

· 环境决策研究 ·

基于2020年中国人均GDP情境的国际环境状况对比研究

吴舜泽, 秦昌波, 王 倩, 姜文锦, 李 新, 万 军
(环境保护部环境规划院, 北京 100012)

摘要:以2020年中国人均GDP1.2万美元相对应的发达国家历史同期状况来看,我国“十三五”时期经济增速、经济增量、二产占比、二产增加值、重工业产量等均高于发达国家当年同期水平,且城镇化增速快、城市开发强度高、消费型污染多元化,煤炭占比和煤炭消费强度高,环境质量改善任务比发达国家更加艰巨。与发达国家历史同期相比,我国当前环境质量改善进度约滞后于经济发展进度20年左右。2020年环境质量要达到发达国家历史同期水平,颗粒物浓度需下降60%~70%,劣V类水体需全部消除,这一改善幅度超过五年可达范围。根据发达国家环境治理一般历程与典型案例分析,我国2020年环境质量难以达标,预期2030年左右环境质量可接近达标水平。

关键词:十三五;国际对比;经济社会;环境质量;环境目标

中图分类号: X22

文献标志码: A

Comparative Study of the International Environmental Conditions Based
on the Situation of China's GDP per Capita in 2020Wu Shunze, Qin Changbo, Wang Qian, Jiang Wenjin, Li Xin, Wan Jun
(Chinese Academy for Environmental Planning, MEP, Beijing 10012, China)

Abstract: China's GDP per capita will reach to 12 thousand dollars till 2020. Compared with the developed countries during the corresponding historical period, the economic growth, economic increment, proportion and value added of the secondary industry, heavy industry output in China during the thirteenth five-year period will be higher than those of the developed countries. Furthermore, the task of environmental quality improvement will be more difficult in China than in the developed countries due to the rapid growth of urbanization, high intensity of urban development, diversification of consumption-based pollution, higher proportion and consumption intense of coal, etc.. Compared to the developed countries during the same historical period, the current progress of environmental quality improvement in China lags behind the economic development for about 20 years. In the year of 2020, level of the environmental quality in China should catch up that of the developed countries during the same historical period, with decrease of the content of PM by 60% ~70% and complete elimination of water body of inferior level V, which cannot be fulfilled within five years. According to the general process of environmental management in the developed countries and typical case analysis, the environmental quality in China is hard to reach the set standard in 2020 but envisaged to get close around the year of 2030.

Keywords: The Thirteenth Five-Year; International Comparison; Economic Society; Environmental Quality; Environmental Goal

CLC number: X22

2020年是我国全面建成小康社会的战略期限。对比分析欧美国家与我国2020年经济发展水平相当时期的经济社会发展、资源能源消耗、污染物排放、环境质量状况等,对于合理确定环境目标要求、推进全面小康建设进程具有重要意义。该项研究选取人均GDP代表国家经济发展水

平,以人均GDP推算发达国家与我国2020年发展情境大致类似的历史年份,通过对比分析经济社会、资源能源、环境多要素变化情况,综合研判我国2020年环境形势,为确定中远期环境目标提供参考。

收稿日期: 2015-09-15

作者简介: 吴舜泽(1970-),男,博士生导师,研究员。研究方向:环境保护规划与管理。

通信作者: 姜文锦(1984-),女,硕士。研究方向:环境保护规划。Email:jiangwj@caep.org.cn

1 我国2020年经济情景预测及国际历史同期对标年份

2015年预计我国人均GDP约8200美元,相当于美、法、日等国家20世纪70年代中后期水平。根据我国新常态下经济运行态势,预计2020年我国人均GDP将达到1.2万美元左右,二产占比将达到41%左右,城镇化率将达到60%左右。以人均GDP为经济发展水平衡量指标,综合考虑现价美元、汇率等因素,美国、日本和欧盟分别在1979年、1985年和1986年达到同等经济水平^[1]。以人均GDP为指标确定的与我国2020年经济情景基本类似的典型国家对应年份见表1, (数据来源:世界银行数据<http://data.worldbank.org.cn>)。

表1 以人均GDP为指标确定的与我国2020年经济情景基本类似的典型国家(地区)年份

国家	人均 GDP (现价美元)	对应 t/a
中国	11 902	2020
美国	11 695	1979
英国	12 906	1987
法国	11 200	1979
德国	12 092	1980
欧盟	11 066	1986
波兰	11 252	2007
日本	11 465	1985
韩国	12 403	1995

总体上看,我国“十三五”时期大致相当于美国1976~1980年、日本1978~1985年、欧盟1979~1986年的发展阶段,我国人均GDP发展水平滞后于欧美发达国家35~40年左右。

2 经济社会状况国际对比

2.1 工业化进程

基于传统钱纳里工业化阶段理论,结合人均GDP、产业结构、工业结构、就业结构等相关数据判断,总体而言,中国目前已经进入到工业化后期阶段,2020年将基本实现工业化。我国工业化水平变化趋势见图1。

