

西南大学

硕士学位论文

我国经济发展与环境质量的空间差异和时间演变分析

姓名：邓碧云

申请学位级别：硕士

专业：环境科学

指导教师：陈玉成;郭振仁

20070501

我国经济发展与环境质量之间的空间差异和时间演变分析

环境科学专业硕士研究生 邓碧云

指导教师 陈玉成 教授

郭振仁 研究员

摘 要

改革开放以来,随着经济和人口的快速增长,不仅发展中国家普遍存在的水土流失、沙漠化等生态环境退化的“落后型环境问题”在我国表现日益严重,而且水污染、大气污染等“发达型环境问题”也日益突出。发达国家工业化百年来分阶段出现、分阶段解决的环境问题,在我国短短 20 年的发展集中出现,环境问题的的发展呈现压缩性、复合型的特点。世界银行发展报告列举的世界污染最严重的 20 个城市中,中国占了 16 个。瑞士达沃斯世界经济论坛公布的“环境可持续指数”,在全球 144 个国家和地区的排序中,中国竟然位居第 133 位。此外,我国水资源短缺和能源利用率低的情况相当严重。人均水资源非常有限且呈现南北分配不平衡,北方资源性缺水、南方水质性缺水和中西部工程性缺水十分突出;全国能源资源分布不均,消耗量大,结构不合理,单位 GDP 能源消耗量高。

经济与环境资源总体态势发展不平衡是我国目前存在的一个重要问题,但是构建和谐社就要求我国不仅是人与自然要协调发展,而且区域之间也要协调发展。因此,研究我国经济与环境发展的情况以及如何实现二者之间的可持续发展无疑具有重要意义。

本研究通过收集大量历史数据,从空间差异性的角度出发,对全国 31 个内地省(市、区)的情况进行横向的比较分析,找出各省(市、区)之间的差别和问题。并在此基础上分别从发展现状描述和发展趋势预测两个角度出发,对我国总体情况和北京、广东两地区的情况进行纵向的时间演变研究。

东部沿海省(市)经济发展处于比较高的水平,但是人均资源能源占有量少,经济和人口的发展对当地的环境和资源带来较大的压力。西部广大地区人口稀少、国土面积辽阔、自然资源丰富,因此经济发展对环境的压力相对较小,但是经济发展水平和人均 GDP 都非常低。然而西部不能采取与东部一样的发展模式,除了要走资源节约型、环境友好型的发展道路,还应鼓励人口亦即劳动力按经济发展条件和经济规模分布合理流动和分布,从而促成整个社会、经济和环境系统的开放与和谐。

通过对我国的经济发展与环境质量的空间差异分析可知,经济发达地区和欠发达地区在提高资源有效利用和提升环境污染控制水平方面各自都有不同的应努力的方向。水体污染物排放方面,欠发达地区如广西、湖南、宁夏、甘肃、新疆、四川等工业污染控制水平较低,发达地区如上海、北京、天津等则应加强生活污水污染控制。大气污染情况表现为,山西、贵州、宁夏和内蒙古的大气污染控制水平较低,同时上海、天津和山西等保护控制质量的压力却相对最大。山西、贵州、西藏、新疆、重庆、广西、甘肃等地因当地采煤、冶炼、火电等行业较多,控制固体废弃物的任务十分繁重。水资源利用效率情况是:除广西、江西、重庆、安徽等经济相对欠发达地区省市需大力提高水资源利用效率外,诸如浙江、上海、广东等经济发达省市水资源利用效率也很低,存在很大的提升空间。也有河北、河南、内蒙古等一些欠发达省区存在水资源利用效率反倒较高的情况。宁夏、贵州、山西等需要大力提高能源利用效率;北京、天津等发达地区同样也有改进空间,且分不同产业而情况有所不同,第一产业单位产出能耗最少,第三产业能源效率比第二产业也高很多。因此加速第三产业发展,其节能降耗与环境保护的效果将是明显的。

我国总体水资源需求还将一路飙升,而水体有机污染正进入缓慢改善过程,但在2010年要达到国务院规定的COD减排目标,还需要进一步加大工作力度。烟尘排放量虽然下降并将继续下降,但能耗消耗总量会持续增加,2020年是2004年的1.84倍,届时SO₂排放量也将增加60%,因此2010年的SO₂排放量不但可能达不到国务院的减排目标,反而还可能进一步增加,我国未来的大气酸沉降有可能进一步加剧。扩大经济规模、提升经济结构、提高生产技术水平以及制定相关环境政策是解决环境污染问题的关键。

北京市环境污染物排放量和水资源消耗量已经爬过了环境库兹涅茨曲线的顶峰,正随着人均GDP的上升而不断减少,2010年的COD和SO₂排放均能满足国务院规定的减排目标。但是以原材料为主的重化工工业仍在第二产业中占较重份额,对环境改善相当不利,根据预测,能源消耗量将持续增加,2020年的消耗量将是2004年的1.91倍,同时加上沙尘暴污染和北京境外的外来污染,北京市大气污染治理压力相当大。

广东省的COD、SO₂、烟尘、工业新鲜用水和能耗都在环境库兹涅茨倒“U”型曲线的爬坡阶段。2010年的COD和SO₂排放不但不能满足国务院规定的减排15%的目标,反而大幅度增加,广东的水体污染和大气污染情况将进一步加剧。工业重复用水率低导致水资源消耗居高不下;2020年的能源消耗量将可能上升4.2倍,达到63863.85万t标准煤。这种以数量扩张型为主的劳动密集型增长方式,使得广东正面临着节能降耗空前严峻的压力,环境与资源将是广东今后发展决策的重大约束变量。

关键词: 经济发展 环境质量 空间差异 时间演变

ABSTRACT

With a high rate of economic and population growth, China is now facing not only environmental degeneration like soil erosion and desertification which appear generally in developing countries, but also environmental problems that the developed countries are facing, such as water and air pollution. It has been taken more than a hundred years for the environmental problems to exist in developed industrialization countries, but now only 20 years in China. The World Development Report shows that 16 cities in China are included in the twenty most polluted cities all around the world. The Environment Sustainable Index of the World Economic Forum finds China ranks 133 in the entire 144 countries and regions all over the world. In addition, the water resources shortage in China is quite serious. The water resource per capita is not only extremely limited but also unbalance in North and South China. The energy distribution is not equality, the energy structure is inconsequence, and the energy efficiency is low.

The unsustainable development between economic and environment is an important question exists in the nation. If we want to construct the harmonious society, we must coordinate not only the human and the nature but also the regions all of China. Therefore, it has the vital significance for us to study on the economic and environment development of our country, as well as realizing the sustainable development between economic and environment.

Based on characteristic data of 2004, this research compares the spatial difference about economic and environment development among 31 provinces in mainland China. Then analyzes the stochastic data of economy, waste discharge, energy and water consumption between 1978 and 2004 in China; Beijing and Guangdong, counts the multi-year-averaged change rates of GDP, waste discharge per unit GDP, fresh water and energy consumption per unit GDP. Using these change rates, the economic-environment developing tendency of China; Beijing and Guangdong are predicted.

The economic development of Eastern China is in a high level, but the natural resources per capita are quite few. The development of economic and population brings tremendous pressure to the environment. On the other hand, the Western China, where the natural resource is rich, the area of territory is vast and the population is small, but the economic is not developed so that it has less pressure on environment. Therefore, the development of Western China can not follow the way that the Eastern China takes. It is suggested that the Western China should conserve the resources and protect the environment, and that shift of population should be encouraged as a major measure in order to balance the social, economic and

environmental development of our country.

According to the spatial analysis of the economic and environment development of our country, it shows that different regions should undertake different policy to heighten the resources efficiency and enhance the control of environmental pollution. On the waste water discharge, the treatment of industrial waste water of the developing provinces is shortage, such as Guangxi; Hunan; Ningxia; Gansu; Xinjiang; Sichuan; and so on. On the waste air emission, Shanxi; Guizhou; Ningxia and Inner Mongolia are in the lowest level of air pollution control. Simultaneously, the pressure of protect air pollution of Shanghai; Tianjin and Shanxi is relatively big. On the solid waste, it is hard to reduce the discharge of the solid waste for some provinces, such as Shanxi; Guizhou; Tibet; Xinjiang; Chongqing; Guangxi and Gansu. On the water resource consumption, not only Guangxi; Jiangxi; Chongqing; Anhui, but also Zhejiang; Shanghai; Guangdong should improve the water utilization efficiency. Hebei; Henan; Inner Mongolia are on the contrary. On the energy consumption, Ningxia; Guizhou; Shanxi need to enhance the energy utilization efficiency vigorously, the developed area like Beijing and Tianjin has to improve it similarly. The primary industrial energy consumption per unit GDP is the least. The tertiary industrial energy consumption per unit GDP is less than the secondary industrial. Therefore, the effect is obvious to accelerate the tertiary industry development, which is a good way to conserve the energy and protect the environment.

The need of water resource of our country will rise ceaselessly, but with such a slowly meliorating progress, to meet the requirement of the COD discharge standard in 2010 stated out by the State Council, we still need to work harder. The volume of soot emission will continue to drop. However, the energy consumption will increase continuously. The energy consumption in 2020 will increase by 84 percent from that in 2004, and then the emission of SO₂ will also increase by 60 percent, which still have a long way to go to achieve the goal of 2010. The acid precipitation from air could increase obviously in the future. Therefore, the key way to solve the environmental problem is to expand the economic scale, promote the economic structure, enhance the technical level and formulate the correlatively environmental policy.

Along with the increase of the GDP per capita, the environmental pollution and water resource consumption reduce continuously, which are already over the crest of the EKC. The discharge of COD and the emission of SO₂ both could match the standard stipulated by State Council. However, it is quite disadvantageous to the environment improvement for developing heavy and chemical industries in Beijing, which is mainly made of raw resources industries. The predication shows that the energy consumption displays an upward trend, which will increase by 91 percent in 2020 from that in 2004. Adding to the sand storm and the environmental pollution, it is hard for Beijing to control the air pollution.

The discharge of COD; the emission of SO₂ and soot; the consumption of water resource and energy are all in the upward trend, which are climbing the crest of the EKC. The discharge of COD and the emission of SO₂ neither could achieve the plan that the discharge should be reduced by 15 percent, which is the standard stipulated by State Council. Therefore, the water and air pollution of Guangdong will increase obviously in the future. The low rate of reuse of water in industries leads to the consumption of water resource is used in a high level. The energy consumption in 2020 could reach 63,868,500 tons of SCE, which is 4.2 times to that in 2004. With a tremendously enlarging labor structure and expanding economic scale, Guangdong Province will face great pressure of environment problems and resources shortage, as well as pressure of further development.

Keywords: economic development; environmental quality; spatial difference; temporal process

独创性声明

学位论文题目：我国经济发展与环境质量的时空差异和时间演变分析

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得西南大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者：邓碧云 签字日期：2007年6月5日

学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解西南大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人授权西南大学研究生院可以将学位论文的全部或部分内
容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、
汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书，本论文：不保密，保密
期限至 年 月止)。

学位论文作者签名：邓碧云 导师签名：陈玉华
签字日期：2007年6月5日 签字日期：2007年6月5日

学位论文作者毕业后去向：

工作单位：_____ 电话：_____

通讯地址：_____ 邮编：_____

第1章 文献综述

1.1 我国环境质量状况

20世纪70年代末实施的改革开放政策促进了我国经济的快速发展,对外开放程度的日益提高,使得我国与国际间的联系越来越紧密。经济增长使我国的面貌发生了巨大的变化,人民生活水平显著提高。然而,人口和经济的快速增长同时也伴随着严重的环境污染和资源能源消耗的问题^[1]。不仅发展中国家普遍存在的水土流失、沙漠化等生态环境退化的“落后型环境问题”日益严重,而且大气污染、水污染等“发达型环境问题”也日益突出。发达国家工业化百年来分阶段出现、分阶段解决的环境问题,在我国短短20年的发展中集中出现,环境问题的呈现压缩性、复合型的特点:主要污染物排放量大大超过环境承载能力,环境污染相当严重;生态环境边建设边破坏,生态破坏范围在扩大;老的环境问题尚未解决,新环境问题又接踵而至^[2]。

2005年瑞士达沃斯世界经济论坛公布的“环境可持续指数”,在全球144个国家和地区的排序中,中国竟然位居第133位^[3-5]。中国的环境问题给已经非常脆弱的生态环境造成更大的压力,给经济和人民健康造成巨大的危害。按照国家环保总局的论述就是:国家环境安全受到威胁^[6]。

1.1.1 水资源短缺,水环境污染严重

我国是一个严重缺水的国家^[7]。淡水资源总量为28000亿 m^3 ,占全球水资源的6%,仅次于巴西、俄罗斯和加拿大,名列世界第四位。但是,我国的人均水资源量只有2300 m^3 ,仅为世界平均水平的1/4,美国的1/5,俄罗斯的1/12,在世界上名列121位,是全球13个人均水资源最贫乏的国家之一^[8]。然而,中国又是世界上用水量最多的国家。仅2002年,全国淡水取用量达到5497亿 m^3 ,大约占世界年取用量的13%。此外,水资源循环利用率比发达国家低50%以上,工业用水重复利用率要比发达国家低15至25个百分点。

据统计,全国670座建制市中有400座不同程度的缺水,其中108座严重缺水^[9]。我国目前缺水总量估计为400亿 m^3 ,每年受旱面积200万~260万 Km^2 ,影响粮食产量150亿~200亿Kg,影响工业产值2000多亿元,全国还有7000万人饮水困难。缺水对环境和人的身心健康都有着严重的影响。

从人口和水资源分布统计数据可以看出,中国水资源的南北分配差异非常明显。长江流域及其以南地区人口占我国总人口的54%,但是水资源却占了81%。北方人口占46%,水资源只有19%。专家指出,由于自然环境以及高强度的人类活动的影响,北方的水资源进一步减少,南方水资源进一步增加,这种趋势在最近20年尤其明显。这将进一步加重我国北方水资源短缺和南北水资源的不平衡。我国缺水情况主要表现为:北方资源性缺水、南方水质性缺水、中西部工程性缺水。

不仅受到水资源短缺制约,同时我国水环境污染也十分严重。目前,我国50%的地下水受到污

染, 全国32个重点城市的71个水源地, 有30个水源地达不到二类饮用水标准, 60%的人正在使用不合格的水源^[10]。

2004年全国污水排放总量693亿t, 据统计, 我国每增加单位GDP的废水排放量比发达国家高4倍。据估计, 我国每人每年排放40多t的废污水, 而其中大部分未经处理就直接排入了江河湖海^[11]。同时, 由于造纸行业排放总量没有得到有效控制、重点流域治理工程项目的完成情况不理想、污水处理设施的建设速度缓慢等原因, 我国废水中COD总排放量比较高, 而且生活污水中COD排放量日益增加。2003年全国排入水体的COD超过环境容量的68%^[12]。

根据环境部门对全国河流、湖泊、水库的水质状况的监测, 由于近年来工业废水和城镇生活污水的排放等原因, 我国主要水系的水体都遭到了不同程度的污染。全国受监测的1200多条河流中已有850多条受到污染, 1/10的河流长期严重污染。2004年根据1300条河流3200多个监测断面的水质资料, 对13万公里河流水质进行了评价, 全年水质总体状况是: I类水河长占6.3%, II类水河长占27.2%, III类水河长占25.9%, IV类水河长占12.8%, V类水河长占6.0%, 劣V类水河长占21.8%。全年符合和优于III类水的河长占总评价河长的59.4%, 比2003年减少了3%。对全国238座水库的营养状态进行评价, 2/3的水库处于中营养状态, 1/3的水库处于富营养状态。对全国229个省界断面的水质进行了评价, 水质符合和优于地表水III类标准的断面数占总评价断面数的39.3%, 水污染严重的劣V类占34.5%。总体来看, 省界水体的水质状况不容乐观^[13]。

1.1.2 大气污染严重, 造成经济和人体健康损失

大气污染的成因有自然因素, 如火山爆发、森林火灾、岩石风化等; 也有人为因素, 如工业废气、燃烧、汽车尾气和核爆炸等。随着人类经济活动和生产迅速发展, 消耗大量能源, 产生大量的废气、烟尘物质并排入大气中, 严重影响大气环境质量。

世界银行的一份报告显示, 中国许多城市的空气质量远远低于国际标准, 世界受污染程度最高的20个城市中, 有16个是中国的城市^[14]。中国的SO₂和CO₂排放量分别居世界第一位和第二位, 虽然单位GDP的碳排放量明显下降(1991~2001年下降了52%), 但CO₂排放总量却从1980年的3.94亿t增加到2001年的8.32亿t^[15]。20世纪90年代中期酸雨区面积比80年代扩大了100多万km², 年均降水pH值低于5.6的区域面积已占全国面积的30%左右^[16]。2002年SO₂排放量比1998年减少8%, 但是由于经济过热, 2003年全国SO₂的年排放量为2120万t, 比2002年增长10%以上, 超过环境承载能力77%。此外, 我国单位GDP的SO₂排放量是日本的68.7倍, 德国的26.4倍, 美国的6倍, 加拿大的5倍, 澳大利亚的4倍, 法国的23倍, OECD的9.3倍; 单位GDP氮氧化物的排放强度是日本的27.7倍, 德国的16.6倍, 美国的6.1倍, 加拿大的5.7倍, 澳大利亚的3倍, 法国的12倍, OECD的8倍^[17]。

由于较严重的大气环境污染, 造成了高昂的经济成本和环境成本, 国内外研究机构的成果显示, 大气污染造成的经济损失占GDP的3%~7%^[18,19]。此外, 严重的大气污染还会对公众健康产生较明显

的伤害,引发呼吸道疾病,如肺气肿和慢性气管炎。一些研究显示中国这类疾病的负担是发展中国家平均水平的两倍多。研究人员对沈阳大气污染与人口死亡率的关系做了研究,结果表明,SO₂和TSP浓度每增加100μg/m³,总死亡率分别增加2.4%和1.7%。城市空气污染所带来的其他人体健康损失也很大。还有分析显示,由于空气污染而导致医院呼吸道疾病门诊率升高34600例;严重的空气污染还导致每年680万人次的急救病例;每年由于空气污染超标致病所造成的工作损失达450万人次^[20]。统计数据还显示,20世纪90年代以来,中国城乡人口中患恶性肿瘤和呼吸系统疾病的比例呈现上升趋势,这些疾病的发生与环境质量有一定的关系。又有资料显示,由于空气污染,重庆每年有4000人患呼吸系统疾病早死,北京为4000人/年,上海、沈阳为1000人/年,预计如果这种趋势持续下去,到2020年北京由于空气污染死亡的人数将达8万人,重庆达7万人^[21]。

1.1.3 固体废弃物排放量大

我国一个中等城市日产垃圾1000t,全国城市生活垃圾年产生量为1.5亿t,城市人均年产生生活垃圾440kg,已高于一些欧洲国家的人均垃圾产生量,但全国只有一半的城市垃圾进行无害化处理,工业危险废物处置率仅为32%,全国2/3的城市陷入垃圾围城的困境^[22-24]。简单堆放的垃圾不仅影响城市景观,同时从垃圾中释放的气体和渗滤液污染着大气、水和土壤,成为中国城市面临的棘手的环境问题^[25]。

每年工业固体废弃物排放量为10亿t,单位工业产值产生的固体废弃物比发达国家高10倍^[26]。我国的工业固体废弃物有95%来自以下行业:矿业,电力、蒸汽热水生产和供应业,黑色金属冶炼及压延加工业,化学工业,有色金属冶炼及压延加工业,食品、饮料及烟草制造业,建筑材料及其它非金属矿物制造业,机械电气、电子设备、制造业。工业固体废弃物大致组成如下:尾矿29%、粉煤灰19%、煤矸石17%、炉渣12%、冶金废渣11%、其它废弃物10%、危险废弃物1.5%、放射性废渣0.3%。

目前我国废旧资源的利用率只相当于世界先进水平的1/4~1/3,大量可再生资源尚未得到回收利用,流失严重并造成污染。中国每年因再生资源未得到回收利用而造成的经济损失达200~300亿元。

1.1.4 能源消耗量大,单位GDP能源消耗水平高

由于粗放型的增长方式,到2005年底,我国能源消耗总量为21.1亿t标准煤。《BP世界能源统计2005》的数据表明,中国能源消费目前已占世界总量的13.6%。另据《2006中国可持续发展战略报告》对世界59个主要国家的资源绩效水平的调查排序,中国资源绩效居世界倒数第6位。我国的能源消费结构和利用效率与其他国家相比较的具体情况如表1-1所示^[27]。

表 1-1 中国能源消费结构及利用效率的国际比较

Table 1-1 The international comparison in energy consumption structure and energy utilization efficiency

国家	能源消费总量		构成 (%)								能源利用效率 (%)	
	(百万 t 油当量)		煤炭		石油		天然气		水电及核电		2000	2004
	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004	2000	2004		
世界	9095.6	10224.4	24.37	27.17	38.69	36.84	23.72	23.67	13.21	12.31	50.67	49.72
美国	2287.4	2331.6	24.71	24.20	39.24	40.21	25.46	24.96	10.58	10.62	49.80	49.90
加拿大	284.8	307.5	10.32	9.92	30.93	32.39	24.51	26.18	34.23	31.51	61.32	60.58
英国	222.2	262.9	16.61	16.79	35.06	35.61	38.88	38.87	9.50	8.73	52.25	51.91
法国	254.8	262.9	5.42	4.75	37.24	35.76	14.01	15.29	43.33	44.20	64.90	65.45
德国	330.5	330.4	25.69	25.94	39.27	37.41	21.63	23.40	13.40	13.29	50.29	50.34
意大利	176.4	183.6	7.37	9.31	53.00	48.75	33.11	35.95	6.52	5.99	52.90	52.47
俄罗斯	640.3	668.6	17.24	15.84	19.29	19.22	53.02	54.11	10.45	10.83	53.40	53.93
南非	108.4	123.7	75.55	76.39	20.76	20.13	0.00	0.00	3.69	3.40	33.92	33.58
印度	313.3	375.8	54.71	54.50	31.12	31.75	7.47	7.69	6.70	6.07	40.28	40.13
中国	804.7	1386.2	61.35	69.03	28.59	22.26	2.75	2.53	7.31	6.17	38.64	36.46
日本	515.9	514.6	19.17	23.47	49.51	46.93	13.30	12.61	18.03	16.98	52.84	51.43
韩国	191.1	217.2	22.50	24.45	54.00	48.25	9.89	13.08	13.61	14.23	50.28	50.27

就 90 年代中期的单位 GDP 能耗进行比较, 中国分别是瑞士、日本、法国、德国、美国、加拿大的 14.4 倍、10.6 倍、8.8 倍、8.3 倍、4.6 倍和 4.2 倍。1999 年我国的单位产值能耗为 908t_{ce}/百万 US\$, 尽管与 1971 年相比下降了 60%, 但仍然是日本的 9.4 倍, 是世界平均水平的 3.4 倍, OECD 国家的 5.4 倍^[28,29]。2005 年我国每万元 GDP 所消耗能量比“十五”计划指标上升了 27%, 比“九五”期末上升了 7%, 与国外其他国家相比较仍然处于非常高的水平。其中 2002~2003 年我国单位 GDP 能源消耗量与国际的比较如下表 1-2 所示。

2005 年我国发电装机已达 5 亿 KW, 其中新装机已超过 6000 万 KW, 能源资源条件决定了我国以煤为主的能源消费结构在短期内难以转变, 未来煤炭仍将在整个能源过程中发挥不可替代的作用。由此导致污染物排放居高不下: 从有关部门的统计来看, 全国烟尘排放量的 70%、SO₂ 排放量的 90%、氮氧化物的 67%、二氧化碳的 70%都来自于燃煤^[30]。除了能源消费过程中的污染物排放外, 能源在开采、炼制及供应过程中, 也会产生大量有害气体, 严重影响着大气环境质量。“十五”期间, 中国主要污染物排放量原计划到 2005 年比 2000 年减少 10%, 但 2005 年的统计数据表明, SO₂、COD 等相当一部分污染物的减排量均未实现预期目标^[31]。

