,且为“十五”开局年)工业系统重点企业万元产值污染产生量各指标值作为基准值,然后去除以评价年的各指标数据来进行正规化。这样既能实现正规化,又可知道各指标相对于 2001 年(基准年)的变化情况。正规化结果小于 1,说明好于 2001 年工业系统平均水平,大于 1,说明比 2001 年更差。

1.3 权重值的确定

为将正规化后的各单项指标综合成一个单一的指标,需要确定各单项指标相对于评价目标的重要性,即确定权重。权重的确定方法有很多,如德尔菲法(Delphi)、层次分析法(AHP)、主成分分析法(CPA)、目标距离法(DIT)以及其他统计学方法等^[5]。

考虑到这里评价的最终目的是为国家资源和环境保护目标的实现提供依据,同时考虑到评价结果应具有可重

表 1 中国工业系统产生污染度和排放污染度综合评价指标体系

Tab. 1 Comprehensive assessment indicators of PDRPG and PDRPG of CIES

指标名称	计算范围	当量因子(如果有)	单位
万元产值富营养化物质产生(排放)潜力	COD _{Cr}	0.022	kg PO ₄ ³⁻ /万元
	氨氮	0.35	
	汞	1 700	kg 1, 4-二氯苯/万元
	镉	1 500	
万元产值淡水生态毒性产生(排放)潜力	六价铬	28	kg 1, 4-二氯苯/万元
	铅	9.6	
	砷	210	
	挥发酚	240	
万元产值水体氰化物产生(排放量)	氰化物	1	kg/万元
万元产值水体石油类产生(排放量)	石油类	1	kg/万元
万元产值大气酸化物质产生(排放)潜力	二氧化硫	1	kg/万元
万元产值大气烟尘产生(排放量)	工业烟尘	1	kg/万元
万元产值大气粉尘产生(排放量)	工业粉尘	1	kg/万元
万元产值固体废物产生(排放量)	一般工业固体废物	1	kg/万元
万元产值危险废物产生(排放量)	危险工业固体废物	1	kg/万元

注:表中各指标为产生量时计算结果为产生污染度,为排放量时为排放污染度;氰化物和石油类暂无水生生态毒性当量因子,这里暂单列。

复性和权威性,这里各单项指标权重的确定采用目标距离法,即用现状值/规划目标值得到该指标的权重。考虑到国家有关“十一五”的相关规划中对许多资源消耗和环境保护要求都提出了许多目标值,所以这里现状值和目标值分别采用 2005 年和 2010 年数据。2010 年后现状值和目标值又可根据国家新的相关规划作调整,以体现评价结果的时效性、科学性和实用性。各单项指标的目标值以《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中的值为准,其中没有的以《国家“十一五”环境保护规划》中的目标值为准。

为使评价结果更具可比性,这里在得到各指标的目标距离后再进行归一化,以求得各指标的权重值。

1.3.1 各指标目标距离

(1)万元产值富营养化排放潜力目标距离。《国家“十一五”环境保护规划》要求到 2010 年,全国化学耗氧量在 2005 年水平上削减 5%,氨氮排放量削减 3%。另据 2005

中国环境状况公报, 2005 年全国 COD 排放量为 1 414.2 万吨, 氨氮为 149.8 万吨。据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》, 2005 年全国 GDP 为 18.2 亿元, 2010 年规划值为 26.1 亿元(可比价), 所以该指标目标距离 = 2005 年全国万元 GDP 排放的 COD 和氨氮产生富营养化潜力 / 2010 年全国万元 GDP 排放 COD 和氨氮产生富营养化潜力规划值 = $[(1\ 414.2 \times 0.022 + 149.8 \times 0.35) / 18.2] / [(1\ 414.2 \times 0.022 \times 0.95 + 149.8 \times 0.35 \times 0.97) / 26.1] = 1.49$

(2) 万元产值酸化排放潜力目标距离。据《国家“十一五”环境保护规划》, 要求到 2010 年, 废气中二氧化硫排放量控制在 2005 年水平。因此, 单位酸化潜力指标的权重 = $(1/18.2) / (1/26.1) = 1.43$

