

我国各省区碳排放量状况 及减排对策研究^{*}

王 铮^{1,2} 朱永彬¹

(1 中国科学院科技政策与管理科学研究所 北京 100190

2 华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室 上海 200062)

摘要 温室气体导致全球气候变暖已为世界所公认,其中又以 CO₂ 气体的排放为主。本文针对主要排放源——能源消费导致的碳排放进行核算,并在省级尺度上对中国 1995—2006 年的碳排放进行对比发现,碳排放较高的省份集中在消费结构以煤为主的地区,如山西;以及第二产业比重较大的地区,如山东、河北、江苏等省。而一些经济发达、科技领先的省市,如北京和上海碳排放有明显下降趋势。

关键词 碳排放,排放系数,能源消费,省级尺度



中国科学院



王铮研究员

1 引言

工业革命以来,资本和能源密集型产业逐渐兴起与壮大,伴随能源消耗产生的 CO₂ 等温室气体在大气中大量聚集,成为近几十年来全球温度

上升等一系列气候变化的元凶。国际社会很早就对此给予高度重视,1992 年《联合国气候变化框架公约》的通过拉开了全球合作应对气候变化的序幕,1997 年的《京都议定书》对主要工业国家的温室气体排放量做出

了更为明确的规定。此后,能源-经济-环境及与其相关的一系列问题成为各国决策者关注的焦点。

国际上认为,我国的碳排放总量已跃居世界第二位,面对国际上要求中国减排呼声的高涨以及 2012 年《京都议定书》的到期、新一轮谈判的到来,中国面临很大的减排压力。虽然我国已认识到能源消耗与碳排放和经济增长之间的关系,并在“十一五”规划中明确提出要将能源强度降低 20%,但 2006 年除北京外,其余省份都未能完成单位 GDP 能耗降低率的目标任务。因此,了解各地区的碳排放现状及成因,对于寻找减排的技术路线和区域对策,进而实现整体的控制目标具有重要意义。为此,本文拟从省区尺度研究各地区碳排放情况及近年来的变化趋势,并试图给出针对性较强的减排措施。

2 计算方法

根据 2007 年 IPCC 第四次评估报告,温

^{*} 本研究得到中国科学院知识创新工程重要方向项目:中国经济-能源系统动态模拟分析与应对气候变化对策研究(KZCX2-YW-325)的资助
修改稿收到日期:2008 年 3 月 6 日

室气体增加的主要来源是化石燃料燃烧。而其中化石燃料燃烧所导致的 CO₂ 排在 2004 年占总碳排放将近 95.3%(不包括森林采伐及生物量减少所造成的 CO₂ 增加)。

由于目前我国没有碳排放量的直接监测数据,因此大部分的测算研究都是基于对能源消费量的测算得来。徐国泉等(2006)在对碳排放进行因素分解时所采用的基本公式为:

$$Ems = \sum Ems_i = \sum \frac{E_i}{E} \frac{Ems_i}{E_i} (i=1, 2, \dots, n) \quad (2.1)$$

即总排放量等于各能源品种消费所产生的碳排放量之和。其中, $\frac{Ems_i}{E_i}$ 为 i 种能源的碳排放系数。

基于碳排放量与能源消费量成正比的假设,我们根据折算公式(2.2)把全国总排放量根据能源消费量分摊到各地区:

$$Ems_j = \frac{Ems^{total}}{E^{total}} E_j (j=1, 2, \dots, 30) \quad (2.2)$$

其中 Ems_j , E_j 分别为 j 省(除西藏)的碳排放量和能源消费量; Ems^{total} , E^{total} 分别为全国碳排放总量和能源总消费量。

考虑到各地区在能源结构上存在差异,而不同能源品种的碳排放系数又不同,为此我们通过构造各省平均碳排放系数对(2.2)式再次进行折算:

$$Ems_j = Ems_j \frac{\bar{F}_j}{\bar{F}} (j=1, 2, \dots, 30) \quad (2.3)$$

$$\bar{F}_j = \frac{\sum_{i=1}^n E_{ij} F_i}{E_j}, \quad \bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i F_i}{E^{total}} \quad (2.4)$$

其中 \bar{F}_j 为 j 省平均碳排放系数, \bar{F} 为全国平均碳排放系数, E_{ij} , E_i 分别为 j 省和全国 i 种能源的消费量, F_i 为 i 种能源的碳排放系数。