世界银行根据日前发展趋势预计, 2020 年中国燃煤污染导致的疾病需付出经济代价达 3900 亿

美元，占国内生产总值的 13%，发达国家在工业化中后期出现的污染公害已经在我国普遍出现，它不仅导致贫富分化加剧，社会矛盾激化，到 2020 年以后中国将难以回避对温室气体排放限制的承诺^[32]。

表 1-2 2002~2003 年中国单位 GDP 能耗的国际比较

Table1-2 The international comparison in total energy consumption per unit GDP from 2002 to 2003

国家	GDP (亿美元)		一次性能源消耗量 (百万 t 标准油)		单位 GDP 能耗 (t 标准油/万美元)		单位 GDP 能耗比率 (中国/外国)	
	2002 年	2003 年	2002 年	2003 年	2002 年	2003 年	2002 年	2003 年
	中国	12100	13200	1035.7	1178.3	8.56	8.93	1.00
印度	5170	5590	338.0	345.3	6.54	6.18	1.31	1.45
韩国	7120	7330	205.0	212.0	2.88	2.89	2.97	3.09
日本	57300	58800	506.6	504.8	0.88	0.86	9.68	10.40
俄罗斯	4720	5060	646.6	670.8	13.70	13.26	0.62	0.67
德国	27100	27100	330.0	332.2	1.22	1.23	7.03	7.28
法国	18300	18300	256.5	260.6	1.40	1.42	6.11	6.27
英国	13600	13900	222.1	223.2	1.63	1.61	5.24	5.56
意大利	12300	12400	176.8	181.9	1.44	1.47	5.95	6.09
加拿大	7410	7540	289.0	291.4	3.90	3.86	2.19	2.31
美国	92000	94600	2296.7	2297.8	2.50	2.43	3.43	3.68
世界	354000	363000	9464.5	9741.1	2.67	2.68	3.20	3.33

1.1.5 环境污染及资源分布利用情况存在区域不平衡性

目前我国不仅存在环境污染严重和资源利用效率低的问题，而且这些突出的问题表现出区域性差异的特点。

水资源短缺已经成为一个不容忽视的问题，缺水情况主要表现为：北方资源性缺水、南方水质性缺水和中西部工程性缺水。最近几年，北方连年干旱。如果说北方资源性缺水日益严重令人忧心，南方的状况也并不乐观。专家指出，南方地区由于不注意污水的处理，把未经处理的污水大量排到天然河道，污染了水体，影响了水资源的有效性，造成有水不能用，形成了水质性缺水的严重状况。受大陆季风气候的影响，中国水资源在季节上分布极不均匀，总是连枯连涝。时间上不均匀的水资源的变化需要由水库来调节。建国以来，我国兴建了大量水库，但由于水源工程建设投资额大，投资回报率不高，难以吸引更多建设资金。这种由工程滞后原因造成的工程型缺水在中部和西部地区尤其明显。

因受人口密度、经济结构、作物组成、节水水平、水资源条件等多种因素的影响，2004 年各省

(市、区)的人均用水量差别很大:大于 600m^3 的是新疆、宁夏、西藏、内蒙古、江苏、黑龙江、上海7个省(自治区、直辖市),其中新疆、宁夏、西藏分别达 2532 、 1259 、 1022m^3 ;小于 300m^3 的是山西、陕西、河南、天津、重庆、北京、山东、四川、贵州、河北等10个省(直辖市),其中山西最低,仅 168m^3 。此外,全国各大河流的水资源利用状况存在很大的差异性,如图1-1所示^[33]。内陆河和西南诸河的农业用水占的比例非常大,超过80%以上。而长江流域的工业用水量占比例最高,接近30%;东南诸河、珠江和松辽河也超过了20%以上。

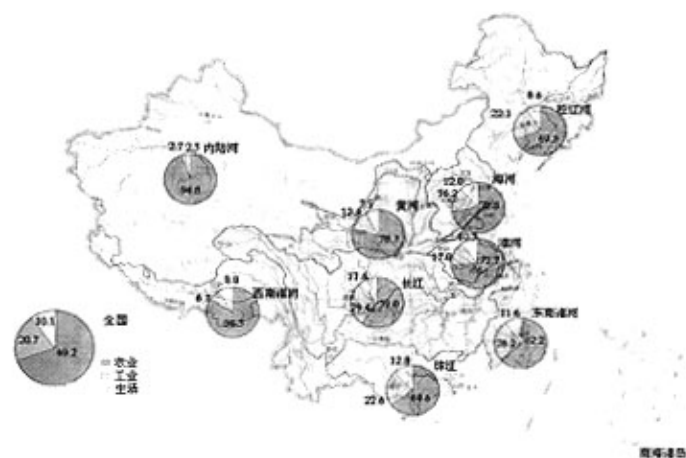


图 1-1 1999 年各流域片用水组成 (%)

Fig1-1 The different composition of water consumption in different valley in 1999

我国废水排放量也表现出区域不平衡性。如图1-2和表1-3所示^[4],2004年东部废水排放量比较大,占了51.88%,中部次之,西部最少。同时废水中的COD和氨氮排放量也表现出东部地区>中部地区>西部地区的情况。此外,中部地区和西部地区的烟尘、工业粉尘和工业固体废弃物污染比较严重,东部地区则工业新鲜水用水量比较非常高,接近58%。其中长江流域的废污水排放中,工业废水和生活污水分别占75%和25%左右,在流域涉及的18个省、市和自治区中,四川、湖北、湖南、江苏、上海和江西6省市的废污水排放量占流域总量的84.6%,是废污水的主要产生地。主要污染物为悬浮物、有机物、石油类、挥发酚、氰化物、硫化物、汞、镉、铬、铅、砷等。在21个干流城市中,上海市排放的废污水量约占21个城市排放总量的30.7%,武汉市占18.1%,南京市占15.8%,重庆市占8.8%;四大城市合计占73.4%,是长江最主要的污染源。由于污染严重,长江岸边形成许多污染带,在干流21个城市中,重庆、岳阳、武汉、南京、镇江、上海6市累计形成了近600km的污染带,长度占长江干流污染带总长的73%。

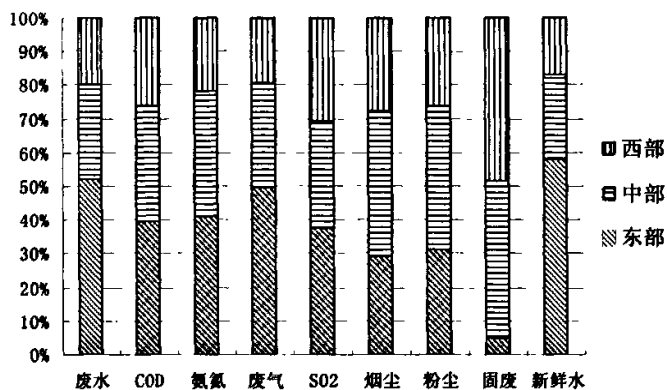


图 1-2 2004 年全国三大区域污染排放情况比例

Fig1-2 The different proportion of pollution of the three zones in mainland china in 2004

表 1-3 2004 年全国三大区域污染排放情况比例

Table1-3 The different proportion of pollution of the three zones in mainland china in 2004

指标	东部	中部	西部	东部 (%)	中部 (%)	西部 (%)
废水(亿 t)	248.32	134.93	95.38	51.88	28.19	19.92
COD(万 t)	528.66	456.73	353.78	39.48	34.11	26.42
氨氮(万 t)	54.60	49.34	29.04	41.06	37.10	21.84
工业废气(亿标米)	117922	73527	46247	49.61	30.93	19.46
SO2(万 t)	852.21	708.05	694.66	37.79	31.40	30.81
烟尘(万 t)	316.5	469.87	305.22	28.99	43.04	27.96
工业粉尘(万 t)	280.04	385.91	238.85	30.95	42.65	26.40
工业固废排放量(万 t)	87	824	850	4.94	46.79	48.27
工业新鲜水用水量(亿 t)	1053	727	375	57.95	25.18	16.87

目前我国大气污染情况不容乐观，主要集中在酸雨控制区和SO₂污染控制区这个“两控区”（如图1-3所示）。酸雨控制区包括酸雨污染最严重地区及其周边SO₂排放最大区域。我国酸雨控制地区的面积约为80万km²，占国土面积8.4%。它主要包括上海、重庆、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、四川、贵州、云南等省的部分城市地区。目前，全国有62.3%的城市SO₂年均浓度超过国家二级标准，达不到保护居民和生态环境不受危害的基本要求，我国SO₂污染控制区面积为29万km²，占国土面积3%。主要包括河北、山西、内蒙、辽宁、吉林、江苏、河南、陕西、甘肃、宁夏、新疆等省的部分城市。我国的SO₂排放量还在大幅度增加，这与目前我国以煤炭为主的能源消耗结构有重要关系，同时火电行业的快速发展，脱硫项目建设滞后于总量控制要求等都是主要的原因。另一点需要注意的是，近年来酸雨中的硝酸根离子的比重有所上升，这一方面和机动车数量剧增有关，另一方面与目前未对固定源的氮氧化物排放采取有效的控制措施有关。中国环境科学院的研究

表明,到2010年,我国的氮氧化物排放量将达到2100万吨以上。由此可见,未来的酸雨污染可能将由硫酸型向硫酸、硝酸复合型发展^[35]。

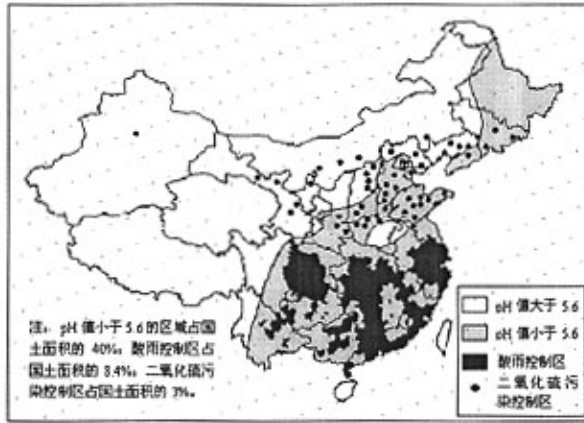


图 1-3 我国的酸雨控制区和 SO₂ 控制区

Fig1-3 The acid rain controlled zone and the sulfur dioxide controlled zone in mainland china

由于粗放型的增长模式,经济高速增长的背后往往是严重的环境污染,中国的环境承载力已十分脆弱。尽管环境保护得到了高度重视,但环境质量“局部有改善,整体在恶化”的状态在很长时间内仍会持续下去。据专家预测,未来 20 年中国还将保持一个较高的经济增长速度。如此快速的、大规模的经济增长会对中国的环境质量乃至全球的环境带来什么样的影响?其严重后果不言而喻。届时耕地减少、用水紧张、能源短缺、矿产资源不足、大气污染加剧、水环境恶化、生态失衡等因素造成的压力将进一步增加,其中有些因素将逼近甚至超过极限值^[36]。

由此可见,研究我国经济发展与环境污染及能源消耗的情况以及如何实现三者之间的可持续发展无疑具有重要意义和紧迫性。近 20 年以来,环境学、经济学、生态学、管理学等许多学科的专家学者们发表了大量关于可持续发展的文献,深入研究经济发展引起的环境污染和资源消耗等问题,并从政府和企业等角度出发,提出了一些切实可行的对策和建议。

1.2 我国经济和环境协调发展的研究现状

1.2.1 我国经济和环境协调发展的空间分析

我国地域广阔,自然条件各异,政治、经济、文化发展又极不平衡,理应存在丰富多彩的发展模式。不同的区域在自然资源、经济基础、技术实力、市场和信息状况等方面具有其不同的优势和组合特点,经济发展模式、产业结构、政策方针等方面的差异就会造成不同程度的环境污染;资源和能源消费方式和结构的差异就会导致不同程度的资源和能源耗竭。由于诸多差异因素的存在,使得许多学者们着手于中国经济与环境之间的空间协调性分析上来,从而得出一系列的结论。其中比较有代表性的几个研究结论如下表 1-4 所示。

表 1-4 中国经济与环境协调发展的空间分析

Table 1-4 The spatial analysis of the harmonious development between economy and environment in China

研究者 (年份)	研究方法	研究 时间	指标选择	研究结论
侯伟丽 (2005) ^[37]	聚类分析	1995 和 2000	中国内地 31 个省(市、区)的人均 GDP、废水和 SO ₂ 排放量	四种类型:人均 GDP 高而污染相对较少的(京、津、沪); 经济发展水平低但污染较多(四川); 经济发展水平高同时污染多(广东、江苏); 经济发展水平低同时污染少(西北五省区)。
徐留福 (2004) ^[38]	生态环境 压力指数 法	2000	中国内地各地区工业指标: 水耗、煤耗、油耗、废水、废气、COD、SO ₂ 、固废排放量	(1)经济发展对生态环境压力存在着地区差异: 东部地区>中部地区>西部地区; (2)东中西部不同地区对生态环境压力主要来源不同: 东部地区只要来自资源能源消耗, 西部地区主要来自环境污染, 中部地区来自这两个方面。
徐留福 (2005) ^[39,40]	三角图法	2000	工业总产值及其人均值, 水耗、煤耗油耗及其万元产值消耗量, 废水、废气、COD、SO ₂ 、固废排放量及其万元排放量	(1)中国大陆 31 个行政区的工业经济发展多表现为从弱不可持续性到弱可持续性的状态; (2)东部地区经济发展的环境绩效要大大好于中西部地区。
杨茜 (2005) ^[41]	主成分 分析	2003	地区/人均/工业 GDP、固定资产投资、三产比例等 10 个经济指标, 工业废水、废气、SO ₂ 、烟尘、固废、生活污水等 7 个环境指标	第一类是经济和环境好的地区: 北京和上海; 第二类是经济好却环境污染严重的地区: 江苏、山东、广东和浙江; 第四类是环境差而经济相对较差的地区: 河北、河南、四川、湖南、广西、辽宁和山西; 其他 18 个省为第三类: 经济差而环境好。
毕东苏 (2005) ^[42]	城市生态 系统承载 机制的水 桶模型(层 次分析法)	2002	分别反映压力水平层、支撑能力层和约束能力层的人均 GDP、单位 GDP 能耗、单位 GDP 水耗、工业固废综合利用率、环保投资等 46 个指标	(1)系统承载指数从大到小依次为: 无锡、杭州、南京、上海、扬州、宁波、常州、苏州; (2)系统约束指数从大至小依次为: 南京、无锡、苏州、常州、宁波、上海、杭州、扬州。

1.2.2 我国经济和环境协调发展的时间分析

经济发展对环境的作用是经历一个时间发展的过程, 不同经济发展时期会出现不同的环境质量变化情况。因此对经济快速发展所带来的环境污染、资源消耗等问题进行纵向的历史时间过程研究也是非常有必要。对我国经济发展与环境污染协调情况作空间性分析的同时, 许多学者也对二者之间的历史时间变化情况进行分析, 其中比较典型的几个研究分析如表 1-5 所示。

表 1-5 中国经济与环境协调发展的时间变化趋势分析

Table 1-5 The tendency analysis of the harmonious development between economy and environment in China

研究者 (年份)	研究 方法	研究 时间	指标选择	研究结论
张晓东 (2001) ^[43]	生态承载力(经济与环 境协调 度分析)	1990s	经济实力指标: GDP、 第二、三产业比重、万 元产值排污系数等 8 个 指标; 环境承载力指 标: 大气、水、生态三 方面 11 个指标	(1)我国大部分地区处于经济数量扩张时期, 经济活力指数高, 而协调度值偏低; (2)不同经济发展水平的区域处于“U”型线的 不同时期。成熟时期有上海、北京、天津; 较成熟时期有江苏、浙江、广东、辽宁; 以 资源为主的山西和西部等广大地区正处于 “U”型的谷底区。
徐留福 (2004)	生态环 境压力 指数法	1980~2000	中国内地各地区工业 指标: 能耗、废水、废 气、SO ₂ 、固废排放量	(1)1980~2000 年中国内地经济发展对生态 环境的压力总体上具有上升趋势, 但其中存 在一些波动, 资源能源消耗增加相对较快, 而环境污染变化相对不大。 (2)1980~1990 年生态环境压力只要来自环 境污染, 1991~2000 年主要来资源能源消耗。
朱琳 (2004) ^[44]	直接比 较法	1997~2002	每亿元工业产值的“三 废”排放量	西部经济落后于中东部地区; “三废”排放量 要少于东部, 但单位 GDP“三废”排放量又要 高于东部地区。
徐留福 (2005)	三角图 法	1980~2000	工业总产值及其人均 值, 能耗、废水、废气、 COD、SO ₂ 、固废及其 万元值	1980~1991 年中国经济发展表现出相对较弱 可持续性趋势, 而 1991~2000 年则表现为相 对较强的可持续趋势。

20世纪90年代以来, 基于环境监测数据, 一些学者开始对经济增长过程中环境质量的变化进行大量的实证研究。这些研究者选用一些环境质量指标, 用回归分析法研究这些指标随人均收入增长的变动情况。国外的Shafik and Bandyopadhyay (1992)^[45], Selden and Song (1994)^[46], Holtz-Eakin and Selden (1995)^[47], Crosman and Krueger (1995)^[48], Panayotou (1997)^[49], Hilton and Levinson (1998)^[50]等认为: 随着收入水平的提高, 环境质量先破坏再好转, 即环境破坏与收入水平呈“倒U”型曲线。这种关系与1995年Kuznets^[51]提出的收入不均与经济增长的关系类似, 故人们定义该环境模式为环境库兹涅茨曲线 (Environmental Kuznets Curve, 简称EKC)^[52-54]。随后List and Gallet (1999)^[55], Stern and Common (2001)^[56], Madhusudan and Michael (2001)^[57], Markus (2002)^[58], Antonio (2003)^[59], Nektarios Aslanidis and Anastasios Xepapadeas (2006)^[60]又对EKC曲线做了大量研究。

我国有关环境库兹涅茨曲线的研究起步较晚, 陈宗胜 (1994^[61], 1999^[62])、范金 (2002)^[63]和陈华文 (2004)^[64]曾先后对该理论进行了数学推导和证明。EKC曲线的实例研究基本上是从2000年以后才大量开始 (见表1-6)。中科院可持续发展战略研究组已经对世界上不同国家、不同时间段

的环境质量和经济增长之间的关系进行了分析, 得出了比较一致的倒“U”型曲线。

表1-6 中国环境库兹涅茨曲线研究现状

Table 1-6 The investigative status of Environmental Kuznets Curves in China

污染物	研究者 (年份)	曲线形式	纵坐标
废水	沈满洪 (2000) [65]	N 型	浙江省工业废水及其人均值
	吴玉萍 (2002) [66]	倒 U 型	全国工业废水排放量
	谢贤政 (2003) [67]	线性负相关	安徽省工业废水排放量
	赵细康 (2005) [68]	正 U 型	全国废水排放总量及其人均值
	刑秀凤 (2006) [69]	正 U 型+倒 U 型	山东省工业废水排放量
COD	吴玉萍 (2002)	倒 U 型	全国工业 COD 排放量
	包群 (2005) [70]	线性向下倾斜	全国工业废水中 COD 排放量
废气	张晓 (1999) [71]	倒 U 型	废气排放量及其人均值
	沈满洪 (2000)	N 型	浙江省工业废气及其人均值
	凌亢 (2001) [72]	凹函数严格递增	南京市工业废气排放量
	谢贤政 (2003)	线性正相关	安徽省工业废气排放量
	刘利 (2005) [73]	倒 U 型	广东省废气排放量
SO ₂	张晓 (1999)	倒 U 型	全国 SO ₂ 排放量及其人均值
	凌亢 (2001)	凹函数严格递增	南京市工业 SO ₂ 排放量
	吴玉萍 (2002)	倒 U 型	SO ₂ 浓度
	陈华文 (2004)	正 U 型	上海市工业 SO ₂ 排放量
	王瑞玲 (2005) [74]	倒 U 型	全国人均 SO ₂ 排放量
烟尘	赵细康 (2005)	倒 U 型	全国 SO ₂ 排放总量及其人均值
	张晓 (1999)	正 U 型	烟尘排放量及其人均值
	包群 (2005)	线性向下倾斜	全国工业烟尘排放量为纵坐标
悬浮颗粒物	赵细康 (2005)	倒 U 型	全国烟尘排放总量及其人均值
	张晓 (1999)	正 U 型	悬浮颗粒物浓度
	吴玉萍 (2002)	倒 U 型	悬浮颗粒物浓度
一氧化碳	陈华文 (2004)	倒 U 型 (对数模型)	上海市工业悬浮颗粒物排放量
	陈华文 (2004)	正 U 型+倒 U 型	上海市工业一氧化碳排放量
固体废弃物	沈满洪 (2000)	N 型	浙江省工业固废排放量及其人均值
	凌亢 (2001)	凸函数严格递增	南京市工业固体废弃物排放量
	谢贤政 (2003)	线性正相关	安徽省工业固废排放量
	包群 (2005)	正 U 型	全国工业固废排放量

1.2.3 我国经济和环境协调发展研究普遍存在的难题与不足

(1) 我国经济与环境协调发展研究普遍存在的难题

① 环境数据不全面、研究范围比较窄

环境问题于近几十年才得到重视, 现有的环境监测和统计始于 20 世纪 70 年代末甚至更晚, 缺乏比较完整的污染发生发展的历史过程数据, 这使得对中国环境质量变化的纵向研究存在较大的难度。

② 数据可比性不强, 研究对象比较少

对多个地区的截面数据, 由于统计口径、地理差异等问题, 通常不具备太强的可比性; 某些研究对象的数据即使能从一些相关的专门报告中获得一部分, 但也很难配套。鉴于这些困难, 使得跨地区的研究存在较大的难度。

③ 环境指标选择难度大

许多学者的研究方法绝大部分都是把经济、社会、环境、资源等方面的多个指标进行数学换算, 转换成一个综合指标再进行比较分析。这种方法虽然比较起来较为直观, 但是实际操作起来难度较大, 尤其是指标权重的确定问题, 各指标在可持续发展中的重要程度往往不同, 在进行评价时一般会选用不同的权重, 然而权重问题及定权方法是最复杂、最易引起争论的问题。目前常用的指标权重确定方法主要有: 经验法、专家咨询法、层次分析法等, 这些方法各有优缺点, 为了克服单一方法的不足, 最好是采用两者或两种以上方法的结合, 这就使评价时存在更大的难度。

(2) 目前我国经济与环境协调发展研究存在的不足

① 环境库兹涅茨曲线只是一种可能而不是一种必然

近几年我国对环境库兹涅茨曲线的研究比较多, 但是环境污染总量与经济发展水平之间并非总存在着倒 U 型曲线关系, 当环境污染水平未超过生态不可逆阈值时, 其变化会呈倒 U 型曲线形态, 一旦环境污染水平超过了生态不可逆阈值, 遭受破坏的生态环境就无法恢复了。换言之, 所谓的“先污染、后治理”模式并不具有普遍适用性。

② 指标选择的局限性

一般论文研究都会局限在一些比较常用的指标, 而很少选用新的指标进行研究分析, 缺乏创新性。从污染物排放量角度分析时, 水污染指标一般选用废水排放量, 大气污染指标则选用工业废气排放量等指标。从污染物排放强度角度分析时, 则采用单位 GDP 废水排放量、单位 GDP 工业废气排放量等。

③ 研究对象的局限性

前人的研究对象多集中在对某一选定年份的横向分析, 或是对某一选定地区的历史纵向研究。很少结合二者一起进行分析, 或者是同时选定多个地区的情况进行研究比较。因此, 选择的研究对象的范围比较窄。