(3) 其他指标目标距离。其他指标在国家有关规划中虽然都没有设定具体的削减目标, 但在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》中提出, 到 2010 年, 主要污染物排放总量要减少 10%, 表 1 中其余指标涉及到的污染物都应算是主要污染物, 所以, 其总量削减目标也可按 10% 计算, 这样, 上述各指标的目标距离应为: $(1/18.2) / (0.9/26.1) = 1.59$

1.3.2 权重值的确定

将各指标目标距离进行归一化, 得到各指标的相对重要程度, 即权重值。具体计算公式为:

$$W_i = DTC_i / \sum_{i=1}^n DTC_i \quad (1)$$

式中: W_i 为 i 指标的权重值, DTC_i 为 i 指标的目标距离, i 为指标个数。

这样, 万元产值富营养化排放潜力权重为: $1.49 / (1.49 + 1.43 + 1.59 \times 7) = 0.106$, 以此类推, 万元产值酸化排放潜力权重为 0.102, 其余指标均为 0.113。为使结果更具可比性, 万元产值污染物产生量指标采用与排放量指标相同的权重。

1.4 综合结果计算

将正规化后的各单项指标值乘以各自的权重系数, 然后再求和:

$$S_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} W_i \quad (2)$$

式中: i 为纳入评价的第 i 项指标; j 为纳入评价第 j 行业; X_{ij} 为第 j 行业第 i 个指标正规化结果; S_j 为第 j 行业污染度综合评价得分; W_i 为指标 i 的权重系数。

2 实例分析

以《中国环境年鉴》(2002—2006) 中全国重点调查工业行业环境统计数据作为原始数据, 并以 2001 年数据为基准年, 按上述方法计算得到 2001—2005 年全国重点调查工

业行业产生污染度和排放污染度指数。

2.1 产生污染度

(1) 整个工业系统产生污染度在 2001—2005 年间呈逐年下降趋势(见表 2), 表明工业系统从整体上讲生产效率逐年提高, 清洁生产水平有所改善。2005 年污染度为基准年(2001)的 66.5%, 年均下降 8.4%。

(2) 从 2005 年不同行业产生污染度水平看(见表 2), 各行业差别较大, 其中污染度指数最大的前十个行业分别为: 有色金属矿采选业、燃气生产和供应业、非金属矿采选业、火力发电业、电力、热力的生产和供应业、黑色金属矿采选业、水的生产和供应业、化学原料及化学制品制造业、以及黑色金属冶炼及压延加工业等, 其污染度指数分别为 5.663、5.254、4.157、3.595、3.339、2.089、2.016、1.266、0.938 和 0.931。产生污染度最小的前 10 个行业分别为烟草制品业、电气机械及器材制造业、塑料制品业、仪器仪表及文化、交通运输设备制造业、废弃资源和废旧材料回收加工业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业、工艺品及其他制造业、以及文教体育用品制造业, 污染度指数分别为 0.011、0.027、0.029、0.037、0.039、0.04、0.04、0.043、0.054、和 0.062。产生污染度指数最大值是最小值的 515 倍, 相差极为悬殊。

(3) 从近几年变化看, 不同行业变化程度各异, 有的行业污染度有较大幅度的下降, 有的不降反升, 应引起高度重视。与基准年(2001)相比, 2005 年污染度有不同程度下降的行业有 31 个, 其中大幅度下降的行业有烟草制品业、水泥制造业、非金属矿物制品业、塑料制品业、电气机械及器材制造业、金属制品业、木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业以及交通运输设备制造业等, 下降幅度分别高达 93.1%、90.1%、89.3%、87.1%、85.7%、84.8%、81.4% 和 76.9%。说明这些行业这几年技术进步较快, 经济效率和清洁生产水平有较大幅度提高。污染程度不同程度增加的行业有 11 个, 其中大幅度增加的行业有非金属矿采选业、水的生产和供应业、印刷业和记录媒介的复制业、纺织服装、鞋、帽制造业等, 污染度增加幅度分别达到 222.7%、187.6%、129.2% 和 93.5%(见表 2)。

2.2 排放污染度

(1) 2001—2005 年整个工业系统排放污染度指数分别为 0.133、0.113、0.100、0.089 和 0.090, 远远低于同年的产生污染度水平, 说明我国工业系统实施多年的污染治理措施在降低整个系统的污染度方面发挥了巨大的作用。从 5 年变化情况看, 总体呈逐年降低趋势, 但降低幅度逐渐趋缓, 说明未来要想靠污染治理措施来大幅度降低我国工业系统排放污染度将变得更加困难(见表 3)。

