

“煤净化燃烧的同时生成物产品化” 创新技术的应用对环境的改善

博士生 高庆先
中国工程院院士 刘鸿亮 ✓
中国工程院院士 任阵海

TQ534.9
X51

(国家环境保护总局气候变化影响研究中心, 中国环境科学研究院, 北京 100080)

摘要: 本文从我国能源结构和节能潜力分析以及大气污染现状等方面出发, 对“煤净化燃烧生成物产品化”技术应用对环境的改善作了系统分析。研究结果表明, “煤净化燃烧的同时生成物产品化”技术是解决大气污染和改善环境的一项十分现实和有效的高新技术, 是配合实施我国两控区的控制目标的最好技术支持, 是一项集节约能源、改善环境、提高效益和造福人类的新工艺和新技术。特别是它解决了长期困扰我国环境保护部门的大气污染和固体废弃物污染环境的问题, 具有很好的推广前景和应用价值。推广范围越大, 宏观环境效益越显著。

4-8

② 关键词: 大气污染, 煤净化燃烧, 两控区, 节能, 生成物产品化

引言

我国的环境污染是由工业、农业、生活和交通等污染排放造成的。其中工业污染占全部环境污染份额的 70%, 因此, 消除和控制工业污染的排放是解决环境污染, 保护人民生活的首要环节。

电力工业和水泥工业是我国两个主要的污染大户。由于燃煤的使用量大, 向大气排放出大量的污染物, 同时还生成很多难以处理的固体废弃物, 由于技术上缺少根治污染的先进技术, 国家和企业为了解决大气污染和废弃物的处理与处置, 每年要投入大量的资金和人力, 成了一个长期难以摆脱的沉重负担。多年来, 燃煤电厂对我国国民经济做出了巨大的贡献, 但同时也向大气排放大量污染物给环境造成严重的污染。

煤净化燃烧的同时生成物产品化是根治大气污染, 改善环境的新工艺、新技术和新途径。“煤净化燃烧生成物产品化”可以充分利用再生资源 and 再生能源, 尤其降低残碳和煤耗, 该技术不仅将煤的可燃部分充分燃尽提供能源, 而且还不可燃的煤灰作为资源直接转化为产品。为减少气体污染和固体废弃物的污染开辟了一条新途径。为电力和水泥两大工业企业减轻污染, 提高企业经济效益做出了贡献。

一、我国的能源利用现状与节能潜力分析

能源是国民经济发展的物质基础, 也是一种战略资源, 它直接关系到国民经济的发展速度和人民生活水平的提高。解决好能源、经济和环境的协调发展是实现中国现代化和可持续发展的重要前提。

中国目前的能源工业主要以煤炭为主, 目前全国一次

能源生产和消耗的 75% 左右为煤炭, 而且这种比例今后相当时期内难以改变。以煤炭为主的能源工业体系是造成环境问题的最主要的原因。大量的煤炭燃烧造成大气污染。从长期情况来看, 我国的煤炭资源占一次能源总消耗量的比例呈下降趋势, 但下降的幅度有限, 目前仍大于 75%。据统计, 中国煤炭的灰份含量普遍较高, 随区域变化剧烈。灰份小于 10% 的特低灰煤仅有 1600 亿吨, 占探明储量的 7% 左右; 煤炭的灰份大多为 10-30%, 特低灰和高灰煤都较少。中国煤炭的含硫量大多在 0.4-2.0 左右, 低硫煤极少。

国内一些专家和单位采用不同的方法对我国 2000 年到 2050 年的能源和煤炭需求量做过大量的分析工作。采用不同的方法长期预测的结果差异较大。对中国 2000 年煤炭需求量预测比较一致, 大约为 14-15 亿吨标准煤, 而 2020 年和 2050 年的预测差异较大。2020 年最低值为 21 亿吨, 最高值为 35 亿吨; 2050 年的最低为 28 亿吨, 最高为 67 亿吨标准煤。

