

从典型行业排污演变 看环境库兹涅茨曲线形成机理

段 宁

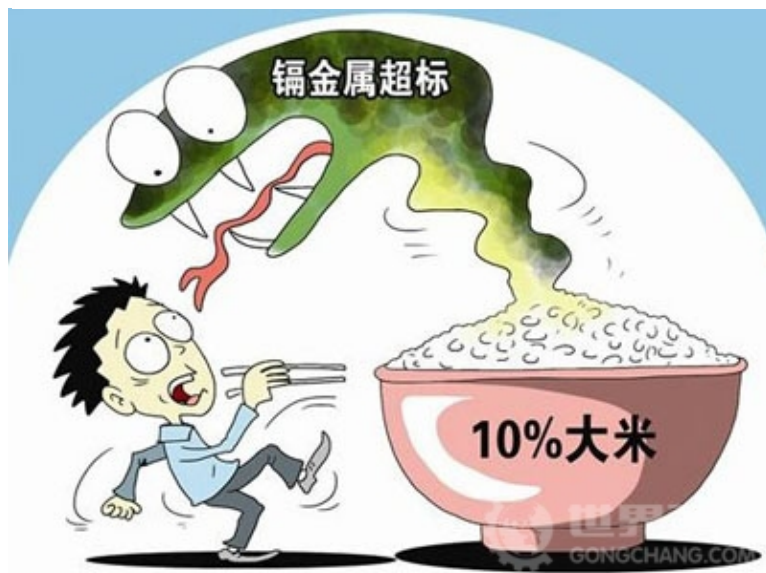
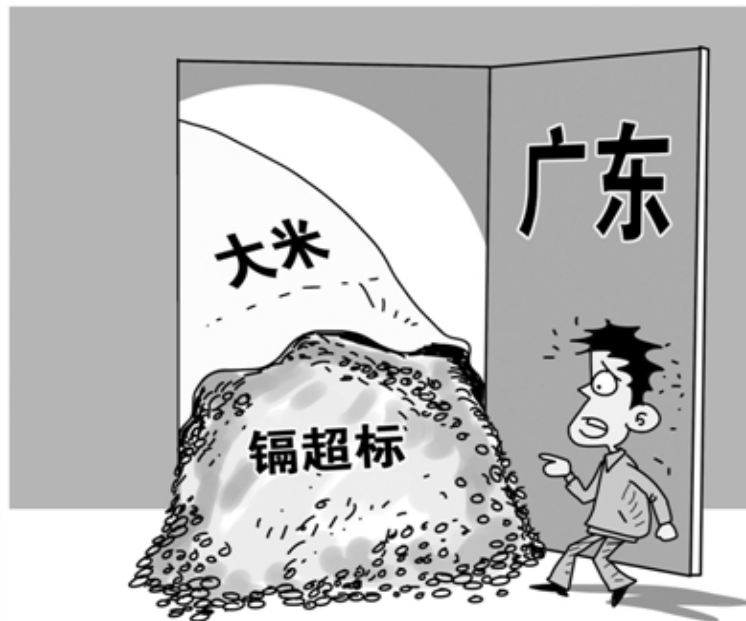
中国环境科学研究院