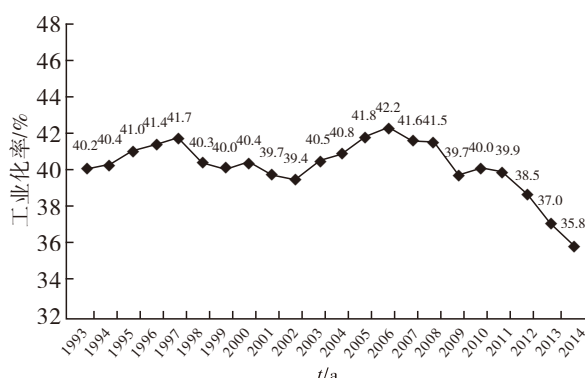


图1 我国工业化水平变化趋势

我国工业化进程约相当于美国20世纪60年代初。美国在20世纪40年代初左右处于工业化中期水平,20世纪50年代工业化率达到40%左右(相当于我国2010年),开始步入工业化后期,20世纪60年代进入“环境十年”,开展大规模环境治理,发展方式由传统的资本积累、资源消耗逐步转向技术、效率驱动,加快重工业转出及对外投资,环境质量持续改善。日本在20世纪70年代初进入工业化后期后,通过“雁阵”模式进行产业梯度转移,将大量劳动密集型产业转移到中国及东盟诸国。

我国“十三五”时期工业化发展特征与美日等国家具有一定相似性。一是技术进步对经济增长的贡献逐步上升。美国20世纪60年代初、日本20世纪70年代初全要素生产率对经济贡献率分别达到78%、54%,预计我国“十三五”时期全要素生产率对经济增长贡献将提升至50%。二是实施工业外向转移战略,通过实施“一带一路”、亚投行等发展战略,推动外向转移,进一步优化产业结构。

2.2 经济发展

随着经济进入新常态,我国GDP增速从2000~2010年间年均10.5%的高速增长下降至6.5%~7%左右的中高速增长。美、德、日等发达国家在1974年石油危机后GDP增速一般介于2%~5%之间。

从经济增量看,我国“十三五”时期GDP年均增量达到近8 700亿美元,约相当于美国历史同期的4倍、英国的9倍。人均GDP 8 200~12 000美元时部分国家GDP年均增量见图2, (数据来源:世

界银行数据<http://data.worldbank.org.cn>)。

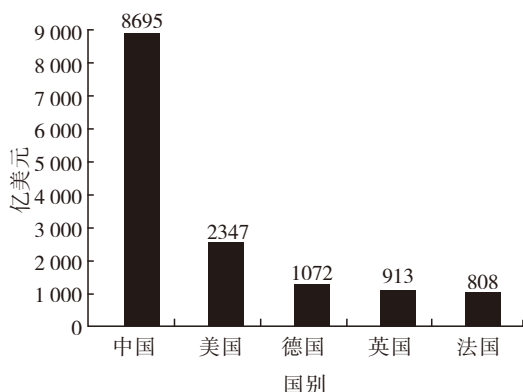


图2 人均GDP8200~12000美元时各国GDP年均增量

总之，我国经济增速高于发达国家历史同期水平，加之经济总量大、技术效率不高，我国

“十三五”时期经济增量带来的污染物增量远超过发达国家历史同期。

2.3 产业结构

我国二产占比长期高于发达国家，预计2020年我国二产比重约为41%。美国同等经济发展阶段二产占比约为35%，日本约为38%，我国与发达国家同等发展阶段相比二产占比高出约5~10个百分点。研究表明，工业能耗与大气污染约是服务业的4倍，重工业污染是服务业的9倍，我国产业结构带来的污染物压力远大于发达国家历史同期。人均GDP1.2万美元时部分国家经济产业情况见表2，（数据来源：世界银行数据<http://data.worldbank.org.cn>）。

表2 人均GDP1.2万美元时部分国家经济产业情况

国家	t/a	人均 GDP	GDP 增速/%	一产占比/%	二产占比/%	三产占比/%	城镇化率/%
中国	2020	12000	6	7.1	40.9	52	60
美国	1979	11695	3.2	3.2	35.3	61.5	74
法国	1979	11200	3.6	4.7	30.7	64.6	73
日本	1985	11465	6.3	2.7	38.2	59.1	77

从第二产业增加值绝对量来看，根据环境保护部环境规划院测算，我国2020年二产增加值预计可达到5.7万亿美元。美国历史同期为9212亿美元，日本历史同期为5261亿美元，我国2020年二产增加值约相当于美国6倍、日本的11倍。

从重工业发展来看，美国、英国、日本、德国等均在向后工业化时期迈进阶段重工业达到峰值，中国在2008年重工业占比达到70%的峰值，时间处于工业化中后期阶段，占比高于其他国家，体现了国家压缩型发展的特征。典型国家重工业比例峰值对比见表3。

表3 典型国家重工业比例峰值对比

国别	出现年份	人均 GDP (1990 年国际元)	人均 GDP (2000 年不变价美元)	重工业比重峰值/%
美国	1979	1 878	22 840	61.9
英国	1974	11 859	14 269	58.9
日本	1991	19 355	34 288	63.4
西德	1986	15 469	17 171	68.4
中国	2008	6 725	2 074	70.0

“十三五”时期我国重工业产品产能峰值将陆续到达，且峰值产能远高于发达国家历史同期。美国钢铁产量在1955年达到峰值，峰值时粗钢产量在1.1亿t。2013年我国粗钢产量达到7.8亿t，估计2015或2018年达到8.7亿t（低限情景）、10.7亿t（正常情景）峰值，峰值钢铁产量约为美

国当年的8~10倍。除此之外，我国生铁、水泥、平板玻璃等工业产品产量占世界比例均超过50%，远高于发达国家历史同期。重工业产能规模过大、过剩使我国比发达国家同等发展阶段面临更大的环境压力。中国主要工业产品占世界比例见表4。

表4 2013年中国主要工业产品占世界比例

产品	中国产量/亿t	占世界比例	产品	中国产量	占世界比例/%
生铁	6.58	59.0	电解铝	1 988.3万t	65
煤炭	36.6	50.0	化肥	6 840万t	35
粗钢	7.17	46.3	化纤	7 939万t	70
造船	6 021.00	41.0	平板玻璃	7.14 亿重量箱	50
水泥	21.84	60.0	汽车	1 927.18万辆	25

