

# 中国甲烷排放现状<sup>\*</sup>

张仁健 王明星 李晶 杨昕 王秀玲

(中国科学院大气物理研究所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室, 北京 100029)

**摘要** 介绍了1990年和1994年我国甲烷排放源估算工作。首先, 对1990年的甲烷排放源进行了收集和完善, 尤其是对1990年城市垃圾甲烷排放源重新做了计算; 其次, 根据最新研究资料, 对1994年的甲烷排放源重新作了计算; 最后把1994年甲烷排放与1990年进行了对比。研究表明, 中国1990年和1994年甲烷排放分别为  $30.92 \times 10^6$  t 和  $32.91 \times 10^6$  t, 分别约占当年全球总排放的5.9%和6.1%, 其中, 采煤、油气领域泄漏、反刍动物与动物粪便、垃圾填埋等甲烷排放有所增大, 而生物质燃烧、稻田甲烷的排放有所减少, 农村堆肥中的甲烷排放变化不大。

**关键词** 甲烷 排放源 稻田

## 1 引言

甲烷是除二氧化碳以外的最主要的温室气体之一, 甲烷在大气中的浓度在过去100多年里增大了1倍多, 在过去20年中以平均每年0.9%的惊人速度增长, 远远高于二氧化碳浓度的增长值。大气甲烷的快速增长趋势引起了各国政府和科学家的重视。

从1992年到现在, 在有关国际组织的资金和技术的支持下, 中国政府先后组织了中国科学院大气物理研究所、中国国家计委能源研究所、清华大学环境工程系和中国农业科学院农业气象研究所等单位的有关专家, 开展了多项有关气候变化方面的研究, 如: 由国家科委和亚洲开发银行共同完成的《中国的全球气候变化国家对策研究》<sup>1)</sup>; 由国家环保总局和世界银行共同完成的《中国温室气体控制的问题与对策》; GEF项目的分报告之一《1990年中国温室气体控制源与汇估算》<sup>2)</sup>以及由国家科委等完成的《气候变化国家研究》<sup>3)</sup>等。这些研究在内容上都不同程度地涉及到中国目前二氧化碳和甲烷这两种温室气体排放量估算工作。本文在以上工作的基础上, 对1990年甲烷排放源进行了总结和完善, 其中对城市垃圾的甲烷排放重新作了计算, 选择了更适合我国的排放因子, 并根据最新统计资料和研究成果, 对1994年甲烷排放量重新作了计算, 其中稻田甲烷排放的采用了改进后的稻田甲烷排放模式。

1998-10-06收到, 1998-11-27收到修改稿

<sup>\*</sup> 本研究得到了攀登项目“气候动力学和气候预测理论”(攀登95-预-21)的支持

1) 中国国家科委社会发展科技司, 1994, 亚行项目“中国的全球气候变化国家研究对策研究”最终报告。

2) 郝吉明、徐德利等, 1995, GEF项目“1990年中国温室气体源与汇估算”(英文版)

3) 气候变化国家研究专家组, 1996, “气候变化国家研究”最终报告。

## 2 甲烷 1990 年和 1994 年排放量的估算

### 2.1 概况

甲烷排放源分非工业源和工业源, 非工业排放源主要有稻田、家畜、城市垃圾填埋以及农村堆肥等; 工业源有油气领域逃逸、生物质燃烧、采煤及矿后活动等。

非工业源甲烷排放主要来自稻田和家畜, 动物粪便和和城市垃圾次之, 农村堆肥甲烷排放很小。

在估算各种甲烷非工业源排放时, 采用了一套适合于中国实际情况的方法。稻田甲烷排放的估算方法与 OECD / IPCC 推荐的方法<sup>[1~3]</sup>相比有重大改进, 采用了完全由中国研制的稻田甲烷排放模式<sup>[4,5]</sup>。反刍动物和动物粪便甲烷排放的估算方法与 OECD / IPCC 推荐的方法类似, 但根据中国具体情况详细划分了种类, 对重要系数重新作了计算。估算城市垃圾填埋场甲烷排放量时, 通过对我国 46 个典型城市生活垃圾清运量的统计和调研, 采用了适合我国实际情况的排放系数, 结合城市的人口数, 初步确定按人口分担的排放量。

工业源甲烷排放主要来自采煤及矿后活动, 其次是生物质燃烧排放。油气领域的甲烷排放相对很小。计算方法主要参照 IPCC / OECD 方法<sup>[1~3]</sup>, 结合专家咨询确定排放因子。