2017-10

- 1、清洁生产与末端治理缺一不可
- 2、清洁生产技术与末端治理技术削污能力分析
- 3、排污量的演变规律与形成机制

**我国自上世纪90年代淮河流域严重水污染事件爆发以来，
各类重大污染事件彼伏此起、接连不断；**

在水环境方面，有机物污染方兴未艾，富营养化即糜烂太湖、滇池，紧接着重金属水污染、水源地污染又肆虐各地；



广东镉大米

血铅污染

癌症村

大气环境方面，传统煤烟型污染尚未解决，硫化物污染即蔓延各市，近年来，由烟尘、粉尘、硫氧化物、氮氧化物、挥发性有机物等导致的细颗粒物PM2.5污染又全面爆发。



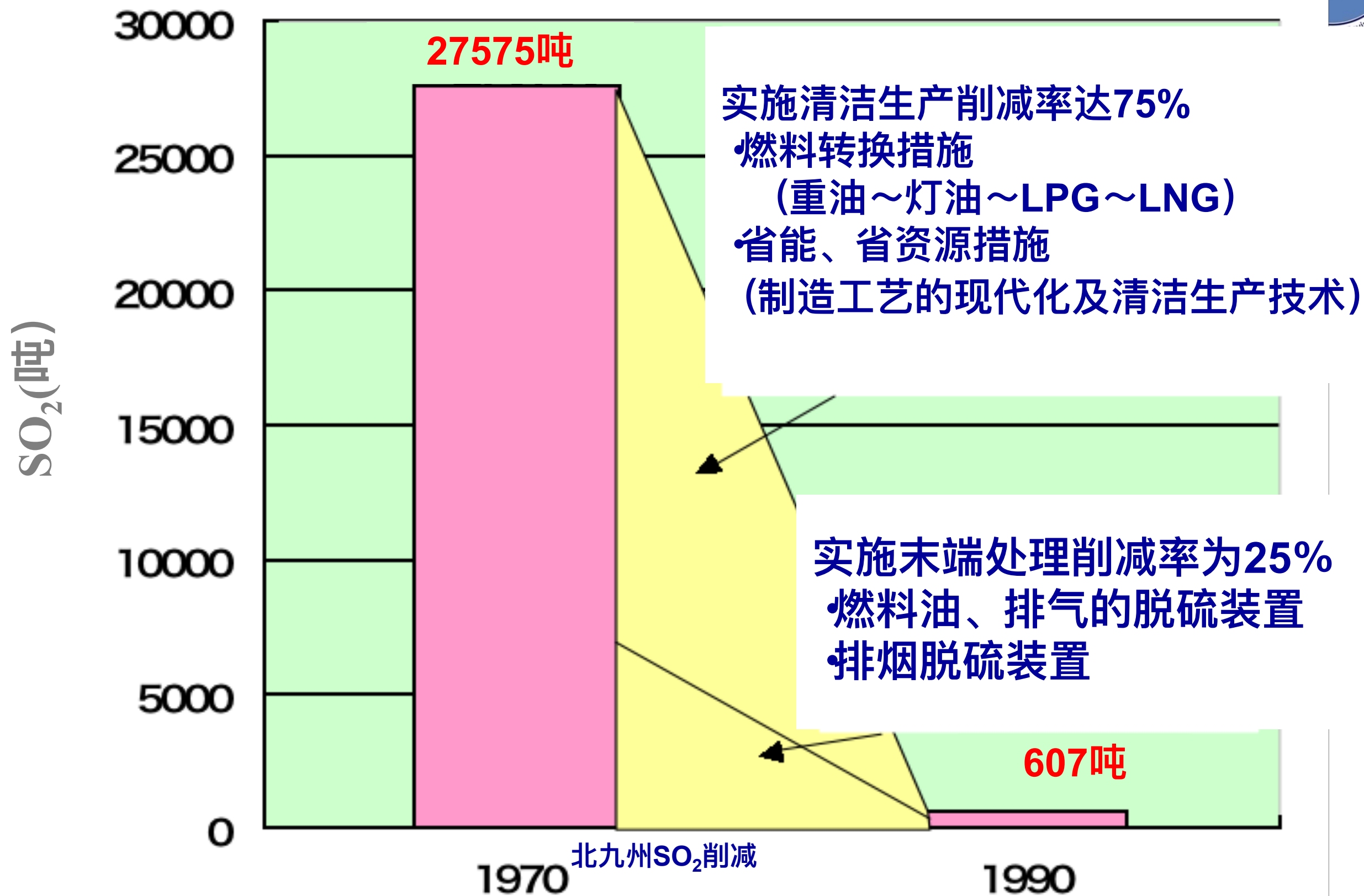
PM2.5

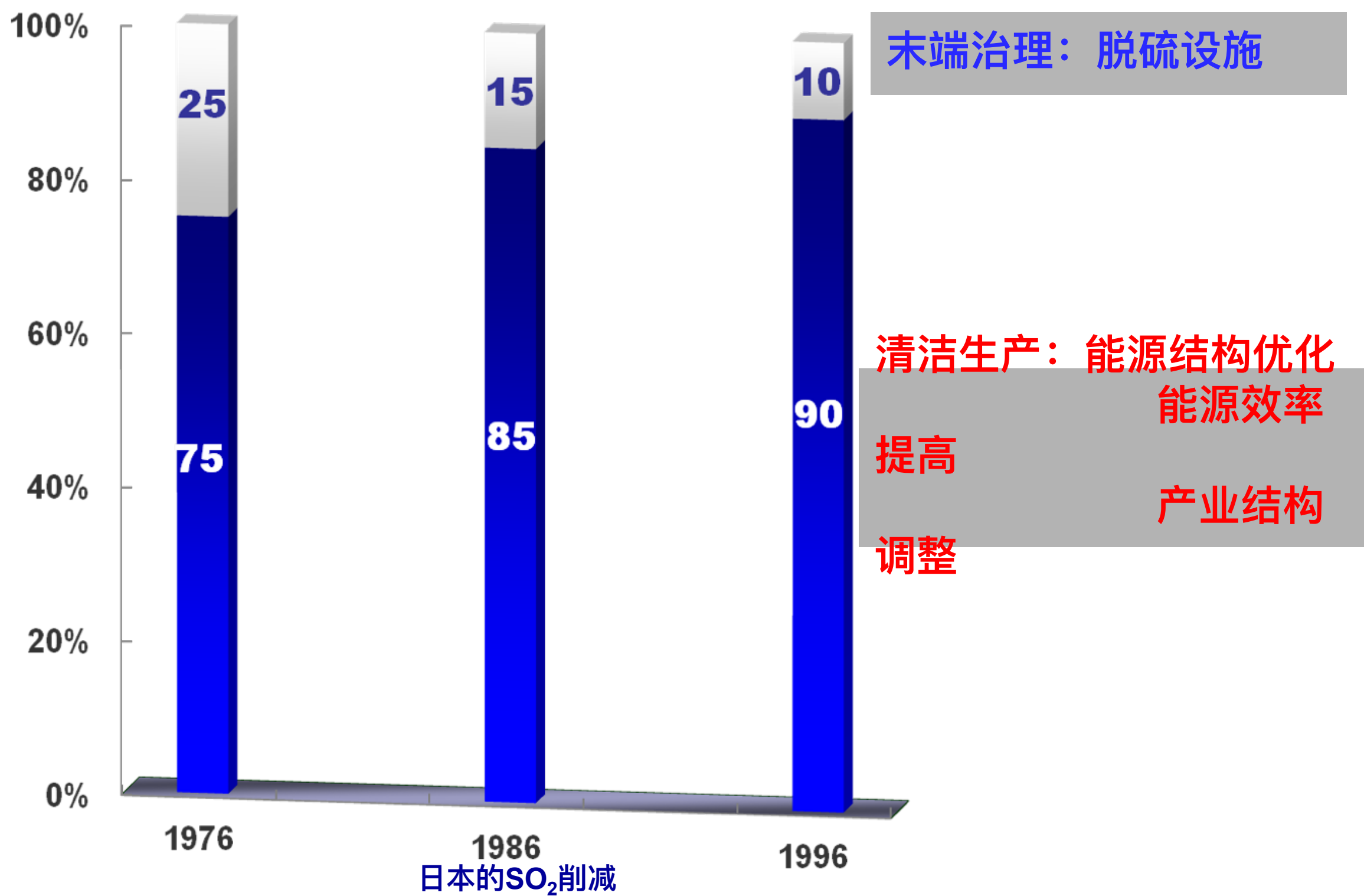
末端治理发挥了重要作用

截止2010年全国累计建成城镇污水集中处理设施2832座，其中十一五期间增加约2000座，日处理能力达到1.25亿立方米，污水处理厂实际建成投运规模超规划目标2000万吨（是规划目标的144%）——2010年COD排放量比2005年下降**12.45%**。

➤ 全国累计建成投运燃煤电厂脱硫设施5.78亿千瓦，其中十一五期间增加5.32亿千瓦，建成投运的燃煤电厂脱硫设施超规划目标1.77亿千瓦（是规划目标的150%）——2010年SO₂排放量比2005年下降**14.29%**。

发达国家清洁生产削污贡献





清洁生产与末端治理 相辅相成，缺一不可

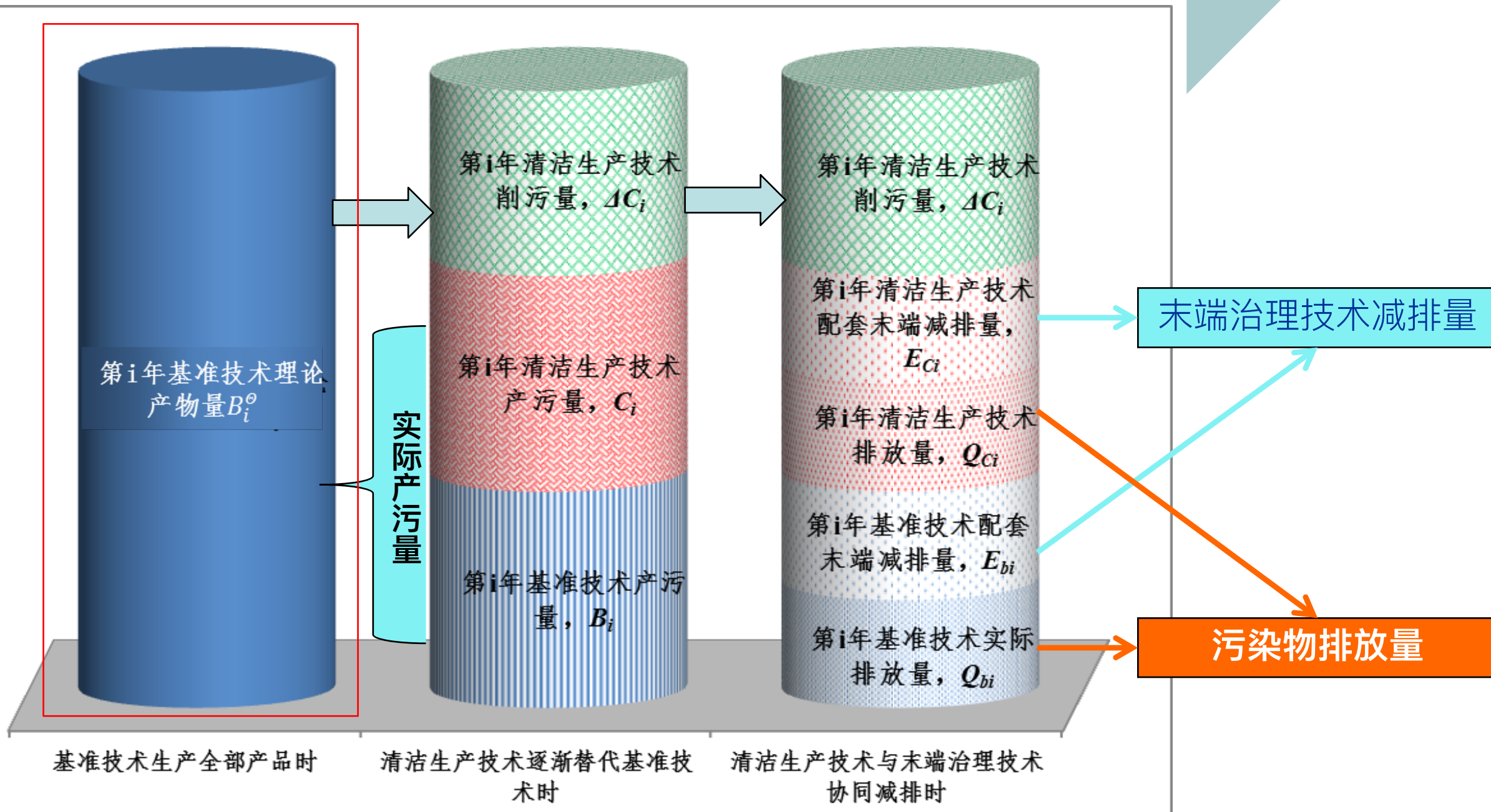
- 1、清洁生产与末端治理缺一不可
- 2、清洁生产技术与末端治理技术削污能力分析
- 3、排污量的演变规律与形成机制