2.4 城镇化

受人口基数、户籍制度、发展模式等影响,我国工业化进程伴随着半城镇化状态,城镇化进程相对滞后。我国挤压式的工业化与滞后的城镇化进程、高密度的城市人口引发复合型、集中型污染。城市既有传统的汽车、住房排浪式消费,也有个性化、多样化的新消费需求,生活型环境污染问题交织复杂。

预计我国2020年城镇化率将达到60%左右,美、日等国家在同等经济水平城镇化率超过70%,我国城镇化水平低于发达国家历史同期水平。

我国“十三五”时期城镇化率年均增速约0.9个百分点,每年约1200万人口进入城市,发

达国家历史同期城镇化率基本保持稳定。

我国城市开发强度高,在市区范围内尤其严重。从市区范围内开发强度看,德国斯图加特市区只开发45%,其他都是森林、农田;东京都市区开发强度是58%,其他城市一般都只开发了30%~40%;香港至今只开发了25%,保留了75%的绿色空间;我国城市全市域的开发强度已接近于发达国家市区开发强度,市区开发强度远高于全市域^[2]。

我国单位面积的城市土地承载人口数量近9 000人/km²,约是发达国家的10~20倍,城市地区污染负荷重。不同国家城镇化模式对比见表5^[3]。

表5 不同国家城镇化模式对比

指标	集约模式		分散模式		居中模式		中国
	西欧	日本	北美	大洋洲	北欧	南欧	
地区/国家							
城镇化率/%	76.0	66.0	81.0	70.0	84.0	66	54.77
城市土地占国土面积比例/%	16.6	28.6	4.8	0.6	9.6	15.1	0.89
城市土地面积人口数/人·km ⁻²	788	809	303	477	512	511	8 734

注:发达国家数据为2005年,我国城镇化率为2014年数据,城市土地占国土面积比例为2013年数据。

美国千人汽车保有量超过800辆,而中国不足百辆。近年来中国机动车保持年均1100万辆的快速增长水平,仍然存在一定的刚性增长空间,汽车消费增长带来的环境压力仍将保持上升势头。预期2020年,中国的汽车消费需求将达到峰值。但是从分布上看,我国汽车消费者超过80%集中在城市,而美国基本上是城市占36%、郊区45%^[4]。

3 资源能源与污染物排放国际对比

3.1 能源消费结构

能源消费是影响大气环境质量的重要因素,可以解释70%左右的大气污染物排放、环境质量。发达国家以石油和天然气为主,我国能源消费以煤炭为主、煤炭占比过高,“富煤贫油少

气”的能源禀赋特点加剧了我国环境压力。

对于SO₂排放,燃烧单位标煤的污染物排放量是石油的3.04倍、天然气的145.13倍;对于NO_x排放,燃烧单位标煤的污染物排放量是石油2.02倍、天然气1.54倍;对于烟粉尘排放,燃烧单位标煤的污染物排放量是石油的55.76倍。

1965~1975年左右是发达国家能源结构重要的调整期,煤炭消费占比明显下降,英国、德国、荷兰等国均下降20个百分点。从能源消费总量看,我国一次能源消费总量高于发达国家历史同期。根据我国《能源发展战略行动计划(2014~2020年)》,预计我国2020年一次能源消费总量将控制在48亿t标煤(折合34亿t标油),美国1979年一次能源消费总量只有19亿t标油。

从能源消费结构看，乐观预计2020年我国煤炭消费占一次能源比例约为57%左右，而美国同期仅为20%，欧盟约为27%。即使是煤炭占比较高的德国、波兰，其情况也与目前约2/3的我

国现状有一定差距。人均GDP1.2万美元时部分国家/地区能源消费结构见表6，（数据来源：英国BP石油公司数据）。

表6 人均GDP1.2万美元时部分国家/地区能源消费结构

国家/地区		年份	煤炭占比/%	油品占比/%	天然气占比/%
人均 GDP 约 1.2 万美元时	中国	2020	57.00	19.50	10.00
	美国	1979	20.17	44.84	27.72
	德国	1980	39.21	41.40	14.52
	英国	1987	33.62	36.33	23.53
	欧盟	1986	27.87	36.07	24.72
	日本	1985	19.84	55.85	9.27
	波兰	2007	60.53	25.26	—
我国三大区域	京津冀	2012	69.58	14.24	4.17
	长三角	2012	57.55	25.98	4.47
	珠三角（广东）	2012	45.36	37.21	5.42

由于能源结构的差异，导致我国污染物排放量高于发达国家。经测算，在一次能源消费总量差异不大的情况下，由于能源结构的差异，我国SO₂产生量是美国的3.3倍、北美的2.9倍、欧盟的3倍；NO_x产生量是美国的1.7倍、北美的1.5倍、欧盟的 1.5倍；烟粉尘产生量是美国的4.1倍、北美的3.8倍、欧盟的3.7倍。部分国家/地区2013年一次能源消耗情况见表7，（数据来源：英国BP石油公司数据）。

表7 部分国家/地区2013年一次能源消耗情况

国家/地区	一次能源消费总量	煤炭消费量	原油消费量	10 ⁶ 标准油 天然气
美国	2265.83	455.71	831.03	671.01
北美	2786.69	488.43	1024.20	838.62
欧盟	2925.26	508.71	878.59	958.27
中国	2852.36	1925.30	507.38	145.45