表2 2001—2005 中国工业系统主要行业产生污染度综合评价结果
Tab.2 Comprehensive assessment scores of PDRPG of China main industries in 2001—2005

评价工业行业	各年度产生污染度评价得分					相对于 2001 年的增加率(%) [*]			
	2001	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
烟草制品业	0.159	0.012	0.008	0.008	0.011	92.5	95.0	95.0	93.1
水泥制造业	7.212	0.441	0.651	0.682	0.715	93.9	91.0	90.5	90.1
非金属矿物制品业	4.363	0.379	0.477	0.492	0.465	91.3	89.1	88.7	89.3
塑料制品业	0.225	0.033	0.079	0.038	0.029	85.3	64.9	83.1	87.1
电气机械及器材制造业	0.189	0.028	0.031	0.021	0.027	85.2	83.6	88.9	85.7
金属制品业	0.506	0.400	0.421	0.316	0.077	20.9	16.8	37.5	84.8
木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业	0.993	0.188	0.183	0.200	0.185	81.1	81.6	79.9	81.4
交通运输设备制造业	0.169	0.067	0.048	0.049	0.039	60.4	71.6	71	76.9
燃气生产和供应业	17.174	4.031	3.017	5.548	5.254	76.5	82.4	67.7	69.4
工艺品及其他制造业	0.128	0.088	0.038	0.078	0.043	31.3	70.3	39.1	66.4
有色金属冶炼及压延加工业	2.116	1.425	1.171	0.829	0.775	32.7	44.7	60.8	63.4
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	0.092	0.039	0.044	0.042	0.04	57.6	52.2	54.3	56.5
通用设备制造业	0.158	0.073	0.13	0.051	0.069	53.8	17.7	67.7	56.3
黑色金属矿采选业	4.315	2.756	3.787	3.123	2.089	36.1	12.2	27.6	51.6
煤炭开采和洗选业	1.33	0.897	1.701	0.688	0.648	32.6	-27.9	48.3	51.3
废弃资源和废旧材料回收加工业	—	—	0.081	0.052	0.04	—	—	35.8	50.6
黑色金属冶炼及压延加工业	1.879	1.297	1.158	0.906	0.931	31.0	38.4	51.8	50.5
食品制造业	0.682	0.38	0.33	0.353	0.348	44.3	51.6	48.2	49
农副食品加工业	0.458	0.321	0.291	0.242	0.245	29.9	36.5	47.2	46.5
石油加工、炼焦及核燃料加工业	1.488	1.353	1.108	1.035	0.861	9.1	25.5	30.4	42.1
造纸及纸制品业	1.5	2.032	1.100	1.022	0.938	-35.5	26.7	31.9	37.5
化学原料及化学制品制造业	2.017	2.129	1.669	1.351	1.266	-5.6	17.3	33.0	37.2
饮料制造业	0.432	0.317	0.205	0.218	0.278	26.6	52.5	49.5	35.6
有色金属矿采选业	8.387	2.502	7.81	8.122	5.663	70.2	6.9	3.2	32.5
石油和天然气开采业	0.556	0.719	0.669	0.66	0.393	-29.3	-20.3	-18.7	29.3
橡胶制品业	0.087	0.047	0.064	0.057	0.062	46.0	26.4	34.5	28.7
家具制造业	0.312	0.066	0.063	0.084	0.243	78.8	79.8	73.1	22.1
专用设备制造业	0.16	0.117	0.09	0.048	0.132	26.9	43.8	70	17.5
医药制造业	0.283	0.297	0.257	0.351	0.236	-4.9	9.2	-24	16.6
纺织业	0.218	0.152	0.189	0.205	0.186	30.3	13.3	6.0	14.7
文教体育用品制造业	0.058	0.237	0.03	0.065	0.054	-308.6	48.3	-12.1	6.9
化学纤维制造业	0.353	0.323	0.354	0.275	0.366	8.5	-0.3	22.1	-3.7
电力、热力的生产和供应业	2.757	2.279	2.553	2.753	3.339	17.3	7.4	0.1	-21.1
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	0.170	0.177	0.241	0.182	0.206	4.1	-41.8	-7.1	-21.2
火力发电业	2.857	2.601	2.883	2.95	3.595	9.0	-0.9	-3.3	-25.8
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	0.029	0.026	0.101	0.053	0.037	10.3	-248.3	-82.8	-27.6
纺织服装、鞋帽制造业	0.046	0.045	0.049	0.074	0.089	2.2	-6.5	-60.9	-93.5
印刷业和记录媒介的复制	0.072	0.035	0.108	0.158	0.165	51.4	-50.0	-119.4	-129.2
水的生产和供应业	0.701	0.266	0.435	0.339	2.016	62.1	37.9	51.6	-187.6
非金属矿采选业	1.288	1.216	5.182	2.792	4.157	5.6	-302.3	-116.8	-222.7
行业总计	0.999	0.823	0.776	0.695	0.665	-17.6	-22.3	-30.4	-33.4