2.1 减排效果分析模型

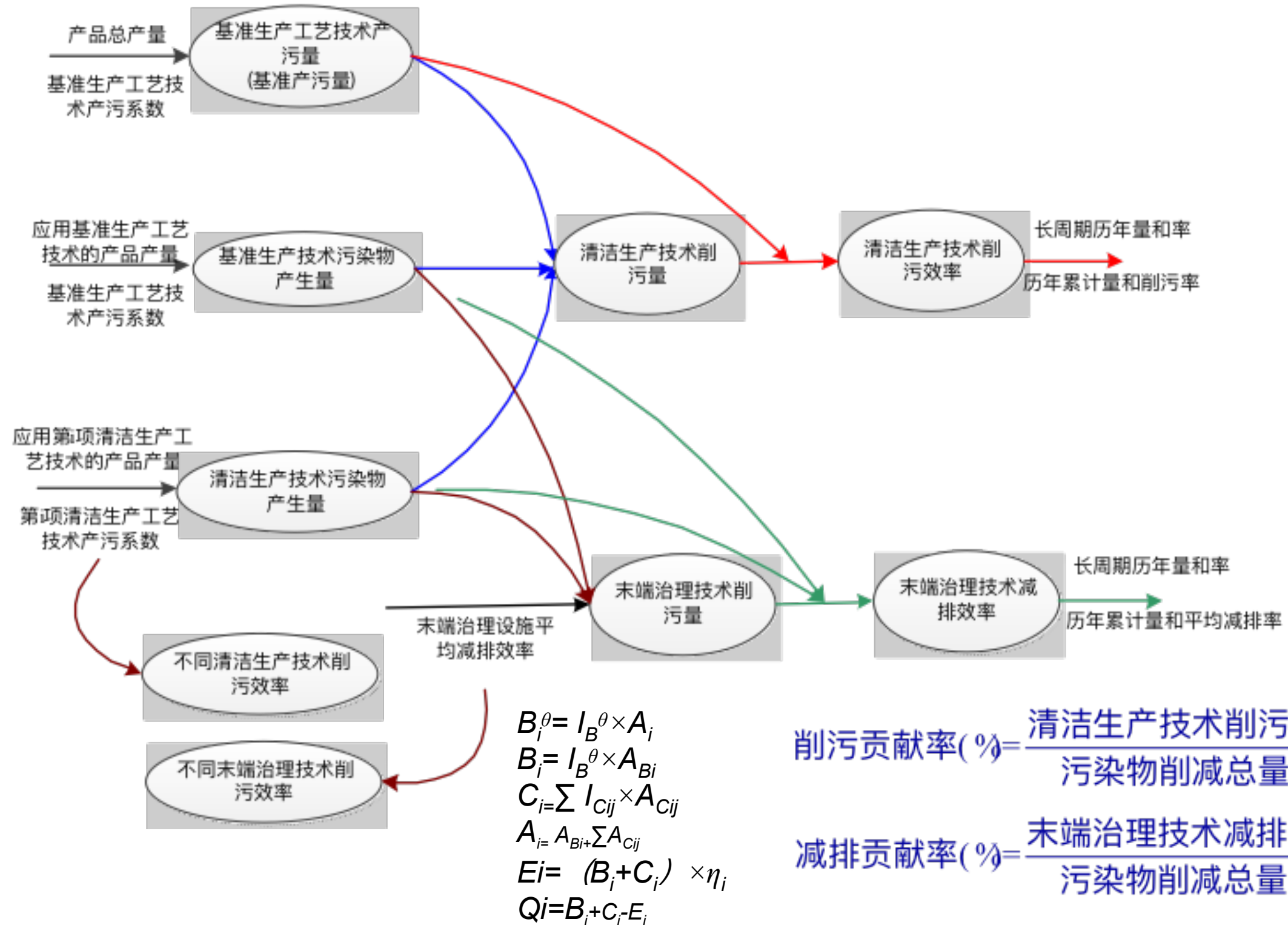
理论产污量
(基准技术)

清洁生产技术削污量
实际产污量
(清洁生产技术和基准技术)

清洁生产技术削污量
末端治理技术减排量
污染物排放量



2.2 减排效果计算方法



2.3 典型行业清洁生产技术与末端治理技术

火电行业清洁生产技术

技术名称	发电标准煤耗(g/kW.h)	SO ₂ 产生强度(g/kW.h)	SO ₂ 削减率(g/kW.h)
低温低压 (基准)	670	17.4	基准技术无削减率
中温中压	500~525	13.64	22%
高温高压	364~415	10.91	37%
高温超高压	315~320	8.44	51%
亚临界	300	8.05	54%
超临界	290	7.53	57%
超超临界	274~270	7.27	59%

火电行业末端治理技术

技术名称	市场占有率	设计脱硫效率
石灰石-石膏湿法	90%	>90%
旋转喷雾半干法	8%	80%
海水脱硫法	较少	>90%
电子束法	较少	90%
炉内喷钙增湿法	2%	65%~80%
循环流化床法	较少	85%~90%