第 2 章 引言

2.1 研究目的与意义

在改革开放初期,随着经济的快速增长,我国主要污染物的排放量不断增加,环境质量指标下降。主要污染物排放量大大超过环境承载能力,环境污染相当严重。工业化和城市化带来了严重的烟尘、SO₂ 和 水体黑臭污染。我国环境污染已从陆地蔓延到近海水域,从地表水延伸到地下水,已形成“点源”与“面源”污染共存、生活污染和工业排放叠加、各种新旧污染与二次污染相互复合的态势,大气、水体、土壤污染相互作用的格局。对生态系统、食品安全、人体健康构成日益严重的威胁。

在当今社会,我国经济与环境总体态势发展不平衡是其中一个重要的问题,但是建设和谐社会就要求我国不仅是人与自然要协调发展,而且区域之间也要协调发展。因此,对我国的经济发 展过程所带来的环境污染和资源消耗等问题进行全面而深入的分析,比较目前我国存在的空间差异性和时间演变情况,并通过研究探索出一条使社会——经济——环境协调发展的道路是非常必要的。因此本论文的研究目的如下:

(1) 总结前人关于我国经济发展与环境污染控制、资源利用效率之间关系研究的基础上,归纳出部分典型的研究方法和结论,为经济与环境、资源的可持续发展研究提供参考。

(2) 除了选用一些较常用的指标外,还选用一些具有创新性的指标,从新的角度对我国的经济发展水平、环境污染控制水平和资源利用效率情况进行研究。如采用单位国土 GDP 和单位国土人口指标反映一个地区的经济和人口发展对环境的压力;采用三大产业结构的能源消耗量分别反映各种产业类型的能源利用效率。

(3) 采用涵盖水、大气、固废、水资源和能源等多个方面共 14 个指标,通过收集大量历史数据,从空间差异性的角度出发,对我国 31 个内地省(市、区)的情况进行横向的比较分析,找出各省(市、区)之间的差别,同时为全国各地提供一些关于经济与环境资源发展情况的基本参数。

(4) 在空间差异性分析的基础上,对我国总体情况以及北京、广东的发展情况进行纵向的时间演变分析,得出一系列能反映经济发展水平、环境污染治理水平和资源消耗效率的客观数据。通过剖析时间演变情况存在的原因,为当地实现环境经济的可持续发展针对性地制定对策措施。

2.2 研究内容

2.2.1 我国经济发展与环境污染及能源消耗的空间差异分析

以 2004 年为基准,采用柱状图和点状图的形式,分别通过反映社会经济发展水平、水环境和大气环境污染控制水平、固体废弃物利用水平、水资源利用效率和能源利用效率(2003 年为基准)的

6方面共14个指标，对全国各省（市、区）进行空间现状差异性分析。

2.2.2 我国经济发展与环境污染及能源消耗的时间演变分析

在对全国各省（市、区）进行空间差异性分析的基础上，选定我国总体情况、北京和广东三个具有代表性意义的研究对象，以人均GDP、污染物排放强度和资源消耗强度为指标，通过建立历史变化趋势对数图，对我国和选定的省（市、区）进行经济、环境和资源关系的发展现状描述。再者，通过对GDP、污染物排放强度和资源消耗强度进行时间序列拟合，预测2020年的GDP、污染物排放量和资源消耗量。其后，对预测的指标建立环境库兹涅茨曲线，并将COD和SO₂指标与国务院“十一五”总量控制目标进行比较。由此得出，我国和北京、广东若继续按照其目前的模式发展下去，将来可能出现的情况。最后，提出一些有助于当地经济与环境协调发展的措施和建议。

2.3 研究技术路线

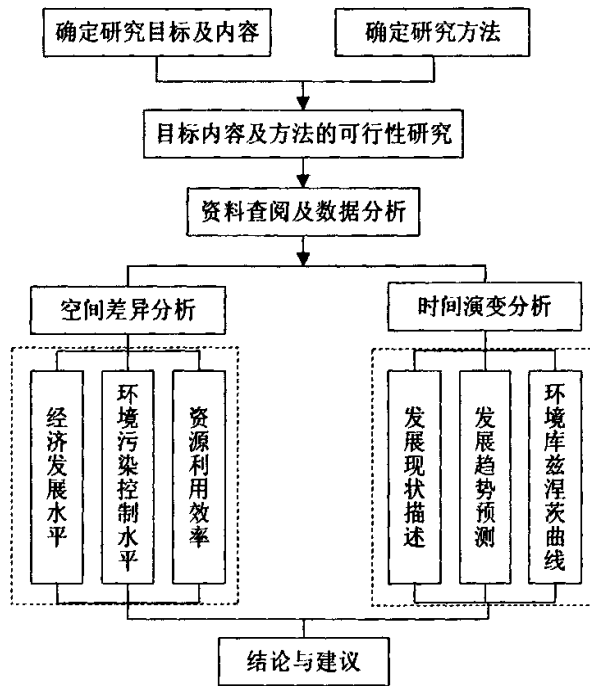


图2-1 研究技术路线

Fig2-1 The procedure of Investigation

第3章 研究方法

3.1 研究范围的选定

3.1.1 研究空间的选定

以我国内地 31 个省（市、区）为研究范围，社会经济发展水平、环境污染物排放量和水资源消耗量数据以 2004 年为基准；能源消耗量数据以 2003 年为基准。

3.1.2 研究时间的选定

时间序列数据样本要求通过详尽的历史数据进行比较分析，因此，国民生产总值采用以 1978 年基准的各年份数据；环境污染物排放量和资源消耗量以《中国环境年鉴》以及《中国统计年鉴》、《北京统计年鉴》和《广东统计年鉴》资料中能收集到的全部数据为准。

3.2 研究指标的选定

3.2.1 指标选定的原则

根据我国经济发展与环境污染控制、资源利用效率的空间差异和时间演变研究的目标与要求，结合指标体系设置的一般原则，本文经济发展、环境污染控制和资源利用效率三方面指标体系设置须遵循下列原则：

（1）科学有效性原则

科学有效性是指指标体系必须体现经济发展、环境污染控制和资源利用效率关系的内涵和目标。同时，指标体系应易于被使用者理解和接受，易于数据收集，易于量化，具有可比较性等特点。有些在统计上无法量化或数据不易获得的指标可暂不列入指标体系中。

（2）针对性原则

针对性是指针对研究对象的特点选择指标体系。不同的研究对象，所选择的具体指标可能不同。如果研究对象为国家、区域、省、直辖市、自治区等，经济发展指标则应该采用地区生产总值和人均 GDP。

（3）代表性原则

代表性是指所选指标体系应分别代表具体研究对象的经济发展、资源利用效率和环境污染控制三个方面的特征。如本论文中社会经济发展指标包括：单位国土 GDP、人均 GDP 和单位国土人口。环境污染控制水平指标包括：单位 GDP 的 COD、氨氮、SO₂ 和烟尘排放量；单位工业 GDP 的 COD 和氨氮排放量；人均 COD 和氨氮排放量；人均生活 COD 和氨氮排放量；单位国土面积的 SO₂ 和烟尘排放量；单位工业 GDP 固体废弃物排放量。水资源利用效率指标为单位工业 GDP 新鲜水用水量。能源利用效率指标包括：单位 GDP 能源消耗量、三大产业能耗和 GDP 分别与总能耗和总 GDP 的比

值：人均生活能源消耗量。

(4) 可获性原则

可获性是指所选指标应含义清晰，能够从现有统计资料中获得所需数据。该原则要求，建立的指标体系最好应与中国国民经济核算以及环境统计体系相一致。本论文选择的经济发展指标和能源消耗指标的数据来自《中国统计年鉴》及地方统计年鉴；环境污染指标的数据来自《中国环境年鉴》。

(5) 可比性原则

可比性是指所选指标在时间、空间、统计口径以及资料来源等方面要具有可比性，以利于开展比较研究和趋势分析，并得到较为可靠的结果。本论文关于经济发展水平、环境污染和资源消耗情况 3 方面的指标数据都是从相一致的年鉴中获得，因此无论是对全国 31 个省（市、区）的空间差异性研究，还是时间差异性研究，都具有很强的可比性。

(6) 配套性原则

配套性是指所选择代表经济发展、环境污染和资源能源消耗三个方面的指标必须相互配套，并且都针对具体的研究对象。部分学者指出某些指标数据即使可以从某些专门研究报告中获得一些资料，但也很难配套，如很多学者会选择工业污染物排放量的指标进行研究，而非环境污染物排放总量指标。本论文的研究对象是我国的各省（市、区），因此所选的经济发展指标、环境污染指标和资源能源消耗指标都是针对已经选定的省（市、区）的。

3.2.2 指标的释义

经济发展水平指标

(1) 单位国土 GDP

某地区每一 km^2 国土面积上的地区生产总值。从正面说，单位国土 GDP 反映单位环境资源的经济产出，从反面说，反映了经济发展对环境带来的压力。计算公式为：地区生产总值/国土面积；万元/ km^2 。

(2) 单位国土人口

某地区每一 km^2 国土面积上的人口数。计算公式为：地区年底总人口数/国土面积；人/ km^2 。该指标的数据大小，直接反映了地区人口的密集程度，其值越高，人口密度越大，人口对环境的压力也越大；反之亦反。

(3) 人均 GDP

某地区每位国民平均占有的地区生产总值。计算公式为：地区生产总值/地区年底总人口数；元/人。该指标数据的高低，直接反映一个地区的经济发展水平的高低，该值越高，其经济发展水平越高，人均收入越高；反之亦反。

水污染控制水平指标

(1) 单位 GDP 的 COD 排放量

某地区每增加一万元生产产值而向水环境中排放的化学需要量，水环境中的 COD 排放量包括工

业废水中 COD 排放量和城镇生活污水中的 COD 排放量两者的总和, 该指标反映了地区产业的水污染控制水平的高低, 单位 GDP 的 COD 排放量越小, 该地区的 COD 污染控制水平越高, 反之亦反。计算公式为: $\text{COD 排放总量}/\text{地区生产总值}; t/\text{万元}$ 。

此外, 还有单位工业 GDP 的 COD 排放量、人均 COD 排放量和人均生活 COD 排放量。

(2) 单位 GDP 氨氮排放量

某地区每增加一万元生产产值而向水环境中排放的氨氮量, 水环境中的氨氮排放量包括工业废水中氨氮排放量和城镇生活污水中的氨氮排放量两者的总和, 该指标反映了地区产业的水污染控制水平的高低, 单位 GDP 氨氮排放量越小, 该地区产业的氨氮污染控制水平越高, 反之亦反。计算公式为: $\text{氨氮排放总量}/\text{地区生产总值}; t/\text{万元}$ 。

此外, 还有单位工业 GDP 的氨氮排放量、人均氨氮排放量和人均生活氨氮排放量。

大气污染控制水平指标

(1) 单位 GDP 的 SO₂ 排放量

某地区每增加一万元生产产值而向大气环境中排放的 SO₂ 量, 大气中的 SO₂ 排放量包括工业 SO₂ 排放量和生活及其他 SO₂ 排放量两者的总和, 该指标反映地区产业的大气污染控制水平的高低, 单位 GDP 的 SO₂ 排放量越小, 该地区产业的 SO₂ 的污染控制水平越高, 反之亦反。计算公式为: $\text{SO}_2 \text{ 排放总量}/\text{地区生产总值}; t/\text{万元}$ 。

还有单位国土面积 SO₂ 排放量, 反映一个地区国土面积上的 SO₂ 排放负荷, 也可以反映出该地区大气环境质量保护压力。

(2) 单位 GDP 的烟尘排放量

某地区每增加一万元生产产值而向大气环境中排放的烟尘量, 大气中的烟尘排放量包括工业烟尘排放量和生活及其他烟尘排放量两者的总和, 该指标反映地区产业的大气污染控制水平的高低, 单位 GDP 烟尘排放量越小, 该地区产业的烟尘污染控制水平越高, 反之亦反。计算公式为: $\text{烟尘排放总量}/\text{地区生产总值}; t/\text{万元}$ 。

还有单位国土面积烟尘排放量, 反映一个地区国土面积上的烟尘排放负荷, 也可以反映出该地区大气环境质量保护压力。

工业固体废物控制水平指标

单位工业 GDP 固废排放量

工业固体废物排放量是指将所有产生的固体废物排到固体废物污染防治设施、场所以外的量。

单位工业 GDP 固废排放量是指地区的工业企业每生产一万元的生产产值向环境排放的工业固体废弃物的量, 反映地区的工业固体废物污染控制和资源利用水平。计算公式为: $\text{工业生产中固体废弃物的排放总量}/\text{地区第二产业中的工业生产总产值}; t/\text{万元}$ 。

水资源利用效率指标

单位工业 GDP 新鲜水用水量

工业生产中新鲜水的用水量与地区第二产业中的工业生产总产值的比值; $t/\text{万元}$ 。该指标反映了地

区的水资源的利用效率,间接反映了工业流程和工业技术水平的高低。该指标值越低,反映水资源利用效率越高,工业流程和技术水平越高。

能源利用效率指标

(1) 单位 GDP 的能源消耗总量

能源消耗总量是指一定时期内地区物质生产部门、非物质生产部门和生活消费的各种能源的总和,包括原煤和原油及其制品、天然气、电力。不包括低热值燃料、生物质能和太阳能等的利用。

单位 GDP 能源消耗总量是指地区每增加一万元生产产值消耗的能源总量,反映地区经济发展过程中的能源利用效率的高低。计算公式为:能源消耗总量/地区生产总值;t 标准煤/万元。

(2) 第一产业能耗和 GDP 分别与总能耗和总 GDP 的数值

分别算出第一产业能耗与总能耗的比值,以及第一产业 GDP 与总 GDP 的比值。该指标能够反映地区第一产业能源消耗的经济产出,也可以比较出能源利用效率的高低。

(3) 第二产业能耗和 GDP 分别与总能耗和总 GDP 的数值

分别算出第二产业能耗与总能耗的比值,以及第二产业 GDP 与总 GDP 的比值。该指标能够反映地区第二产业能源消耗的经济产出,也可以比较出能源利用效率的高低。

(4) 第三产业能耗和 GDP 分别与总能耗和总 GDP 的数值

分别算出第三产业能耗与总能耗的比值,以及第三产业 GDP 与总 GDP 的比值。该指标能够反映地区第三产业能源消耗的经济产出,也可以比较出能源利用效率的高低。

(5) 人均生活能源消耗量

某地区每位居民由于生活需要所消耗的平均能源量,反映地区的生活能源利用效率的高低,间接反映出地区人民的生活水平。计算公式为:生活及其它能源消耗量/地区年底总人口数;t 标准煤/人。

3.3 研究信息的获取

空间范围数据以 2004 年中国统计年鉴为基础数据来源,并收集各种相关文献资料。某些 2004 年统计数据难以查找的则以 2003 年为准;时间范围数据以选定的省(市、区)地方统计年鉴所能收集到的数据为准。

第4章 我国经济发展与环境质量的空间差异分析

自然环境是一切经济活动赖以进行的物质基础,不同地域的自然环境千差万别。地理环境条件影响区域的生产状况,影响区域自然资源开发的难易程度,进而影响着投资效益的大小和区域整体开发水平的高低。人们根据当地自然环境和自然资源的特点,以及社会经济条件,因地制宜地发展生产。随着科学技术的进步和经济水平的提高,人类通过生产活动而作用于自然环境的范围不断扩大,程度不断加深,并且使自然环境对人类生产活动的影响力逐渐减弱。人类可以越来越较为灵活地选择、安排生产活动。也就是说在不同的自然环境下,会导致各省(市、区)的经济发展水平、环境污染和能源消耗程度都存在很大的差异性。本章将从6个方面对各省(市、区)的空间差异情况进行研究分析。

4.1 2004年我国经济发展水平的空间差异分析

由于地理位置、国土面积、自然资源分布、环境资源利用形式、产业结构比重、工业技术生产方式等诸多因素的差异,直接或间接地影响全国各省(市、区)的经济发展,从而使其具有不同的经济增长方式。下面分别采用单位国土GDP、单位国土人口和人均GDP三个指标来表示我国社会经济发展水平。

4.1.1 单位国土GDP

通过研究单位国土GDP可以反映出单位环境资源的经济产出情况,然而,从另一个角度分析,该指标也可以说明经济发展对环境资源的压力。从下图4-1和表4-1可知我国的单位国土GDP情况。

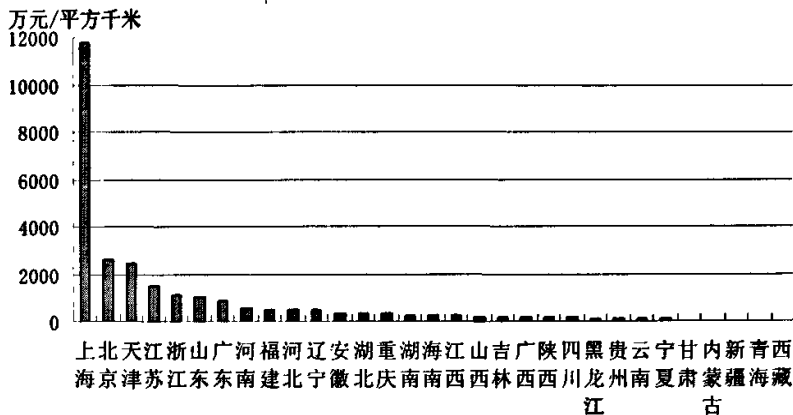


图 4-1 2004年全国单位国土GDP

Fig4-1 The GDP per unit area of territory of different provinces in Mainland China in 2004

表 4-1 2004 年全国单位国土 GDP

Table 4-1 The GDP per unit area of territory of different provinces in Mainland China in 2004

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	上海	11751.2	9	福建	498.6	17	江西	209.5	25	云南	75.1
2	北京	2549.6	10	河北	470.8	18	山西	195.0	26	宁夏	69.3
3	天津	2463.8	11	辽宁	464.4	19	吉林	157.9	27	甘肃	34.3
4	江苏	1511.9	12	安徽	345.2	20	广西	140.3	28	内蒙古	22.9
5	浙江	1104.4	13	湖北	339.4	21	陕西	140.1	29	新疆	13.2
6	山东	986.0	14	重庆	323.5	22	四川	135.2	30	青海	6.4
7	广东	892.1	15	湖南	265.0	23	黑龙江	116.8	31	西藏	1.7
8	河南	527.8	16	海南	223.2	24	贵州	90.3		全国平均	142.6

上海的单位国土 GDP 遥遥领先，是第二位北京的 4.6 倍，天津位居第三，这三个直辖市的国土面积非常小，分别为 0.634 万、1.68 万和 1.19 万 km^2 。在有限的国土面积上创造出巨大的经济财富，归根结底是靠引进资源和能源，采用先进的生产技术和科学的管理方法，尽量提高资源和能源的利用效率。但是，三市对外部资源的依赖性都很强，高负荷的生产会给非常有限的环境资源带来很大的压力。

我国西部地区的广大省（区）国土非常辽阔，如青海、西藏、内蒙古、新疆的国土面积分别为 72.23 万、122.84 万、118.3 万、166.49 万 km^2 ，这四个省（区）就占了全国国土面积的 50%。西部地区的煤炭和石油能源、黑色及有色金属等矿产资源、草场资源、水资源、野生动植物资源等自然资源都非常丰富。然而由于自然环境比较恶劣，西藏高原和青藏高原的寒冷、西北地区的干旱、黄土高原的水土流失，都使西部地区的生存、生产环境比其他地区更为严峻，严重制约了当地的发展。这就是单位国土 GDP 非常低的主要原因。

4.1.2 单位国土人口

我国是一个拥有 16 亿人口的超级人口大国，位居世界首位。虽然我国国土面积辽阔，但是人口分布极不平衡。从环境破坏和资源消耗的角度来看，单位国土人口少是一个优势，表明人口对环境压力小，人均资源占有量大。全国各省（市、区）的单位国土人口情况如图 4-2 和表 4-2 所示。

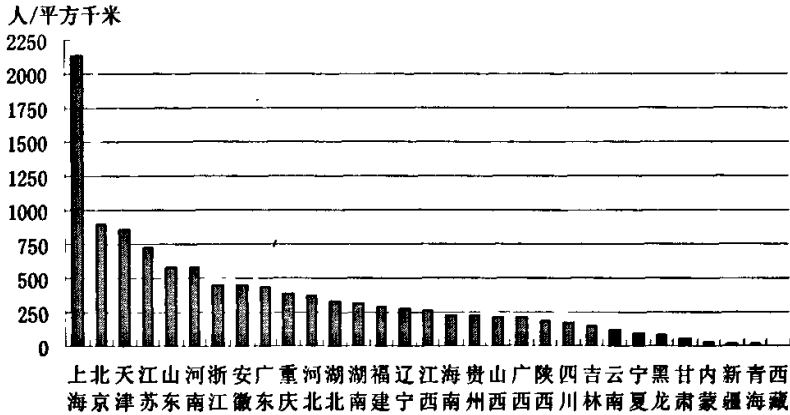


图 4-2 2004 年全国单位国土人口

Fig4-2 The population per unit area of territory of different provinces in Mainland China in 2004

表 4-2 2004 年全国单位国土人口

Table4-2 The population per unit area of territory of different provinces in Mainland China in 2004

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	上海	2133.1	9	广东	434.1	17	海南	227.6	25	宁夏	88.5
2	北京	888.7	10	重庆	381.6	18	贵州	221.5	26	黑龙江	84.1
3	天津	860.2	11	河北	362.8	19	山西	213.8	27	甘肃	57.1
4	江苏	724.4	12	湖北	323.6	20	广西	206.5	28	内蒙古	20.2
5	山东	584.3	13	湖南	316.2	21	陕西	180.0	29	新疆	11.8
6	河南	581.9	14	福建	289.2	22	四川	177.2	30	青海	7.5
7	浙江	449.6	15	辽宁	281.9	23	吉林	142.0	31	西藏	2.2
8	安徽	446.8	16	江西	256.7	24	云南	112.1		全国平均	135.4

我国广大西部地区的单位国土人口都非常低，青海和西藏不到 10 人/km²，然而上海竟然达到 2133 人/km²，是西藏的 970 倍。东部沿海城市的人口普遍比较高，这与当地的经济水平有很大的关系。每年大量劳动力涌入沿海城市，为当地的经济贡献力量，同时，人口的快速增长也就给当地的资源环境带来了巨大的压力。西部地区国土面积辽阔、自然资源丰富，人口相对比较少，因此人均资源占有量比较大，对环境资源的压力相对较小。

4.1.3 人均 GDP

人均 GDP 经常被作为一个反映经济发展水平的有效指标而使用，该指标直接反映一个地区的经济发展水平的高低，该值越高，其经济发展水平越高，人均收入越高；反之亦反。目前我国国民生产总值位居世界第 4 名，而人均 GDP 却位于世界第 110 位，处于较低水平。由此可以看出，我国与

发达国家之间存在很大的差距。但是就国内各省（市、区）的人均 GDP 情况而言，也存在很大程度的差异（图 4-3 和表 4-3），这种差距的形成除了不同地区的资源环境条件、区位差距和人口素质等因素外，发展基础、产业结构、科技水平、贸易开放度、政策与管理措施是最主要的原因。

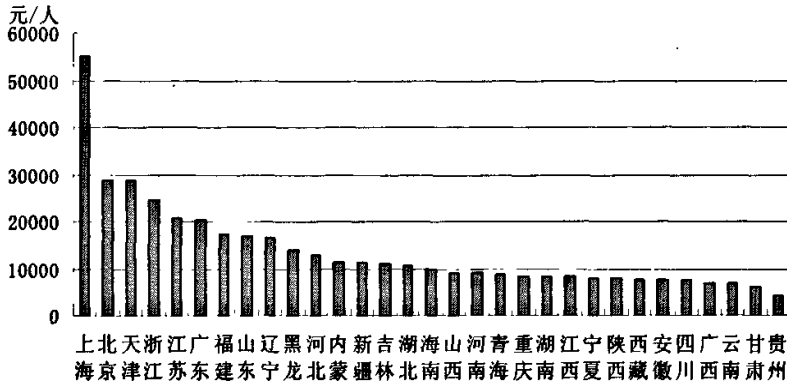


图 4-3 2004 年全国人均 GDP

Fig-4-3 The GDP per capita of different provinces in Mainland China in 2004

表 4-3 2004 年全国人均 GDP

Table4-3 The GDP per capita of different provinces in Mainland China in 2004

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	上海	55089.7	9	辽宁	16470.2	17	山西	9122.4	25	西藏	7729.5
2	北京	28689.3	10	黑龙江	13893.8	18	河南	9071.8	26	安徽	7727.4
3	天津	28640.9	11	河北	12978.3	19	青海	8647.0	27	四川	7627.4
4	浙江	24562.9	12	内蒙古	11374.3	20	重庆	8477.1	28	广西	6791.0
5	江苏	20871.0	13	新疆	11206.7	21	湖南	8379.4	29	云南	6702.9
6	广东	20550.9	14	吉林	11113.2	22	江西	8161.3	30	甘肃	6008.9
7	福建	17240.5	15	湖北	10488.4	23	宁夏	7832.9	31	贵州	4077.9
8	山东	16874.4	16	海南	9804.4	24	陕西	7782.8		全国平均	10529.9