对比我国3大区域能源消费结构，珠三角煤炭占比最低，2014年珠三角PM_{2.5}年均浓度为42 μg/m³，在3大区域中环境质量、经济社会发展指标等均与欧美国家差距最小，有望率先实现与发达国家同等经济水平、同等环境质量。京津冀地区煤炭消费占比接近70%，区域大气环境质量改善难度大。

3.2 煤炭消费强度

我国面积与美国相差不大，目前煤炭消费强度是美国当年的5倍。我国单位面积煤炭消费

强度与发达国家历史同期水平有差异，但差距最大的是区域之间煤炭消费强度。京津冀、长三角地区与德国、英国、波兰等欧洲国家面积相差不大，目前煤炭消费强度是欧洲国家当年的4倍。珠三角的煤炭消费强度较低，但也相当于欧洲国家当年的2倍左右。部分国家/地区单位面积煤炭消费强度见表8，（数据来源：英国BP石油公司数据，《2013中国统计年鉴》）。

表8 部分国家/地区单位面积煤炭消费强度

国家/地区	煤炭消费量 /百万t标油	国土面积/km ²	单位国土面积煤炭消费强度 /t标油·km ⁻²
美国（1979）	379.0	963	39
波兰（2007）	57.9	31	185
英国（1987）	69.6	24	285
德国（1980）	139.6	36	391
中国（2013）	1 925.3	963	200
京津冀（2012）	24 069.5	22	1 115
长三角（2012）	24 694.6	21	1 171
珠三角（2012）	8 276.3	18	460

3.3 大气污染物排放量

从污染物排放总量看,中国经过多年来大规模治污减排,SO₂与NO_x排放总量明显下降,SO₂与NO_x排放总量与欧盟历史同期总排放量相差不多。2014年全国161个实施新标准城市SO₂年均浓度为35 μg/m³,NO₂年均浓度为38 μg/m³,均达到空气质量二级标准。京津冀、长三角、珠三角三大区域面积与英国、波兰相差不多,排放总量

也与英国、波兰历史同期较为接近甚至更低。

但我国颗粒物排放总量明显高于欧美国家历史同期,约为美国的1.4倍、欧盟的1.7倍。三大区域中,京津冀地区颗粒物排放总量最高,约相当于英国、波兰等国家的3倍。部分国家/地区主要大气污染物排放总量见表9,(数据来源:OECD统计署 <http://stats.oecd.org>,中国2013年环境统计数据)。

表9 部分国家/地区主要大气污染物排放总量

国家/地区	国土面积 /万km ²	SO ₂ 排放总量 /万t	NO _x 排放总量 /万t	颗粒物排放总量 /万t
美国(1979)	963	—	—	900(约)(TSP)
欧盟(1990)	432.3	2 521	1 723	735(TSP)
中国(2013)	963	2 044	2 227	1 278(烟粉尘)
英国(1987)	24	384	279	43(TSP)
波兰(2007)	31	123	86	46(TSP)
京津冀(2012)	22	159	213	146
长三角(2012)	21	175	247	90
珠三角(2012)	18	76	120	35

3.4 大气污染物排放强度

由于颗粒物监测各国起步较晚、标准不统一,该项研究仅将我国的烟粉尘排放强度与美国、德国TSP排放强度相比较。结果表明,我国全国2013年的烟粉尘排放强度与美国、欧盟、英国、波兰的历史同期相比差别不大,珠三角排放强度略高于英国。考虑到2020年烟粉尘排放经持续治理会减少,因此全国总体水平与其他国家相

差不多。但从区域分布来看,京津冀是美国、欧盟的6.7倍、3.7倍,长三角是美国、欧盟的4.6倍、2.5倍。部分国家/地区主要大气污染物排放强度见表10,(数据来源:美国EPA网站,1979–1988年美国《National Air Quality, Monitoring and Emissions Trends Report》;欧洲EMEP项目报告,OECD统计署网站<http://stats.oecd.org>,中国2013年环境统计数据)。

表10 部分国家/地区主要大气污染物排放强度

国家/地区	单位国土面积SO ₂ 排放强度	单位国土面积NO _x 排放强度	单位国土面积颗粒物排放强度
美国(1979)	—	—	0.94
欧盟(1990)	5.76	3.93	1.7
中国(2013)	2.13	2.32	1.33
英国(1987)	15.77	11.45	1.8
波兰(2007)	3.93	2.75	1.48
京津冀(2012)	7.36	9.87	6.24
长三角(2012)	8.30	11.72	4.29
珠三角(2012)	4.23	6.69	1.97

4 环境质量国际对比

2倍多。

4.1 大气环境质量

4.1.1 现状情景对比 初步推算,当前我国空气PM₁₀、SO₂、NO₂浓度相当于美国、德国历史同期

发达国家对PM₁₀的统计一般从1990年开始,对PM_{2.5}的统计一般从2000年开始,1990年之前部分国家统计TSP。与我国2014年经济水平相当的历史同期,美国1975年TSP浓度为60 μg/m³。

国内外研究结果表明, PM_{10} /TSP的重量比值为60%~80%。我国2014年 PM_{10} 浓度为 $105 \mu g/m^3$, 取系数70%, 折算成TSP浓度为 $150 \mu g/m^3$, 为美国的2.5倍。

德国北莱茵-威斯特法伦州以钢铁煤炭产业为主, 1977年TSP浓度为 $108 \mu g/m^3$ 。我国2014年京津冀地区 PM_{10} 浓度为 $158 \mu g/m^3$, 折算成TSP浓度为 $226 \mu g/m^3$, 是德国北威州的2.1倍。我国现状与发达国家同等经济水平时大气质量对比见表11, (数据来源:《2014年全国环境质量状况》(中国环境监测总站)、1976年美国《National Air Quality, Monitoring and Emissions Trends Report》、欧洲EMEP项目报告)。