目前, 我国能源的利用率较低。经济发达国家的能源利用率一般超过 50%, 而我国一直维持在 30% 左右, 其中煤炭资源的利用效率只有 6%。在能源生产过程中, 资源损失和浪费严重。单位产值能耗约占中等国家的 2.5 倍, 发达国家的 4 倍。从主要产品的单位能耗来看, 中国能耗比国外先进水平高出 30-40%。如发电煤耗要高三分之一; 水泥能耗高 50%。

从能源利用总效率即从能源生产、加工、转换、运输、储存到最终使用的全过程效率来看, 目前日本是 57%, 美国是 51%, 西欧是 42%, 中国平均是 30-33%。从能源经济效益分析, 与发达国家相比, 中国国民生产总值能耗是法国的 4.97 倍, 日本的 4.43 倍, 美国的 2.97 倍, 印度的 1.65 倍。从

主要工业产品单位能耗水平来看,中国与国际先进水平差距也较大。显然,中国节能的潜力很大。

从我国的能源结构和发展趋势分析来看,我国的能源在今后的一段时间内以煤炭为主的结构不会改变,大量的煤炭仍将被用来直接燃烧,因此开展煤净化燃烧是节约能源,降低能耗和提高能源效率是一项紧迫的任务。据测算,如果将能源利用率提高 40%,相当于直接节能 2.5 亿吨标准煤,节能潜力很大。因此,我们必须大力推广节能降耗,把节约能源放在突出地位。

二、我国的大气污染现状与发展趋势

由于每年有大量的煤炭直接用于燃烧,不仅向大气排放二氧化硫等污染气体,形成大面积的酸雨污染,而且,还排放大量的固体废弃物,直接影响生态环境系统。我国酸雨污染的现状及其发展趋势是极为严重的,急需开展煤净化燃烧技术的研究和设备的研制。

酸雨污染是中国大气污染的最主要的问题之一。酸雨是由于工业排放大量的二氧化硫等大量的致酸物质引起的。随着煤炭消耗量的增加,燃煤排放的二氧化硫也将继续增长。如果不采取有效的控制措施,由二氧化硫排放造成的酸雨污染将会越来越严重。我国大气中二氧化硫的 87% 来自煤的燃烧,城市大气中氮氧化物的 67% 也来自煤的燃烧。二氧化硫的排放使城市的大气污染不断加重,在 1996 年统计的 317 个城市中,有一半城市大气中二氧化硫浓度年均值超过国家二级标准,日均浓度超过国家三级标准,给人民的生活造成了严重的危害。由此可见,研制和开发新的燃煤脱硫技术是解决向大气排放二氧化硫的关键和紧迫的任务之一。

目前全球人为源气溶胶及其前体物的排放已明显高于工业革命前的水平。目前全球每年硫排放总量为 96.3TgS,其中人为排放的硫为 69.3TgS,大约是年硫排放总量的 72%。主要的气溶胶人为源是矿物燃料燃烧过程。由于我国的能源消费以燃煤为主,硫酸盐气溶胶的前体物 SO_2 是我国燃煤过程中排放的主要气体成分之一,若我国燃煤平均含硫量以 1.12% 计算,在煤的燃烧过程中, SO_2 的生产量要比 NO_x 的生产量高一倍多。

工业革命以来,由于化石燃料的燃烧排放到大气中的温室气体急剧增加,已引起全球气候发生明显的变化,能源活动是温室气体的主要人为排放源,工业生产过程也是重要的温室气体排放源。

1992 年 6 月,约有 150 个国家在巴西里约热内卢共同签署了“联合国关于气候变化的框架公约”(UNFCCC),表明各国在气候变化对于世界环境和经济发展产生较大潜在危险方面取得广泛的共识。我国是公约的签字国,承担了履约的义务,最终将完成我国国家温室气体清单的编写,弄清我国温室气体的排放现状,为制定温室气体排放控制对策提供科学依据。