制浆造纸行业清洁生产技术

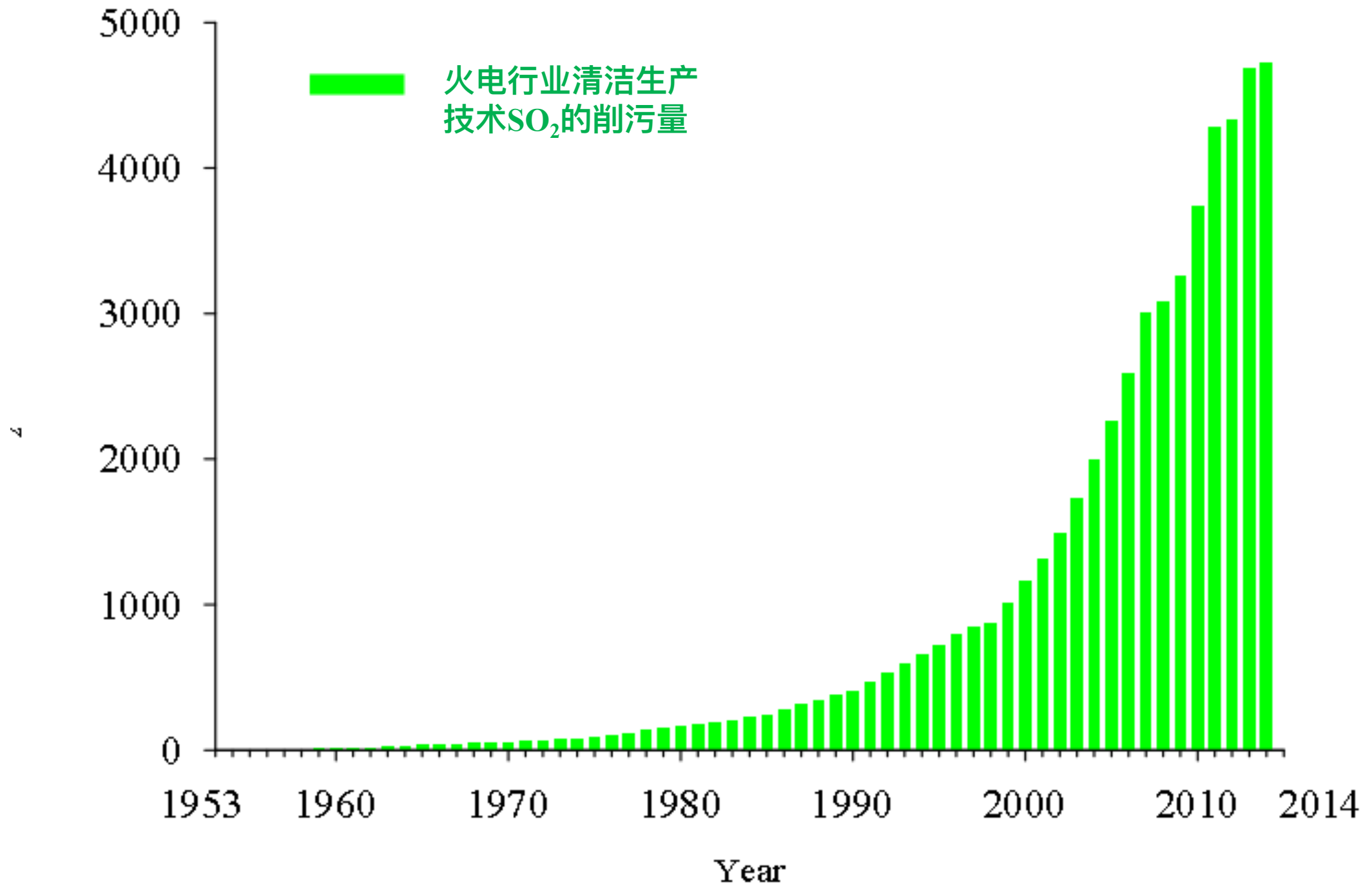
技术类别	技术名称	COD产生强度 (kg/t)	COD削减率
基准技术	化学浆法	1350	-
清洁生产技术	硫酸盐法+碱回收	188.5	86%
清洁生产技术	烧碱法+碱回收	188.5	86%

制浆造纸行业末端治理技术

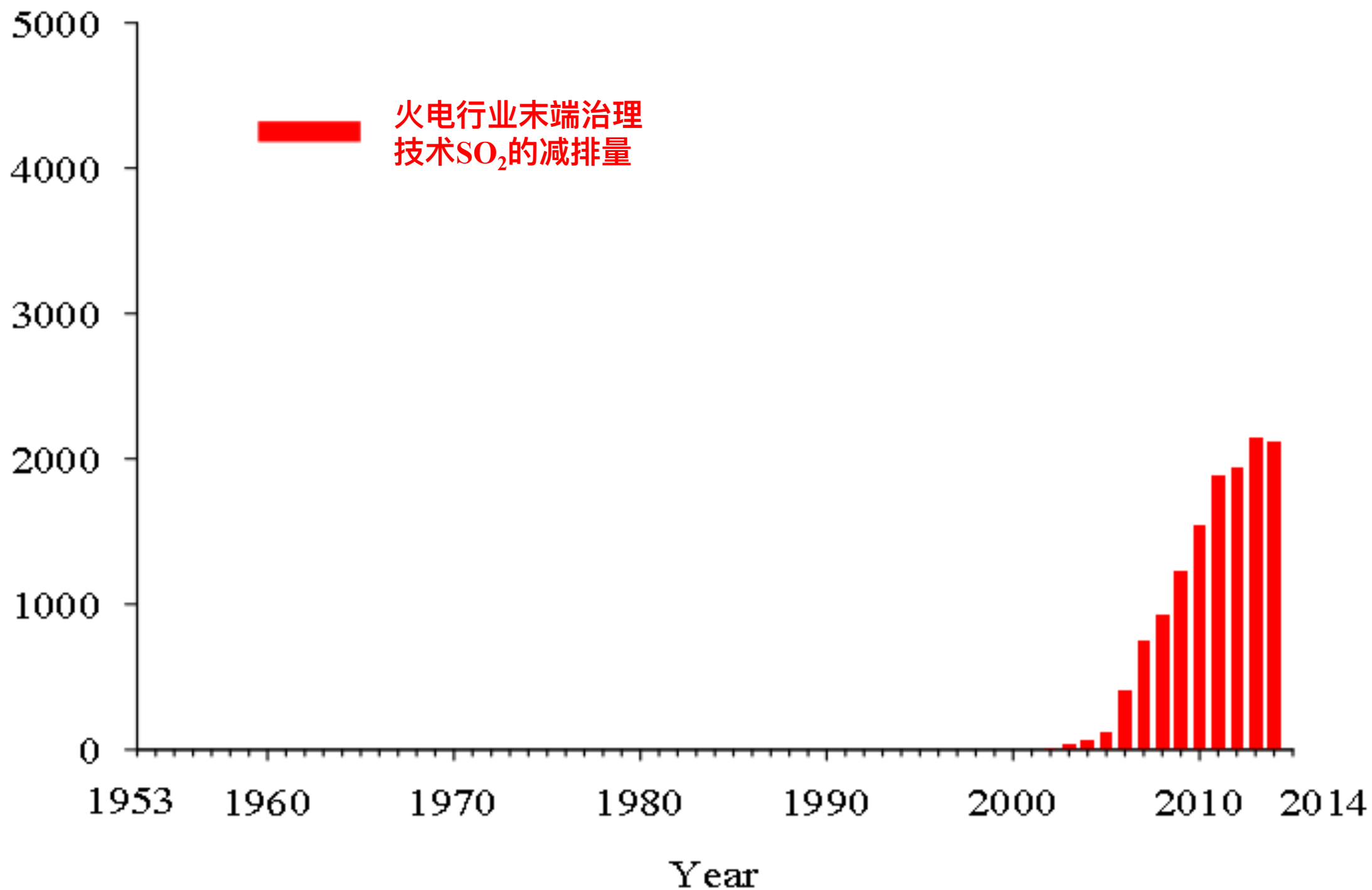
技术名称	COD去除率
二级生化处理技术	>80%
二级生化+三级化学徐凝	>90%
二级生化+Fenton处理技术	>95%