经济发展水平与产业结构有着密切的关系，改革开放后沿海城市的对外开放程度不断提高，通过大量利用外资发展本地经济，使得经济发展得到质的飞跃，前六位省（市）的人均 GDP 均达到 20000 元/人以上，其中上海的人均 GDP 是全国平均水平的 5.23 倍。这些省（市）的第二、三产业比重普遍较大，农村工业化、城镇化程度较高，集体经济和非国有经济成分比重大，轻工业比重大，外资企业较多。目前，新一轮产业结构调整正向重点发展高效优质农业、以高技术为先导的轻工业、以及新兴的第三产业的方向发展。

西南地区的省（区）的人均 GDP 普遍处于较低水平，其中贵州的人均 GDP 仅有 4077.9 元/人，处于最低水平，还不及全国平均水平的 1/2。西南地区的产业结构还处于非常低的水平，农业占较大比重，工业和第三产业发展滞后，一五时期建立了加工工业、三线时期建立的企业和资源开发类等大量国有企业，目前都存在很多问题，严重制约了当地的经济的发展。

从保护环境实现全面可持续发展的角度出发，处于我国诸河中上游的中西部地区，业已形成发展基本符合“该发展的的发展，该保护的的保护”的优化格局。如果要求西部也像中东部一样单位土地承载同样多的人口，人均 GDP 达到同样高的水平，从而单位国土面积 GDP 产出也达到同样水平，那么不但西部自身生态环境难保，中部的经济发展也可能因此受到极大威胁。因此，西部不能采取与东部一样的发展模式，除了要走资源节约型、环境友好型的发展道路，还要限制甚至减少居住人口，鼓励人口亦即劳动力按经济发展条件和经济规模分布合理流动和分布，因此实现人均 GDP 接近全国平均水平以及与发达地区基本可比的目标，从而实现全国的社会与经济发展的基本平衡，并同时保证全国总体上人与自然和谐相处。

4.2 2004 年我国水污染控制水平的空间差异分析

工业废水和城镇生活污水中都含有多种有机和无机污染物，本研究将选取其中比较有代表性的 COD 和氨氮两种水体污染物作为研究对象，从单位 GDP 污染排放量、单位工业 GDP 污染排放量、人均污染排放量和人均生活污染排放量四个角度进行分析，反映我国的水体污染控制水平的空间差异。

4.2.1 COD 污染排放情况

单位 GDP 的 COD 排放量反映了地区的水污染控制水平的高低，单位 GDP 的 COD 排放量越小，表明该地区的 COD 污染控制水平越高，反之亦反。2004 年我国沿海经济发达地区的单位 GDP 的 COD 污染控制水平普遍比较高，中西部内地省（区）的控制水平则比较低。具体情况如图 4-4 和表 4-4 所示。

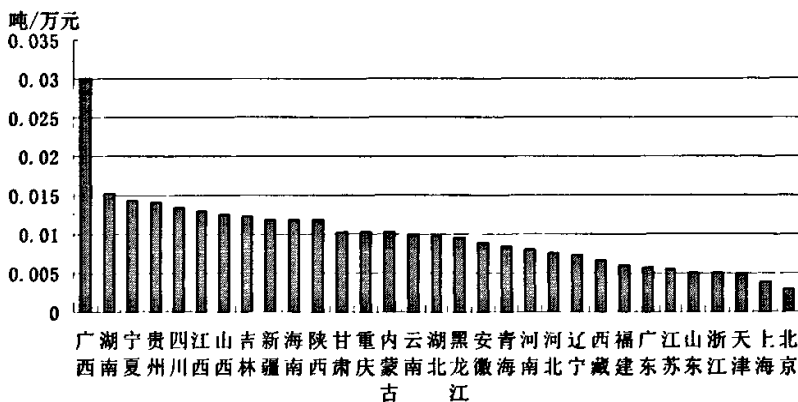


图 4-4 2004 年全国单位 GDP 的 COD 排放量

Fig4-4 The COD discharge from waste water per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

表 4-4 2004 年全国单位 GDP 的 COD 排放量

Table4-4 The COD discharge from waste water per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	广西	0.0299	9	新疆	0.0119	17	黑龙江	0.0095	25	广东	0.0058
2	湖南	0.0151	10	海南	0.0118	18	安徽	0.0089	26	江苏	0.0055
3	宁夏	0.0143	11	陕西	0.0117	19	青海	0.0084	27	山东	0.0050
4	贵州	0.0140	12	甘肃	0.0102	20	河南	0.0079	28	浙江	0.0050
5	四川	0.0135	13	重庆	0.0102	21	河北	0.0074	29	天津	0.0047
6	江西	0.0130	14	内蒙古	0.0101	22	辽宁	0.0073	30	上海	0.0039
7	山西	0.0125	15	云南	0.0098	23	西藏	0.0066	31	北京	0.0030
8	吉林	0.0124	16	湖北	0.0097	24	福建	0.0059		全国平均	0.0098

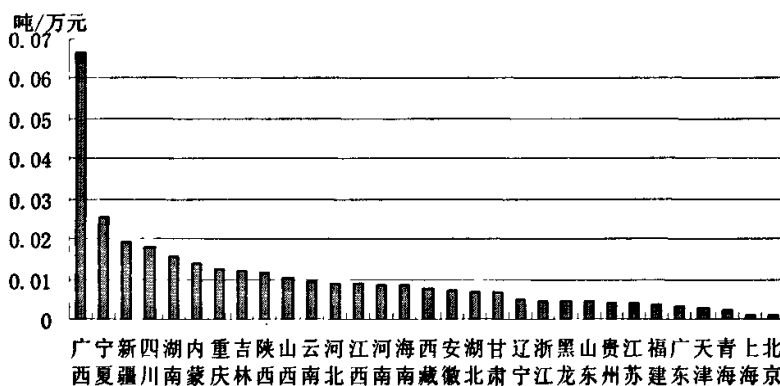


图 4-5 2004 年全国单位工业 GDP 的 COD 排放量

Fig4-5 The COD discharge from industrial waste water per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

此外，从单位工业 GDP 的 COD 排放量的角度分析（图 4-5）可以得出，单位工业 GDP 的 COD 排放量与单位 GDP 的 COD 排放量情况基本一致，这表明中西部的广西、宁夏、湖南、新疆、四川等省（市、区）的 COD 污染主要是工业排放贡献，必须加大工业污染控制。

广西的单位 GDP 的 COD 排放量是全国平均水平的 3 倍，污染控制处于全国最低水平。2004 年 COD 排放总量达到 99.4 万 t，位居全国首位，其中工业废水中的 COD 排放量是生活污水中的 COD 排放量的 2 倍。广西经济发展起步相对较迟，该省的优势产业是有色金属矿的采选、冶炼和加工业、以制糖为主的食物加工业以及制糖相关产业（如酒精、高级新闻纸、办公用纸和生活用纸的生产制造）和日用陶瓷加工制造业。其中糖业年耗水在 10 亿 m³ 左右，排放的废水为数亿 m³，既是耗水大户，又是污染大户，糖业废水已成为广西的第一大工业水污染源，其污染负荷已大大超过了生态环境的纳污能力^[75]。同时缺乏足够的废水处理设施，或是建设速度缓慢，从而导致废水中 COD 总排放量比较高。此外，广西城镇生活污水处理率仅为 11%，位于全国倒数第三位，仅稍高于江西和贵

4.2.2 氨氮污染排放情况

2004 年我国氨氮排放总量为 133 万 t，其中生活污水中氨氮排放量为 90.8 万 t，工业废水中氨氮排放量 42.2 万 t。生活污水中氨氮排放量是工业废水中氨氮排放量的 2 倍。单位 GDP 氨氮排放量、单位工业 GDP 氨氮排放量与 COD 的排序情况重复率很高，主要表现为沿海经济发达地区的氨氮污染控制水平普遍比较高，中西部内地省（区）的控制水平比较低，如图 4-8 和图 4-9 所示。此外，从人均氨氮排放量和人均生活氨氮排放量的角度分析，也与 COD 的情况基本一致。（图 4-10 和图 4-11）

2004 年湖南的单位 GDP 氨氮排放量位居第二位，氨氮排放总量位居首位，达到 9.4 万 t，其中工业废水中氨氮排放量为 3.7 万 t，生活污水中氨氮排放量为 5.7 万 t，生活污水的氨氮排放量大于工业废水的氨氮排放量。这一现象在广东表现的更为突出：工业废水中的氨氮排放量仅为 0.9 万 t，单位工业 GDP 氨氮排放量位居全国倒数第五位，对于工业发达的广东省来说，表明工业污染已经受到重视并得到一定程度的控制，工业废水的处理率比较高。然而生活污水中氨氮排放量位居全国首位，达到 7.7 万 t，人均生活氨氮排放量跃居全国第九位，2004 年广东省的生活污水处理率仅为 35.7%，生活污水处理设施的建设速度和运行情况并没能跟上社会发展需要的步伐。

然而，全国当中广西的情况比较例外，仍然表现为工业废水中氨氮排放量高于生活污水中氨氮排放量，这与该省的支柱产业——制糖业及相关行业密切相关，同时与废水和污水处理设施的投入和运行情况也有很大的关系。

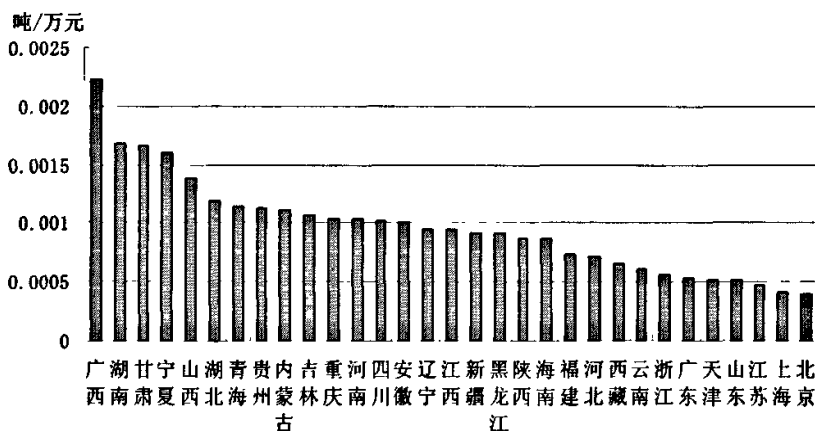


图 4-8 2004 年我国单位 GDP 氨氮排放量

Fig4-8 The ammonia nitrogen discharge fromwaste water per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

表 4-5 2004 年我国单位 GDP 氨氮排放量

Table4-5 The ammonia nitrogen discharge from waste water per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	广西	0.0022	9	内蒙古	0.0011	17	新疆	0.0009	25	浙江	0.0006
2	湖南	0.0017	10	吉林	0.0011	18	黑龙江	0.0009	26	广东	0.0005
3	甘肃	0.0017	11	重庆	0.0010	19	陕西	0.0009	27	天津	0.0005
4	宁夏	0.0016	12	河南	0.0010	20	海南	0.0009	28	山东	0.0005
5	山西	0.0014	13	四川	0.0010	21	福建	0.0007	29	江苏	0.0005
6	湖北	0.0012	14	安徽	0.0010	22	河北	0.0007	30	上海	0.0004
7	青海	0.0011	15	辽宁	0.0009	23	西藏	0.0007	31	北京	0.0004
8	贵州	0.0011	16	江西	0.0009	24	云南	0.0006		全国平均	0.0010

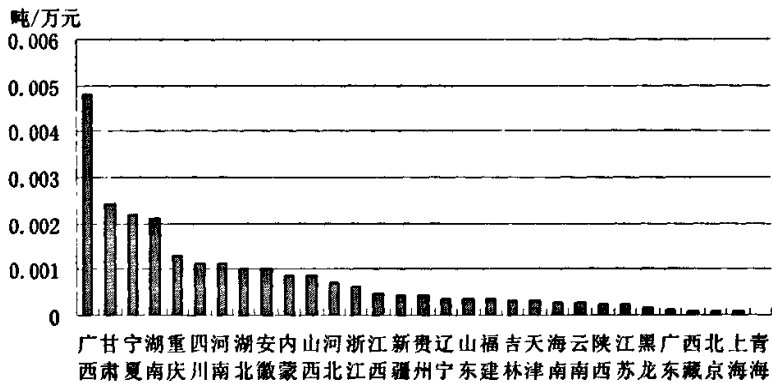


图 4-9 2004 年我国单位工业 GDP 氨氮排放量

Fig4-9 The ammonia nitrogen discharge from industrial waste water per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

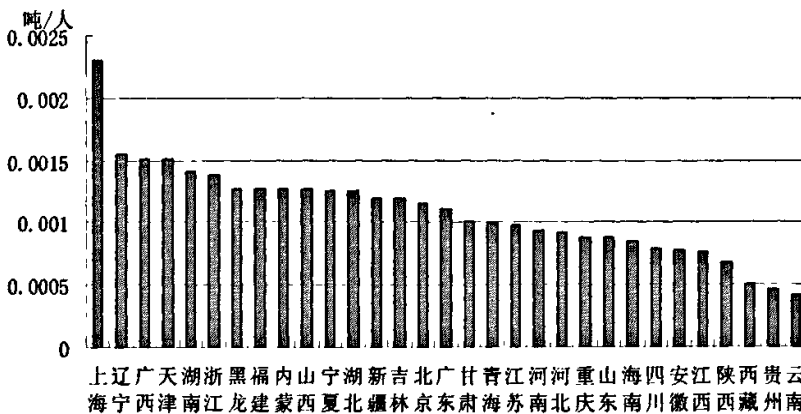


图 4-10 2004 年我国人均氨氮排放量

Fig4-10 The ammonia nitrogen discharge from waste water per capita of different provinces in Mainland China in 2004

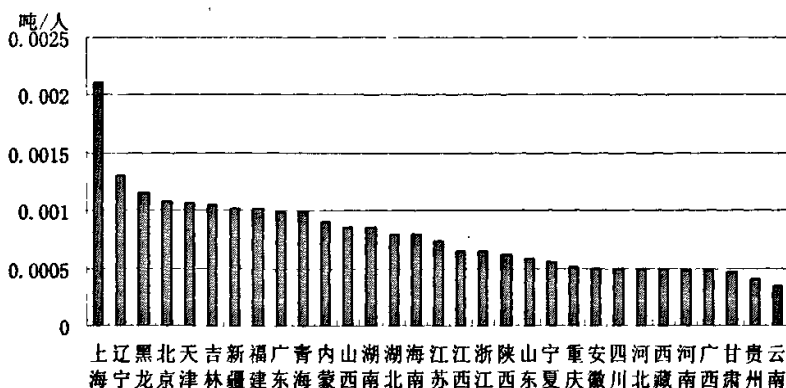


图 4-11 2004 年我国人均生活氨氮排放量

Fig4-11 The ammonia nitrogen discharge from residential waste water per capita of different provinces in Mainland China in 2004

4.3 2004 年我国大气污染控制水平的空间差异分析

我国的大气污染情况并不乐观，制定的酸雨控制区和 SO_2 控制区广泛分布于我国大部分地区。历年资料表明，我国燃烧过程产生的大气污染物约占大气污染物总量的 70%，其中燃煤排放量则占了燃烧排放量的 96%。燃煤产生的有害物质占排放于大气中有害物质的很大比重，烟尘占粉尘总排放量的 60%， SO_2 占总排放量的 87%，氮氧化物占总排放量的 67%。由此可见，我国的大气污染是典型的由于以煤炭为主的能源结构造成的以排放烟尘和 SO_2 为特征的煤烟型污染。本节将通过分析 2004 年我国的单位 GDP 的 SO_2 排放量、单位国土 SO_2 排放量、单位 GDP 烟尘排放量和单位国土烟尘排放量的情况来反映我国的大气污染控制水平的空间差异。

4.3.1 SO_2 污染排放情况

目前燃煤排放的 SO_2 是我国最主要的 SO_2 污染源。2004 年我国 SO_2 排放量达到 2254.9 万 t，其中工业 SO_2 排放量为 1891.4 万 t，生活 SO_2 排放量为 363.5 万 t。我国绝大部分表现为工业 SO_2 排放量大于生活 SO_2 排放量。单位 GDP 的 SO_2 排放量的具体情况如图 4-12 和表 4-6 所示。

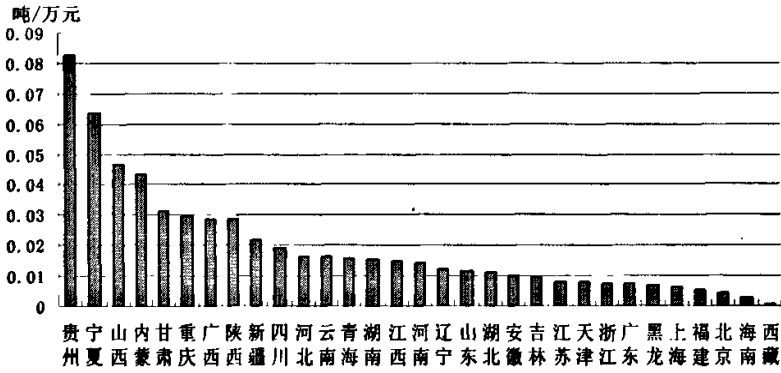


图 4-12 2004 年我国单位 GDP 的 SO₂ 排放量

Fig4-12 The volume of sulfur dioxide emission per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

表 4-6 2004 年我国单位 GDP 的 SO₂ 排放量

Table4-6 The volume of sulfur dioxide emission per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	贵州	0.0826	9	新疆	0.0218	17	辽宁	0.0121	25	广东	0.0072
2	宁夏	0.0636	10	四川	0.0193	18	山东	0.0118	26	黑龙江	0.0070
3	山西	0.0465	11	河北	0.0162	19	湖北	0.0110	27	上海	0.0063
4	内蒙古	0.0435	12	云南	0.0162	20	安徽	0.0102	28	福建	0.0054
5	甘肃	0.0310	13	青海	0.0159	21	吉林	0.0096	29	北京	0.0045
6	重庆	0.0298	14	湖南	0.0155	22	江苏	0.0080	30	海南	0.0029
7	广西	0.0284	15	江西	0.0148	23	天津	0.0078	31	西藏	0.0004
8	陕西	0.0284	16	河南	0.0142	24	浙江	0.0072		全国平均	0.0165

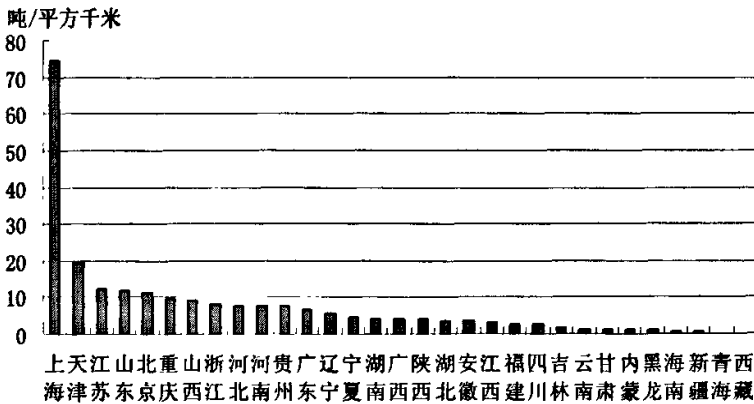


图 4-13 2004 年我国单位国土 SO₂ 排放量

Fig4-13 The volume of sulfur dioxide emission per unit area of territory of different provinces in Mainland China in 2004

除西藏以外的广大西部地区,以及中部的山西和内蒙古的单位 GDP 的 SO_2 排放量都处于较高水平, SO_2 污染控制水平比较低;东部沿海经济发达地区的单位 GDP 的 SO_2 排放量则相对低很多。此外,从单位国土 SO_2 排放量的角度分析(图 4-13),可以知道,上海、天津、江苏、山东、北京等绝大部分东部地区;以及重庆、山西、贵州、宁夏等中西部地区保护空气质量的压力相对较大。

贵州的单位 GDP 的 SO_2 排放量是全国平均水平的 5 倍,而且 SO_2 污染情况比较特殊:生活 SO_2 排放量高于工业 SO_2 排放量。2004 年生活 SO_2 排放量达到 71.5 万 t,比第二位的山西高出一倍多;工业 SO_2 排放量也达到 60 万 t。由于国家西电东送计划的出台,近年来贵州的火力发电业快速发展,虽然煤矿资源比较丰富,但是受到煤炭的质量结构、开采技术水平和污染治理措施等因素的限制,工业 SO_2 排放情况不容乐观。同时由于经济发展水平低,2004 年贵州的人均 GDP 是全国倒数第一位,人民生活用煤经常采用没有经过加工处理的原煤,不仅利用效率低,而且对大气产生严重的污染,也给当地人民的身体健康带来危害。

山西作为闻名全国的能源重化工基地之一,大气污染在全国也是有名的。其固有的高能耗、低产出、资源导向型基础结构,必然造成严重的大气污染。目前该省工业产值 70%来自煤炭、电力、冶金、化工等工业,而这些行业产生的 SO_2 排放量占全省的 86.6%,烟尘占的 83%,粉尘占的 87.8%^[76]。山西长期以来仅仅抓住“煤炭资源”一根救命稻草,而对诸如旅游资源、生物资源等自然资源置之不理,片面地发展初级的、能耗型的重工业,造成轻工业和服务业发展滞后^[77]。山西的污染情况总体可以归纳为以下三种原因:一是以能源重工业为主的产业结构决定了污染的深度;二是以煤炭为主体的能源结构决定了污染的强度;三是以煤炭、焦化、冶金、化工等初级产品为主要特征的产品结构,决定了污染的广度^[78]。

4.3.2 烟尘污染排放情况

单位 GDP 烟尘排放量反映一个地区的烟尘污染处理水平的高低,2004 年我国单位 GDP 烟尘排放量的情况(图 4-14 和表 4-7)与单位 GDP 的 SO_2 排放量排序虽略有变动,但是排在前面和后面的省份与图 4-12 重复率很高。山西、内蒙古、宁夏、贵州、广西、四川、陕西等中西部省(区)处于最高水平,其中位居第一位的山西是全国平均水平的 4.5 倍。再者,通过单位国土烟尘排放量指标(图 4-13)比较可知,上海、天津、山西、河南、北京、江苏、山东等保护空气质量的压力还是比较大,与 SO_2 的情况比较相近。

从图 4-12 至图 4-15 四个指标分析看出, 西藏和海南的数值最低, 这表明西藏和海南的烟尘污染控制水平比较高, 保护空气质量的压力相对较小。其实通过分析二者的经济发展模式可以知道, 这两个省(区)的烟尘排放量低, 空气环境比较好, 是一种经济与环境、资源协调发展的模式。

近几年, 海南作为生态旅游城市, 对该省的生态环境等因素比较重视。工业在三大产业结构中所占份额较少, 以旅游业为主的第三产业成为了主导产业, 空气比较洁净, SO₂ 和烟尘排放量都处于全国最低水平。这一发展战略既能很好的利用当地的资源, 提高经济效益, 又能减少经济活动对环境的压力, 从而保护环境, 达到经济与环境的真正“双赢”, 实现了可持续发展的目标。