排放到大气中的二氧化碳主要来自矿物燃料中碳的氧化,约占人类活动排放二氧化碳总量的 70% 以上(中国约占 80% 以上)。这是因为在中国的化石燃料中,煤炭的碳排放系数最大,为 25.28kgC/GJ,其次是石油和天然气,分别为 20.3kgC/GJ 和 14.08kgC/GJ。我国碳氧化份额只有 89%,低于石油(92%)和天然气(98%),而 IPCC/OECD 推荐的碳氧化份额分别是 98%、99% 和 99.5%。中国的电力构成是以火电和

水电为主,每年有大量的煤炭用于发电、供热、炼焦等中间消费。由于我国煤炭燃烧效率低,大量的二氧化碳排放到大气中。按单位有效能所排放的大气污染物计算煤炭是对环境危害最严重的一种化石燃料。若将电厂燃煤的燃烧效率提高,同时开展节能措施,必将减少二氧化碳的排放。

有许多非能源性的工业生产过程也释放二氧化碳等温室气体。水泥生产就是二氧化碳最大的排放源。水泥熟料的生产过程中产生和排放二氧化碳的排放量,其排放量与 CaO 含量成正比。

从大气污染控制及其影响方面考虑,开展煤净化燃烧技术的理论研究和煤净化燃烧工艺及设备的研制是一项紧迫的任务。“煤净化燃烧的同时生成物产品化”创新技术不仅开辟了能源、资源、再生能源和再生资源综合利用的新途径,而且还大大地减少了二氧化硫等污染物大排放量,是减排二氧化硫控制酸雨污染和大气污染的新技术。对改善我国大气环境质量,减轻大气污染程度提高人民生活水准起着积极的作用。

三、我国的工业废弃物的污染与处理现状及趋势

煤炭在燃烧过程中,不仅向大气排放出大量的二氧化碳和二氧化硫等污染气体,而且还产生大量的副产品(如粉煤灰和炉渣),造成工业固体废弃物污染。工业固体废弃物的处置与处理是工业企业面临的一大难题。目前,我国固体废弃物的利用水平还很低,大部分采取填埋或堆放进行处理,这种处理不仅污染了环境,而且还占了大量的土地,对生态环境造成严重的破坏。有的固体废弃物还会影响到地下水的水质,对人体健康产生长期的危害。1985 年全国部分省为处理工业生产产生的锅炉渣、粉煤灰和高炉渣就占地 18188.25 万平方米(23 个省市)。由此可见,减少工业固体废弃物的生产量不仅可以减少对环境的污染,而且还可以节省大量的土地资源,这对耕地资源相对贫乏的我国有十分重要的意义。我们开发的“煤净化燃烧”新技术将净化燃烧后的生成物产品化不仅减少了对环境污染,提高了经济效益,而且还减少了用于堆放或填埋的土地资源,是一举数得的新创举。

四、“煤净化燃烧的同时生成物产品化”创新技术对环境改善分析

“煤净化燃烧的同时生成物产品化”是中国科学院朱雪芳教授发明的一项专利技术,其中《“一炉两用”同时出热和生产水泥熟料的方法、产品、设备及应用》在国际上申请了 PCT,国内外(包括美国在内)的 25 个国家和地区的发明专利。该项技术是边缘交叉学科的最新科研成果,它把燃煤电力工业和水泥工业以及环境保护工程有机地结合起来。在电厂燃煤锅炉无需任何改动、耗煤量不需增加,并在保证锅炉安全运行、正常供热发电的前提下,在燃煤中加入“AMC”掺烧剂,将全部煤灰及煤中大部分硫于炉内直接转化为优质贝利特硅酸盐水泥熟料,并可降低 NO_x 和 CO_2 的排放量。可以同时根治燃煤电力工业和水泥工业两大工业污染源,将污染物全部直接转化为高附加值产品,是可持续发展的高科技项目,是我国环境保护工作需要开发和推广的最新科研成果。

该技术的特点可归纳为以下几点:

1. 提高热效率,一般水泥窑炉的热效率仅为 28~55%,

院士论坛

使用该技术的锅炉的热效率达 90% 以上。

2. 降低残碳, 残碳量由现在的 3~15% 降至 2% 以下, 燃无烟煤的可由 20~35% 降至 3% 以下。产品含碳量降低 70~90%。缩短了燃烧时间, 提高了煤灰活性, 微珠富集和细化, 促进粉煤灰的全部高效利用。可节煤 6~10%。