表11 我国现状与发达国家同等经济水平时大气质量对比

国家	SO ₂ 年均浓度	NO ₂ 年均浓度	TSP 年均浓度
中国(2014)	35	38	150(根据 PM_{10} 折算)
美国(1975)	25	—	60
日本(1978)	12	18	—
德国北威州(1977)	—	—	108

4.1.2 2020年情景对比 PM_{10} 浓度: 我国2020年人均GDP约1.2万美元, 发达国家同等经济发展水平时, PM_{10} 浓度多数处在 $25\sim 60 \mu g/m^3$ 区间, 平均约为 $44 \mu g/m^3$, 相当于我国环境空气质量一级水平(PM_{10} 为 $40 \mu g/m^3$)。我国 PM_{10} 浓度如果从现状($105 \mu g/m^3$)到2020年达到发达国家当年平均水平, 需削减近60%。发达国家人均GDP1.2万美元时 PM_{10} 浓度见图3, (数据来源: 世界银行数据<http://data.worldbank.org.cn>)。

$PM_{2.5}$ 浓度: 由于各国大部分2000年以后开展 $PM_{2.5}$ 监测, 根据数据可得的西班牙、希腊、波兰等国家人均GDP约1.2万美元时 $PM_{2.5}$ 浓度数据, $PM_{2.5}$ 浓度介于 $18\sim 25 \mu g/m^3$ 区间, 平均约为 $21 \mu g/m^3$, 比我国空气质量一级水平($PM_{2.5}$ 为 $15 \mu g/m^3$)略高。

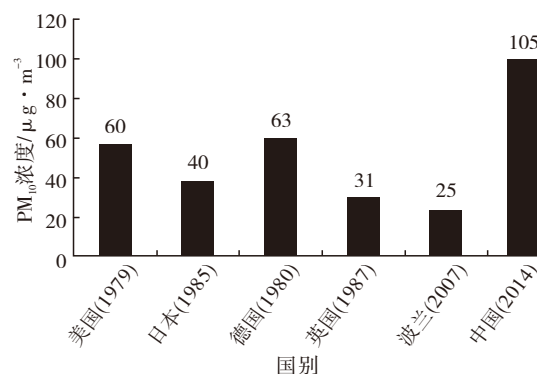


图3 发达国家人均GDP1.2万美元时 PM_{10} 浓度

若从经济水平、产业结构、能源消费结构综合考虑, 我国2020年情景与波兰2007年情景最为接近, 其时波兰 PM_{10} 浓度为 $25 \mu g/m^3$, $PM_{2.5}$ 浓度为 $19 \mu g/m^3$, 我国如果从现状到2020年能达到波兰当年水平, PM_{10} 浓度需削减76%, $PM_{2.5}$ 浓度需削减69%。

4.2 水环境质量

4.2.1 现状情景对比 根据OECD统计署数据库提供的OECD各国主要河流BOD浓度数据, 结合主要发达国家经济对标年份, 选取OECD数据库中相应河流进行分析, 按照我国《地表水环境质量标准》的BOD浓度标准对OECD河流进行分类, BOD浓度不超过4 mg/L的河流认为是好III类河流, BOD浓度介于 $4\sim 6$ mg/L之间的为IV类河流, BOD浓度介于 $6\sim 10$ mg/L之间的为V类河流, BOD浓度超过10 mg/L的为V劣类河流。对比发现, 我国好III类水体比例与发达国家当年水平基本相当甚至略好, 但同时V劣类河流比例也高于发达国家当年9个百分点, 消除劣类是水环境治理重点。我国现状与发达国家同等经济水平时水环境质量对比见表12, (数据来源: OECD统计署<http://stats.oecd.org>)。

表12 我国现状与发达国家同等经济水平时水环境质量对比

国家	好 III 类河流比例	IV 类河流比例	V 类河流比例	劣 V 类河流比例
发达国家	57.0	36.0	7.0	0.0
中国(2014)	63.2	20.8	6.8	9.2

目前城市黑臭水体是百姓反映强烈的水环境问题^[5], 水体黑臭一般是由于微生物好氧分解使水体中耗氧速率大于复氧速率, 溶解氧逐渐被

消耗殆尽, 造成水体缺氧。根据住房城乡建设部牵头编制的《城市黑臭水体整治工作指南》, 透明度低于25 cm、溶解氧低于2 mg/L、氧化还原

电位-200~50 mV, 氨氮指标不高于8 mg/L, 可视为轻度黑臭; 透明度低于10 cm、溶解氧低于0.2 mg/L、氧化还原电位低于-200 mV、氨氮指标高于15 mg/L, 可视为重度黑臭。OECD国家80年代河流溶解氧浓度约为9 mg/L, 且存在逐渐改善趋

势, 不构成水体质量改善的制约性因子。黑臭水体是我国不同于发达国家的环境问题, 也是水环境治理的重点和难点。OECD部分国家1980~2010年溶解氧浓度统计分析见表13, (数据来源: OECD统计署<http://stats.oecd.org>)。

表13 OECD部分国家1980~2010年溶解氧浓度统计分析

mg · L ⁻¹					
t/a	河流数	平均	中位数	最小值	最大值
1980	37	9.0	9.4	3.1	11.9
1985	39	9.1	9.3	3.9	11.8
1990	47	9.3	9.7	3.9	13.7
1995	51	9.7	9.9	5	12
2000	50	9.8	10	7.1	12.2
2005	26	10.3	10.6	7.9	11.6
2010	21	10.1	10.5	6.39	11.9