典型行业削污量与减排量计算结果

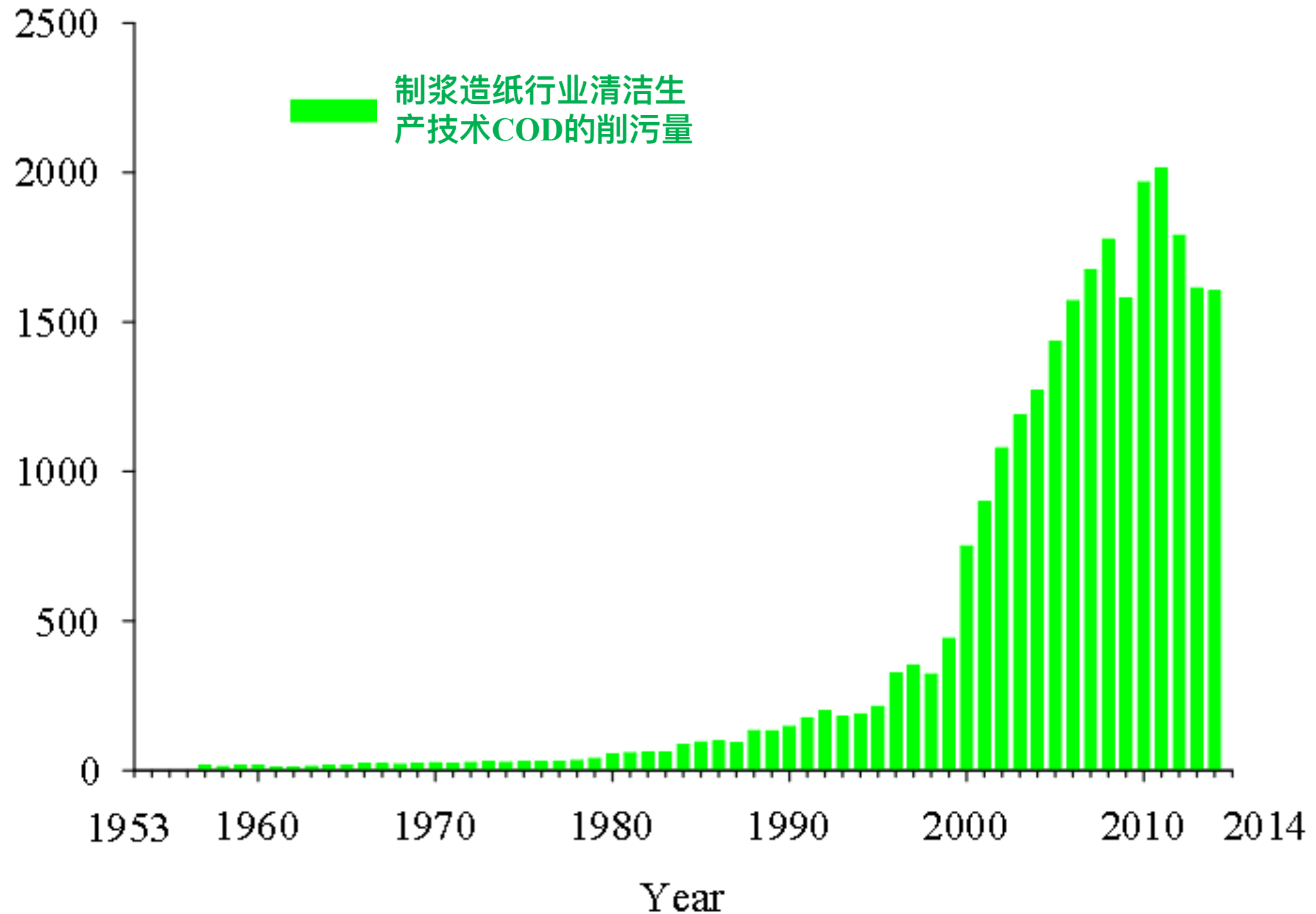
(1) 火电行业清洁生产技术削污量



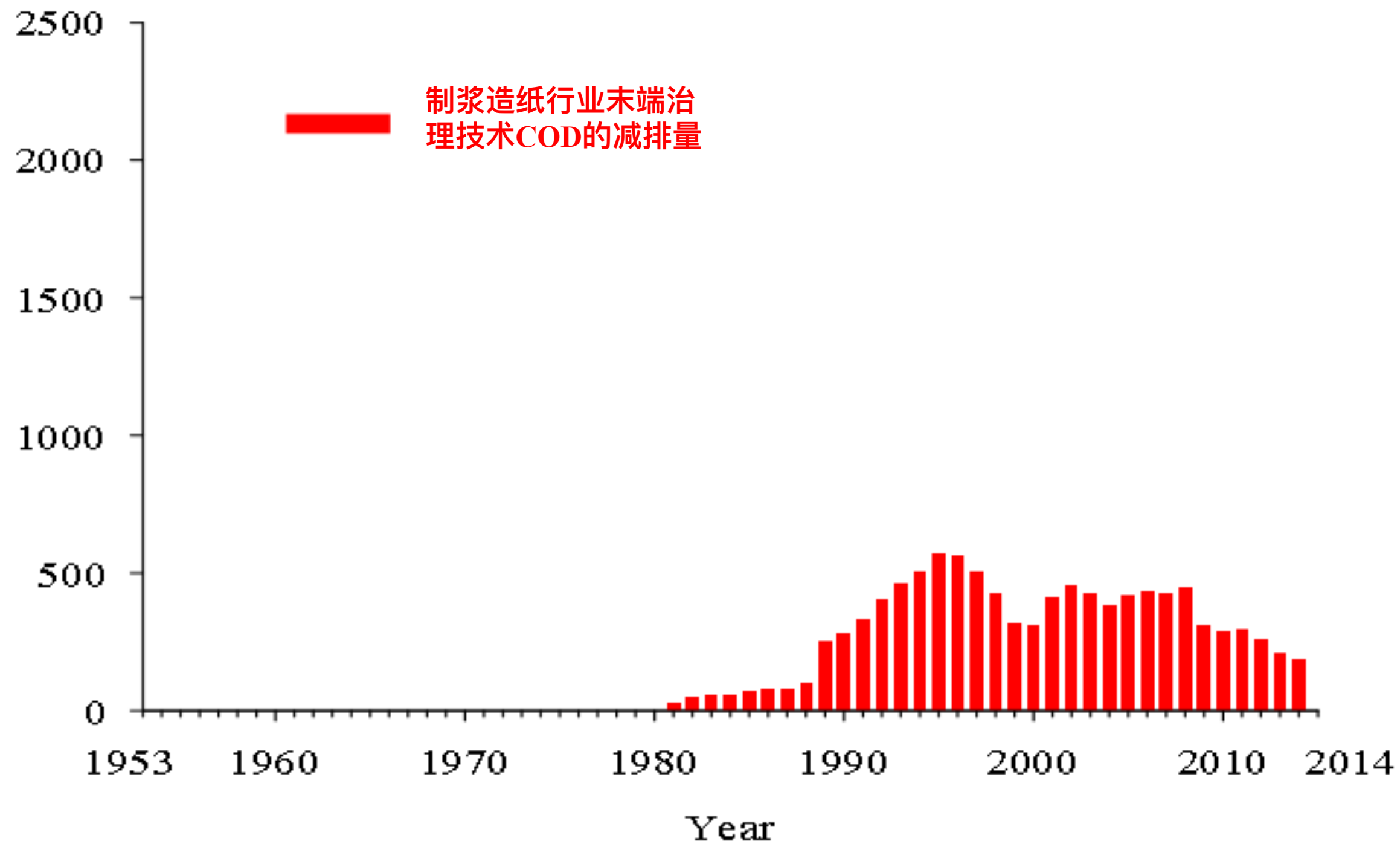
火电行业末端治理技术减排量



(2) 制浆造纸行业清洁生产技术削污量



制浆造纸行业末端治理技术减排量



削污量与减排量计算结果

一、火电行业

1. 火电行业清洁生产技术的SO₂削减总量（54138 万吨）远大于末端治理技术（13101万吨），清洁生产技术的SO₂削减总量是末端治理技术的4.1倍；
2. 在62年长周期下，火电行业清洁生产技术累计削污贡献率为58.9%、末端治理技术累计减排贡献率为14.2%；
3. 2014年二者对应的贡献率分别为64.1%和28.8%。