3. 降低炉温, 炉膛出口烟气温度可降低 100~500℃, 从而减少了 NO_x 的排放量。该技术还消除了水泥窑炉的烟气排放量, 仅水泥熟料生产就减少三分之一 CO_2 的排放。

4. 固结增湿脱硫效率高, 无二次污染, 脱硫效率可达 90% 以上。

5. 投资低, 可在 1~3 年 (包括建设期) 内收回成本。

6. 保证燃煤锅炉正常发电的同时生产优质水泥熟料。

该技术已在吉林和河南两省开展试点工程, 取得了很好的社会、经济和环境效益。为了配合北京市的大气污染控制工程, 在北京市委、市政府和华北电力集团公司以及首钢集团公司领导的大力支持下, 将在北京一家电厂和首钢建材化工厂建设“煤净化燃烧的同时生成物产品化”的生产项目。“煤净化燃烧的同时生成物产品化”技术是一项新型的固结脱硫技术, 是根治大气污染与改善环境的新技术, 有很高的推广价值, 必将对我国环境保护事业作出积极的贡献。

若将“煤净化同时生成物产品化”技术在我国或世界普遍推广, 将会产生非常好的环境效益和社会效益。以利用该技术全国每年生产 4.5 亿 t 水泥、全世界年产 15 亿 t 水泥为基准, 与传统的窑炉外分解窑工艺相比较, “煤净化同时生成物产品化”技术工艺对环境保护的贡献是巨大的。它可以根治电厂全部粉煤灰渣污染, 就全国而论每年可以根治粉煤灰

污染物 2.4t 吨, 全世界将根治 8 亿吨粉煤灰渣。掺烧“AMC”不仅使电厂锅炉的燃煤燃烧后残碳降低 70%~90%, 提高了燃烧效率, 而且还可以脱去烟气中的大部分硫 (70%~90%), 从而大大减少了二氧化硫的排放量, 减轻了对大气的污染和酸雨污染现象。由于燃烧温度显著降低, 同时也将大大减少了氮氧化物的排放量。利用燃煤净化技术替代传统的水泥生产工艺, 可以停建或改建传统工艺的水泥厂, 从而可根治水泥厂烟气和粉尘的污染, 尤其是氮氧化物的污染。

我国已公布了酸雨控制区和二氧化硫控制区 (简称两控区), 如何实现两控区的控制指标是各地方政府面临的一项紧迫和棘手的任务, “燃煤净化同时生成物产品化”无疑为他们提供了实用经济的控制手段。

我们曾就我国两控区进行了深入的研究, 利用我们建立的酸性污染物传输扩散模式, 对利用该技术 (脱硫效率大于 85%) 前和利用该技术后的我国二氧化硫浓度和硫酸盐气溶胶的分布做过情景分析计算, 图 1 给出 1993 年采用“煤净化燃烧的同时生成物产品化”技术前 (图 1a) 后 (图 1b) 硫酸盐粒子浓度分布。由图可见, 在没有采用“煤净化燃烧的同时生成物产品化”新技术时, 1993 年我国地面硫酸盐浓度相当高, 最高值出现在四川盆地及其周边地区 (大于 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$), 我国东部地区硫酸盐粒子浓度普遍高于 $1.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。如果采用了“煤净化燃烧的同时生成物产品化”新技术, 我国大气环境质量将会有较大的改善。硫酸盐气溶胶粒子浓度的高值区虽然仍然位于四川盆地及其周边地区, 但最高值却低于 $4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。全国的硫酸盐气溶胶粒子浓度普遍低于 $0.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