3 排放现状

3.1 平均碳排放系数

平均碳排放系数反映了区域不同能源结构下单位能源消费所产生的碳排放的综合效应。根据(2.4)式计算的各地区和全国平均碳排放系数如表 1 所示:

比较中国各省及全国碳排放系数 1995—2005 年的平均值发现:山西、内蒙古、河北、安徽、上海和江西等省份的平均排放系数较高,尤其是山西和内蒙古,分别高出全国平均水平 80%和 31%;而青海、海南、新疆、重庆、四川、福建、广西和北京等省市的平均排放系数较低,尤其是青海和海南,仅有全国平均水平的 56.1%和 70.5%;此外,天津、宁夏、陕西等省的平均排放系数与全国水平相近。从公式(2.4)可以看出,各地区平均碳排放系数的高低实际上反映了该地区能源消费结构中清洁能源比重的大小,山西省碳排放系数位居首位,源于其煤炭消费量占总能源消费 87%,而海南、青海的煤炭比重仅有 12%和 22%,其中海南主要依靠石油,占能源消费总量的 30%。

3.2 总排放量

总排放量反映了一个地区总体的碳排放情况。从能源消费总量看,排在前 3 位的是山东、河北、山西,但是在考虑碳排放系数的情况下,山西、河北、山东、辽宁、江苏、河南、广东排名靠前,总排放量最大。而一些西部省份,如青海、宁夏等省及海南碳排放总量较低。与能源消费比较,考虑碳排放系数后,山西、河北、内蒙古、河南、安徽等省的排放总量有所增加,而山东、江苏的变幅不大,广东、四川、浙江、辽宁和北京等省市明显降低,说明它们的能源结构有助于减少碳排放(图 1)。

从平均增长速度(表 2)来看,增速最快的为内蒙古、宁夏、福建、山东、云南、浙江、

表 1 各省平均碳排放系数表

| 省份 | 平均碳排放系数 | 高于全国水平①% | 省份 | 平均碳排放系数 | 高于全国水平% |
|-------|---------|----------|-----|---------|---------|
| 北 京 | 0.69 | -14.34② | 河 南 | 0.78 | -2.87 |
| 天 津 | 0.80 | -0.38 | 湖 北 | 0.78 | -2.58 |
| 河 北 | 0.91 | 13.95 | 湖 南 | 0.70 | -13.14 |
| 山 西 | 1.44 | 80.24 | 广 东 | 0.71 | -11.33 |
| 内 蒙 古 | 1.05 | 30.85 | 广 西 | 0.68 | -15.19 |
| 辽 宁 | 0.74 | -7.90 | 海 南 | 0.57 | -29.47 |
| 吉 林 | 0.76 | -5.58 | 重 庆 | 0.63 | -21.54 |
| 黑 龙 江 | 0.73 | -8.98 | 四 川 | 0.63 | -21.21 |
| 上 海 | 0.87 | 9.00 | 贵 州 | 0.78 | -2.87 |
| 江 苏 | 0.75 | -6.01 | 云 南 | 0.84 | 4.95 |
| 浙 江 | 0.69 | -14.07 | 陕 西 | 0.81 | 1.22 |
| 安 徽 | 0.88 | 10.35 | 甘 肃 | 0.68 | -14.84 |
| 福 建 | 0.66 | -17.96 | 青 海 | 0.45 | -43.90 |
| 江 西 | 0.86 | 6.70 | 宁 夏 | 0.81 | 0.88 |
| 山 东 | 0.79 | -1.70 | 新 疆 | 0.63 | -21.95 |