*: 按 2005 年数据从大到小排列, 废弃资源和废旧材料回收加工业以 2003 年为基准年。

表 3 2001—2005 中国工业系统主要行业排放污染度综合评价结果

Tab. 3 Comprehensive assessment scores of PDRPD of China main industries in 2001—2005

评价工业行业	各年度产生污染度评价得分					相对于 2001 年的增加率(%) [*]			
	2001	2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
家具制造业	0.548	0.403	0.014	0.016	0.012	26.5	97.4	97.1	97.8
烟草制品业	0.039	0.034	0.005	0.002	0.003	12.8	87.2	94.9	92.3
金属制品业	0.030	0.028	0.024	0.015	0.005	6.7	20.0	50.0	83.3
文教体育用品制造业	0.053	0.054	0.008	0.013	0.009	-1.9	84.9	75.5	83.0
石油加工、炼焦及核燃料加工业	0.224	0.215	0.066	0.050	0.066	4.0	70.5	77.7	70.5
黑色金属冶炼及压延加工业	0.174	0.149	0.077	0.055	0.054	14.4	55.7	68.4	69.0
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	0.012	0.008	0.005	0.003	0.004	33.3	58.3	75.0	66.7
黑色金属矿采选业	0.196	0.123	0.151	0.088	0.066	37.2	23.0	55.1	66.3
纺织服装、鞋帽制造业	0.074	0.063	0.013	0.021	0.033	14.9	82.4	71.6	55.4
煤炭开采和洗选业	0.121	0.088	0.063	0.046	0.057	27.3	47.9	62.0	52.9
有色金属矿采选业	0.237	0.058	0.201	0.176	0.112	75.5	15.2	25.7	52.7
交通运输设备制造业	0.012	0.009	0.011	0.009	0.006	25.0	8.3	25.0	50.0
石油和天然气开采业	0.059	0.049	0.046	0.042	0.031	16.9	22.0	28.8	47.5
废弃资源和废旧材料回收加工业	—	—	0.013	0.006	0.007	—	—	53.8	46.2
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	0.007	0.007	0.006	0.006	0.004	0.0	14.3	14.3	42.9
电气机械及器材制造业	0.010	0.008	0.008	0.003	0.006	20.0	20.0	70.0	40.0
塑料制品业	0.015	0.017	0.009	0.010	0.009	-13.3	40.0	33.3	40.0
工艺品及其他制造业	0.023	0.020	0.011	0.010	0.014	13.0	52.2	56.5	39.1
医药制造业	0.071	0.054	0.055	0.057	0.044	23.9	22.5	19.7	38.0
通用设备制造业	0.023	0.033	0.011	0.013	0.015	-43.5	52.2	43.5	34.8
水泥制造业	0.247	0.207	0.181	0.147	0.182	16.2	26.7	40.5	26.3
食品制造业	0.131	0.081	0.110	0.106	0.098	38.2	16.0	19.1	25.2
木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业	0.094	0.066	0.081	0.079	0.076	29.8	13.8	16.0	19.1
有色金属冶炼及压延加工业	0.097	0.097	0.122	0.086	0.080	0.0	-25.8	11.3	17.5
橡胶制品业	0.022	0.022	0.022	0.018	0.019	0.0	0.0	18.2	13.6
农副食品加工业	0.135	0.129	0.130	0.101	0.118	4.4	3.7	25.2	12.6
专用设备制造业	0.015	0.019	0.028	0.016	0.014	-26.7	-86.7	-6.7	6.7
非金属矿采选业	0.177	0.297	0.181	0.089	0.169	-67.8	-2.3	49.7	4.5
非金属矿物制品业	0.144	0.165	0.157	0.137	0.143	-14.6	-9.0	4.9	0.7
电力、热力的生产和供应业	0.558	0.438	0.499	0.520	0.581	21.5	10.6	6.8	-4.1
火力发电业	0.574	0.628	0.561	0.553	0.618	-9.4	2.3	3.7	-7.7
水的生产和供应业	0.259	0.161	0.299	0.191	0.296	37.8	-15.4	26.3	-14.3
化学原料及化学制品制造业	0.142	0.133	0.187	0.184	0.173	6.3	-31.7	-29.6	-21.8
化学纤维制造业	0.043	0.033	0.065	0.056	0.057	23.3	-51.2	-30.2	-32.6
饮料制造业	0.049	0.030	0.059	0.062	0.065	38.8	-20.4	-26.5	-32.7
其他采矿业	0.048	0.058	0.074	0.025	0.067	-20.8	-54.2	47.9	-39.6
纺织业	0.031	0.028	0.047	0.050	0.048	9.7	-51.6	-61.3	-54.8
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	0.038	0.044	0.074	0.058	0.065	-15.8	-94.7	-52.6	-71.1
印刷业和记录媒介的复制	0.015	0.008	0.008	0.010	0.028	46.7	46.7	33.3	-86.7
造纸及纸制品业	0.112	0.068	0.353	0.310	0.312	39.3	-215.2	-176.8	-178.6
燃气生产和供应业	0.426	0.182	0.217	0.365	1.837	57.3	49.1	14.3	-331.2
行业总计	0.133	0.113	0.100	0.089	0.090	-15.0	-24.8	-33.1	-32.3