4.2.2 2020年情景对比 发达国家人均GDP约1.2万美元时, 好Ⅲ类河流比例约为77%, 根据《水污染防治行动计划》, 到2020年长江、黄河、珠江、淮河、海河、辽河、松花江等七大流域干流及主要支流优于Ⅲ类的断面比例达到

80%左右, 与发达国家当年水平基本吻合。我国2020年与发达国家同等经济水平时水环境质量对比见表14, (数据来源: OECD统计署<http://stats.oecd.org>)。

表14 我国2020年与发达国家同等经济水平时水环境质量对比

国家	好Ⅲ类河流比例/%	Ⅳ类河流比例/%	Ⅴ类河流比例/%	劣Ⅴ类河流比例/%
发达国家	77	11	12	0
中国(2020目标)	80	—	—	—

5 环境质量改善进程分析研判

5.1 典型地区环境治理历程

德国鲁尔工业区拥有丰富的煤炭资源, 是全球重要的制造业基地, 也是欧洲最大的工业人口聚居区。鲁尔区在战后西德经济恢复和经济起飞中发挥过重大作用, 工业产值曾一度占全国的40%。到20世纪50年代, 鲁尔区已成为当时德国乃至世界重要的工业中心。当时鲁尔区与我国当前产业结构和能源结构较为接近。20世纪60年代初鲁尔区空气污染达到前所未有的程度。1961年鲁尔区共有93座发电厂和82座冶炼高炉, 每年向空气中排放150万t烟尘(相当于我国京津冀地区排放总量, 但面积仅为京津冀的1/40)和400万t SO₂(相当于京津冀地区排放总量的2.5倍); 此外, 还有化工厂排放的废气和不断增加的汽车尾气。1962年12月, 鲁尔区首次遭遇严重雾霾天气, 部分地区空气SO₂浓度高达5 000 μg/m³, 因霾致死的人数超过150人, 拉开了德国“雾霾

期”序幕。

1962年鲁尔区雾灾之后, 北威州制定了德国第一个雾霾条例。出现雾霾天气时, 政府可以要求企业停产、车辆停驶。德国政府推行了数百项“空气清洁与行动计划”, 包括通过车辆限行、关闭落后企业、工厂限产减少颗粒物排放, 强化技术应用(如工厂减少燃料硫含量、车辆安装颗粒过滤器、采用更高的燃油标准、使用清洁发动机)等。此外鲁尔区完成了对传统企业的清理和改造, 关闭了大批炼钢厂、焦炭厂, 化工、石化等污染企业纷纷转移到发展中国家。经过一系列措施, 鲁尔区空气质量获得显著提高, 今天, 鲁尔地区的空气质量与德国其他人口密集地区大致相当^[6]。

从治理成效看, 鲁尔区1965~1975年最初始集中治理的10年成效最为显著, TSP浓度从200 μg/m³下降到100 μg/m³, 10年下降了50%。此后下降速度有所减慢, 1980~1990年10年时间削减了25%。我国2014年PM₁₀浓度为105 μg/m³, 折

算成TSP浓度为 $150\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，约相当于鲁尔区1970年左右水平。鲁尔区1975年TSP浓度为 $100\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，折算成 PM_{10} 浓度为 $70\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，达到我国环境空气质量二级标准，此时鲁尔区二产占比约42%，与我国当前产业结构较为接近。鲁尔区TSP年均浓度变化趋势见图4^[7]。

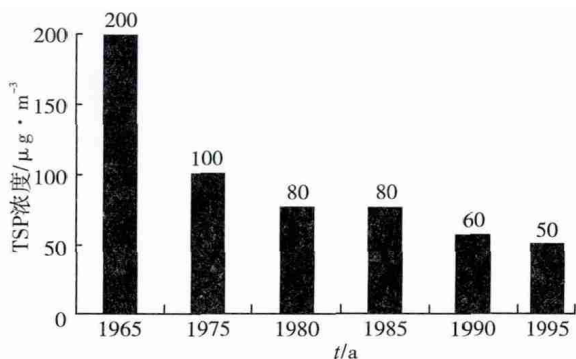


图4 鲁尔区TSP年均浓度变化趋势

5.2 国际治污减排与质量改善进程

(1) 发达国家经验表明，经过大规模治理，污染物排放可以实现大幅削减，从峰值削减50%约需要20~25年。发达国家 SO_2 的峰值年份多在60年代末70年代初（相当于我国2010年经济水平）， SO_2 排放总量达到峰值后，美国和英国均用了25年使污染物排放总量降低了50%左右，至今共降低8成以上。发达国家 NO_x 的排放量峰值集中在80年代末90年代初， NO_x 排放总量达到峰值后，美国用18年削减了56%，英国用21年削减了64%，欧洲用24年削减了46.2%，日本用12年削减了24.2%。大气主要污染物排放量峰值情况见表15，（数据来源：OECD统计署<http://stats.oecd.org>）。

表15 大气主要污染物排放量峰值

污染物	国家	峰值时间	峰值时排放量 /万t	当前排放量 /万t	降幅/%
SO_2	美国	1974	3003	562	81.3
	英国	1968	637	38	94
	欧洲	70年代初	—	619.5	—
	日本	1967	500	93.7	81.2
NO_x	美国	1994	2 537.2	1 116 (2012)	56
	英国	1989~1990	287	103 (2011)	64
	欧洲	90年代初	1 723	927	46.2
	日本	2002	215	163	24.2
VOCs	美国	1970	3 029.7	1 568	48.2
	英国	1990	270	75	72
	欧洲	1990左右	1 706	738	56.7
	日本	1990左右	194	154	20.6