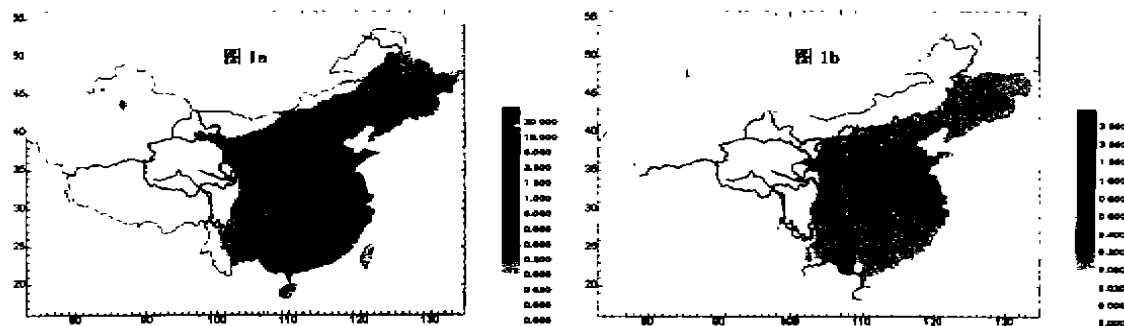


图 1 1993 年采用“煤净化燃烧同时生成物产品化”技术前后地面硫酸盐粒子浓度分布 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

图 2 给出了 1993 年冬季硫酸盐气溶胶粒子产生的辐射强迫。可以看出, 在未使用该技术的情况下, 辐射强迫可达 $-6.7\text{W}/\text{m}^2$, 最高值位于四川盆地及其周边地区和山东半岛一带。如果普遍推广该技术, 辐射强迫将明显降低 (最大为 $-3.7\text{W}/\text{m}^2$), 全国其它地区的辐射强迫也有较明显的降低。从而减轻了硫酸盐气溶胶对气候的影响。

图 3 给出了 1993 年夏季硫酸盐气溶胶粒子产生的辐射强迫。夏季的辐射强迫明显小于冬季。在未使用该技术的情况下, 辐射强迫的最高值为可达 $-3.7\text{W}/\text{m}^2$, 最高值位于四川盆地及其周边地区和山东半岛一带。普遍推广该技术, 辐射强迫将明显降低 (最大为 $-2.4\text{W}/\text{m}^2$)。全国其它地区的辐射强迫也有较明显的降低。

通过以上分析, 可以认为“煤净化燃烧的同时生成物产品化”新技术不仅可以减少二氧化硫的排放, 改善大气环境质量, 而且还可以减少硫酸盐气溶胶的浓度, 从而减轻硫酸

盐气溶胶对气候的影响。是一项有利于实现我国两控区控制指标的使用技术。

对未来 2020 年和 2050 年的预测研究表明, 在我国的燃煤电厂和水泥制造厂普遍采用该技术之后, 未来 2020 年和 2050 年大气环境质量, 酸雨发展情况和二氧化硫排放状况将得到普遍改善, 对于现在污染比较严重的地区有望达到国家空气质量二级标准。同时由于脱硫效率的提高, 硫酸盐气溶胶的浓度大大减少, 对气候的辐射强迫影响随之而有所减少。图 4 给出了 2020 年能源规划的二氧化硫排放量的浓度分布, 可以看出, 在没有采用“煤净化燃烧同时生成物产品化”技术的情况下, 硫酸盐粒子浓度最大可达 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上, 硫酸盐主要分布在我国东部工业比较发达的地区。如果普遍推广“煤净化同时生成物产品化”技术, 硫酸盐粒子的浓度将大大降低, 两控区硫酸盐粒子的浓度最高值不超过 $3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。图 5 给出“煤净化燃烧同时生成物产品化”技术推广前