注: 石油和天然气开采业、其他采矿业、纺织服装、鞋帽制造业、印刷业和记录媒介的复制、文教体育用品制造业、塑料制品业、工艺品及其他制造业、废弃资源和废旧材料回收加工业、燃气生产和供应业万元产值的固体废物排放量 2003 年数据缺, 用 2004 年数据估计。有色金属矿采选业、化学原料及化学制品制造业、交通运输设备制造业万元产值的固体危险废物排放量 2003 年数据缺失, 用 2004 年数据估计。纺织业万元产值的固体危险废物排放量 2003 年数据用 2002 年数据估计。2005 年: 石油和天然气开采业汞排放量用 2004 年值进行估计。

表4 2001—2005年各行业排放污染度比产生污染度降低幅度(%) (按2005年数据从大到小排列)

Tab. 4 decreases of PDRPG compared with PDRPD in 2001—2005 respectively

评价工业行业	年 份				
	2001	2002	2003	2004	2005
有色金属矿采选业	97.2	97.7	97.4	97.8	98.0
黑色金属矿采选业	95.5	95.5	96	97.2	96.8
非金属矿采选业	86.3	75.6	96.5	96.8	95.9
家具制造业	-75.6	510.6	77.8	81	95.1
黑色金属冶炼及压延加工业	90.7	88.5	93.4	93.9	94.2
金属制品业	94.1	93	94.3	95.3	93.5
石油加工、炼焦及核燃料加工业	84.9	84.1	94	95.2	92.3
石油和天然气开采业	89.4	93.2	93.1	93.6	92.1
煤炭开采和洗选业	90.9	90.2	96.3	93.3	91.2
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	87	79.5	88.6	92.9	90.0
有色金属冶炼及压延加工业	95.4	93.2	89.6	89.6	89.7
专用设备制造业	90.6	83.8	68.9	66.7	89.4
仪器仪表及文化、办公用机械制造业	75.9	73.1	94.1	88.7	89.2
其他采矿业	50	67	85.7	91.7	87.8
化学原料及化学制品制造业	93	93.8	88.8	86.4	86.3
水的生产和供应业	63.1	39.5	31.3	43.7	85.3
交通运输设备制造业	92.9	86.6	77.1	81.6	84.6
化学纤维制造业	87.8	89.8	81.6	79.6	84.4
文教体育用品制造业	8.6	77.2	73.3	80	83.3
印刷业和记录媒介的复制	79.2	77.1	92.6	93.7	83.0
火力发电业	79.9	75.9	80.5	81.3	82.8
电力、热力的生产和供应业	79.8	80.8	80.5	81.1	82.6
废弃资源和废旧材料回收加工业	—	—	84	88.5	82.5
医药制造业	74.9	81.8	78.6	83.8	81.4
通用设备制造业	85.4	54.8	91.5	74.5	78.3
电气机械及器材制造业	94.7	71.4	74.2	85.7	77.8
饮料制造业	88.7	90.5	71.2	71.6	76.6
水泥制造业	96.6	53.1	72.2	78.4	74.5
纺织业	85.8	81.6	75.1	75.6	74.2
烟草制品业	75.5	-183.3	37.5	75	72.7
食品制造业	80.8	78.7	66.7	70	71.8
橡胶制品业	74.7	53.2	65.6	68.4	69.4
非金属矿物制品业	96.7	56.5	67.1	72.2	69.2
塑料制品业	93.3	48.5	88.6	73.7	69.0
皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业	77.6	75.1	69.3	68.1	68.4
工艺品及其他制造业	82	77.3	71.1	87.2	67.4
造纸及纸制品业	92.5	96.7	67.9	69.7	66.7
其它行业	84.6	92	76.3	71.3	66.4
燃气生产和供应业	97.5	95.5	92.8	93.4	65.0
纺织服装、鞋、帽制造业	-60.9	-40	73.5	71.6	62.9
木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业	90.5	64.9	55.7	60.5	58.9
农副食品加工业	70.5	59.8	55.3	58.3	51.8

(2)从2005年不同行业排放污染度水平看,各行业间也有较大差别,其中排放污染度指数最大的前十个行业分别为:燃气生产和供应业、火力发电业、电力、热力的生产和供应业、造纸及纸制品业、水的生产和供应业、水泥制造业、化学原料及化学制品制造业、非金属矿采选业、非金属矿物制品业以及农副食品加工业等,其污染度指数分别为1.837、0.618、0.581、0.312、0.296、0.182、0.173、0.169、0.143和0.118。

排放污染度最小的前10个行业分别为烟草制品业、仪器仪表及文化、办公用机械制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业、金属制品业、电气机械及器材制造业、交通运输设备制造业、废弃资源和废旧材料回收加工业、塑料制品业、文教体育用品制造业和家具制造业等,污染度指数分别为0.003、0.004、0.004、0.005、0.006、0.006、0.007、0.009、0.009和0.012。最大值是最小值的612倍,可见不同的行业,在排放污染度方面的差距也是巨大的。这种差异与各行业自身的特点有关,同时也与其污染治理水平直接相关。

(3)从近几年变化看(见表3),不同行业排放污染度变化呈现不同特点,与基准年(2001)相比,2005年排放污染度有不同程度下降的行业有30个,其中大幅度下降的行业有家具制造业、烟草制品业、金属制品业、文教体育用品制造业、石油加工、炼焦及核燃料加工业、黑色金属冶炼及压延加工业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业、黑色金属矿采选业等,下降幅度分别高达97.8%、92.3%、83.3%、83.0%、70.5%、69.0%、66.7%和66.3%。排放污染度有不同程度增加的行业有12个,其中大幅度增加的行业有燃气生产和供应业、造纸及纸制品业、印刷业和记录媒介的复制、皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业、纺织业、其他采矿业、饮料制造业和化学纤维制造业等,污染度增加幅度分别达到331.2%、178.6%、86.7%、71.1%、54.8%、39.6%、32.7%和32.6%。

(4)从排放污染度和产生污染度之间大小比较看(见表4),各行业实际排放的污染度都比产生的污染度有较大幅度的降低,最大降幅高达98.0%,最小降幅也近51.8%,说明近些年来各行业的污染治理措施在减少污染物排放方面起了巨大作用。从行业比较看,有色金属矿采选业、黑色金属矿采选业、非金属矿采选业、家具制造业、黑色金属冶炼及压延加工业、金属制品业等行业污染治理力度最大,排放污染度比产生污染度降幅都在93%以上。而治污力度最小的农副食品加工业、木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业、纺织服装、鞋、帽制造业以及燃气生产和供应业等行业的降幅则在65%以下。