二、制浆造纸

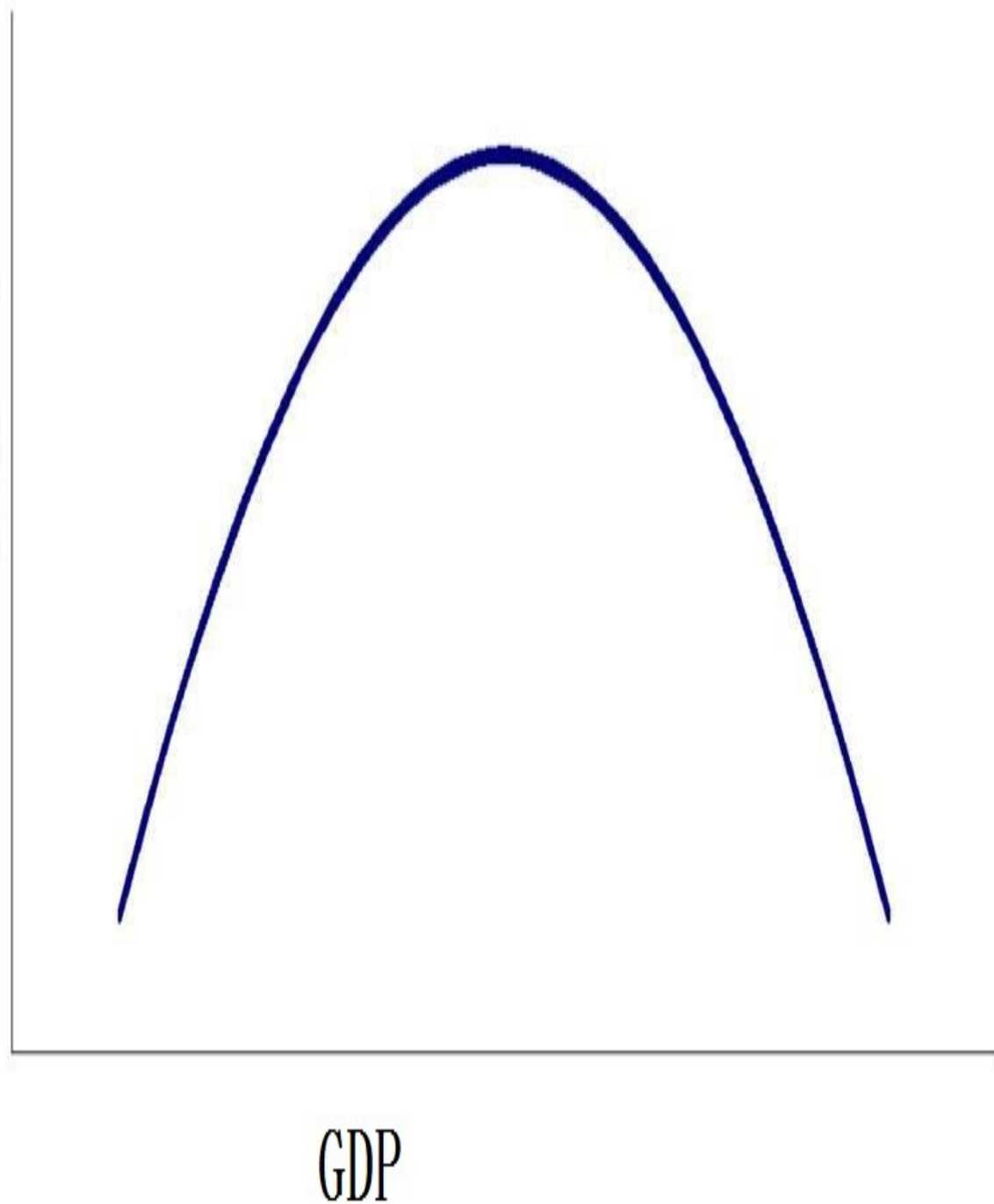
1. 造纸行业化学浆制浆过程清洁生产技术的COD削减总量（26068万吨）远大于末端治理技术（10298万吨），清洁生产技术的COD削减总量是末端治理技术减排总量的2.53倍。
2. 在62年长周期下，制浆造纸过程清洁生产技术累计削污贡献率为47.2%、末端治理技术累计减排贡献率为18.7%；
3. 2014年二者对应的贡献率分别为88.8%和10.1%。

- 1、清洁生产与末端治理缺一不可
- 2、清洁生产技术与末端治理技术削污能力分析
- 3、排污量的演变规律与形成机制

环境库兹涅茨曲线：

当一个国家经济发展水平较低的时候，环境污染的程度较轻，但是随着人均收入的增加，环境污染由低趋高，环境恶化程度随经济的增长而加剧；当经济发展达到一定水平后，也就是说，到达某个临界点或称“拐点”以后，随着人均收入的进一步增加，环境污染又由高趋低，其环境污染的程度逐渐减缓，环境质量逐渐得到改善。

环境退化



发达国家环境“拐点”