### 2.2 稻田排放源

我国稻田甲烷排放在全球稻田甲烷总排放中占十分重要的地位。估算稻田甲烷排放的关键是获得有代表性的排放系数, 它依赖于稻谷品种, 土壤类型和理化特征、天气条件、灌溉管理和施肥管理等因素。我们在深入研究甲烷产生、氧化和传输机理的同时, 探讨了稻田甲烷排放与区域性气候和土壤类型的关系, 并以大量的实验为基础, 初步建立了一个描述稻田生态系统甲烷产生、氧化和排放过程的模式<sup>[4]</sup>。稻田生态系统甲烷排放模式的可靠性, 已经得到了田间实验结果的验证, 该模式已经被用于计算中国稻田甲烷排放的总量。

应用此模式, 并根据最新的统计资料<sup>[6,7]</sup>, 1994 年全国水稻种植面积约为  $30.17 \times 10^6$  ha, 比 1990 年的  $33.06 \times 10^6$  ha 有所减少。根据我们模式计算出的不同地区甲烷排放率和各地区不同水稻品种的种植面积, 计算出 1994 年中国稻田甲烷排放清单 (见表 1), 1994 年中国稻田甲烷排放总量为  $10.14 \times 10^6$  t (8.78~11.49 Tg)。在《气候变化国家研究》项目中, 我们算出的 1990 年我国稻田甲烷为  $11.17 \times 10^6$  t。1994 年的稻田甲烷排放比 1990 年小, 这主要由于 1994 年稻田种植面积减少引起。

表 1 1994 年中国稻田甲烷排放清单

| 稻田类型   | 面积 / ( $10^6$ ha) | 排放率 / ( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ) | 排放量 / ( $\text{Gg} \cdot \text{a}^{-1}$ ) |
|--------|-------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 早稻和单季稻 | 11.209            | 0.028~0.206                                                  | 1251.1~1591.1                             |
| 晚稻     | 8.4842            | 0.076~0.526                                                  | 2854.2~3567.9                             |
| 单季晚稻   | 6.0016            | 0.414~0.623                                                  | 2473.3~3401.0                             |
| 冬水田    | 1.5296            | 1.352                                                        | 1654.4~2274.8                             |
| 麦茬稻    | 2.947             | 0.069~0.245                                                  | 548.1~657.0                               |
| 总计     | 30.1714           |                                                              | 8781.1~11491.8                            |

### 2.3 农村堆肥排放源

在农村秸秆堆肥过程中, 秸秆在无氧的条件下分解产生甲烷。在秸秆堆肥过程中甲烷的产生受许多因素的影响, 例如温度、湿度、pH 值以及其它一些条件。在不同的条件下, 甲烷的产生率会有很大的变化。所以在不同的气候条件下, 堆肥中甲烷的排放率有很大的差别。为了增加计算的准确性, 将全国分为东北西北区、华北区、江南华南区和西南区 4 个地区, 分别计算各个地区的甲烷排放量, 从而推算出全国堆肥中甲烷的排放量, 我们用以下的公式计算:

$$\begin{aligned} \text{甲烷的排放量}(\text{Gg/a}) &= \text{粮食的总产量}(\text{Gg/a}) \times \text{秸秆的产率} \\ &\quad \times \text{秸秆用于堆肥的系数} \times \text{CH}_4 \text{ 的产生率}(\text{mg/Gg}) \end{aligned}$$

经计算得出, 我国 1994 年农村堆肥中甲烷的排放量为 0.018 Tg (见表 2), 比《气候变化国家研究》项目中估算的 1990 年排放 0.0185 Tg 略有减少, 这主要由于 1994 年的粮食产量有所减少。

表 2 1994 年农村堆肥中甲烷的排放

| 地区    | 年粮食产量 $A/\text{Gg}$ | 秸秆的产率 $B$ | 每年秸秆的产量 $C/\text{Gg}$ | 秸秆用于堆肥的系数 $D$ | 每年秸秆堆肥的总量 $E/\text{Gg}$ | $\text{CH}_4$ 的产生率 $F/(\text{mg} \cdot \text{Gg}^{-1})$ | $\text{CH}_4$ 的净排放量 $G/\text{Gg}$ |
|-------|---------------------|-----------|-----------------------|---------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 东北西北区 | 85458               | 1.2       | 102550                | 1/3           | 34183.3                 | $10 \times 10^6$                                        | 0.34                              |
| 华北区   | 144699              |           | 173639                |               | 57879.7                 | $60 \times 10^6$                                        | 3.47                              |
| 江南华南区 | 152963              |           | 183556                |               | 61185.3                 | $200 \times 10^6$                                       | 12.24                             |
| 西南区   | 61981               |           | 74377                 |               | 24792.4                 | $80 \times 10^6$                                        | 1.98                              |
| 总计    | 445101              |           | 534121                |               | 178044.4                |                                                         | 18.03                             |