后 2050 年由于硫酸盐气溶胶产生的对太阳辐射的强迫, 同样说明“煤净化燃烧同时生成物产品化”技术是实现我国两

控区控制管理目标的最实用经济有效的技术手段, 有很好的推广价值和很高的经济效益。

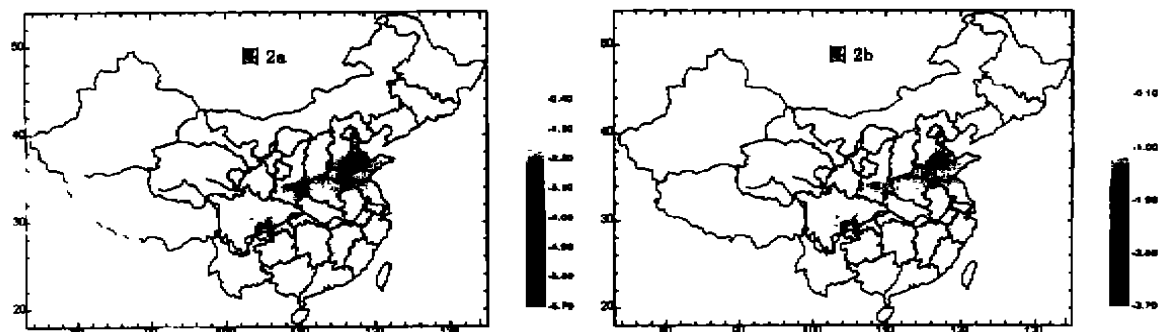


图 2 1993 年冬季采用该技术前(a)后(b)硫酸盐气溶胶引起的辐射强迫分布($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

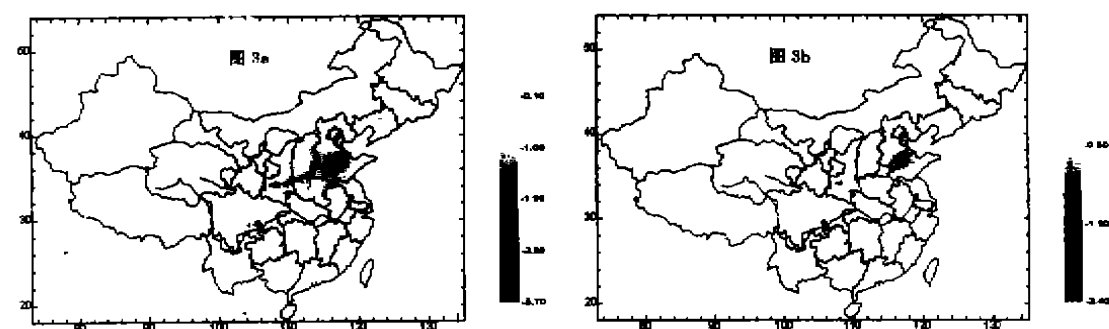


图 3 1993 年夏季采用该技术前(a)后(b)硫酸盐气溶胶引起的辐射强迫分布($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

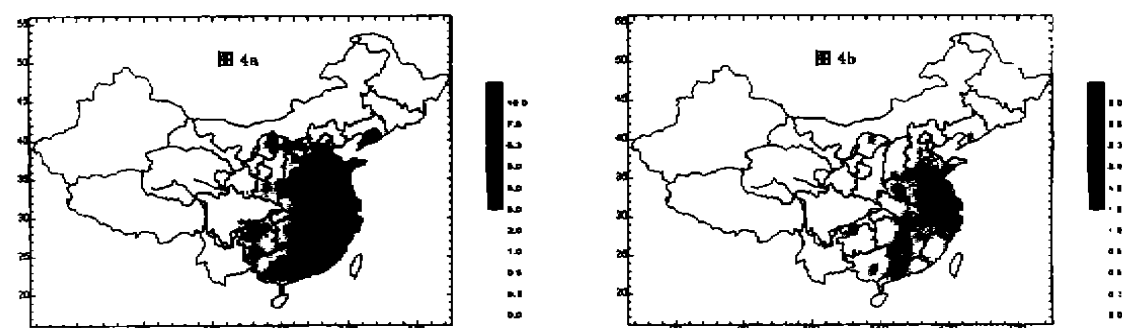


图 4 a 和 b 分别为 2020 年采用该技术前后地面硫酸盐粒子浓度分布($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