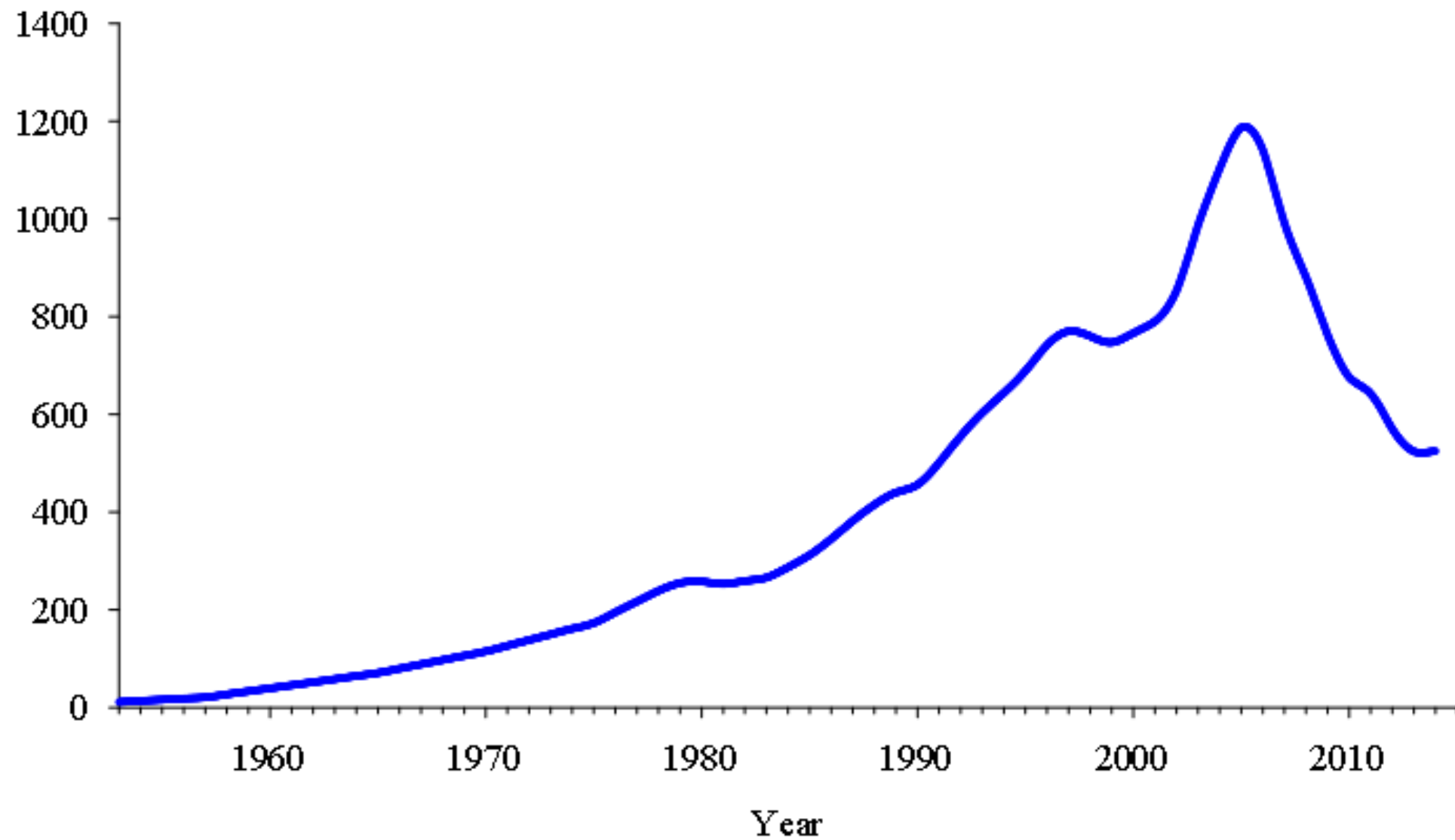
主要发达国家大气污染物排放峰值时点比较

污染物	国别	峰值			当前排放量 (万 t)	降幅 (%)
		时间	人均 GDP (美元)	排放量 (万 t)		
SO ₂	美国	1974	7242	2714	510 (2012 年)	81.3
	英国	1968	1896	637	31 (2014 年)	95
	欧盟	1970s	7240	—	—	—
	日本	1976	5111	500	94 (2012 年)	—
NO _x	美国	1994	27777	2301	1116 (2012 年)	56
	英国	1989	15757	287	95 (2014 年)	67
	欧盟	1990s	15348	—	—	—
	日本	2002	31236	215	163 (2012 年)	24
VOCs	美国	1970	5247	2748	1328 (2012 年)	48.2
	英国	1990s	18633	270	82 (2014 年)	70
	欧盟	1990	15348	—	—	—
	日本	1990	25124	194	154 (2012 年)	21

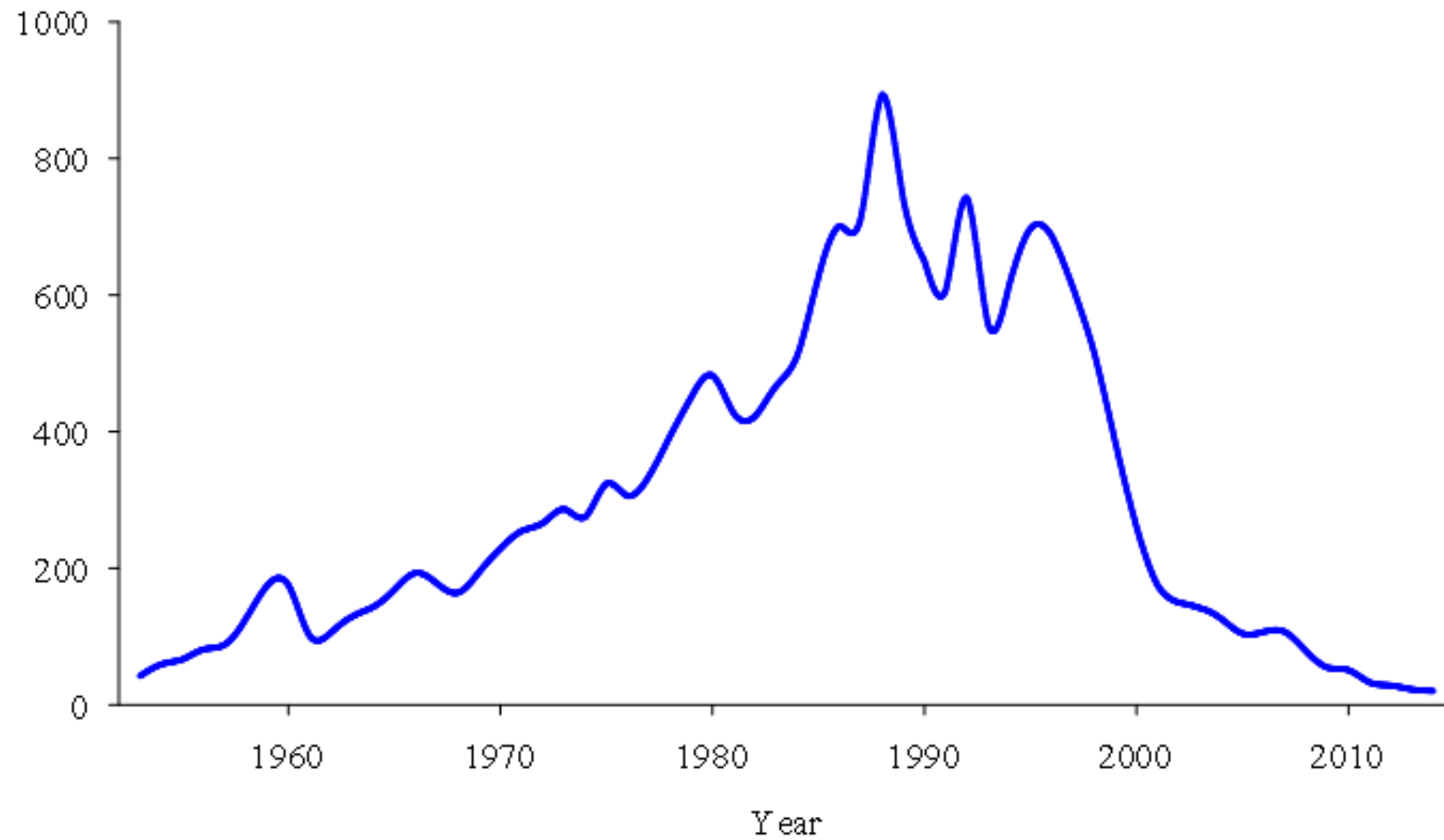
数据来源: (1) 美国污染物排放数据来自美国环保局 (EPA); (2) 英国数据来自英国环境、食品和农村事务署 (DEFRA); (3) 欧盟和日本数据来自 OECD 数据库 (<https://data.oecd.org>)。英国、美国数据根据短吨 (Short ton) 换算得到。