注:  $C = A \times B$ ;  $E = C \times D$ ;  $G = E \times F$

### 2.4 城市垃圾填埋排放源

近年来, 由于经济的增长和城市化, 我国城市垃圾的产量急剧增加。虽然大部分的垃圾是露天堆放的, 但城市中垃圾填埋场处理垃圾的量也逐渐增加。垃圾填埋场中, 垃圾的厌氧分解产生甲烷。

垃圾填埋场中甲烷的产生受很多因素的影响。很多方法可以计算填埋场中甲烷的排放量, 但是复杂的计算方法都需要大量详细的数据资料。

我国垃圾成分与发达国家有很大区别, 而且地域辽阔, 从东到西、由南到北的人民生活习惯的差异以及生活条件不同, 湿度与温度差别也较大, 生活垃圾组分不一。通过对 46 个典型城市生活垃圾清运量的统计、调研和对其垃圾中有机物种类和排放系数的初步确定, 选择适合我国的排放系数, 对 1990 年的城市垃圾的甲烷排放量重新进行了计算<sup>[8]</sup>。对于我国 46 个主要城市垃圾的甲烷排放因子, 尽管可能存在一定的不确定性, 目前只能采用综合排放因子 0.032 来估算。结果表明, 1990 年我国城市垃圾的甲烷排放量为 0.92 Tg。再根据最新统计资料计算了我国 1994 年垃圾填埋场中甲烷的排放量为 1.134 Tg (见表 3), 比 1990 年增加了 23.4%。

研究<sup>[8]</sup>表明, 1994 年垃圾甲烷排放增大主要由于城市垃圾产量的增大引起。这可能是与城市化程度的提高、人口流动频繁以及农村大量剩余劳动力流入城市有关。结合城

市的人口数, 再计算按人口分担的排放量, 发现 1994 年人均垃圾量和人均甲烷产生量确有减少的趋势, 这可能与流动人口和进入城市的农村人口的生活质量不高有关。

## 2.5 反刍动物及动物粪便排放源

在动物的大肠和复胃动物(反刍动物)的瘤胃中终生寄生着多种微生物, 在厌氧条件下, 它们发酵动物消化道中的食物, 从中摄取有机物质和能量维持群体的繁衍。动物消化道中微生物发酵过程产生许多微量气体。在单胃动物(猪、鸡等)体内, 这部分气体所损失的能量较少, 气体产量也很少, 一般可忽略不计。在反刍动物(牛、羊、骆驼等)体内, 瘤胃犹如一个恒定的连续发酵器, 连续不断地消耗和消化动物食入的饲料。中国的反刍动物绝大部分采食粗饲料, 饲料消化率低,  $\text{CH}_4$  排放率也低于发达国家。