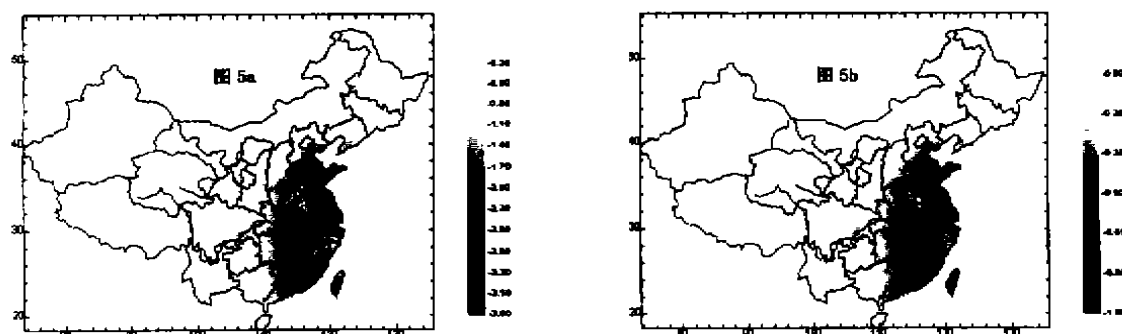


图 5a 图 5b 分别为 2050 年采用该技术前后硫酸盐气溶胶的辐射强迫(W/m^2)

院士论坛

通过研究可以看出,“煤净化燃烧的同时生成物产品化”技术是解决大气污染和改善环境的一项高新技术,是配合实施我国两控区控制目标最好的技术支持。是一项集节约能源、改善环境、提高效益和造福人类的新工艺和新技术。它创造性地解决了长期困扰我国环境保护部门的大气污染和固体废弃物污染环境的一个重大问题,不仅在技术上处于国际领先地位,而且特别适合我国的实际国情的需要,具有很好的推广前景和应用价值。

参考文献

- [1]朱雪芳.煤净化燃烧的同时生成物产品化.中国工程学报,1999
- [2]国家统计局编.1997中国统计年鉴,北京:中国统计出版社,1997
- [3]国家环境保护局等.中国跨世纪绿色工程规划.第一期(1996—2000年),北京:中国环境科学出版社,1996
- [4]国家工业污染源调查办公室编.全国工业污染源调查评价与研究(分论).北京:中国环境科学出版社,1991
- [5]中国高等科学技术中心.中国酸雨及其控制,北京,1997
- [6]高庆先等.辐射强迫与气候变化研究.环境科学与技术,中国环境科学研究院论文集 1997.34—40
- [7]高庆先等.人为排放气溶胶引起的辐射强迫研究,环境科学研究,1998,11(1):5—9

The Application of New Technique of “Clean Combustions of Coal and Its Production” and The Enhancement of Environment

Ph. D GAO Qingxian

Member of The CAE LIU Hongliang

Member of The CAE REN Zhenhai

(Center for Climate Impact Research of SEPA, Chinese Research Academy of Environmental Science, Beijing 100080)

Abstract: Based on the analysis of energy structure and energy conservation as well as air pollution status of China, we studied and analysed the improvement environment of the application of the new technique of “clean combustions of coal and its production”. The results indicated that the new technique of “clean combustions of coal and its production” is a practical and effective high technique of solving air pollution and improving environment. It is also the best technique support for implementation of “two control region” control targets. It is a new — aggregated technique of energy conservation, improving environment and increasing effective as well as benefiting humankind. Especially, it figures out the air pollution problems and solid waste pollution and environmental problems, which is a puzzle problem of Chinese environmental department. This new technique has all — right extending foreground and applicable value. The more extended of this technique, the more distinct of its macroscopical environment benefit.

Key words: air pollution, clean combustion of coal, two — control region, energy conservation



作者简介

高庆先(GAO Qingxian, 1962.5~),男,在职博士生。1985年毕业于南京气象学院,现在国家环境保护总局气候变化影响研究中心从事气候变化综合影响评估研究。先后发表科研论文数十篇。

刘鸿亮(LIU Hongliang, 1932.6~)(下图右),男,中国工程院院士,中国环境科学研究院研究员,环境工程学家。

任阵涛(REN Zhenhai, 1931.11~)(下图左),男,中国工程院院士,中国环境科学研究院研究员,大气环境学家。



(责任编辑:曙光)