西藏自然条件比较恶劣, 生态环境脆弱, 属于少数民族自治区, 人口稀少, 对外开放程度低, 制造业等工业很难大规模发展, 主要以第一、三产业为主, 因此环境污染和资源开发利用程度相对较低。但是西藏这种产业结构方式是不合理的, 要优化产业结构就必须加快发展第二、三产业。第二产业中真正有优势的只能是矿产开发, 包括石油、水电等。“在发展中求保护、在保护中求发展”才是西藏的发展策略, 不能把环境保护和资源开发对立起来。第三产业的发展应该以旅游业为主导, 2006 年 10 月 1 日西藏铁路列车开通, 促进了当地旅游业的发展, 给经济发展带来很大的机遇, 同时也对环境和资源的可持续发展带来挑战, 政府必须采取相关的政策, 确保在环境和资源协调发展的基础上发展经济。

4.4 2004 年我国工业固体废物控制水平的空间差异分析

本节采用单位工业 GDP 固体废物排放量指标来反映我国固体废物控制水平的空间差异性。具体情况如图 4-16 和表 4-8 所示。(2004 年《环境统计年鉴》中的工业固体废物排放量缺乏天津和黑龙江的数据)

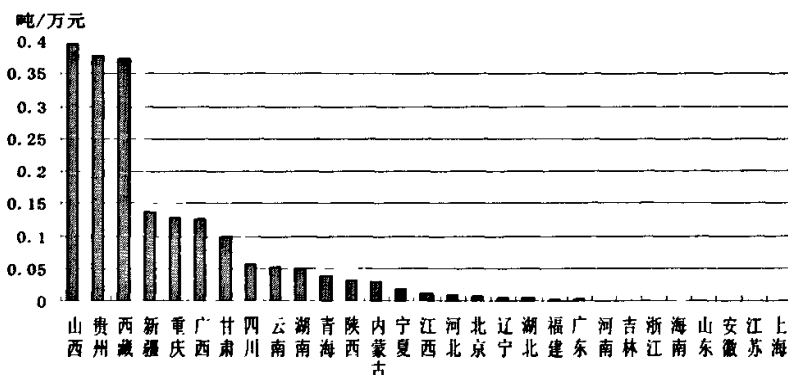


图 4-16 2004 年全国工业固体废物排放量

Fig4-16 The volume of industrial solid wastes discharged per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

表 4-8 2004 年全国单位 GDP 工业固体废弃物排放量

Table4-8 The volume of industrial solid wastes discharged per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	山西	0.3949	9	云南	0.0523	17	北京	0.0077	25	海南	0.000142
2	贵州	0.3770	10	湖南	0.0504	18	辽宁	0.0041	26	山东	0.000041
3	西藏	0.3739	11	青海	0.0381	19	湖北	0.0036	27	安徽	0.000029
4	新疆	0.1380	12	陕西	0.0304	20	福建	0.0023	28	江苏	0.000008
5	重庆	0.1272	13	内蒙古	0.0289	21	广东	0.0020	29	上海	0.000006
6	广西	0.1262	14	宁夏	0.0183	22	河南	0.0011		全国平均	0.0280
7	甘肃	0.0989	15	江西	0.0106	23	吉林	0.0009			
8	四川	0.0558	16	河北	0.0095	24	浙江	0.0008			

我国单位工业 GDP 固体废弃物排放量情况主要表现为山西处于全国第一位，是全国平均水平的 14 倍，贵州、西藏等广大西部地区普遍比较高，东部沿海地区都比较低。侯伟丽对 2002 年各行业的固体废弃物情况研究中发现，排放量在前 5 位的行业分别是煤炭开采业，电力、煤气及水的生产供应，有色金属矿采选业，黑色金属冶炼及压延加工业，黑色金属矿采选业。这 5 个行业所排放的固体废弃物占工业总排放量的 96.15%，其中煤炭开采业就占了 68.31%。山西和贵州的工业发展结构中，以煤炭开采和加工业为主，开采和加工过程中产生的废渣中的尾矿、冶炼废渣、粉煤灰、炉渣、煤矸石等固体废弃物排放量很大，控制固体废弃物的任务十分繁重。

4.5 2004 年我国水资源利用效率的空间差异分析

水是人类生存发展中不可替代的自然环境资源。我国目前正面临着严峻的水环境形势，水资源稀缺的现状普遍受到人们的重视，国家也对水资源收取了一定的水资源费。由于受到数据收集难度的限制，本节仅采用单位工业 GDP 的新鲜水用水量来反映我国的水资源利用效率的空间差异性，具体情况如图 4-17 和表 4-9 所示。

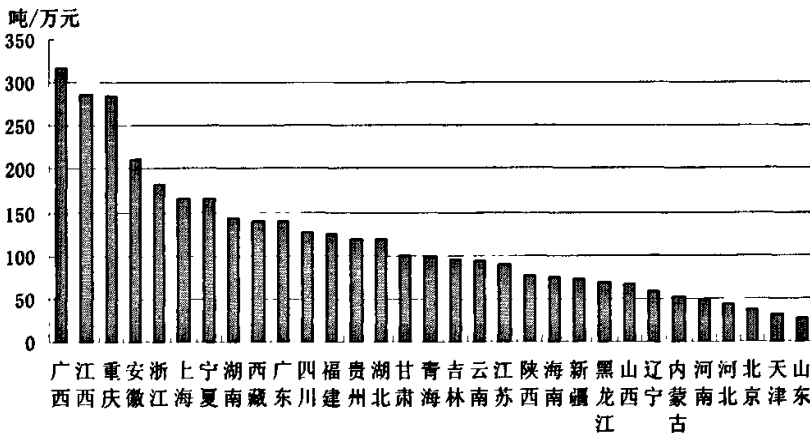


图 4-17 2004 年全国单位工业 GDP 新鲜水用水量

Fig4-17 The industrial fresh water consumption per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

表 4-9 2004 年我国单位工业 GDP 新鲜水用水量

Table4-9 The industrial fresh water consumption per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2004

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	广西	316.13	9	西藏	139.21	17	吉林	94.91	25	辽宁	57.54
2	江西	286.30	10	广东	138.97	18	云南	92.75	26	内蒙古	52.68
3	重庆	282.91	11	四川	126.32	19	江苏	89.75	27	河南	47.38
4	安徽	211.00	12	福建	123.74	20	陕西	77.38	28	河北	44.29
5	浙江	182.63	13	贵州	117.12	21	海南	74.77	29	北京	36.27
6	上海	165.88	14	湖北	117.04	22	新疆	71.95	30	天津	30.35
7	宁夏	164.79	15	甘肃	100.14	23	黑龙江	68.72	31	山东	26.13
8	湖南	142.49	16	青海	97.08	24	山西	66.82		全国平均	119.19

西部地区的单位工业 GDP 新鲜水用水量比较高,其中广西是全国平均水平 2.65 倍,中部的江西、安徽和湖南,以及东部沿海的上海、浙江、福建和广东等省(市)也不低,需要大力提高水资源的利用效率。但是东部经济发达的天津和山东的单位 GDP 工业新鲜水用水量就非常低。天津的主要支柱产业是电子及通信设备制造业、生物技术与现代医药、黑色金属冶炼及压盐业、化学原料及化学制品业、交通运输设备制造业、石油加工炼焦及核燃料加工业等,由于该市的水资源非常匮乏,在工业发展过程中坚持节流、开源、保护并重的原则,因此工业新鲜水利用量非常低,从而使得工业发展对水资源的压力相对较小。山东的工业重复用水量处于全国最高水平,工业重复用水量是工业新鲜水用水量的 10 倍,大大提高了水资源的利用效率,从而降低了工业发展对新鲜水的需要量,这也正是循环经济发展的主旨所在。

4.6 2003 年我国能源利用效率的空间差异分析

相关研究表明,目前我国每万元 GDP 消耗的能源比 1990 年节约了大约 45%,共节约了 7 亿 t 标准煤,但各种统计数据显示,中国极为有限的能源并没有充分得到有效利用,能源消耗仍然浪费严重,节能潜力巨大,节约能源已经被专家视为与煤炭、石油、天然气和电力同等重要的“第五能源”。由于不同的地方统计年鉴公布的指标有所不同,部分省(市、区)的能源消耗情况并没有被公布,或公布的数据不够详尽,因此本节只能对所收集到的数据进行比较分析。

4.6.1 能源消耗总量情况

我国单位 GDP 能源消耗总量情况如图 4-18 和表 4-10 所示。从收集到的数据情况看来,我国沿海经济发达地区的单位 GDP 的能源消耗量都比较低;宁夏、贵州、山西、青海和内蒙古等中西部省(区)普遍较高。这主要是由于当地的能源利用效率不够高,能源消耗所带来的经济产出比较低,这不仅与当地的产业经济结构有关,而且与当地主要以煤炭为主的能源消耗结构,以及煤炭的质量有关。

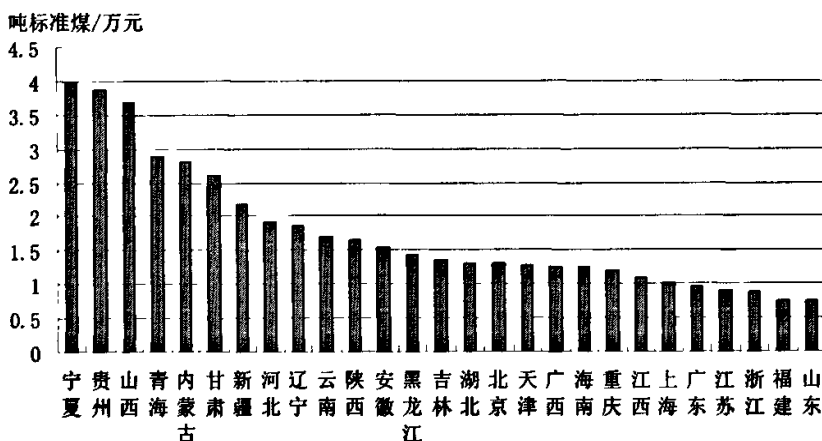


图 4-18 2003 年我国单位 GDP 能源消耗总量

Fig4-18 The total energy consumption per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2003

表 4-10 2003 年我国单位 GDP 能源消耗总量

Table4-10 The total energy consumption per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2003

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	宁夏	3.9705	8	河北	1.8994	15	湖北	1.3095	22	上海	0.9997
2	贵州	3.8721	9	辽宁	1.8458	16	北京	1.2851	23	广东	0.9614
3	山西	3.6789	10	云南	1.6837	17	天津	1.2602	24	江苏	0.8876
4	青海	2.8772	11	陕西	1.6339	18	广西	1.2507	25	浙江	0.8607
5	内蒙古	2.8146	12	安徽	1.5272	19	海南	1.2493	26	福建	0.7515
6	甘肃	2.5871	13	黑龙江	1.4243	20	重庆	1.1939	27	山东	0.7302
7	新疆	2.1642	14	吉林	1.3541	21	江西	1.0723		全国平均	1.4562

4.6.2 第一产业能源消耗情况

第一产业能源消耗量反映了农、林、牧、渔、水利业的发展过程中能源消耗的多少，现将各省（市、区）的第一产业能耗和 GDP 分别与总能耗和总 GDP 的数值作对比的点状图（图 4-19）反映第一产业能源利用效率的差异情况。图 4-19 中斜线为第一产业能耗在总能耗中的比重与第一产业 GDP 在总 GDP 中的比重的比值，等值线比值为 1:1.5、1:2.5、1:4、1:7、1:12.5。从收集到的数据情况看来，山西的第一产业用了 4% 的总能耗，产出的 GDP 不足总 GDP 的 9%，北京、上海、天津、重庆的第一产业能源利用效率都较低；而广西用不足 2% 的总能耗产出的 GDP 将近占总 GDP 的 25%，海南、安徽、福建、陕西等省区第一产业能源利用效率相对较高。

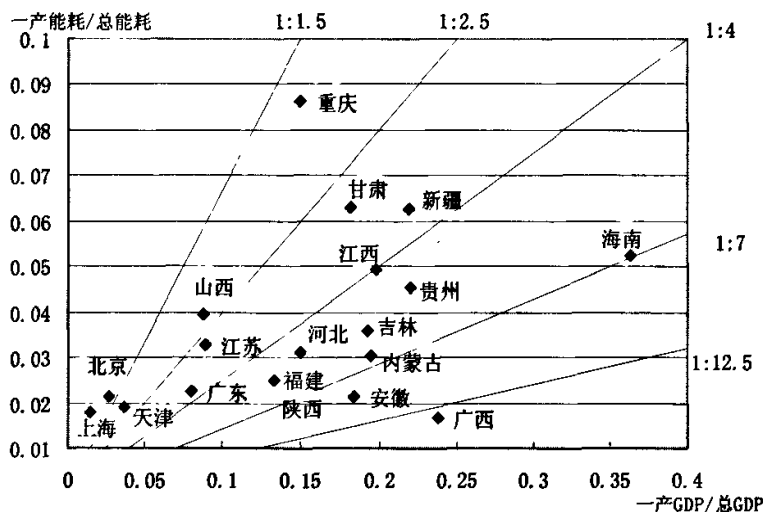


图 4-19 2003 年部分省(市、区)第一产业能耗比重和第一产业 GDP 比重

Fig4-19 The proportion of the primary industry energy consumption and the proportion of the primary industry GDP of different provinces in Mainland China in 2003

表 4-11 2003 年部分省(市、区)第一产业能耗比重和第一产业 GDP 比重

Table4-11 The proportion of the primary industry energy consumption and the proportion of the primary industry GDP of different provinces in Mainland China in 2003

地区	一产 GDP /总 GDP	一产能耗 /总能耗	地区	一产 GDP /总 GDP	一产能耗 /总能耗	地区	一产 GDP /总 GDP	一产能耗 /总能耗
北京	0.0261	0.0212	江苏	0.0888	0.0329	重庆	0.1495	0.0864
天津	0.0366	0.0191	安徽	0.1845	0.0212	贵州	0.2200	0.0453
河北	0.1499	0.0314	福建	0.1327	0.0250	陕西	0.1334	0.0251
山西	0.0876	0.0394	江西	0.1978	0.0492	甘肃	0.1814	0.0632
内蒙古	0.1954	0.0303	广东	0.0803	0.0225	新疆	0.2199	0.0626
吉林	0.1930	0.0359	广西	0.2385	0.0166			
上海	0.0145	0.0179	海南	0.3634	0.0525			

4.6.3 第二产业能源消耗情况

第二产业能源消耗量反映了工业和建筑业的发展过程中能源消耗的多少，第二产业能源消耗量在能源消耗总量中一般都占有最大的份额，同时，第二产业能源消耗又以工业消耗为主。按照 4.6.2 的分析方法作点状图，第二产业能源利用效率如图 4-20 所示，海南的第二产业用超过 60%的总能耗，产出 GDP 不足总 GDP 的 25%，比值低于 1 : 0.5；内蒙古的用了 85%的总能耗，产出 GDP 占总 GDP

的45%；而即使是处于较高水平的广东，用超过65%的总能耗，产出GDP不足总GDP的55%，比值还不到1:1，总体看来，第二产业能源单位产出较低，总体利用效率并不高，这与第二产业中工业发展的主导产业有关，产业类型和工艺技术水平则是主要决定因素。

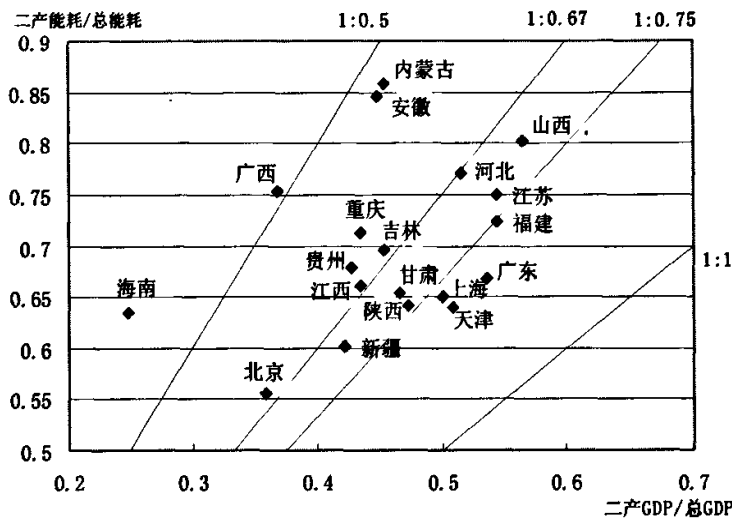


图 4-20 2003 年部分省(市、区)第二产业能耗比重和第二产业 GDP 比重

Fig4-20 The proportion of the secondary industry energy consumption and the proportion of the secondary industry GDP of different provinces in Mainland China in 2003

表 4-12 2003 年部分省(市、区)第二产业能耗比重和第二产业 GDP 比重

Table4-12 The proportion of the secondary industry energy consumption and the proportion of the secondary industry GDP of different provinces in Mainland China in 2003

地区	二产 GDP /总 GDP	二产能耗 /总能耗	地区	二产 GDP /总 GDP	二产能耗 /总能耗	地区	二产 GDP /总 GDP	二产能耗 /总能耗
北京	0.3581	0.5556	江苏	0.5447	0.7504	重庆	0.4342	0.7128
天津	0.5088	0.6405	安徽	0.4482	0.8453	贵州	0.4272	0.6782
河北	0.5152	0.7713	福建	0.5444	0.7237	陕西	0.4726	0.6420
山西	0.5656	0.8013	江西	0.4336	0.6608	甘肃	0.4658	0.6543
内蒙古	0.4529	0.8589	广东	0.5363	0.6677	新疆	0.4212	0.6008
吉林	0.4533	0.6951	广西	0.3685	0.7527			
上海	0.5009	0.6504	海南	0.2486	0.6345			

4.6.4 第三产业能源消耗情况

第三产业能源消耗量反映了交通运输、仓储和邮政业；批发、零售业和住宿、餐饮业；以及第

一、二产业以外的其他产业发展过程中能源消耗的多少。按照 3.6.2 的分析方法作点状图，第三产业能源利用效率如图 4-21 所示。安徽用了 5% 的总能耗，产出 GDP 超过总 GDP 的 35%；内蒙古、重庆、河北、山西、江苏、贵州等省（市、区）的比值在 1:3 到 1:7 之间，能源利用效率相对较高；而海南、上海、陕西、广东等省市第三产业能源利用效率相对较低，海南用了 26% 的总能耗，产出 GDP 不足总 GDP 的 39%。从三个产业的情况比较起来，第一产业能源利用效率最高，第三产业相对较高，节能效果比第二产业好。

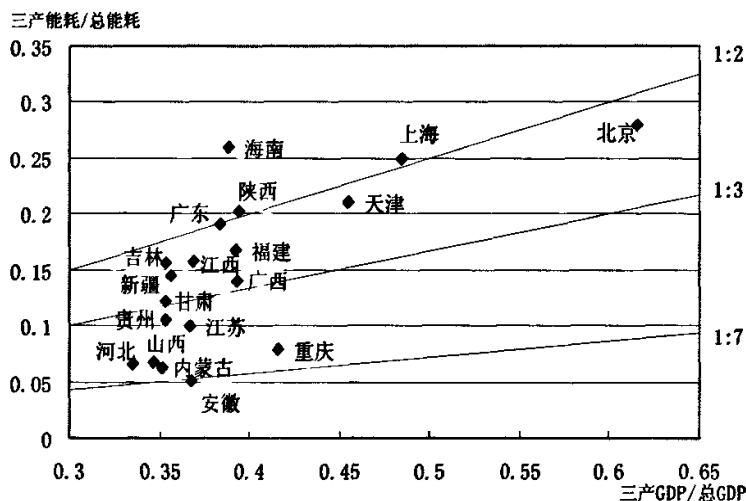


图 4-21 2003 年部分省(市、区)第三产业能耗比重和第三产业 GDP 比重

Fig4-21 The proportion of the tertiary industry energy consumption and the proportion of the tertiary industry GDP of different provinces in Mainland China in 2003

表 4-13 2003 年部分省(市、区)第三产业能耗比重和第三产业 GDP 比重

Table4-13 The proportion of the tertiary industry energy consumption and the proportion of the tertiary industry GDP of different provinces in Mainland China in 2003

地区	三产 GDP/ 总 GDP	三产能耗 /总能耗	地区	三产 GDP/ 总 GDP	三产能耗 /总能耗	地区	三产 GDP/ 总 GDP	三产能耗 /总能耗
北京	0.6158	0.2786	江苏	0.3665	0.1007	重庆	0.4163	0.0787
天津	0.4546	0.2108	安徽	0.3673	0.0515	贵州	0.3528	0.1055
河北	0.3349	0.0651	福建	0.3918	0.1670	陕西	0.3940	0.2017
山西	0.3469	0.0671	江西	0.3685	0.1570	甘肃	0.3529	0.1209
内蒙古	0.3517	0.0631	广东	0.3835	0.1912	新疆	0.3557	0.1454
吉林	0.3537	0.1569	广西	0.3930	0.1402			
上海	0.4846	0.2496	海南	0.3881	0.2601			

4.6.5 人均生活能源消耗情况

生活能源消耗量反映了人们为了满足其日常生活过程所需要消耗的能源量,人均生活能源消耗量的具体情况如图 4-22 和表 4-14 所示。北京、天津、上海和广东的人均生活能源消耗量比较高,尽管当地的经济水平比较高,能源的结构形式比较多样化,不以单一的煤炭为主,但是人们的生活水平的提高,以及各种物质要求水平的增加,导致了能源的消耗量上升。新疆和山西则可能是由于能源消耗结构主要以煤炭为主,甚至是直接通过燃烧原煤作为生活原料,能源利用效率低,从而导致了能源的消耗量高。

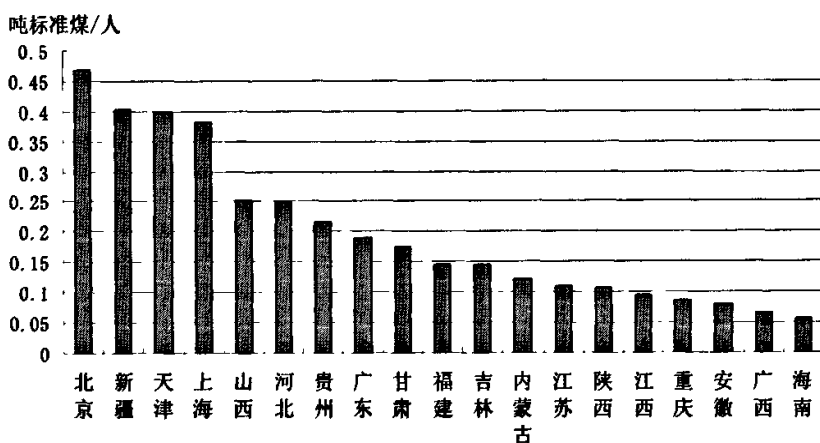


图 4-22 2003 年我国人均生活能源消耗量

Fig4-22 The residential energy consumption per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2003

表 4-14 2003 年我国人均生活能源消耗量

Table4-14 The residential energy consumption per unit GDP of different provinces in Mainland China in 2003

名次	地区	数值	名次	地区	数值	名次	地区	数值
1	北京	0.4674	8	广东	0.1905	15	江西	0.0950
2	新疆	0.4019	9	甘肃	0.1733	16	重庆	0.0862
3	天津	0.3953	10	福建	0.1446	17	安徽	0.0807
4	上海	0.3824	11	吉林	0.1441	18	广西	0.0652
5	山西	0.2515	12	内蒙古	0.1213	19	海南	0.0561
6	河北	0.2485	13	江苏	0.1084		全国平均	0.1491
7	贵州	0.2148	14	陕西	0.1075			

第 5 章 我国经济发展与环境质量的时间演变分析

通过第 4 章对我国经济发展水平、环境污染治理水平和资源能源利用效率水平的比较分析可以得知：在经济发展过程中，由于自然环境、社会文化、国家宏观政策、经济产业结构、生产技术水平等诸多原因的共同作用，全国各省（市、区）的环境污染和资源消耗情况存在很大的空间差异性。