表 3 1994 年中国 46 个主要城市垃圾甲烷排放量

| 城 市   | 生活垃<br>圾填埋<br>量 / 万 t | 甲烷<br>排放<br>系数 | 甲烷<br>排放<br>量 / Tg | 城 市 | 生活垃<br>圾填埋<br>量 / 万 t | 甲烷<br>排放<br>系数 | 甲烷<br>排<br>放<br>量 / Tg | 城 市     | 生活垃<br>圾填埋<br>量 / 万 t | 甲烷<br>排放<br>系数 | 甲烷<br>排<br>放<br>量 / Tg |
|-------|-----------------------|----------------|--------------------|-----|-----------------------|----------------|------------------------|---------|-----------------------|----------------|------------------------|
| 北 京   | 425                   | 0.032          | 0.136              | 温州  | 47                    | 0.032          | 0.015                  | 汕 头     | 30                    | 0.032          | 0.010                  |
| 天 津   | 209                   |                | 0.067              | 合肥  | 22                    |                | 0.007                  | 南 宁     | 26                    |                | 0.008                  |
| 上 海   | 358                   |                | 0.115              | 福州  | 44                    |                | 0.014                  | 北 海     | 19                    |                | 0.006                  |
| 石 家 庄 | 45                    |                | 0.014              | 厦 门 | 23                    |                | 0.007                  | 海 口     | 30                    |                | 0.010                  |
| 秦 皇 岛 | 29                    |                | 0.009              | 胶南  | 44                    |                | 0.014                  | 成 都     | 98                    |                | 0.031                  |
| 太 原   | 94                    |                | 0.030              | 济南  | 55                    |                | 0.018                  | 重 庆     | 104                   |                | 0.033                  |
| 呼和浩特  | 45                    |                | 0.014              | 青岛  | 58                    |                | 0.019                  | 贵 阳     | 55                    |                | 0.018                  |
| 沈 阳   | 208                   |                | 0.067              | 烟台  | 18                    |                | 0.006                  | 昆 明     | 40                    |                | 0.013                  |
| 大 连   | 74                    |                | 0.024              | 威海  | 8                     |                | 0.003                  | 拉 萨     | 5                     |                | 0.002                  |
| 长 春   | 106                   |                | 0.034              | 郑州  | 56                    |                | 0.018                  | 西 安     | 67                    |                | 0.021                  |
| 哈 尔 滨 | 204                   |                | 0.065              | 武汉  | 165                   |                | 0.053                  | 兰 州     | 50                    |                | 0.016                  |
| 南 京   | 75                    |                | 0.024              | 长沙  | 55                    |                | 0.018                  | 西 宁     | 36                    |                | 0.012                  |
| 连 云 港 | 16                    |                | 0.005              | 广州  | 199                   |                | 0.064                  | 银 川     | 22                    |                | 0.007                  |
| 南 通   | 11                    |                | 0.004              | 湛江  | 30                    |                | 0.010                  | 乌 鲁 木 齐 | 65                    |                | 0.021                  |
| 杭 州   | 63                    |                | 0.020              | 深圳  | 70                    |                | 0.022                  |         |                       |                |                        |
| 宁 波   | 23                    |                | 0.007              | 珠海  | 17                    |                | 0.005                  |         |                       |                |                        |
| 合 计   |                       | 平均             |                    |     |                       | 平均             |                        |         | 3543                  | 平均             | 1.134                  |

关于反刍动物甲烷排放的估算, 除牛羊外的其它动物, 我们决定采用 IPCC 推荐的方法, 其排放系数是从两方面获得的: 一是根据实验确定, 二是参考国外的文献资料确定甲烷排放系数。中国的牛羊的饲养量大, 甲烷排放占全国动物甲烷排放量的比例大, 根据我国生产水平较低、饲料条件各种各样以及粗饲料喂养为主等实际情况, 对 IPCC 推荐的方法作了改进, 采用其基本方法, 能量计算则用中国的能量系统<sup>[9,10]</sup>。再结合最新统计资料, 计算得到 1994 年我国主要反刍动物约排放甲烷 6.795 Tg, 其中主要排放源是黄牛(表 4)。在《气候变化国家研究》项目中, 1990 年甲烷动物排放为 5.81 Tg, 1994 年动物甲烷排放有所增大。

动物粪便甲烷排放是重要的甲烷排放源之一。我们采用 IPCC 方法 2 估算。动物的数量主要依据国家的统计年鉴, 甲烷生产潜力数据和甲烷转换因子是应用 IPCC 推荐的。因此, 估算过程中存在着一些不确定性。由表 5 可以看出, 1994 年动物粪便中甲烷的排放总量约为 1.49 Tg, 其中主要排放源是猪的粪便。在《气候变化国家研究》项

表 4 1994 年反刍动物甲烷排放

| 动物种类 | 二级分类  | 存栏量 / ( $10^4$ ) | 排放因子 / ( $\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 甲烷排放量 / ( $\text{Gg} \cdot \text{a}^{-1}$ ) |
|------|-------|------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 黄牛   | 繁殖母畜  | 3866.44          | 48.27                                      | 1866.3                                      |
|      | 当年生仔畜 | 2010.81          | 27.88                                      | 560.6                                       |
|      | 其它    | 3362.32          | 45.34                                      | 1524.5                                      |
| 奶牛   | 繁殖母畜  | 188.52           | 68.09                                      | 132.7                                       |
|      | 当年生仔畜 | 89.16            | 38.3                                       | 34.1                                        |
|      | 其它    | 106.66           | 51.77                                      | 55.2                                        |
| 水牛   | 繁殖母畜  | 900.17           | 70.4                                       | 612.9                                       |
|      | 当年生仔畜 | 310.79           | 38.3                                       | 119                                         |
|      | 其它    | 1080.36          | 51.77                                      | 559.3                                       |
| 骆驼   |       | 35.63            | 58                                         | 20.7                                        |
| 山羊   | 繁殖母畜  | 5854.38          | 7.05                                       | 412.7                                       |
|      | 其它    | 6453.97          | 3.83                                       | 247.2                                       |
| 绵羊   | 繁殖母畜  | 6211.21          | 7.05                                       | 437.9                                       |
|      | 其它    | 5533.27          | 3.83                                       | 211.9                                       |
| 总和   |       | 39003.69         |                                            | 6795.2                                      |