注:①全国平均碳排放系数为 0.8;②负数为低于全国水平百分比

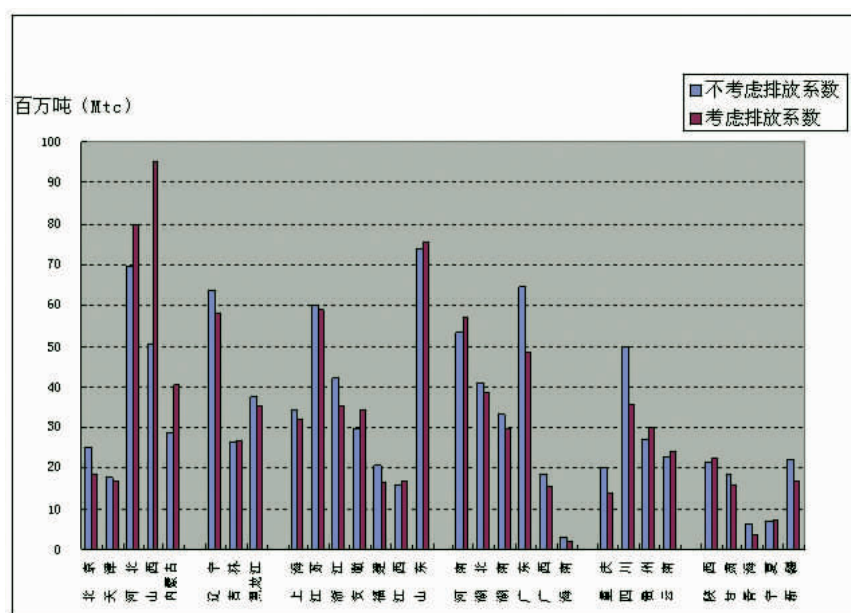


图 1 各省 1995-2006 年平均碳排放水平

河南、贵州、广东、河北等省份。其中,山东、广东、河南、河北等省份的总排放量和增长率都明显偏高。

值得一提的是:内蒙古具有高达 12.78% 的年平均增长率,是所有省份中最高

的,如果不采取有效的减排措施,必然会超过其他省份。宁夏、福建也具有高的排放增长率,虽排放基数值相对较小,减排形势不如内蒙古严峻,但也需对增长速度进行有效控制。北京、四川年平均增长率最低,海

表 2 各省 1995-2006 年碳排放总量平均增长率(%)

| 省份 | 北京 | 天津 | 河北 | 山西 | 内蒙古 | 辽宁 | 吉林 | 黑龙江 | 上海 | 江苏 |
|-----|------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|------|
| 增长率 | 1.87 | 5.55 | 7.95 | 5.95 | 12.78 | 4.33 | 4.63 | 3.74 | 4.43 | 7.79 |
| 省份 | 浙江 | 安徽 | 福建 | 江西 | 山东 | 河南 | 湖北 | 湖南 | 广东 | 广西 |
| 增长率 | 9.14 | 5.37 | 11.19 | 5.01 | 10.61 | 9.13 | 5.40 | 5.70 | 8.22 | 6.94 |
| 省份 | 海南 | 重庆 | 四川 | 贵州 | 云南 | 陕西 | 甘肃 | 青海 | 宁夏 | 新疆 |
| 增长率 | 7.88 | 4.24 | 0.83 | 8.30 | 10.27 | 5.44 | 5.14 | 5.42 | 11.63 | 5.36 |

南、青海的平均总排放水平最低。特别是福建,基数本来就不小。由于能源结构中碳能源特别是煤使用量大,山西、内蒙古、宁夏的碳排放份额明显高于它们的能源使用份额,河北、安徽、贵州、河南等也有类似特征。

3.3 人均排放量

人均排放量除去了不同地区人口密度对总排放的影响,使碳排放的地域差异更具有可比性,也是国际上进行减排谈判使用的重要指标依据之一。

结合聚类分析的结果与图 2,我们发现,山西、上海、宁夏、天津和内蒙古的人均

排放量最高,其次为北京、辽宁、河北等省市。其中,上海、北京和天津由于是全国的经济和产业中心,存在着大量的外来流动人口,而我们所采用的是统计部门提供的户籍人口,如果考虑常住人口,则二者的人均排放水平会有一定程度的下降。另外,由于能源结构的非碳成份低,北京、辽宁、上海、广东、青海、新疆的人均碳排放比人均能耗下降明显。