从颗粒物来看，欧洲自1990~2012年22年间 PM_{10} 排放总量总体下降了40%左右，其中荷兰、英国等国家下降幅度达到一半以上，法国、捷克、丹麦、波兰、比利时、匈牙利、意大利、德

国等国家下降幅度在30%~50%之间^[8]。欧盟国家1990~2012年 PM_{10} 排放量削减进程见表16，（数据来源：OECD统计署<http://stats.oecd.org>）。

表16 欧盟国家1990~2012年 PM_{10} 排放量削减进程

国家	1990	1995	2000	2005	2010	2012	削减率/%
英国	284 260	225 009	177 611	145 802	133 120	127 780	55.05
法国	554 746	519 211	436 972	362 023	304 605	286 818	48.30
捷克	57 350	52 320	42 025	34 346	37 011	34 426	39.97
丹麦	47 713	42 790	38 531	38 768	33 842	29 120	38.97

续表

t

国家	1990	1995	2000	2005	2010	2012	削减率/%
波兰	427 723	342 122	269 302	270 664	282 697	265 952	37.82
比利时	62 996	57 138	53 242	46 517	43 682	39 355	37.53
匈牙利	65 768	58 410	65 009	42 538	42 917	42 740	35.01
意大利	249 060	246 574	209 029	188 231	174 169	166 153	33.29
德国	328 429	304 324	268 102	231 744	228 600	224 377	31.68
瑞士	28 277	25 368	21 832	20 458	20 037	19 560	30.83
瑞典	57 160	52 649	46 652	51 155	49 252	45 534	20.34
葡萄牙	90 224	98 497	102 786	102 149	81 411	77 652	13.93
挪威	52 239	52 448	52 800	49 960	47 860	47 445	9.18
欧盟	3,294 638	2,809 479	2,390 269	2,234 730	2,082 179	1 988 766	39.64

在城镇化率增长变化不大、二产占比变化不明显但人均GDP增长较快的情况下，发达国家的基本用20~25年的时间削减了一半左右的污染物排放量。

(2) 随着污染物排放总量的削减，污染物浓度也开始逐步下降，但环境质量全面改善需要20~30年时间。美国、英国、法国等国家1990~2010年20年间 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 浓度均下降了35%~50%。典型国家 PM_{10} 浓度改善进程见表17，（数据来源：环境数据手册（2014），环境保护部污染物排放总量控制司）。部分国家 $PM_{2.5}$ 改善进程见表18，（数据来源：世界银行数据<http://data.worldbank.org.cn>）。

表17 典型国家 PM_{10} 浓度改善进程 $\mu g \cdot m^{-3}$

国家	1990	2000	2010	1990~2010下降幅度
美国	37	27	19	51%
法国	37	28	24	35%
德国	38	29	24	37%
日本	40	27	19	43%
英国	31	24	19	29%
中国	--	--	75	--

表18 部分国家 $PM_{2.5}$ 改善进程 $\mu g \cdot m^{-3}$

国家	1990	2005	2010	1990~2010下降幅度
美国	19	14	13	32%
法国	23	16	14	39%
德国	31	19	16	48%
日本	26	23	22	15%
波兰	31	19	16	48%
英国	23	15	14	39%
中国	49	64	73	-49%

(3) 参照发达国家治理时间，考虑我国加大治理力度、开展多污染协同控制，我国空气质量改善进程预计会缩短，经过大规模治理，预计2030年左右可将空气治理至接近达标水平。与2014年相比，2030年 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 需各下降40%左右。按照此改善进度，需保证每个五年各下降15%。此时，2020年全国 PM_{10} 平均浓度控制在 $89 \mu g/m^3$ ， $PM_{2.5}$ 全国年均浓度控制在 $52 \mu g/m^3$ ，京津冀、长三角、珠三角的 $PM_{2.5}$ 浓度可预期达到78、51、 $35 \mu g/m^3$ 。

6 结论

预计2020年我国人均GDP将达到1.2万美元左右。以人均GDP为经济发展水平衡量指标，我国大约滞后欧美发达国家35~40年左右。不同国家历史同期经济社会发展、资源能源消耗、污染物排放、环境质量等指标与我国差异较大，总结来看，有如下对标分析结果。

(1) 中国“十三五”时期进入到工业化后期阶段，2020年全国总体基本实现工业化，工业化进程约相当于美国20世纪60年代初、日本20世纪70年代初，这一时期也是美日污染最严重的历史阶段。相对而言，我国污染物排放最大、环境污染最严重的峰值年份早于人均GDP和工业化进程。

(2) 我国经济将进入中高速增长通道，但仍然远高于美、德、日等国家历史同期2%~5%的增速，“十三五”时期GDP年均增量约相当于历史同期的美国4倍、英国9倍，污染物新增

量远超过发达国家历史同期。

(3) 2020年我国二产比重与历史同期发达国家高约5~10个百分点,二产增加值约相当于美国6倍、日本的11倍。产业结构不合理,尤其重工业产能规模大甚至过剩、峰值年份早且峰值高,使中国面临更大、更久的环境压力。

(4) 预计2020年我国城镇化进程尚未完全进入基本稳定状况,城镇化率与历史同期美、日等国家滞后于10个百分点,年均增速约0.9个百分点,土地开发强度高,城市机动车使用等消费性污染相对集中。

(5) 2020年,我国一次能源消费总量是美国历史同期的2.5倍,煤炭占比是日本历史同期的2.9倍、美国的2.8倍、欧盟的2.1倍、英国的1.7倍、德国的1.5倍。目前我国单位面积煤炭消费强度是美国当年的5倍,京津冀、长三角地区煤炭消费强度是欧洲国家当年的4倍。