表 5 1994 年动物粪便甲烷排放量

| 动物类型 | 动物数量 / ( $10^3$ 头) | 排放因子 / ( $\text{kg} \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 排放量 / Gg |
|------|--------------------|--------------------------------------------|----------|
| 奶牛   | 3843               | 8.87                                       | 34.09    |
| 非奶牛  | 92396              | 0.77                                       | 71.14    |
| 水牛   | 22913              | 1.07                                       | 24.52    |
| 绵羊   | 117445             | 0.10                                       | 11.74    |
| 山羊   | 123084             | 0.13                                       | 16.00    |
| 骆驼   | 356                | 1.28                                       | 0.46     |
| 驴、骡  | 26866              | 0.62                                       | 16.66    |
| 马    | 10174              | 1.23                                       | 12.51    |
| 猪    | 414620             | 3.05                                       | 1264.59  |
| 家禽   | 2433911            | 0.016                                      | 38.94    |
| 总和   |                    |                                            | 1490.65  |

目中, 1990 年动物粪便中甲烷的排放总量约为 1.25 Tg。

## 2.6 煤炭开采及矿后活动排放源

在煤炭的开采过程中及煤炭开采后, 藏于煤层中的甲烷将被释放出来进入大气层。我们用以下公式计算甲烷的排放量:

$$\begin{aligned}
 \text{CH}_4 \text{ 排放量} &= \text{矿井开采甲烷排放量} + \text{露天开采甲烷排放量} + \text{采后活动甲烷排放量} \\
 &= \text{井下采煤量} \times \text{矿井甲烷排放系数} \times \text{换算系数} \\
 &\quad + \text{露天采煤量} \times \text{露天甲烷排放系数} \times \text{换算系数} \\
 &\quad + \text{煤生产量} \times \text{采后甲烷排放系数} \times \text{换算系数}
 \end{aligned}$$

基础数据来自中国统计年鉴, 个别数据通过调查和咨询得到。计算表明, 1994 年煤炭开采及矿后活动甲烷排放总量约为 10.3 Tg (表 6)。在《气候变化国家研究》项目中, 1990 年煤炭开采及矿后活动甲烷排放总量约为 8.69 Tg。1994 年的排放量比 1990 年的增大了 18.8%, 这主要由于煤产量有所增大。

## 2.7 生物质燃烧排放源

生物质燃料主要包括薪柴和秸秆, 1994 年中国薪柴林面积约为 6.0 Mha, 加上其它薪柴资源, 薪柴合理采樵量约为 145 Mt, 比 1990 年的 193 Mt 有明显减少。秸秆产量为 600 Mt, 其中约有 1/2 做燃料, 比 1990 年 270 Mt 有明显增加。计算结果表明, 1994 年生物质燃烧中甲烷的排放总量约为 2.84 Tg, 比 1990 年的 2.97 Tg 略有减少 (表 7)。

表 6 1994 年中国煤炭开采、矿后活动甲烷排放

|      |    | 煤产量<br>$A / \text{Mt}$ | 排放因子<br>$B / (\text{m}^3 \cdot \text{t})$ | 甲烷排放量<br>$C / (\text{Mm}^3)$ | 换算因子<br>$D / (\text{Gg} \cdot \text{Mm}^{-3})$ | 甲烷排放量<br>$E / \text{Gg}$ |
|------|----|------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| 井下开采 | 开采 | 1190                   | 10.99                                     | 13078.1                      | 0.67                                           | 8762.3                   |
|      | 采后 | 1190                   | 1.84                                      | 2189.6                       | 0.67                                           | 1467.0                   |
| 露天开采 | 开采 | 49.6                   | 2.50                                      | 124.0                        | 0.67                                           | 83.1                     |
|      | 采后 | 49.6                   | 0.1                                       | 4.96                         | 0.67                                           | 3.3                      |
| 合计   |    |                        |                                           |                              |                                                | 10315.7                  |