3.1 典型行业污染排放变化规律

(1) 火电行业SO₂排放规律

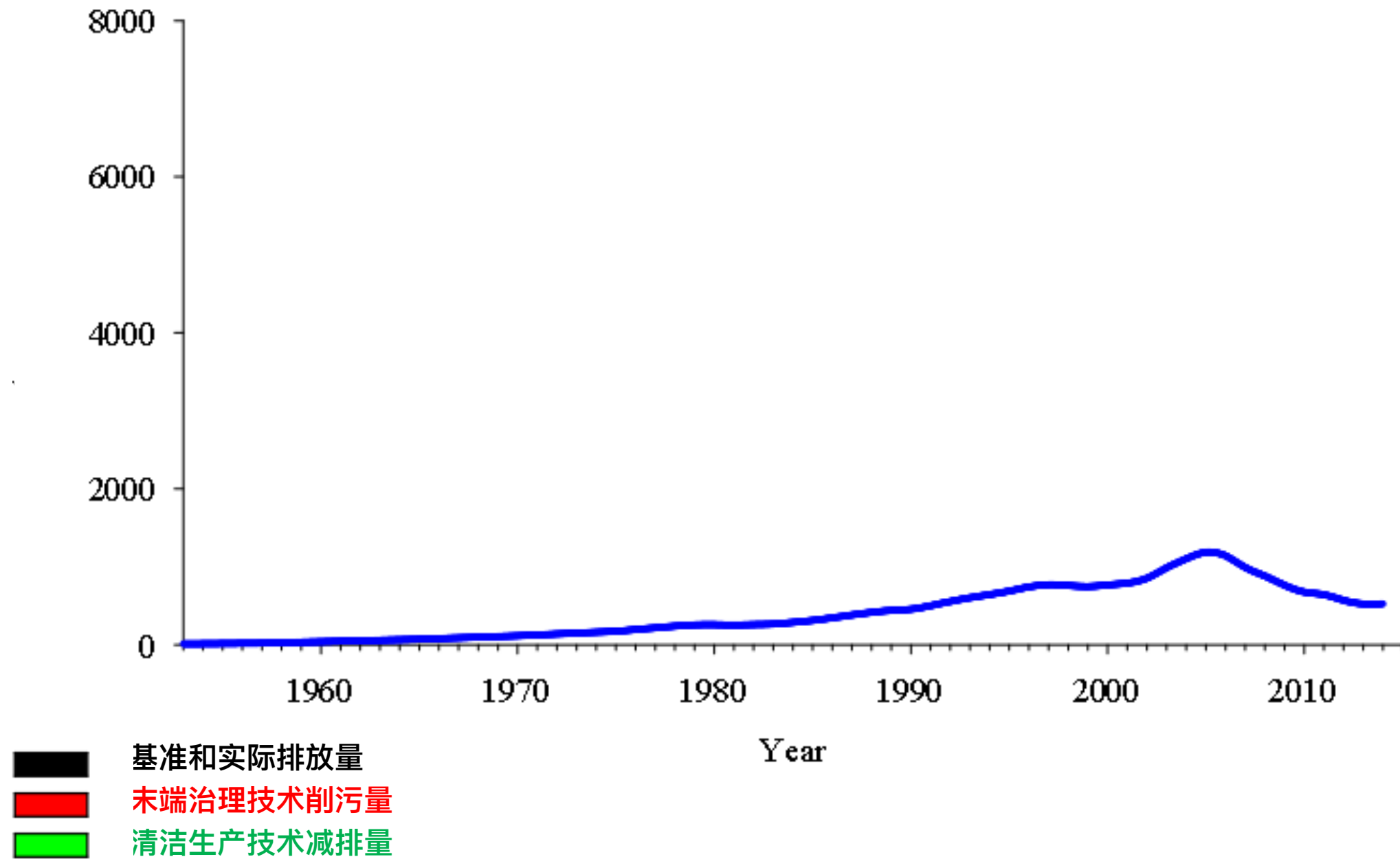


(2) 制浆造纸行业COD排放规律



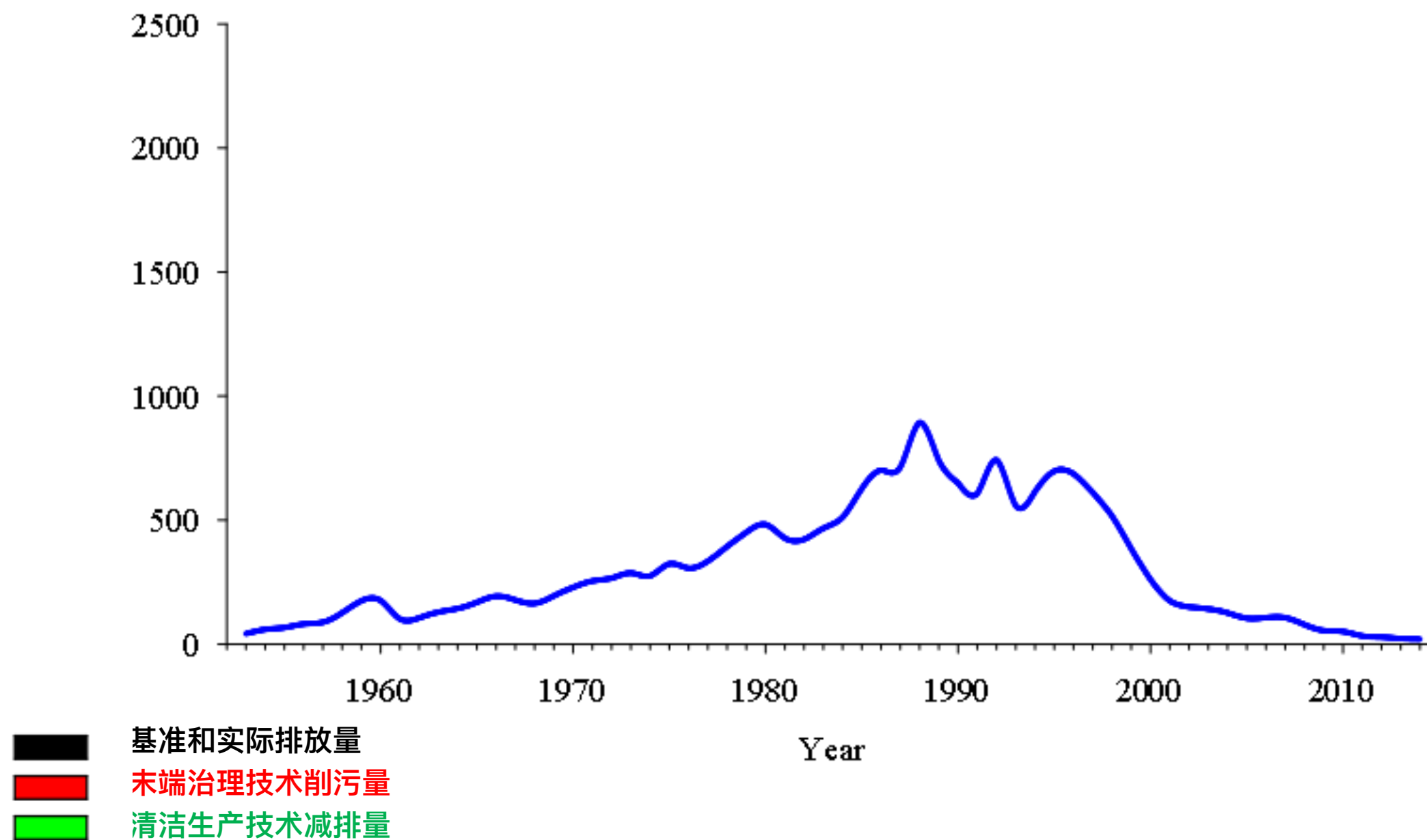
3.2 典型行业污染削减规律的形成机制

(1) 火电行业SO₂削减演变规律与形成机制



(2) 制浆造纸行业COD削减演变规律与形成机制

洁



谢谢!