从增长率上(表 3)看,人均排放量增长率最高的为内蒙古、福建、山东和宁夏,其次为云南、河南、浙江、海南、河北、江苏等省

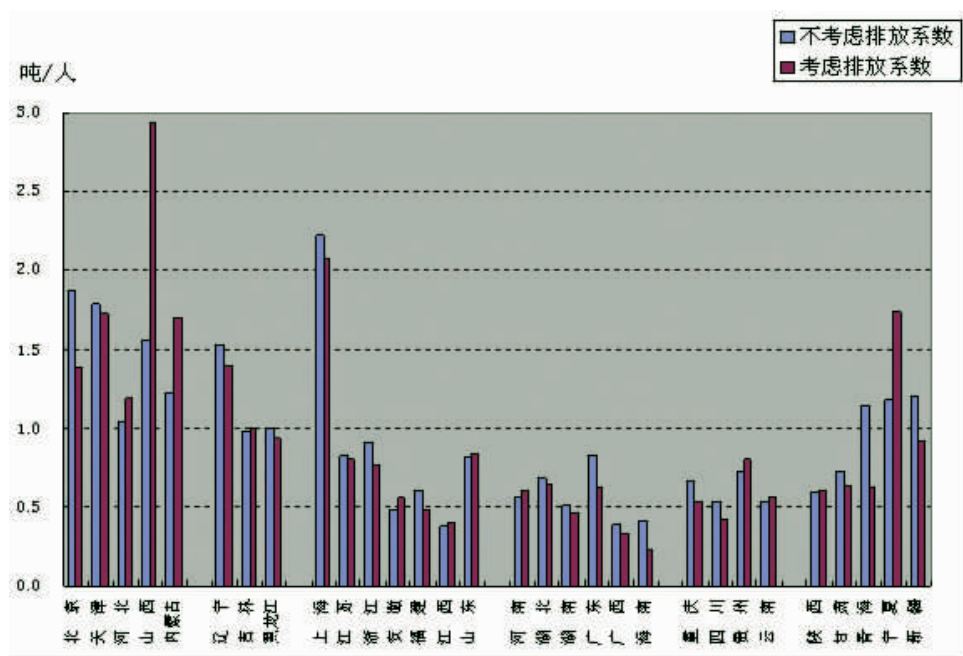


图 2 各省人均碳排放 1995-2006 年平均水平

表 3 各省人均碳排放 1995-2006 年平均增长率(%)

| 省份 | 北京 | 天津 | 河北 | 山西 | 内蒙古 | 辽宁 | 吉林 | 黑龙江 | 上海 | 江苏 |
|-----|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 增长率 | -0.66 | 4.04 | 7.27 | 5.13 | 12.28 | 3.86 | 4.00 | 3.42 | 1.50 | 7.27 |
| 省份 | 浙江 | 安徽 | 福建 | 江西 | 山东 | 河南 | 湖北 | 湖南 | 广东 | 广西 |
| 增长率 | 8.35 | 4.96 | 10.09 | 4.60 | 9.94 | 8.44 | 4.94 | 5.99 | 5.54 | 6.26 |
| 省份 | 海南 | 重庆 | 四川 | 贵州 | 云南 | 陕西 | 甘肃 | 青海 | 宁夏 | 新疆 |
| 增长率 | 7.46 | 5.28 | 0.26 | 7.19 | 9.19 | 4.89 | 4.34 | 3.40 | 9.92 | 3.69 |

份。此外,上海虽然具有较高的人均排放水平,但增长率较低,四川的人均排放量和平均增长速率都非常低,而北京是全国唯一近 12 年来人均排放量降低的省份。

3.4 单位 GDP 排放量(排放强度)

单位 GDP 碳排放反映了经济增长过程中的碳排放强度,也即经济增长在多大程度

上依赖于高能耗产业。从绝对量上(图 3)看,山西、贵州、内蒙古和宁夏的单位 GDP 碳排放最多,碳排放系数正向影响在上述四省中依然显著,尤其是山西,考虑碳排放系数后排放强度增加了接近 1 倍。而从近 11 年的单位 GDP 碳排放增长率(表 4)看,各省份均呈下降趋势,尤其北京下降最为明