注:  $C = A \times B$ ;  $E = C \times D$

表 7 1994 年生物质燃料  $\text{CH}_4$  排放清单

|      | 生物质<br>消费量<br>$A / \text{Kt}$ | 生物质<br>含碳率 $B$ | 生物质<br>含碳量<br>$C / \text{Kt}$ | 氧化率 $D$ | 生物质<br>燃烧总碳<br>排放量<br>$E / \text{Kt}$ | $C / \text{CH}_4$<br>比率 $F$ | $\text{CH}_4$ 排放<br>量比率<br>$G / \text{Kt}$ | 生物质<br>燃烧 $\text{CH}_4$<br>排放量<br>$H / \text{Gg}$ |
|------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 薪柴   | 145000                        | 0.45%          | 65250                         | 0.87%   | 56768                                 | 0.0120                      | 681.21                                     | 908.28                                            |
| 农业秸秆 | 300000                        | 0.40%          | 120000                        | 0.85%   | 102000                                | 0.0120                      | 1224.00                                    | 1632.00                                           |
| 粪便   | 7500                          | 0.36%          | 2700                          | 0.88%   | 2376                                  | 0.0170                      | 40.39                                      | 53.86                                             |
| 木炭消费 | 3000                          | 0.87%          | 2610                          | 0.88%   | 2297                                  | 0.0014                      | 3.22                                       | 4.29                                              |
| 木炭生产 |                               |                |                               |         | 2790                                  | 0.0630                      | 175.77                                     | 234.36                                            |
| 合计   |                               |                |                               |         | 166231                                |                             |                                            | 2843.79                                           |

注:  $C = A \times B$ ;  $G = E \times F$ ;  $H = G \times 16 / 12$

## 2.8 油气领域逃逸排放源

计算油气领域中甲烷的逃逸排放量的公式为:

$$\text{CH}_4 \text{ 排放量} = \text{油气活动水平} \times \text{相应的甲烷排放系数} \times \text{换算系数}$$

我国 1994 年的原油产量为 146.08 Mt, 比 1990 年的 138.31 Mt 略有增加。1994 年天然气的产量为  $175.59 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 比 1990 年的  $153.00 \times 10^8 \text{ m}^3$  也略有增加。由此计算出, 1994 年石油气领域中甲烷逃逸量为 52.22 Gg, 天然气系统中甲烷的逃逸总量为 48.69 Gg, 油气系统中甲烷逃逸排放总量为 0.10 Tg, 比 1990 年 0.09 Tg 的排放量略有增加。

## 2.9 其它排放源

除上述甲烷排放源, 还有城市污水排放源等, 这里作简要说明。

由于污水中含有有机物质, 污水处理过程中可以产生一定数量的甲烷。在广大的农

村, 污水不经过处理就直接排放, 所以农村污水中甲烷的排放量可以忽略不计。这里的污水主要指城市污水, 一般分为两类: 一类是生活和商业污水; 另一类是工业污水。决定甲烷排放量的主要因素是污水中有机物质的含量。IPCC 最新的报告中, 用生活和商业污水的 BOD (Biochemical Oxygen Demand) 和工业污水中的 COD (Chemical Oxygen Demand) 来代表污水中有机物质的含量。我国城市污水排放前一般经过二级处理, 1994 年我国重点城市废水总量为 1536108 万 t, 其中工业废水排放总量为 796040 万 t。工业污水的处理率在 1994 年大约为 75%。由于不同地区和城市生活水平和生活习惯不同, 导致生活污水中 BOD 值有很大的差异。例如北京 BOD 值为 90~180 mg/L, 上海为 360 mg/L, 而武汉为 320~338 mg/L。另外, 工业污水中不同的行业产生的废水有不同的性质和 COD 值。关于城市污水的甲烷排放, 还有待进一步收集资料和深入研究。

### 3 结果与讨论

总结以上研究结果可以得到我国甲烷排放初步清单, 1990 年我国甲烷的排放总量约为 30.92 Tg, 1994 年我国甲烷的排放总量约为 32.91 Tg (表 8)。将 1994 年的甲烷排放初步清单与 1990 年的甲烷排放清单进行比较 (表 8 和图 1), 主要结论如下:

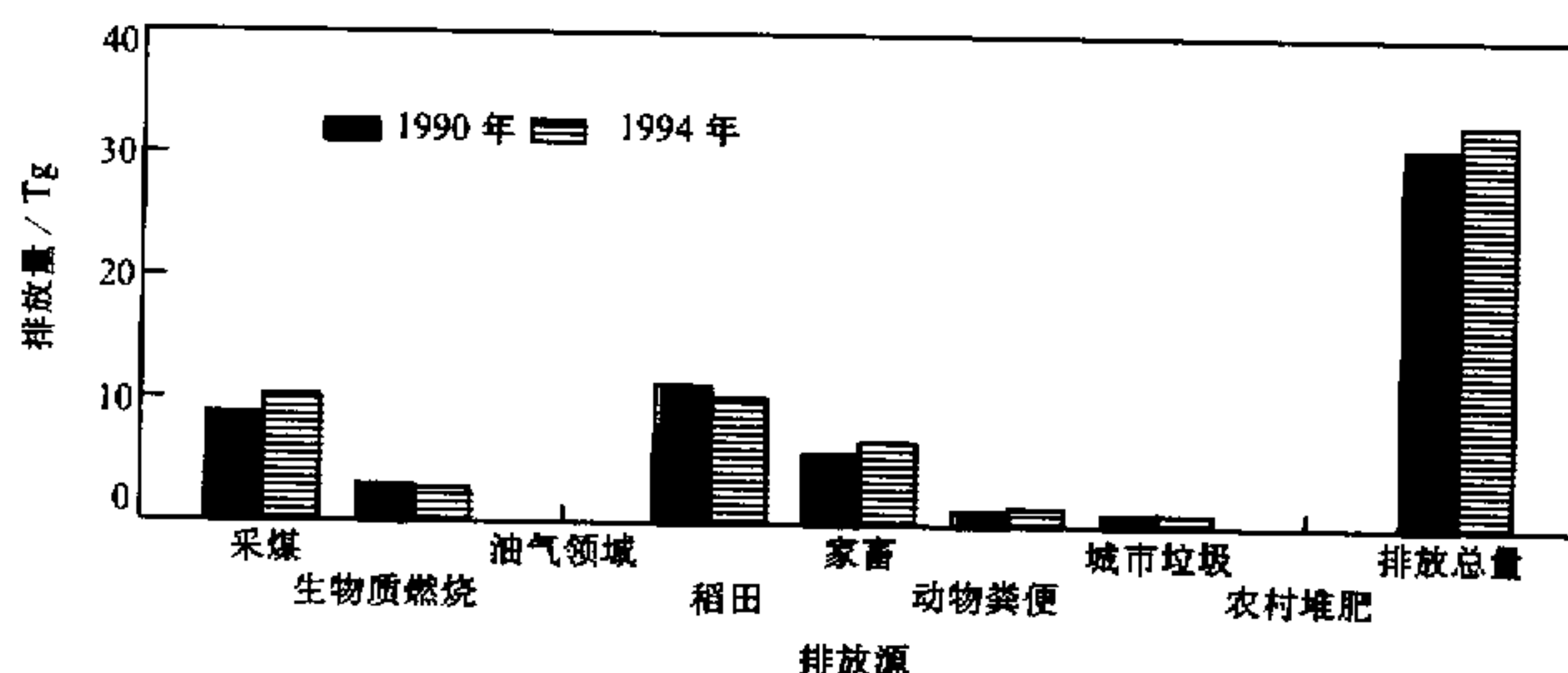


图 1 1990 年和 1994 年中国甲烷排放源

(1) 采煤、油气领域泄漏、反刍动物与动物粪便、垃圾填埋等甲烷排放有所增大。煤炭产量的增大使采煤和矿后活动的甲烷排放量 1994 年比 1990 年增大了 1.63 Tg; 1994 年甲烷的生物质燃烧排放比 1990 年有所减少, 这主要是由于粮食作物产量有所减少引起; 甲烷油气领域泄漏排放 1994 年比 1990 年略有增大, 这与油气产量的增大有关; 动物数量的增多使反刍动物与动物粪便中甲烷的排放都有所增加; 1994 年垃圾填埋中甲烷的排放量比 1990 年有较大的增加, 主要是由于城市垃圾总量有较大增加。

(2) 稻田甲烷的排放 1994 年比 1990 年少, 这是因为由于 1994 年稻田种植面积比 1990 年有所减少; 稻田排放源依然是中国甲烷的最大排放源。生物质燃烧排放甲烷