3 结 论

(1) 2001—2005 年我国工业系统总的产生污染度和排放污染度均呈逐年下降的趋势, 表明我国近几年工业系统总体上在向环境友好型迈进。

(2) 各行业产生污染度指数相差悬殊, 各地区应根据各自的特点, 大力发展那些污染度小的产业, 逐步淘汰那些污染度大, 经济效益不高的行业。

(3) 各行业排放污染度均比产生污染度有较大幅度的下降, 表明我国现有的环境污染治理措施对缓解工业系统的环境污染方面发挥着重要作用。

(4) 无论是产生污染度还是排放污染度, 都还有不少行业在继续增加, 下一步应狠抓这些行业中的清洁生产管理, 同时加大治污力度。

(5) 本文所建立的评价方法不但指标简单、原始数据易得, 具有权威性, 而且尽量消除了各指标间信息的重复性, 使评价结果更为客观。指标权重值根据未来国家资源和环境保护目标来确定, 具有更强的实用性、结果的可重复性和权威性。另外, 权重值可随不同时期国家资源和环境保护目标的不同而调整, 可以满足不同时期的评价需要, 体现各资源环境问题在不同发展时期重要性的差异。评价中正规化基准值也可根据评价年份的不同而适时调整, 可以满足不同时期的评价需要。

(编辑: 于 杰)

参考文献 (References)

- [1] 《中国环境统计年鉴》编辑委员会. 中国环境统计年鉴 (2002—2006) [M]. 北京: 中国环境统计年鉴出版社, 2002—2006. [China Environmental Statistics Yearbook Edit Committee. China Environmental Statistics Yearbook (2002—2006) [M]. Beijing: China Environmental Statistics Yearbook Press, 2002—2006.]
- [2] 王寿兵. 区域环境负荷计量的当量因子法 [J]. 中国环境科学, 2004, 24(2): 237 ~ 241. [Wang Shoubing. The equivalent factor method of regional environmental loads (EL) quantification; with eutrophication pollution load in Foshan City, Guangdong Province as an example. China Environmental Science, 2004, 24(2): 237 ~ 241.]
- [3] 朱俊, 董辉, 王寿兵等. 长江三峡库区干流水体主要污染负荷来源及贡献 [J]. 水科学进展, 2006, 17(5): 709 ~ 713. [Zhu Jun, Dong Hui, Wang Shoubing et al. Sources and quantities of main water pollution loads released into Three-Gorge Reservoir of the Yangtze River [J]. Advances in Water Science, 2006, 17(5): 709 ~ 713.]
- [4] 王寿兵, 吴人坚, 焦必方. 上海市奉贤县 21 个乡镇 (工业企业) 环境经济评价 [J]. 长江流域资源与环境, 1997, 6(1): 65 ~ 73. [Wang Shoubing, Wu Renjian, Jiao Bifang. Evaluation of environmental and economical benefits in twenty-one town and townships industrial enterprises of Fengxian County, Shanghai [J]. Resources and Environment in the Yangtze Valley, 1997, 6(1): 65 ~ 73.]
- [5] 王寿兵, 吴峰, 刘晶茹. 产业生态学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006. [Wang Shoubing, Wu Feng, Liu Jingru. Industrial Ecology [M]. Beijing: Chemical Industrial Press, 2006.]

Comprehensive Pollution Degree (PD) Assessment Method and Case Study on China Industrial Economic Systems (CIES) *

WANG Shou-bing BAI Hong-xia WANG Xiang-rong FAN Zheng-qiu

(Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract The ecological and environmental problems in China mainly resulted from its high intensity and low efficient industrial economic activities. Reducing the PD of CIES will make important significance for constructing resource saving and environmental friendly society in China. The comprehensive and quantitative assessment about PD of main industries with a single PD index, can make it easier for comparing the PD among industries, and provide the scientific basis for increasing their ecological efficiency and optimize their spatial distribution and CIES structure. The comprehensive assessment method to the PD of CIES is proposed here. The case studies of 41 industries of CIES in 2001—2005 are also accomplished. The PD assessment scores, their sequences and changes are gained. The results show that the PD of CIES as a whole has been decreased dramatically in 2001—2005, but there are remarkable difference among industries. Some industries has been decreased, while some increased.

Keywords industrial economic systems; pollution degree; comprehensive assessment; China.