本章将在第 4 章的研究基础上从现状、预测和环境库兹涅茨曲线三个角度，对我国经济与环境发展的时间演进情况进行分析研究，并提出相关建议。此外，采用同样的方法对北京市和广东省的历史变化情况也进行了相关的分析。

5.1 我国经济发展与环境质量的时间演变分析

5.1.1 我国经济发展与环境的现状描述

我国的经济、环境污染和资源消耗情况分别从人均 GDP、单位 GDP 的 COD 排放量、单位 GDP 的 SO₂ 排放量、人均 SO₂ 排放量、单位工业 GDP 新鲜水用水量、单位 GDP 能源消耗量和人均 GDP 能源消耗量 7 个指标表示，具体如下图 5-1 (a) 和图 5-1 (b) 所示。（以下数据都以 1978 年为基准年，剔除通货膨胀的影响。）

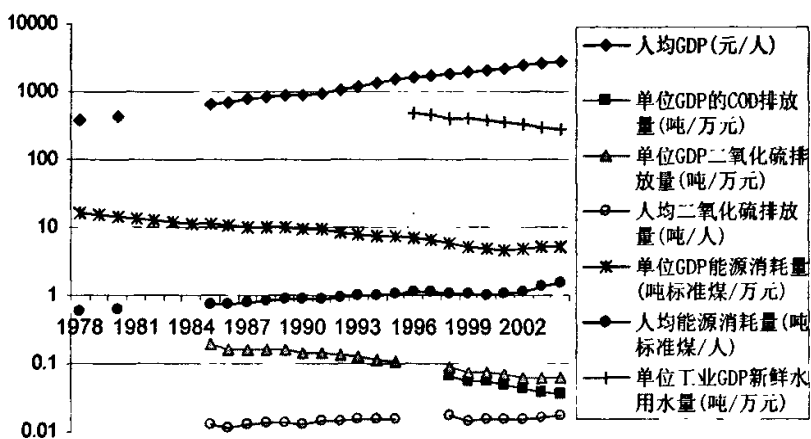


图 5-1 (a) 我国经济与环境发展现状描述对数图

Fig5-1 (a) The logarithmic figure about the present development of the economic-environment in China

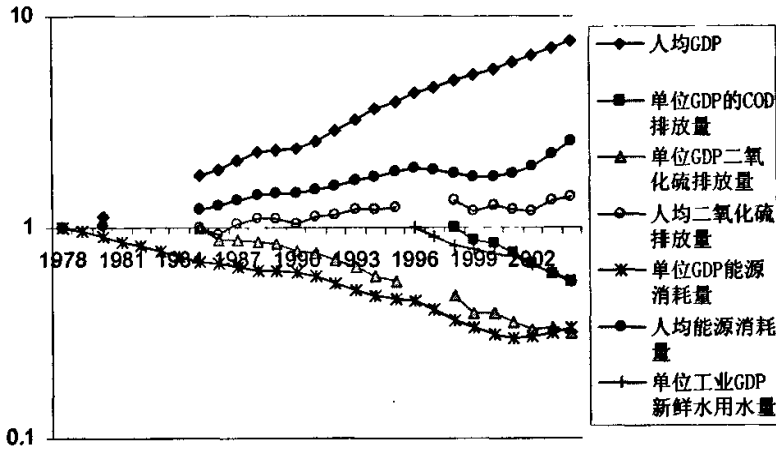


图 5-1 (b) 我国经济与环境发展现状描述倍数图

Fig5-1 (b) The multiple figure about the present development of the economic-environment in China

从 1978 年到 2004 年,我国的人均 GDP 从原来的 376 元/人增加到 2875 元/人(1978 年可比价,2004 年当年价为 10529.89 元/人),增长了 6.6 倍。经济的快速增长是我国的对外开放政策和产业结构调整共同作用的结果。我国在经济快速发展同时产生了一系列的环境污染和资源耗竭的问题。与 1998 年相比,2004 年单位 GDP 的 COD 排放量下降了 45%,人均 COD 排放量下降 14%;单位工业 GDP 新鲜水用水量则相当于 1996 年的 56%;与 1985 年相比,单位 GDP 的 SO₂ 排放量下降了近 68%,人均 SO₂ 排放量却上升 39%;2004 年单位 GDP 能源消耗量比 1978 年下降了 67%,但人均能源消耗量却增加 1.6 倍。从污染物排放强度和资源消耗强度的角度看,我国的污染排放和资源消耗的增长率明显低于经济增长率,环境污染没有与工业化过程以同样的速度增长。但是,人均 SO₂ 排放量和人均能源消耗量指标还在上升且变化趋势基本一致。2002 年以来我国的经济增长快速增长,火电、钢铁、建材等行业超常规发展,使得煤炭消耗量大增,人均 SO₂ 排放量也就随之呈现波动上升趋势。

5.1.2 我国经济发展与环境的趋势预测

如 5.1.1 中的图 5-1 (a) 和 5-1 (b) 所示,遵循我国目前的发展模式,分别对我国的 GDP、单位 GDP 的 COD、SO₂、烟尘排放量、单位工业 GDP 固体废物排放量、单位工业 GDP 新鲜水用水量和单位 GDP 能源消耗量 7 个指标进行预测,如图 5-2 (a) 和 5-2 (b) 所示。变化趋势可以用指数方程 $y = ae^{bx}$ 来拟合,并通过 F 检验和 t 检验确定拟合效果,然后再转换成较常用的预测方程形式 $y = a(1+r)^x$; 其中 $r = e^b - 1$ 为增长率, y 为纵坐标值, x 为横坐标值亦即年份, a 为 y 在起始年的量, b 为待定拟合常数。其中各指标起始年有所不同, GDP 和能源消耗量以 1978 年为起始年; COD 排放量为 2000 年为起始年; SO₂ 和烟尘排放量以 1985 年为起始年; 工业固体废物排放量以 1986 年为起始年; 工业新鲜水用水量以 1996 年为起始年。

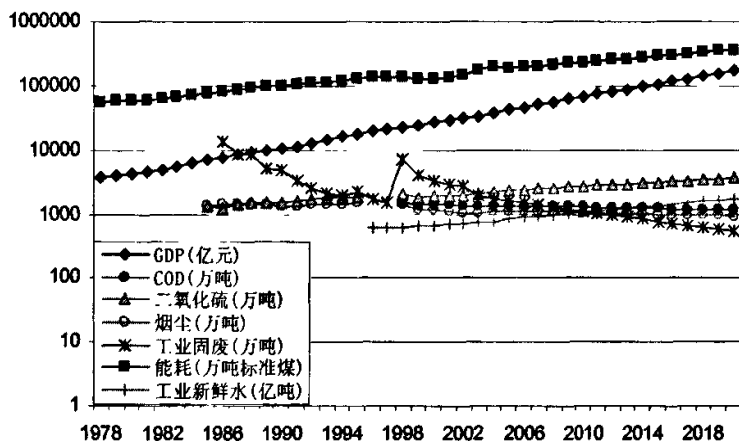


图 5-2 (a) 我国经济与环境发展趋势预测对数图

Fig5-2 (a) The logarithmic figure about the economic-environment developing tendency in China

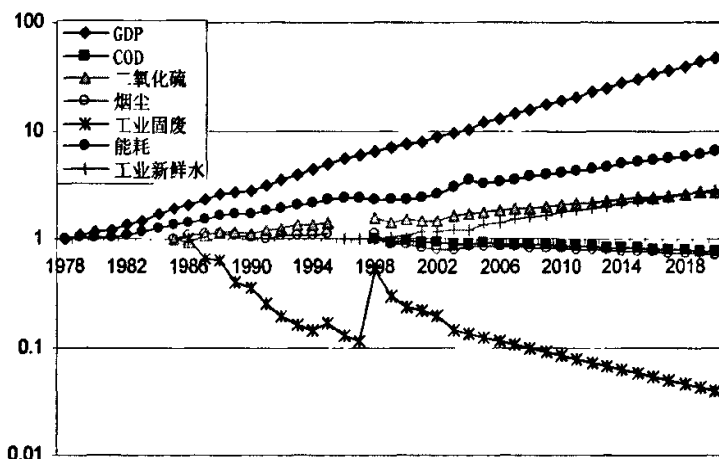


图 5-2 (b) 我国经济与环境发展趋势预测倍数图

Fig5-2 (b) The multiple figure about the economic-environment developing tendency in China

从上述两个图中可以知道，到 2020 年，我国 GDP 总量将达到 171048.7 亿元（1978 年可比价），是 2004 年的 4.58 倍，而 2020 年当年价将可能是 2004 年的 12.19 倍。届时能源消耗量将达到 362430.4 万 t 标准煤，是 2004 年的 1.84 倍；工业新鲜水用水量也将是 2004 年的 2.3 倍；SO₂ 排放量也将增加 61%；COD、烟尘和工业固体废弃物排放量分别下降 14%、15%和 70%。如果按照过去 26 年的平均发展速度及资源利用和污染控制水平的改进速度，到 2020 年，水体中的有机污染压力将有所减缓，但是水资源和能源供应会进一步紧张，大气的酸沉降也会进一步加剧。

表 5-1 我国经济与环境发展趋势预测情况

Table5-1 The data about the economic-environment developing tendency in China

指标	a	r	2004 实际量	2010 预测量	2020 预测量
GDP(1978 可比价)(亿元)	3230.277	0.0967	37375.34	67954.39	171048.7
GDP(当年价)(亿元)			136515	378499.67	1667910.64
单位 GDP 的 COD 排放量(t/万元)	0.0599	-0.099	0.036	0.020	0.008
COD 排放量(万 t)			1339.2	1293.79	1148.66
单位 GDP 的 SO ₂ 排放量(t/万元)	0.2085	-0.0615	0.060	0.040	0.021
SO ₂ 排放量(万 t)			2254.9	2719.23	3627.57
单位 GDP 烟尘排放量(t/万元)	0.2363	-0.0994	0.029	0.016	0.005
烟尘排放量(万 t)			1095	1055.7	932.82
单位工业 GDP 固废排放量(t/万元)	2.2666	-0.1729	0.065	0.020	0.003
工业固废排放量(万 t)			1761.95	1114.34	529.8
单位工业 GDP 新鲜水用水量(t/万元)	520.3527	-0.0649	276.938	190.21	97.24
工业新鲜水用水量(万 t)			748.69	1077.70	1749.29
单位 GDP 能源消耗量(t 标准煤/万元)	16.6457	-0.0468	5.271	3.422	2.119
能源消耗量(万 t 标准煤)			197000	232545.3	362430.4

5.1.3 我国经济发展与环境质量的库兹涅茨关系

污染物排放量、资源消耗量的变化与经济增长变化趋势可能存在某种相关关系。为了验证这一点，本小节参照环境库兹涅茨曲线的做法，以全国的 COD 排放量（万 t）、SO₂ 排放量（万 t）、烟尘排放量（万 t）、工业固体废弃物排放量（万 t）、工业新鲜水用水量（亿 t）和能源消耗量（万 t 标准煤）作为 Y 轴，以人均 GDP（元/人）（1978 年=100）作为 X 轴。同时，鉴于过去人均 GDP 的增长趋势及单位 GDP 污染物排放量及能耗、水耗量变化趋势都比较光滑，故用来预测了未来的人均 GDP 及单位 GDP 污染物排放量及能耗与水耗，并将后者乘上预测的各年份总 GDP，得到未来的污染物排放总量和能耗、水耗总量，一并点在下图上。建立经济增长与环境污染、能源消耗的计量方程。

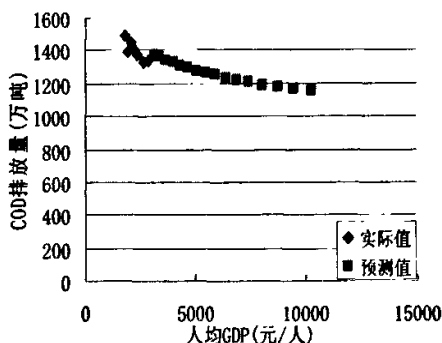


图 5-3 (a) 我国 COD 排放库兹涅茨曲线

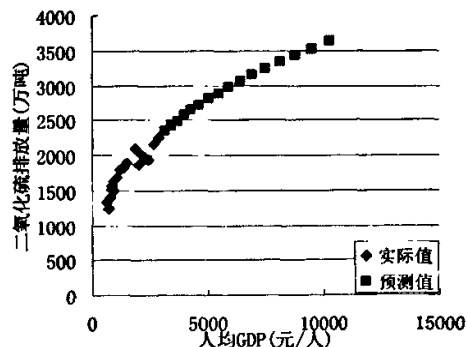


图 5-3 (b) 我国 SO₂ 排放库兹涅茨曲线

Fig5-3 (a) The EKC of the discharge of COD in China

Fig5-3 (b) The EKC of the emission of SO₂ in China

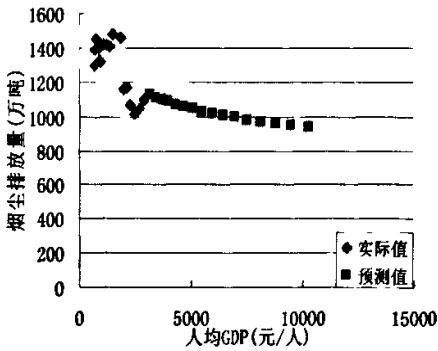


图 5-3 (c) 我国烟尘排放库兹涅茨曲线

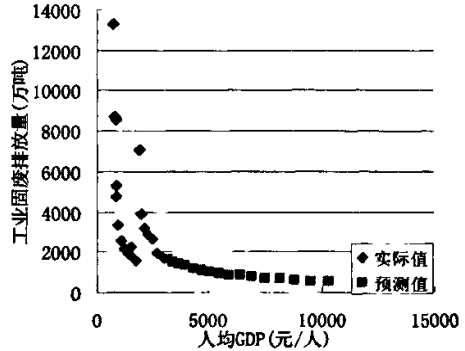


图 5-3 (d) 我国工业固废排放库兹涅茨曲线

Fig5-3 (c) The EKC of the emission of soot in China

Fig5-3 (d) The EKC of the discharge of solid waste in China

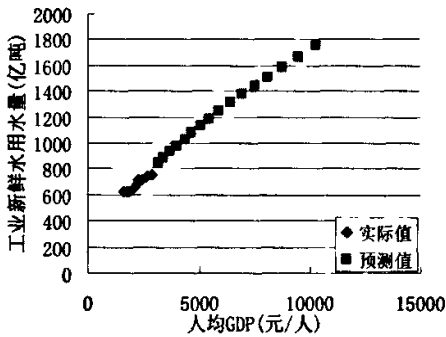


图 5-3 (e) 我国工业新鲜水用水量库兹涅茨曲线

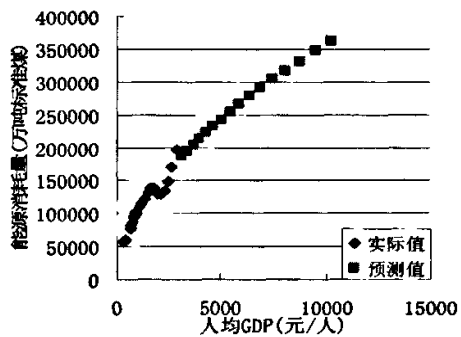


图 5-3 (f) 我国能源消耗库兹涅茨曲线

Fig5-3 (e) The EKC of the fresh water consumption in China

Fig5-3 (f) The EKC of the energy consumption in China

由六条曲线的变化趋势可知，我国 COD、烟尘和工业固废的排放似乎已越过了库兹涅茨曲线顶峰，但继续减少排放总量的任务还很艰巨。例如 COD，根据预测，2010 年的预测排放量为 1293.8 万 t，而国务院确定的“十一五”总量控制目标（国函[2006]70 号）中的计划控制量为 1263.9 万 t，预测值没能达到计划控制的要求。

此外，能耗、水耗和 SO₂ 排放总量却还在倒“U”型曲线的爬坡阶段，显示节能降耗和控制 SO₂ 的排放任务更加艰巨。就 SO₂ 排放而言，如果经济发展、能耗及控制 SO₂ 排放的进程仍保持一直以来的水平，到 2010 年预测排放量将达到 2719.2 万 t，不但达不到国务院确定的“十一五”全国削减 11.9% 的目标（2010 年计划控制量为 2246.7 万 t），还会比 2005 年增加 6.7%（2005 年实际排放量为 2549.4 万 t）。

5.1.4 我国经济与环境协调发展的建议

通过本节对我国现状的分析以及将来的预测可知，经济增长速度比环境污染和能源消耗的增长速度要快，但是由于资源消耗总量和 SO₂ 排放总量持续增加，加上污染的累积作用，我国环境承受

的压力不断增加。

Sweet Chua 认为,经济增长的三个变量会影响污染水平从而影响环境质量,它们是经济规模、经济结构和生产技术水平^[79]。在改革开放前,我国的重工业超前发展,重工业比重远大于相同经济发展水平的国家。20 世纪 80 年代以来,反常的工业结构开始得到扭转,重工业增长速度慢于轻工业增长速度,轻工业比重逐渐上升,重工业也进行了调整,增强了轻工业服务的功能。20 世纪 90 年代以后,由于消费结构升级带动产业结构变化,我国经济再次呈现重化工业的特征,经济处于快速增长周期,使得我国以煤炭为主的能源需求大增,大气污染问题仍相当严峻。

我国目前的经济增长方式是以区域发展战略为导向,在地方政府以当地工业发展为其决策目标,这往往容易出现环境掠夺性的经济行为,即在不考虑污染排放、环境恶化的负面效应下,其工业产出必定高于在考虑污染社会边际成本情况下的最优产出值。产业结构演进理论表明:地区产业结构从第一产业向第二产业,继而向第三产业主导转换的过程,这是产业结构升级的必然过程,也是促使经济与环境协调发展的有效方法。

Sweet Chua 还认为环境政策是解决环境问题的关键,正确的环境政策促进经济结构优化和生产技术进步,从而可能阻止环境质量的退化,实现经济发展与环境质量的同步改善。因此,加快完善循环经济法规体系、全面实行污染物排放总量控制、建立多元化环境保护投资体系、增强环境保护系统执政能力、建立生态工业园、推行企业实行清洁生产、提高公众参与能力和水平等环境保护政策和措施显得尤为重要。

综上所述,如何在经济发展与环境保护之间进行权衡,探索出经济增长与资源环境并重的可持续发展模式,仍然是今后我国发展所面临的重要课题。

5.2 北京市经济发展与环境质量的时间演变分析

5.2.1 北京市经济发展与环境的现状描述

北京市是我国的首都,是世界著名的历史文化名城,具有特殊的政治地位和重要的经济地位,因此,对北京的经济与环境发展的时间演进情况做分析并努力促进其协调发展研究具有重要意义。由第 3 章的空间差异性分析中可以得知,北京是我国经济发展水平高而环境污染问题相对较轻、资源利用效率相对较高的地区,其经济发展、环境污染和资源消耗的现状分别以人均 GDP、单位 GDP 的 COD、SO₂ 和烟尘排放量、单位工业 GDP 固体废弃物排放量、单位工业 GDP 新鲜水用水量、单位 GDP 能源消耗量 7 个指标表示,具体如下图 5-4 (a) 和图 5-4 (b) 所示。(以下数据都以 1978 年为基准年,剔除通货膨胀的影响。)

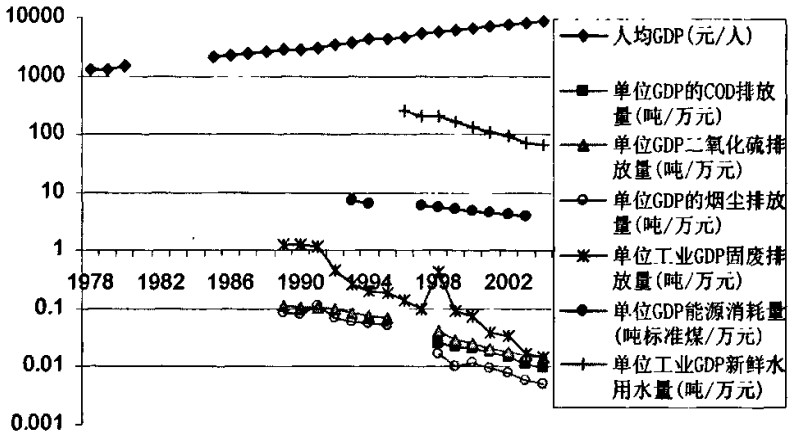


图 5-4 (a) 北京市经济与环境发展现状描述对数图

Fig5-4(a) The logarithmic figure about the present development of the economic-environment in Beijing

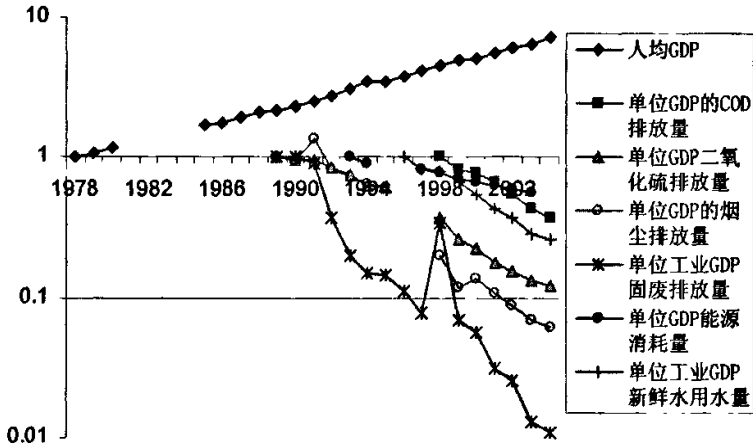


图 5-4 (b) 北京市经济与环境发展现状描述倍数图

Fig5-4 (b) The multiple figure about the present development of the economic-environment in Beijing

1978~2004年,北京的人均GDP从1248.17元/人增加到8948.50元/人(1978年可比价,2004年当年价为28689.3元/人),增长了6.2倍,同时经济的产业结构也发生了重大的转变。全市的三次产业结构由1990年的8.8:52.4:38.8转变为2004年的2.4:37.6:60.0。第一产业和第二产业的比重逐步下降,第三产业的比重逐步上升,以金融业、信息传输、计算机服务和软件业等为代表的现代服务业的快速发展,这一总趋势是有利于当地环境的保护。但目前的问题是产业结构内部,尤其是工业结构内部,仍存在着某些对环境不利的因素。第二产业中以原材料为主的重化工工业仍居主导地位;化工、冶金、建材等能耗高、污染大的原材料工业仍占据了一定的经济份额^[80]。

由图5-4(a)和5-4(b)可以看到,北京的环境污染物排放强度和资源消耗强度都呈下降趋势。单位GDP的COD排放量由1998年的0.0263t/万元下降到2004年的0.0097t/万元,下降了63%;与1989年相比,单位GDP的SO₂、烟尘排放量和单位工业GDP固体废弃物排放量分别下降了88%、94%和99%;与1996年相比,2004年单位工业GDP新鲜水用水量下降了74%;单位GDP能源消

耗量从 1993 年的 7.1513t 标准煤/万元下降到 2003 年的 3.9889t 标准煤/万元,下降了 44%。相关研究表明,与经济结构变化相对应,北京的能源消耗结构也发生了较大的变化,从 1990 年到 2005 年,全市能源消耗的三大产业结构由 4.2:63.4:18.7 变化为 1.6:48.9:34.8。第二产业的能源消耗量占全市能源消费总量的比重大幅度下降,第三产业的能源消耗量及其占全市能源消费总量的比重随着第三产业经济的发展而明显上升。