(6) 目前中国SO₂与NO_x排放总量与欧盟历史同期总排放量相差不大。但我国颗粒物排放量明显偏高,约为美国历史同期的1.4倍、欧盟的1.7倍,京津冀地区颗粒物排放量最高(约相当于英国、波兰等国家的3倍),排放强度是美国、欧盟的6.7倍、3.7倍。

(7) 初步推算,当前我国空气PM₁₀、SO₂、NO₂浓度相当于美国、德国历史同期2倍多。人均GDP约1.2万美元的历史同期,发达国家PM₁₀浓度多数处在25~60 μg/m³左右,约相当于我国空气质量一级水平(PM₁₀为40 μg/m³)。数据可得西班牙、希腊、波兰等国家人均GDP约1.2万美元时PM_{2.5}浓度介于18~25 μg/m³区间,好于我国空气质量一级水平。

(8) 以BOD指标判别,我国目前好III类水体比例与OECD发达国家当年水平基本相当甚至略好,但同时劣V类河流比例高于发达国家当年9个百分点。《水污染防治行动计划》确定的2020年目前与发达国家当年水平基本吻合,但消除黑臭水体、提高水体溶解氧水平是最大的短板。

环境质量与工业化和城镇化进程、资源能源禀赋、经济社会发展等密切关联,在对比分析

基础上,综合形成如下形势预判结论。

(1) 从影响环境的经济社会能源等对比情况看,与发达国家经济发展水平相当的历史时期相比,我国经济、产业、能源和城镇化特征导致环境质量改善难度远超发达国家当年情境。

(2) 我国压缩型工业化进程造成经济发展进度快于环境治理,我国当前与美国、德国历史同期相比,环境质量改善进度约滞后于经济发展进度20年左右。我国当前经济发展水平相当于美国、德国1970年代中期水平,但SO₂、NO₂、颗粒物浓度为美国、德国历史同期的2倍左右,大气环境质量约相当于美国1950~1960年、德国1960~1970年水平,颗粒物浓度与美国、德国历史上污染最严重的时期相当。

(3) 从2020年情景对比情况看,我国与发达国家历史同期差距明显,环境质量追平可能性不大。我国PM₁₀浓度、PM_{2.5}浓度如果从现状到2020年达到发达国家当年平均水平,需削减近60%左右。2007年波兰经济水平、产业结构、能源消费结构与我国2020年基本类似,中国若达到波兰水平,PM₁₀浓度需削减76%,PM_{2.5}浓度需削减69%。这些改善幅度大大超过五年可达范围。经过艰辛努力,即使我国地级以上城市基本消除黑臭水体,但距离OECD国家80年代河流溶解氧浓度9 mg/L水平差距仍然十分巨大。

(4) 参照发达国家治理力度,2020年环境质量难以达标,预期2030年可基本达标。发达国家治污进程表明,污染物排放从峰值削减一半约需要20~25年,环境质量全面改善需要20~30年时间,推算2020年全国PM₁₀平均浓度可能89 μg/m³左右,PM_{2.5}浓度可能控制在52 μg/m³左右。德国鲁尔区1970年左右二产占比、颗粒物浓度与我国目前基本类似,按照其最快的五年下降25%的削减比例,2020年全国PM₁₀平均浓度可能达到78 μg/m³,PM_{2.5}浓度可能达到46 μg/m³,仍不满足达标要求。预期2030年可将空气治理至接近达标水平,城市黑臭水体可基本消除。此时环境质量相当于美国、德国70年代左右的水平。

基于国际对比分析,我们认为,“十三

五”期间应坚持“五位一体”和“五化同步”，确立环境质量改善主线，树立打持久战的思想，讲清客观差距，正视矛盾问题，合理引导公众环境质量预期，持续改善环境质量^[9]。同时，也要积极呼应公众诉求，把灰霾天气、黑臭水体等作为攻坚重点，显著提高治污减排的针对性和有效性，实施环境信息公开和社会共治，提高公众环境质量改善的获得感和满意度，力争2020年全国环境质量明显改善。另外，我国区域差异大，环境质量改善进程必将非同步、存在“拖尾”现象，在力争部分区域率先达标、树立标杆的同时，要设立环境底线指标，防止污染转移、防止区域质量改善进程掉队。

参考文献

[1]吴舜泽,万军,秦昌波,等.“十三五”环境挑战及环境管理转型战略与

- 政策研究[R].重要环境决策参考,北京:环境保护部环境规划院,2015.
- [2]吴舜泽,万军,于雷,等.城市环境总体规划编制实施的技术实践和初步考虑[R].重要环境决策参考,北京:环境保护部环境规划院,2013.
- [3]新玉言.国外城镇化比较研究与经验启示[M].北京:国家行政学院出版社,2013.
- [4]尼尔森.全球汽车消费者调研报告[EB/OL].中商情报网[2014-05-13].
<http://www.askci.com/news/201405/13/1314492244332.shtml>.
- [5]吴舜泽.解读“水十条”改善水环境质量的行动纲领[N].中国环境报,2015-04-23(02).
- [6]刘丽荣.鲁尔区如何实现华丽转身[N].中国环境报2015-06-26(07).
- [7]Dieter Gladke.Air pollution in the Rhine Ruhr-area[J]. Toxicology Letters.96,97(1998),277-283.
- [8]王倩,万军,秦昌波等.基于可达、可行、可接受的全面小康社会环境目标研究[J].环境保护科学,2015(1):18-25.
- [9]吴舜泽.小康社会的环境目标应该什么样[N].中国环境报,2015-03-23(02).