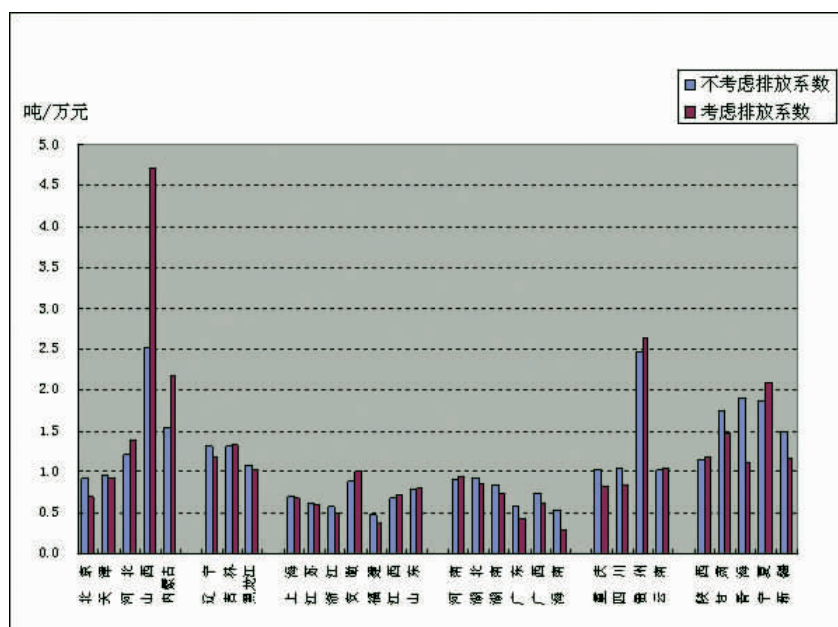


图 3 各省单位 GDP 碳排放 1995-2006 年平均水平

表 4 各省单位 GDP 碳排放 1995-2006 平均增长率

| 省份 | 北京 | 天津 | 河北 | 山西 | 内蒙古 | 辽宁 | 吉林 | 黑龙江 | 上海 | 江苏 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 增长率 | -12.81 | -8.35 | -4.91 | -7.29 | -3.81 | -6.43 | -7.15 | -6.36 | -8.31 | -5.35 |
| 省份 | 浙江 | 安徽 | 福建 | 江西 | 山东 | 河南 | 湖北 | 湖南 | 广东 | 广西 |
| 增长率 | -4.69 | -4.83 | -0.77 | -6.78 | -3.26 | -4.11 | -5.00 | -5.46 | -5.66 | -3.81 |
| 省份 | 海南 | 重庆 | 四川 | 贵州 | 云南 | 陕西 | 甘肃 | 青海 | 宁夏 | 新疆 |
| 增长率 | -1.58 | -6.19 | -9.90 | -3.57 | -1.12 | -7.82 | -7.49 | -6.80 | -1.86 | -6.31 |

显,增长率为-12.81%;降幅最小的为福建,仅为-0.77%。

聚类分析结果显示,除山西和北京各自成为一类外,贵州、内蒙古、宁夏三省的单位GDP碳排放次高,同时下降速度也相对较为缓慢,其经济的能源依赖性没有很大改观,未来减排形势不容乐观;福建、云南、海南三省的下降速度最为缓慢,但其碳排放强度也相对较低,未来几年不会有太大变化;天津、上海的下降速度仅次于北京,单位GDP排放强度也偏低,和北京一样,基本上摆脱了对能源的高度依赖;而山西虽然近几年的降幅也很明显,但其排放强度基数大,减排任务依然艰巨。

4 政策建议

本文假设能源消费与碳排放成正比,利用各省的能源消费数据对全国碳排放总量进行分摊,并考虑了各省能源结构不同所导致的碳排放上的差异,对模型进行了调整。通过对各省碳排放量的分析,得出一些中观层面的结论和政策建议:

(1)山西省无论是总排放量、人均排放量和单位GDP排放量都是最高的。这在很大程度上是由于该省平均碳排放系数较高引起的(高于全国水平80%),这当然是与该省是产煤大省有关。究其原因煤炭在该省能源消费结构中占有很大的比重,这种结构导致CO₂排放增加,另一方面,由于是产煤大省,对能源的使用效率低也导致能耗增加。为此,山西应该大力转变以往对煤炭的依赖,倡导低排放能源,另一方面也要通过节能,从节能争取减排降低。

(2)山东、河北、江苏等工业大省由于其第二产业比重均超过50%,尤其是山东,2005年达到57.4%,相比1995年47.4%的水平提高了10%,这一时期虽然能源强度降低,但是能源总消费量提高了1.69倍,这是造成其总能耗量2005年跃居首位的主要原

因。对山东的调查可以发现,许多韩资、日资企业为了规避国内的环境压力,到这个地区生产。因此对于这些省份来说,在推进产业升级和企业壮大时,必须坚持环境法律法规和考虑特殊的政策。