表 8 1990 年与 1994 年甲烷排放量估算源

| 排放源  |         | 1990 年   |         | 1994 年   |         | 1994 年 / 1990 年 |
|------|---------|----------|---------|----------|---------|-----------------|
|      |         | 排放量 / Tg | 百分比 / % | 排放量 / Tg | 百分比 / % |                 |
| 工业源  | 采煤及矿后活动 | 8.69     | 28.10   | 10.32    | 31.36   | 118.76          |
|      | 生物质的燃烧  | 2.97     | 9.61    | 2.84     | 8.63    | 95.62           |
|      | 油气领域    | 0.09     | 0.29    | 0.10     | 0.30    | 111.11          |
|      | 合计      | 11.75    | 38.00   | 13.26    | 40.29   | 112.85          |
| 非工业源 | 稻田      | 11.17    | 36.13   | 10.21    | 31.02   | 91.41           |
|      | 家畜      | 5.81     | 18.79   | 6.80     | 20.66   | 117.04          |
|      | 动物粪便    | 1.25     | 4.04    | 1.49     | 4.53    | 119.20          |
|      | 城市垃圾    | 0.92     | 2.98    | 1.13     | 3.43    | 122.83          |
|      | 农村堆肥    | 0.02     | 0.06    | 0.02     | 0.06    | 100.00          |
|      | 合计      | 19.17    | 62.00   | 19.65    | 59.71   | 102.50          |
| 总计   |         | 30.92    | 100     | 32.91    | 100     | 106.44          |

1994 年较 1990 年略有减少, 这主要是由于薪柴使用量的减少引起。

(3) 甲烷的农村堆肥排放占总排放的份额极小, 排放量也无太大变化。

(4) 总体上看, 1994 年的甲烷排放量比 1990 年的排放量增加了 1.99 Tg。工业源和非工业源均有所增大, 工业源增加幅度较大。研究<sup>[11]</sup>表明, 1990 年和 1994 年全球甲烷总排放量分别为 527.9 Tg 和 543.5 Tg, 由此算出我国 1990 年和 1994 年甲烷排放量分别占全球总排放的 5.9% 和 6.1%。

### 参 考 文 献

- 1 IPCC / OECD, 1994, IPCC Draft Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC / OECD Joint Programme, Paris, 3 Volumes.
- 2 IPCC / OECD, 1995, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC Bracknell, 3 Volumes.
- 3 IPCC / OECD, 1996, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Manual, Houghton, J. T. et al. (eds.), 3 Volumes.
- 4 丁爱菊、王明星, 1995, 稻田甲烷排放的初级模式, 大气科学, 19(6), 733~740.
- 5 Ding Aiju and Wang Mingxing, 1996, Model for Methane emission from rice fields and its application in southern china, *Advances in Atmospheric Sciences*, 13, 159~168.
- 6 国家统计局农村社会经济调查总队编, 1995, 中国农村统计年鉴, 北京: 中国统计出版社.
- 7 国家统计局编, 1995, 中国统计年鉴, 北京: 中国统计出版社.
- 8 余国泰, 1997, 中国城市生活垃圾中甲烷排放清单编制的初步研究, 环境科学进展, 第 5 卷增刊, 41~49.
- 9 Dong Hongmin, Lin Erda, Li Yue, 1996, An estimation of methane emission from agricultural activities in China, *AMBIO, Human Environment*, 25(4), 292~296.
- 10 王明星、戴爱国、黄俊、任丽新、沈壬兴, 1993, 中国甲烷排放量的估算, 大气科学, 12(2), 38~41.
- 11 张仁健, 1997, 全球二维大气化学模式和大气中甲烷的增长, 中国科学院大气物理研究所博士论文.

## The Present Status of the Emission Methane in China

Zhang Renjian, Wang Mingxing, Li Jing, Yang Xin and Wang Xiuling

*(State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry,*

*Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)*

**Abstract** The emission of methane in China in 1990 and 1994 is estimated. Firstly, the emission of methane in 1990 is collected and improved, especially the emission of methane from landfill is calculated. Secondly, the emission of methane in 1994 is calculated according to the updated data. Results show that the emission of methane in 1990 and 1994 are 30.92 Tg, and 32.91 Tg respectively. The emission of methane from coal mining, oil and gas, animal manure and biomass domestic livestock increases while the emission of methane from biomass fuel and flooded rice fields decreases in 1994 compared with that in 1991. There is no great change of methane emission from the compost.

**Key words** methane emission rice paddy

---