5.2.2 北京市经济发展与环境质量的趋势预测

按照 5.1.2 的预测方法,遵循北京市目前的发展模式,对北京的 GDP、单位 GDP 的 COD、SO₂、烟尘排放量、单位工业 GDP 固体废弃物排放量、单位工业 GDP 新鲜水用水量和单位 GDP 能源消耗量 7 个指标进行预测。各指标起始年分别为 GDP 是 1978 年;COD 排放量是 1998 年;SO₂、烟尘排放量和工业固体废弃物排放量是 1989 年;工业新鲜水用水量是 1996 年;能源消耗量是 1993 年。

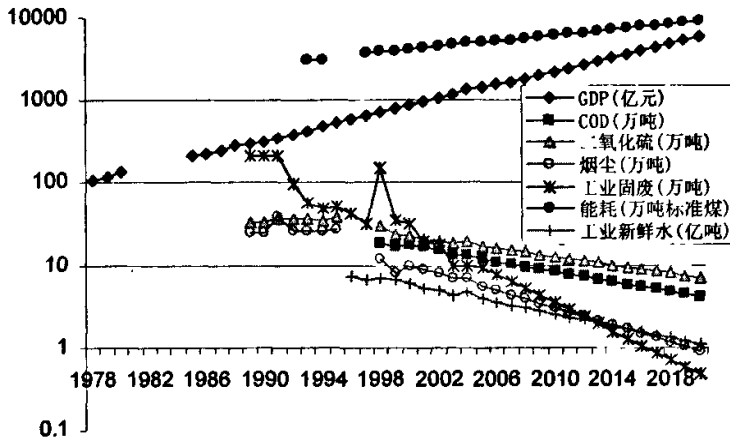


图 5-5 (a) 北京市经济与环境发展趋势预测对数图

Fig5-5 (a) The logarithmic figure about the economic-environment developing tendency in Beijing

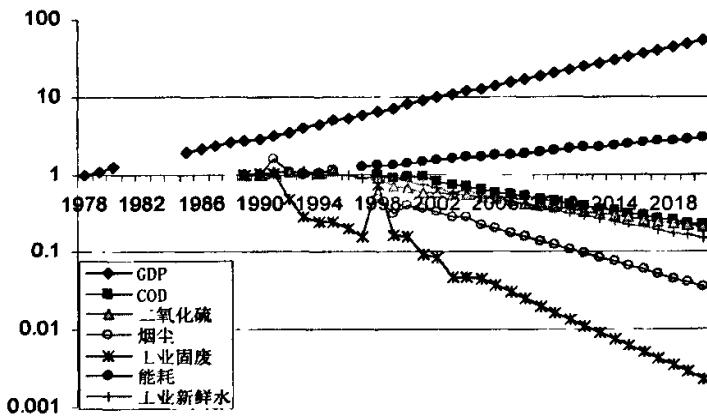


图 5-5 (b) 北京市经济与环境发展趋势预测倍数图

Fig5-5 (b) The multiple figure about the economic-environment developing tendency in Beijing

表 5-2 北京市经济与环境发展趋势预测情况

Table5-2 The data about the economic-environment developing tendency in Beijing

指标	a	r	2004 实际量	2010 预测量	2020 预测量
GDP(1978 可比价)(亿元)	95.7325	0.1003	1336.01	2242.63	5832
单位 GDP 的 COD 排放量(t/万元)	0.032	-0.153	0.0097	0.0037	0.0007
COD 排放量(万 t)			13	8.31	4.12
单位 GDP _{SO₂} 排放量(t/万元)	0.170	-0.143	0.0143	0.0056	0.0012
SO ₂ 排放量(万 t)			19.1	12.65	7
单位 GDP 烟尘排放量(t/万元)	0.160	-0.195	0.0052	0.0014	0.0002
烟尘排放量(万 t)			7	3.03	0.902
单位工业 GDP 固废排放量(t/万元)	1.815	-0.251	0.0142	0.0032	0.0002
工业固废排放量(万 t)			9.91	3.455	0.48
单位工业 GDP 新鲜水用水量(t/万元)	318.914	-0.160	67.13	23.22	4.05
工业新鲜水用水量(万 t)			4.68	2.52	1.099
单位 GDP 能源消耗量(t 标准煤/万元)	7.549	-0.055	3.989	2.717	1.540
能源消耗量(万 t 标准煤)			4707.5	6092.857	8980.867

2020 年北京 GDP 总量将达到 5832 亿元，是 2004 年的 4.37 倍（由于 2004 年以后北京市的 GDP 核算发生调整，因此无法对当年价进行预测），届时 COD 排放量下降了 68%；SO₂ 排放量和烟尘排放量仅相当于 2004 年的 37%和 13%；工业新鲜水用水量下降了 77%；此外，工业固体废弃物排放量降幅最大，2020 年仅相当于 2004 年的 5%。污染物排放量和工业新鲜水资源消耗量都呈下降趋势，但是能源消耗量却在不断上升，2020 年的消耗量将是 2004 年的 1.8 倍，能源消耗以及由其可能带来的环境问题将是北京今后发展必须面对的一个重大问题。

5.2.3 北京市经济发展与环境质量的库兹涅茨关系

污染物排放量、资源消耗量的变化与经济增长变化趋势可能存在某种相关关系。为了验证这一点，本小节参照 5.1.3 的方法，以北京的 COD 排放量（万 t）、SO₂ 排放量（万 t）、烟尘排放量（万 t）、工业固体废弃物排放量（万 t）、工业新鲜水用水量（亿 t）和能源消耗量（万 t 标准煤）作为 Y 轴，以人均 GDP（元/人）（1978 年=100）作为 X 轴，得出下列图形。

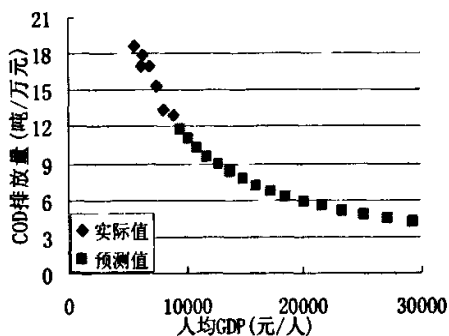


图 5-6 (a) 北京 COD 排放库兹涅茨曲线

Fig5-6 (a) The EKC of the discharge of COD in Beijing

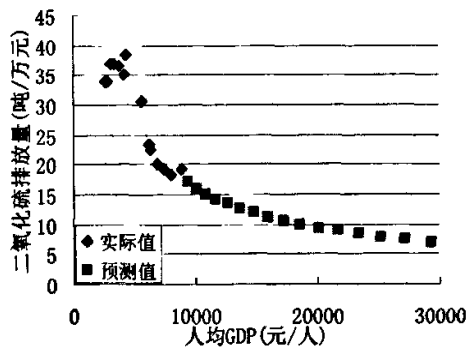


图 5-6 (b) 北京 SO₂ 排放库兹涅茨曲线

Fig5-6 (b) The EKC of the emission of SO₂ in Beijing

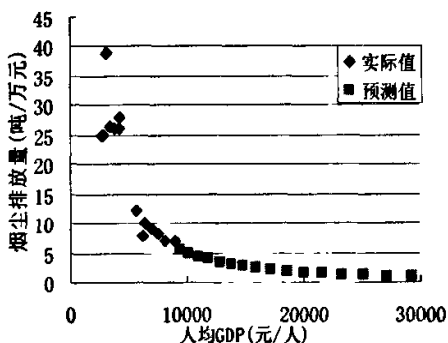


图 5-6 (c) 北京烟尘排放库兹涅茨曲线

Fig5-6 (c) The EKC of the emission of soot in Beijing

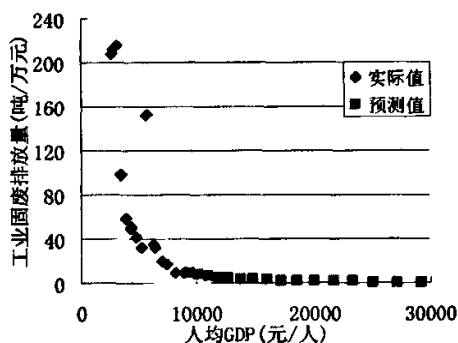


图 5-6 (d) 北京工业固废排放库兹涅茨曲线

Fig5-6 (d) The EKC of the discharge of solid waste in Beijing

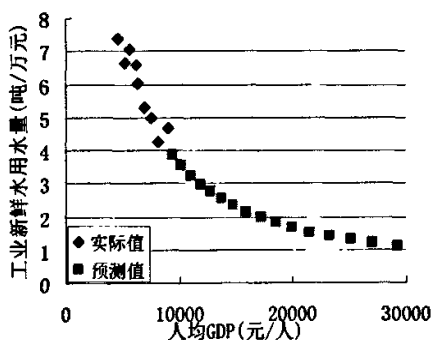


图 5-6 (e) 北京工业新鲜水用水量库兹涅茨曲线

Fig5-6 (e) The EKC of the fresh water consumption in Beijing

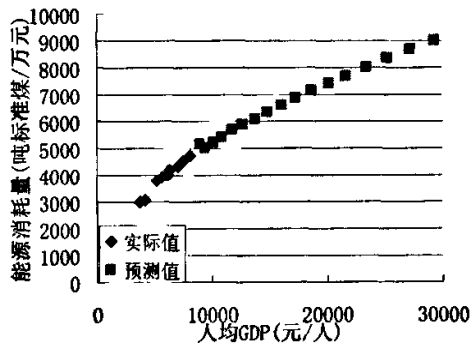


图 5-6 (f) 北京能源消耗库兹涅茨曲线

Fig5-6 (f) The EKC of the energy consumption in Beijing

通过上面的库兹涅茨曲线的变化情况可以看出, 北京的 COD、SO₂、烟尘和工业固废的排放, 以及工业新鲜水的消耗量似乎已越过了库兹涅茨曲线的顶峰。其中, 将 2010 年北京市的 COD 和 SO₂

预测排放情况与国务院确定的“十一五”总量控制目标（国函[2006]70号）中的计划控制量进行比较，2010年二者的计划控制量分别为9.9万t和15.2万t，而按照5.2.2中的预测，二者的预测排放量则是8.3万t和12.7万t，届时均能完成规定的减排任务。

然而，北京市的能源消耗总量却还在倒“U”型曲线的爬坡阶段，显示节能降耗任务更加艰巨。与全国的能源消耗结构相同，煤炭是北京的主要能源，占能源使用量的40%左右，在一次能源中所占比重高达70%。尽管北京市一直在致力于改善能源结构，但煤炭消费的绝对量仍在增多。其中工业部门消耗就占了煤炭总消耗量的3/4左右，其余是各种中小型采暖设备的生活用煤。由于煤炭使用效率低，大量煤炭的直接燃烧又会污染城市大气，使得大气污染具有明显的煤烟型特征。

5.2.4 北京市经济与环境协调发展的建议

相关研究表明，北京的大气环境质量与世界发达国家大气环境质量有明显的差距。通过第4章中的空间差异分析和本节的研究结果可知，北京的保护空气质量的压力相对较大。以煤炭为主的能源消耗结构和消耗量的不断上升，以及沙尘暴污染和北京境外的外来污染，又使大气治理难上加难^[81]。此外，尽管工业新鲜水用水量处于环境库兹涅茨曲线的下降阶段，水资源的利用效率仍有待进一步提高。

我们应该看到，北京申办2008年奥运会成功是新的环境保护战略的机遇^[82]。在奥运会前可以通过采取几个方面的措施来改善北京的环境状况：（1）推进产业结构升级，实现产业布局合理化。如4.6中的研究所示，第二产业的能源利用效率要比第一产业和第三产业的利用效率低，因此，改善北京环境质量的关键就在于改变以原材料为主的重化工业占第二产业主要份额的状况，实现第二产业的清洁化，同时大力发展第三产业，从而达到降低能源消耗的目的。（2）完善基础设施建设。投资建设污水集中系统和处理系统、垃圾填埋场和焚烧场以及无害化处理设施、控制煤烟型污染的设备；全面加强工业污染深度治理；控制大规模城市建设所造成的扬尘污染。（3）加强环境管理。实施工业污染物排放总量控制；健全环境执法机制，加强环境执法力度，并完善相应的监督机制。

5.3 广东省经济发展与环境质量的时间演变分析

5.3.1 广东省经济发展与环境质量的现状描述

广东省作为我国改革开放的试点地区，凭借其优越的地理位置，国家采取相关优惠贸易政策，经过20多年的发展，已经吸纳巨额外资和全国各地的人才为当地经济发展作贡献，当今广东的经济发展取得瞩目成绩，不仅证明改革开放政策是切实可行的，也使得广东成为迫切希望发展经济的省市借鉴经验的对象。因此，深入研究广东省的经济与环境发展的现状并预测其将来可能出现的情况具有重要意义。

通过第 4 章的研究可知, 广东省在经济快速发展的过程中带来较严重的环境污染和资源消耗问题。现分别从人均 GDP、单位 GDP 的 COD、SO₂ 排放量、人均 SO₂ 排放量、单位工业 GDP 新鲜水用水量、单位 GDP 能源消耗量和人均能源消耗量 7 个指标表示, 具体如下图 5-7 (a) 和图 5-7 (b) 所示。(以下数据都以 1978 年为基准年, 剔除通货膨胀的影响。)

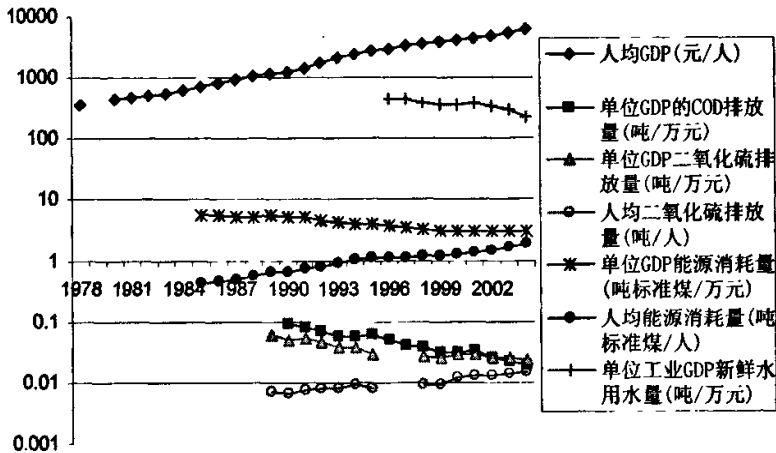


图 5-7 (a) 广东省经济与环境发展现状描述对数图

Fig5-7 (a) The logarithmic figure about the present development of the economic-environment in Guangdong

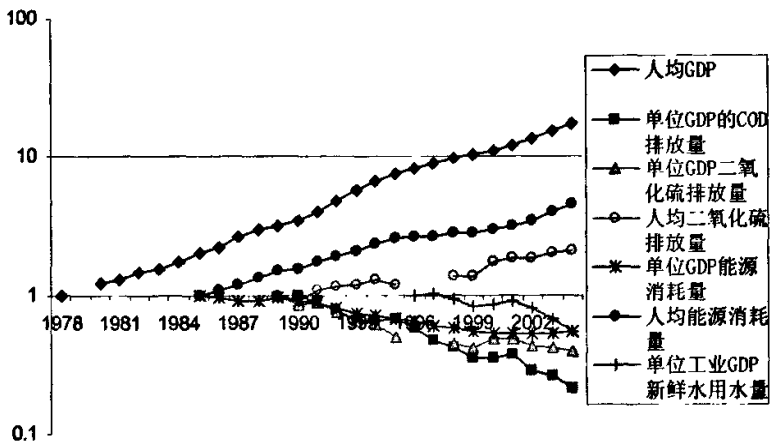


图 5-7 (b) 广东省经济与环境发展现状描述倍数图

Fig5-7 (b) The multiple figure about the present development of the economic-environment in Guangdong

广东省的人均GDP从1978年的366.99元/人增加到2004年的6293.62元/人(1978年可比价, 2004年当年价为20550.88元/人), 增长超过16倍。经过20多年的发展, 经济产业结构发生了重大的调整, 由29.8 : 46.6 : 23.6转变为7.8 : 55.4 : 36.8, 第一产业比重大大削减, 而第二产业和第三产业得到快

速发展,这是产业结构优化的必然过程。广东的经济主要是依靠利用外商的直接投资而发展起来的,外商直接投资主要集中于第二产业,尤其是工业部门,因此广东的第二产业比例较大的趋势在未来一段时间里将很难改变。

从图上的曲线变化情况看来,广东的环境污染强度越来越低,资源利用效率越来越高。与1990年相比,单位GDP的COD排放量下降了79%;单位工业GDP新鲜水用水量是1996年的54%;与1989年相比,单位GDP的SO₂排放量由0.0598t/万元下降到0.0234t/万元,下降了61%;单位GDP能源消耗量比1985年下降了46%。另一方面,从人均SO₂排放量和人均能源消耗量的角度分析,广东的人均能源消耗量和人均SO₂排放量都随着人均GDP的增加而不断上升,分别是1985年的的4.58倍和1989年的2.1倍。这表明了广东的经济增长与大量的能源消耗和严重的大气环境污染密切相关。

5.3.2 广东省经济发展与环境质量的趋势预测

按照5.1.2的预测方法,遵循广东省目前的发展模式,对广东的GDP、单位GDP的COD、SO₂、烟尘排放量、单位工业GDP固体废弃物排放量、单位工业GDP新鲜水用水量和单位GDP能源消耗量7个指标进行预测。各指标起始年分别为GDP是1978年;COD排放量是1990年;SO₂、烟尘排放量和工业固体废弃物排放量是1989年;工业新鲜水用水量是1996年;能源消耗量是1980年。拟合方程得出的变化曲线如图5-11(a)和图5-11(b)所示。

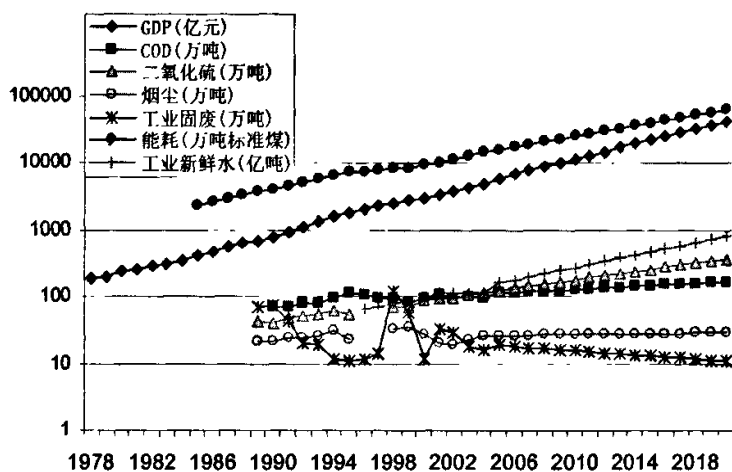


图 5-8 (a) 广东省经济与环境发展趋势预测对数图

Fig5-8 (a) The logarithmic figure about the economic-environment developing tendency in Guangdong

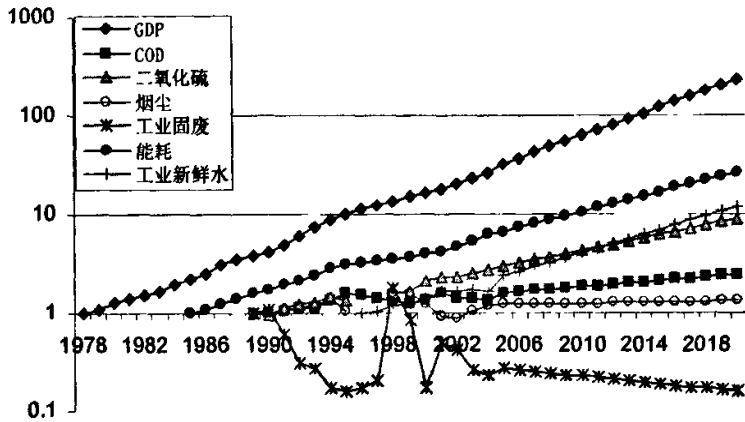


图 5-8 (b) 广东省经济与环境发展趋势预测倍数图

Fig5-8 (b) The multiple figure about the economic-environment developing tendency in Guangdong

表 5-3 广东省经济与环境发展趋势预测情况

Table5-3 The data about the economic-environment developing tendency in Guangdong

指标	a	r	2004 实际量	2010 预测量	2020 预测量
GDP(1978 可比价)(亿元)	152.9281	0.1404	4912.02	11688.36	43495.09
GDP(当年价)(亿元)			16039.45	51623.78	307649.19
单位 GDP 的 COD 排放量(t/万元)	0.097	-0.099	0.019	0.011	0.004
COD 排放量(万 t)			92.7	128.44	169.35
单位 GDP SO ₂ 排放量(t/万元)	0.056	-0.057	0.023	0.015	0.009
SO ₂ 排放量(万 t)			114.8	180.72	375.73
单位 GDP 烟尘排放量(t/万元)	0.037	-0.118	0.005	0.002	0.001
烟尘排放量(万 t)			26.1	27.41	29.13
单位工业 GDP 固废排放量(t/万元)	0.104	-0.188	0.003	0.001	0.0001
工业固废排放量(万 t)			15.93	15.65	10.86
单位工业 GDP 新鲜水用水量(t/万元)	496.006	-0.063	236.461	188.48	98.88
工业新鲜水用水量(万 t)			111.33	275.8	805.73
单位 GDP 能源消耗量(t 标准煤/万元)	6.126	-0.039	3.097	2.183	1.468
能源消耗量(万 t 标准煤)			15210.47	25520.36	63863.85

从上述的图和表中可以知道，2020 年广东的 GDP 总量将达到 43495.1 亿元（当年价约为 307649.19 亿元），是 2004 年的 8.85 倍，届时 COD 排放量和 SO₂ 排放量将分别是 2004 年的 1.83 倍和 3.27 倍；烟尘也增长 12%；工业新鲜水用水量将是 2004 年的 7.24 倍；能源消耗量也将上升 3.2 倍，达到 63863.85 万 t 标准煤；而工业固体废弃物排放量则下降了 32%。

除了工业固废外，其余指标均呈上升趋势，表明广东省的环境污染和资源消耗问题将进一步加

剧。广东省的 COD 排放量一直处于全国较高水平，虽然通过 3.2 的分析可知其工业废水已经得到一定程度的处理，但是城市生活污水却不断上升，成为水污染的重要来源，城市生活污水处理率达到 35.7%，远不能满足社会要求。同时，工业新鲜水用水量居全国首位，尽管工业企业数量多，需水量多是其中一个因素，但是工业重复用水率低却是其主要原因。此外，SO₂、烟尘排放量和能源消耗量逐步上升，以煤、油为主的能源消费的增加和机动车尾气的无控排放是造成广东大气 SO₂ 污染的主要原因。2004 年全省降水酸雨频率达到 54.5%。

5.3.3 广东省经济发展与环境质量的库兹涅茨关系

污染物排放量、资源消耗量的变化与经济增长变化趋势可能存在某种相关关系。为了验证这一点，本小节参照 5.1.3 的方法，以广东的 COD 排放量（万 t）、SO₂ 排放量（万 t）、烟尘排放量（万 t）、工业固体废弃物排放量（万 t）、工业新鲜水用水量（亿 t）和能源消耗量（万 t 标准煤）作为 Y 轴，以人均 GDP（元/人）（1978 年=100）作为 X 轴，得出下列图形。

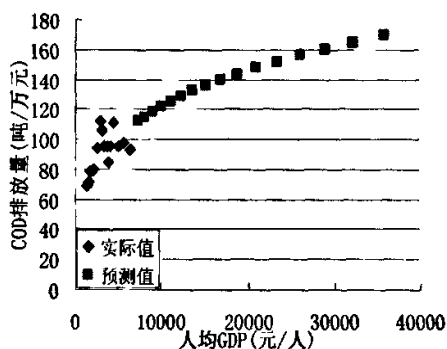


图 5-9 (a) 广东 COD 排放库兹涅茨曲线
Fig5-9 (a) The EKC of the discharge of COD in Guangdong