(3)内蒙古的碳排放总量和人均排放量在所有省份中增长最快,导致该省平均碳排放系数较高。主要是因为该省近12年能源消费量大幅上涨,2006年比1995年增长了3.4倍,基本上可以认为,内蒙古作为落后地区,已经开始了工业化,但是这个工业化更多地接受了传统产业的转移,工艺相对落后,导致节能减排效率低。由此在工业化进程中,坚持技术进步,对转移企业有所选择,是内蒙古实现节能减排的关键。同样,宁夏和贵州两个西部省份排放强度较高,虽然近年有所下降,但降幅不大。经济增长仍伴随着较高的碳排放水平。由于两省经济较为落后,在由第一产业向第二产业转移过程中难免会产生较多的碳排放量。在不影响经济增长的前提下,应以引进先进技术,提高技术水平和利用清洁能源为主。内蒙、宁夏、贵州地处西部的东部,他们接受中部淘汰的产业,因此在这些地区坚持有关的技术进步是节能减排的关键。

(4)北京和上海的减排效果最为突出。其人均排放增长率都是最低的(北京的人均GDP排放为负增长,上海也仅为1.5%),而二者的单位GDP排放指标也是降低速度最快的。可能主要源于第二产业比重的下降(北京下降14.67个百分点,上海下降8.61个百分点),这是因为北京和上海正在发生经济结构转型,正在发展成为全国贸易枢纽、金融枢纽和研发枢纽城市。这当然是其他省区难于学习的,不过,高技术产业迅速发展的江苏、广东、山东、浙江是产业创新和新技术应用的主要地区,这些地区应可以在节能减排方面做出贡献。

主要参考文献

- 1 IPCC 第四次评估报告第三工作组报告.http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm
- 2 国家发展和改革委员会.中国应对气候变化国家方案,http://www.gov.cn/gzdt/2007-06/04/content_635590.htm, 2007.
- 3 徐国泉,刘则渊,姜照华.中国碳排放的因素分解模型及实证分析:1995—2004.中国人口-资源与环境,2006,16(6):158-161.

Study on the Status of Carbon Emission in Provincial Scale of China and Countermeasures for Reducing its Emission

Wang Zheng Zhu Yongbin

(1 Institute of Policy and Management, CAS 100190 Beijing 2 East China Normal Univertiy 200062 Shanghai)

It is generally recognized in the world that Green House Gas (GHG), induces the Global Warming, with the emission of the Carbon Dioxide (CO_2) as the main. This paper conducts checking and calculation of the carbon emission caused by energy consumption, which is the major emission source, and on the basis of comparison of the emission volume during 1995—2006 in the provincial scale, it finds that provinces having the high emission of CO_2 are those regions consuming coal as the main in the whole energy consumption, such as Shanxi; and also those regions having more second industries, such as Shandong, Hebei and Jiangsu Province. While in some provinces and municipalities with developed economy and advanced science and technology, like Beijing and Shanghai, their carbon emissions displays a decrease trend.

Keywords carbon emission, emission coefficient, energy consumption, provincial scale

王 铮 中国科学院科技政策与管理研究所研究员,博士生导师;华东师范大学紫江学者计划讲座教授。1954年12月出生。主要从事经济发展的政策模拟、区域科学与管理、地理计算和可持续发展的理论研究。2005年提出我国减排 CO_2 的经济最优政策模拟结果,模拟提出油价上涨对我国经济冲击的模拟结果;2007年对气候保护、物价控制、建立创新枢纽城市等政策提出意见。作为我国政策模拟的主要开拓者,部分工作已对国家发展政策产生了积极影响。E-mail:wangzheng@casipm.ac.cn

(接 176 页)

和涂渡性能,特别在高档精密板带箔生产中独具优势,已成功用于我国各类优质冷轧板、精密带钢、镀锌板、新型亚光铝板箔生产。

在 YAG 激光波形调制基础上,又研发出:脉冲编组毛化、二维可控分布毛化、热轧辊离散分布强化和激光诱导定向放电毛化-强化四项发明专利技术,使该技术的应用从单一冷轧板带生产拓展到有色冶金、印刷包装、机械制造、热轧辊等多领域,从而建立起一种高重频脉冲激光-材料表面离散分布式改性的新技术新工艺。截至 2006 年底,已有 10 台生产装备和 2 台试验装备在工厂生产运行,根据部分工厂 2004—2006 年的应用证明,生产激光毛化的板和精密带钢 93.03 万吨,新增产值 40.97 亿元,新增利税 1.444 亿元。



中国科学院