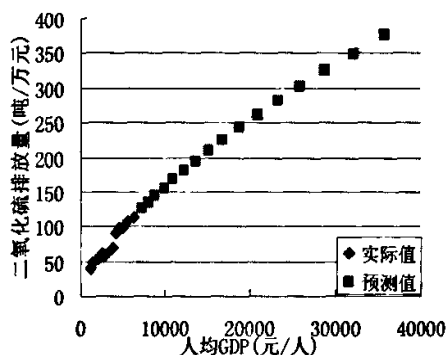


图 5-9 (b) 广东 SO₂ 排放库兹涅茨曲线
Fig5-9 (b) The EKC of the emission of SO₂ in Guangdong

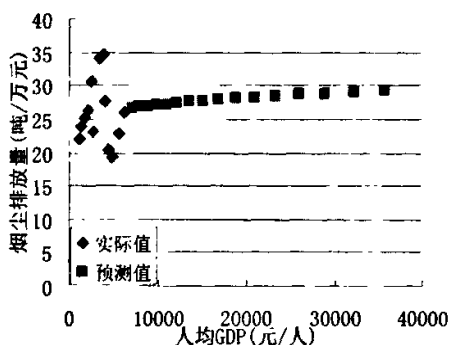


图 5-9 (c) 广东烟尘排放库兹涅茨曲线
Fig5-9 (c) The EKC of the emission of soot in Guangdong

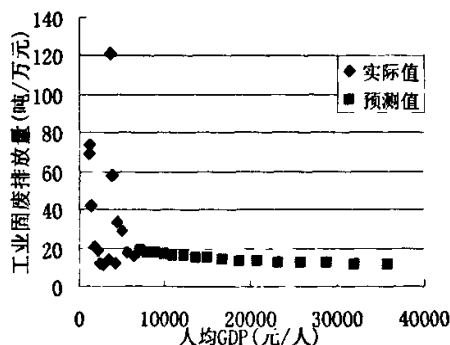


图 5-9 (d) 广东工业固废排放库兹涅茨曲线
Fig5-9 (d) The EKC of the discharge of solid waste in Guangdong

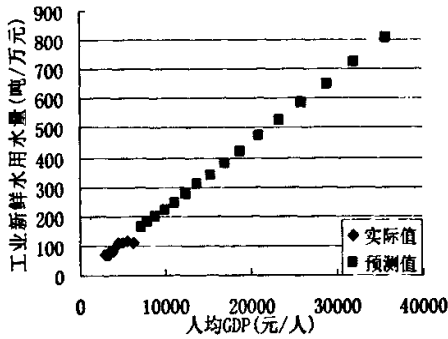


图 5-9 (e) 广东工业新鲜水用水量库兹涅茨曲线

Fig5-9 (e) The EKC of the fresh water consumption in Guangdong

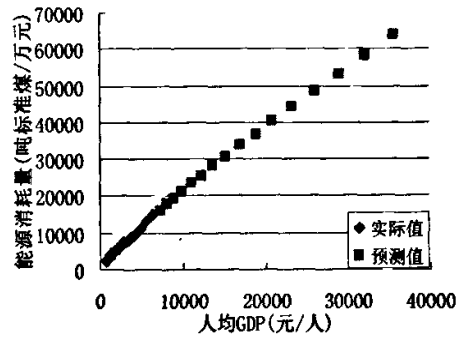


图 5-9 (f) 广东能源消耗库兹涅茨曲线

Fig5-9 (f) The EKC of the energy consumption in Guangdong

如上述六图所示，广东省除了工业固废排放爬过倒“U”型曲线的顶峰外，COD、SO₂、烟尘、工业新鲜用水和能耗都在环境库兹涅茨曲线的爬坡阶段，其中烟尘的增长速度比较缓慢，COD 的上升趋势也逐渐将弱，而 SO₂、工业新鲜用水和能耗三个指标却基本呈直线上升趋势。国务院确定的“十一五”总量控制中 2010 年 COD 和 SO₂ 的计划控制量分别为 89.9 万 t 和 110 万 t，均要比 2005 年下降 15%；然而根据 5.3.2 中的预测，2010 年二者的预测排放量将达到 128.4 万 t 和 180.7 万 t，不仅不能完成减排的目标，反而不断增加，可见广东省目前采用的以数量扩张型为主的传统工业增长方式，在使得经济高速增长同时，也带来了严重的环境污染和资源消耗问题。

5.3.4 广东省经济与环境协调发展的建议

广东省在经济发展方面尽管已经取得了瞩目的成绩，却带来了严重的环境污染和资源消耗问题，而且环境质量将进一步恶化，资源消耗也将日益增加。据国家公布的数据显示，2005 年广东单位 GDP 能源消耗量和单位 GDP 工业增加值能源消耗量均位居全国最低水平。华贲教授认为：这是资源和环境的重压造就的，广东正面临着节能降耗空前严峻的压力，环境与资源将是广东今后发展决策的重大约束变量^[83]。

现有技术水平不够高，传统的物耗、能耗高的工业技术占有份额较大，技术水平落后的小企业和乡镇企业居多等是广东环境恶化的主要原因^[84]。因此，为了保持经济的快速增长，广东必须以结构优化、产业升级和培育新的经济增长点为目标，改变传统的密集型发展模式，以信息化带动工业化，形成以传统优势产业为基础、新兴支柱产业为依托、高新技术产业为龙头的工业体系，充分发挥技术改造的作用。重点发展物流配送产业、信息服务业、以旅游为龙头的生活服务业和生产服务业，重视为制造业服务的生产性服务业^[85]。通过促进经济结构调整、转变经济增长方式来提高资源的利用效率和解决环境污染日益严重的问题。根据第 4 章的空间差异分析得知，广东需要进一步加大生活污水处理力度，保护大气质量的压力也相当大。同时由于污染的累积作用和环境容量十分有限，必须加快环境处理设施的投建和运行，提高环境治理水平。政府还需要进一步加强环境执法力度，积极推行发展循环经济策略，从而实现经济与环境的可持续发展。

第 6 章 结论和建议

6.1 结论

(1) 东部沿海省(市)经济发展处于比较高的水平,但是人均资源能源占有量少,经济和人口的发展对当地的环境和资源带来较大的压力。西部广大地区人口稀少、国土面积辽阔、自然资源丰富,因此经济发展对环境的压力相对较小,但是经济发展水平和人均 GDP 都非常低。资源与环境及区位差异是我国不同地区经济发展不平衡的主要原因。应鼓励人口亦即劳动力按经济发展条件和经济规模分布合理流动和分布,从而促成整个社会、经济与环境系统的开放与和谐。

(2) 经济发达地区和欠发达地区在资源有效利用和环境污染控制上各自都有不同的应努力的方面,可以通过制定不同的法规标准与政策措施来加强环境保护管理。大体来说,欠发达地区如广西、湖南、宁夏、甘肃、新疆、四川等工业污染控制水平较低,发达地区如上海、北京、天津等则应加强生活污水污染控制。山西、贵州、宁夏和内蒙古是大气污染控制水平较低的地区,但是上海、天津和山西等保护控制质量的压力却相对最大。山西、贵州、西藏、新疆、重庆、广西、甘肃等地因当地采煤、冶炼、火电等行业较多,控制固体废弃物的任务十分繁重。广西、江西、重庆、安徽以及经济发达的浙江、上海、广东等水资源利用效率相对较低,而河北、河南、内蒙古等一些欠发达省区存在水资源利用效率反倒较高的情况。宁夏、贵州、山西等需要大力提高能源效益;北京、天津等发达地区同样也有改进空间,且分不同产业而情况有所不同,可以通过加快第三产业发展来改变能源消耗结构,从而降低达到节能降耗的效果。

(3) 我国总体水资源需求还将一路飙升,而水体有机污染正进入缓慢改善过程,但在 2010 年要达到国务院规定的 COD 减排目标,还需要进一步加大工作力度。烟尘排放量虽然下降并将继续下降,但能耗总量将持续增加,从而 SO_2 排放量不但可能达不到国务院规定的 2010 年减排目标,反而还可能进一步增加,因此我国未来的大气酸沉降有可能进一步加剧。

(4) 北京市环境污染物排放量和水资源消耗量已经爬过了环境库兹涅茨曲线的顶峰,正随着人均 GDP 的上升而不断减少,2010 年的 COD 和 SO_2 排放均能满足国务院规定的减排目标。然而能源消耗量将持续增加,以及沙尘暴污染和北京境外的外来污染,大气污染治理压力相当大。

(5) 广东省除工业固废外, COD、 SO_2 、烟尘、工业新鲜用水和能耗都在倒“U”型曲线的爬坡阶段。2010 年的 COD 和 SO_2 排放均不能满足国务院规定的减排目标,反而大幅度增加,广东的水体污染和大气污染情况将进一步加剧。工业重复用水率低导致水资源消耗居高不下。广东正面临着节能降耗空前严峻的压力,环境与资源将是广东今后发展决策的重大约束变量。

6.2 建议

(1) 由于过多地考虑可操作性,在指标选取上可能不够全面,需要在今后的研究中从尽可能多的角度进行数据收集和比较分析,得出更加全面的研究结论。

(2) 本文的研究是对多个子指标进行单独分析,今后可以通过研究,结合各个子指标的权重来建立一个综合指标,得出一个能够直接反映出经济、环境和资源协调度的系数,从而更加直观地比较出各省(市、区)的总体发展情况。

(3) 以后的时间演变预测研究可以尽量采用多种拟合方法相结合,从而提高对各省(市、区)发展情况的预测精度。

最后,需要指出的是,因本文的预测是基于过去的数据,首先,已有数据本身的准确性会影响拟合得出的发展趋势的准确性;更重要的是,未来的发展走向取决于许多变化着的因素,如果我们在协调经济发展和环境保护方面比以往有更佳的表现,则我们就会得到比本文预测的要乐观的实际结果。

参考文献

- [1] SEI(Stockholm Environment Institute)&UNDP(United Nations Development Programme), China Human Development Report 2002: Making Green Development a Choice[M].New York: Oxford University Press, 2002
- [2] 国家环保总局. 国家环保总局局长疾呼: 一定要加快转变经济增长方式. 党的建设, 2005, (2): 40~42
- [3] 李大伟, 汪寿阳. 经济增长方式转变与贸易增长方式转变的相互关系. 中国科学院院刊, 2006, (5): 423~425
- [4] 一凡. 世界经济论坛与中国经济. 国外社会科学, 2005(3): 82~83
- [5] <http://www.weforum.org/site/homepublic.nsf/Content/Annual+Meeting+2005>
- [6] 慕海平. 我国经济发展的新阶段及战略取向. 宏观经济研究, 2004, (5): 12~16
- [7] 叶耀先. 中国小城镇人居环境建设. 中国人口、资源与环境, 2006, 16(4): 1~6
- [8] 张平. 国外水资源管理实践及对我国的借鉴. 人民黄河, 2005, 27(6): 33~34
- [9] 蓝楠. 我国饮用水资源保护的立法构想和制度创新. 环境保护, 2002, (3): 14~16
- [10] 沈文华, 王中华. 缓解我国水资源危机的若干对策. 北京农学院学报, 2000, 15(4): 63~68
- [11] 雷明. 中国绿色核算及经济环境协调发展战略选择. 科学社会主义, 2006, (5): 86~90
- [12] 邓华, 段宁, 聂忆黄. 工业化进程中的中国环境管理新思考. 管理现代化, 2004, (6): 4~7
- [13] 国家水利部. 2004年中国水资源公报
- [14] World Bank. World Development Indicators(ISBN: 0-8213-4898-1), 2001
- [15] 王武震, 张伟红. 我国的能源安全战略初探. 商场现代化, 2006, (1): 202~203
- [16] 岑可法, 邱坤赞, 朱燕群. 中国能源与环境可持续发展问题的探讨(一). 发电设备, 2004(5): 245~250
- [17] 杨朝飞. 解析中国和平发展的环境与资源问题. 中共中央党校学报, 2005, 9(1): 95~100
- [18] 邱坤赞, 朱燕群, 岑可法. 中国能源、电力与环境可持续发展的若干问题. 工业结热, 2005, 34(1): 1~5
- [19] World Bank. Clear waters and blue skies: China's environment in 21th century. Washington D C, 1997
- [20] 曲格平. 环境保护知识读本. 北京: 红旗出版社, 1999
- [21] Dsgupta S, Wang H and Wheeler D. Surviving success policy reformed the future of industrial pollution in China. World Bank Working Paper, 1997
- [22] 肖华文. 中国城市垃圾大革命. 城乡建设, 2004, (3): 12~28
- [23] 焦德根. 环境污染的影响及防治对策. 扬州教育学院学报, 2006, 24(2): 52~55
- [24] 程延. 环境透支忧思录: 土地污染. 社会科学报, 2005, 9
- [25] 贾林, 尹洪霞. 遏制中国环境继续恶化的根本思路. 价值工程, 2005, (10): 16~21
- [26] 任建军. 重视建设环境友好型社会. 甘肃社会科学, 2006(2): 177~179
- [27] 吴巧生, 成金华. 中国工业化中的能源消耗强度变动及因素分析——基于分解模型的实证分析. 财经研究, 2006, 32(6): 75~85

- [28] 韩晓雪, 吕永波, 马舒曼. 节能与资源综合利用. 电力需求侧管理, 2004(2): 7~9
- [29] 马舒曼, 吕永波, 韩晓雪. 我国能源消耗与经济发展. 能源研究与信息, 2004, 20(1): 6~10
- [30] 王玉庆. 中国能源环境战略与对策. 环境保护, 2006, (8): 24~26
- [31] 钟哲. 我国能源结构与资源利用效率分析. 广西电业, 2006, (8): 7~8
- [32] 中国能源综合发展战略与政策研究课题组. 中国能源战略构想. 财经界, 2005, (12): 26~44
- [33] 国家水利部网站. 1999年中国水资源公报
- [34] 国家环保总局. 环境统计年鉴2004. 北京: 环境科学出版社
- [35] 陈泽伟. 中国面对酸雨威胁. 瞭望, 2004, (38): 24~25
- [36] 钱易. 发展循环经济是全面实现小康社会的必由之路. 河北科技大学学报, 2005, 26(1): 4~9
- [37] 侯伟丽. 中国经济增长与环境质量. 北京: 科学出版社, 2005
- [38] 徐留福, 赵珊珊, 杜婷婷等. 区域经济发展对生态环境压力的定量评价. 中国人口、资源与环境, 2004, 14(4): 30~36
- [39] 徐留福, 赵珊珊, 张颖等. 经济发展可持续性状态与趋势定量评价方法研究. 环境科学学报, 2005, 25(6): 711~720
- [40] Fu-Liu Xu, Shan-Shan Zhao, Richard W. Dawson, et al. A triangle model for evaluating the sustainability status and trends of economic development. Ecological Modelling, 2006, 195(3): 327~337
- [41] 杨茜. 我国地区经济发展与环境污染状况的主成分分析. 统计与决策, 2005, (18): 74~77
- [42] 毕东苏, 李咏梅, 顾国维等. 城市生态系统承载机制定量研究——以长江三角洲为例. 安全与环境学报, 2005, 5(1): 68~71
- [43] 张晓东, 池天河. 90年代中国省级区域经济与环境协调度分析. 地理研究, 2001, 20(4): 506~514
- [44] 朱琳. 西部地区工业经济增长中的环境污染分析. 宁夏社会科学, 2004, (4): 39~43
- [45] Shafik N, S. Bandyopadhyay. Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence. Background paper for the World Development Report the World Bank, Washington DC, 1992
- [46] Selden T M, Song D. Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions? Journal of Environmental Economic and Management, 1994, 27: 147~162
- [47] Holtz-Eakin D, Selden T. Stocking the Fires? CO₂ Emissions and Economic Growth. Journal of Public Economic, 1995, 57(1): 85~101
- [48] Grossman G, Kreuger A. Economic Growth and the Environment. Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2): 353~377
- [49] Panayotou T. Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool. Environment and Development Economics, 1997, 2: 465~484
- [50] Hilton F G H, Levinson A. Factoring the Environmental Kuznets Curves: Evidence from automotive emissions. Journal of Environmental Economics and Management, 1998, 35: 126~141
- [51] Kuznets S. Economic Growth and Income Equality. American Economic Review, 1955, 45(1): 1~28
- [52] 范金, 胡汉辉. 环境 Kuznets 曲线研究及应用. 数学的实践与认识, 2002, 32(6): 944~951

- [53] 胡聃, 许开鹏, 杨建新等. 经济发展对环境质量的影响——环境库兹涅茨曲线国内外研究进展. 生态学报, 2004, 24(6): 1259~1266
- [54] 张赞. 中国工业化发展水平与环境质量的关系. 财经科学, 2006, (2): 47~54
- [55] John A.List, Craig A.Gallet.The Environmental Kuznets Curve: Does One Size Fit All? .Ecological Economics, 1999, 31(3): 409~423
- [56] David I.Stern, Michael S.Common.Is There an Environmental Kuznets Curve for Sulfur? .Journal of Environmental Economics and Management, 2001, 41(2): 162~178
- [57] Madhusudan B, Michael H.Institutions and the Environmental Kuznets Curve for Deforestation: A Cross-country Analysis for Latin America, Africa and Asia.World Development, 2001, 29: 995~1010
- [58] Markus P.Technical Progress, Structural Change, and the Environmental Kuznets Curve.Ecological Economics, 2002, 42: 381~389
- [59] Antonio F.Empirical Evidence in the Analysis of the Environmental and Energy Policies of A Series of Industrialized Nations, During the Period 1960~1970.Using Widely Employed Macroeconomic Indicators Energy Policy, 2003, 31: 333~352
- [60] Nektarios Aslanidis, Anastasios Xepapadeas.Smooth Transition Pollution-Income Paths.Ecological Economics, 2006, 57(2): 182~189
- [61] 陈宗胜. 倒 U 曲线的“阶梯形”变异. 经济研究, 1994, (5): 55~59
- [62] 陈宗胜. 改革、发展和收入分配. 上海: 复旦大学出版社, 1999
- [63] 范金. 可持续发展下的最优经济增长. 北京: 经济管理出版社, 2002
- [64] 陈华文, 刘康兵. 经济增长与环境质量: 关于环境库兹涅茨曲线的经验分析. 复旦学报, 2004(2): 87~94
- [65] 沈满洪. 一种新型的环境库兹涅茨曲线——浙江省工业化进程中经济增长与环境变迁的关系研究. 浙江社会科学, 2000, 4(4): 53~57
- [66] 吴玉萍, 董锁成, 宋健峰. 北京市经济增长与环境污染水平计量模型研究. 地理研究, 2002, 21(2): 239~246
- [67] 谢贤政, 万静, 高毫洲. 经济增长与工业环境污染之间关系计量分析. 安徽大学学报, 2003, 27(5): 144~147, 153
- [68] 赵细康, 李建民, 王金营等. 环境库兹涅茨曲线及在中国的检验. 南开经济研究, 2005, 3: 48~54
- [69] 刑秀凤, 刘颖宇. 山东省经济发展与环境保护关系的计量分析. 中国人口、资源与环境, 2006, 16(1): 58~61
- [70] 包群, 彭水军, 阳小晓. 是否存在环境库兹涅茨倒 U 型曲线? ——基于六类污染指标的经验研究. 上海经济研究, 2005, 12: 3~13
- [71] 张晓. 中国环境政策的总体评价. 中国社会科学, 1999, 3: 88~99
- [72] 凌亢. 城市经济发展与环境污染关系的统计研究——以南京市为例. 统计研究, 2001, 10: 46~52
- [73] 刘利. 广东省环境库兹涅茨特征分析. 环境科学研究, 2005, 18(6): 7~11
- [74] 王瑞玲, 陈印军. 我国“三废”排放的库兹涅茨曲线特征及其成因的灰色关联度分析. 中国人口、资源与环境,

2005, 15(2): 42~47

- [75] 成官文, 王敦球, 李金城等. 我国糖业废水处理进展及其污染防治对策. 桂林工学院学报, 2005, 20: 52~56
- [76] 政宇秀, 牛莉平, 王丹. 山西煤炭资源利用与大气污染防治. 山西能源与节能, 2003, (2): 33~34
- [77] 张宇. 对山西产业结构调整中几个问题的思考. 山西财政税务专科学校学报, 2005, 7(4): 60~62
- [78] 高琳萍, 刘庆林. 山西环境污染状况及其原因分析. 山西统计, 2001, (8): 17, 25
- [79] Chua S. Economic Growth, Liberalization, and the Environment: A Review of the Economic evidence. Annual Review of Energy Environment, 1999, 24: 391~430
- [80] 周景博. 北京市环境质量问题成因与对策研究. 城市环境, 1999, (1): 23~26
- [81] 周宇. “北京是污染之都!” 夸张 但是一种提醒. 绿色中国, 2005, (23): 11~13
- [82] 邱荣贵. 北京大气环境质量与脱硫技术. 节能与环保技术, 2004, (1): 20~23
- [83] 张泽. 广东“十一五”如何调整产业结构. 环境, 2006, (9): 24~27
- [84] 余正荣, 王冰. 广东可持续发展面临着环境挑战. 生态经济, 2000, (6): 14~18
- [85] 向常清. 广东省产业结构优化的基本思路. 长春工业大学学报, 2004, 16(4): 7~9

致 谢

三年时光匆匆而过，得到了太多人的关心、照顾和帮助，值此论文付梓之际，谨向他们表达我最诚挚的谢意。

首先，我衷心感谢郭振仁研究员两年来孜孜不倦的教诲，不仅教给我勤奋踏实的工作作风，严谨求实的治学精神、更教会我诚信无私的做人原则，这是我今后人生旅途中的一笔宝贵的精神财富。本论文从选题到完成，每一步都浸透着郭老师大量的心血，我将铭记于心。

感谢陈玉成教授，感谢陈老师在学习上的谆谆教诲，工作上的严格要求，生活上的关怀备至。导师正直的为人，渊博的知识，严谨的治学态度，开阔的思维，高度的敬业精神，让学生受益匪浅。

在研究生学习及论文研究过程中，还得到了西南大学环境科学与工程系的魏世强研究员、王定勇教授、赵秀兰副教授、张进忠教授、陈宏副教授、杨志敏副教授、李静副教授、肖广全、陈庆华、胡必琴、严平才等老师，以及国家环保总局华南环境科学研究所彭海君高工、刘明清高工、黄正光高工、邓雄高工、覃超梅助工、綦世斌助工、杨静工程师等的热情指导和帮助，谢谢你们！

感谢学校师姐陈萍丽、王莉纬，师兄张成，同窗好友李洪亮、郭广慧、庞茜、陈飞霞、王英英、梁丽、李兴菊、鞠瑾、周丽娟、陈洪敏、王平安、雷川、刘晓、蒋冬梅、刘静、钱晓莉、程家丽、刘彧、谢涛、沈鹏、王祥炳、高扬、徐礼超、金晶、杨良斌等，以及华南环境科学研究所的师兄郭森、范辉、周广飞，师姐刘爱萍，同学叶玉香等在学习、学习、工作中给予的关心和帮助，和你们一起度过的美好时光让我终生难忘。

感谢与我朝夕相处以及所有我没有提及到的曾经帮助过我的人们！

感谢我的家人和亲人，衷心感激父母的养育之恩和这么多年对我的无私奉献和默默支持，他们永远是我最强后盾和精神支柱！

再一次向所有给予我指导、帮助、关心和支持的老师、同学、朋友和亲人表示衷心的感谢！

邓碧云

2007年5月于重庆北碚

发表论文及参加课题一览表

发表论文

- 1 2006年,城市土壤铅污染的分布特征及治理措施,微量元素与健康研究,23(4):36-38
- 2 2007年,我国经济与环境发展的空间差异性分析,中国人口·资源与环境,待刊出

参加课题

1. 2005年,广东省绿色国民经济核算和环境污染损失调查,广东省环保局、广东省统计局;
2. 2005年,“十五”国家科技攻关课题“重大环境污染事故防范和应急技术体系研究”,国家环保总局;
3. 2006年,“十五”国家科技攻关课题书本《突发性环境污染事故应急与防范》(科学出版社),国家环保总局;
4. 2006年,广东省东江水质安全应急预案,广东省环保局。