

附件 10

# 《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南（试行）》（征求意见稿）

## 编制说明

《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》编制

二〇一四年六月

**项目名称：**生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南（试行）

**项目统一编号：**

**起草单位：**清华大学

**主要起草人：**王书肖、李兴华、赵斌等

**环保部科技标准司项目管理人：**师华定 陈 胜

# 目录

目录.....	205
1 任务来源.....	206
2 指南制定的意义.....	206
3 指南编制原则与技术依据.....	206
3.1 编制原则.....	206
3.2 技术依据.....	207
4 主要编制工作过程.....	207
5 指南主要技术内容及说明.....	207
5.1 排放源分类分级方法.....	207
5.2 大气污染物排放量计算方法.....	209
5.3 排放量计算参数获取方法.....	210
5.4 源排放清单的应用与评估.....	218
6 指南实施建议.....	219

# 《生物质燃烧大气污染物排放清单 编制技术指南（试行）》编制说明

## 1 任务来源

自《环境空气质量标准》增加细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）浓度限值监测指标以来，围绕如何深化大气环境保护工作、降低区域 PM<sub>2.5</sub> 环境浓度、减少灰霾现象发生频率等开展了一系列科学研究工作。编制可靠的排放清单，是开展污染控制决策的基础性工作。在此背景下，环境保护部科技标准司给清华大学下达了编制《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》的任务。清华大学根据项目的阶段性研究成果，开展《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》编制工作。

## 2 指南制定的意义

### 1) 摸清我国生物质燃烧排放基本情况

近年来针对我国主要大气污染物排放的研究成果较少涉及生物质燃烧大气污染物的排放。《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》有助于指导城市、城市群及区域环境保护科研或管理部门以统一的方法学和数据计算生物质燃烧大气污染物排放量。

### 2) 促进生物质燃烧排放控制和管理

本指南指导城市、城市群及区域在仔细梳理排放源分类的基础上开展生物质燃烧排放清单编制工作，有助于加强对生物质燃烧排放特征的认识，促进对生物质燃烧排放的科学、实用、高效管理。

### 3) 促进区域空气质量改善，降低 PM<sub>2.5</sub> 环境浓度

本指南旨在推动各地区建立生物质燃烧大气污染物排放清单，与其他污染源排放清单一起构成区域空气质量模拟的输入，有助于理解区域或局地污染特征，制定区域空气质量改善措施。

## 3 指南编制原则与技术依据

### 3.1 编制原则

#### 1) 科学实用原则

在确保生物质燃烧大气污染物排放清单编制工作的科学性与规范性的同时，增强为污染防治决策服务的针对性和可操作性。

#### 2) 因地制宜与循序渐进原则

各地根据自身污染特征、基本条件和污染防治目标，结合社会发展水平与技术可行性，科学选择适合当地实际的源排放清单编制技术路线；随着环境信息资料的完备，不断完善和

更新源排放清单。

## 3.2 技术依据

本指南编制过程中，参考了如下法律、法规、相关政策、标准等文件，具体包括：

《中华人民共和国环境保护法》

《中华人民共和国大气污染防治法》

《国务院办公厅转发环境保护部等部门关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量的指导意见的通知》

《重点区域大气污染防治“十二五”规划》

## 4 主要编制工作过程

1) 2013年8月：成立《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》编制组。

2) 2013年9月：召开大纲讨论会：收集国内外有关指南编制的资料；编制组召开大纲讨论会，确定了指南编写大纲及工作进度安排。

3) 2013年11月：编写《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》初稿。

4) 2014年4月：召开专家咨询会，进一步修改完善《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》；

5) 2014年5月：召开第二次专家咨询会，专家论证通过指南，建议广泛征求意见。

## 5 指南主要技术内容及说明

### 5.1 排放源分类分级方法

《生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南》根据我国生物质燃烧的特点，将生物质燃烧分为生物质锅炉、户用生物质炉具和生物质开放燃烧三大类。

生物质锅炉一般燃用生物质成型燃料。生物质锅炉可用于电厂、工业、居民供暖等多个部门，其规模各不相同，因此导致污染物排放特征的差异。但由于目前对于生物质锅炉污染物排放的测试十分缺乏，难以区分锅炉规模对污染物排放特征的影响，因此本导则对生物质锅炉不再进行细分。

户用生物质炉具的燃料类型也有多种，总体上可分为秸秆、薪柴和生物质成型燃料三大类，其中秸秆又可根据作物种类分为玉米秸秆、小麦秸秆、水稻秸秆等多种，不同秸秆的排放特征也有一定差异。然而，由于我国现在的统计体系对生物质能源的覆盖比较薄弱，大部分地区的统计资料中仅区分了秸秆和薪柴两类燃料，仅有部分地区有更详细的调查数据。生物质成型燃料作为生物质优质化利用的一种形式，在农村能源统计资料中包含了其应用情

况的信息。此外，我国户用生物质炉具存在多种炉型，例如清华大学环境学院曾分别对单体灶、连炕灶的排放特征进行测试，发现两者之间存在一定的差异，但目前还缺乏炉型构成的统计或调查数据。此外，目前对户用生物质炉具排放特征的测试还很少，如果排放源分类过细，则难以获得相应于如此细致分类的排放系数。因此，本指南综合考虑户用生物质炉具的特点，以及相关统计资料和测试结果的可得性，将户用生物质炉具按燃料类型分为秸秆、薪柴和生物质成型燃料三大类。在统计资料较为细致的条件下，可进一步将“秸秆”按照作物种类细分为玉米、小麦、水稻和其他等，详见表 1。在排放清单编制中，应根据数据可得性选择采用第二级或第三级分类。

根据我国生物质开放燃烧的特点，将生物质开放燃烧分为三大类，分别是秸秆露天焚烧、森林火灾、草原火灾；每一大类排放源分别按照森林植被气候带、草地类型和秸秆种类进行。每一大类排放源分别按照森林植被气候带、草地类型和秸秆种类进行细分。其中，森林火灾按照焚烧的植被带分为热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带、温带、寒温带和西藏区等 8 类；草原火灾按照焚烧的草地类型分为温性草甸草原、温性草原、温性荒漠草原、温性荒漠、低地草甸、山地草甸、暖性草丛、热性草丛、高寒草甸、高寒草原等 10 类；秸秆露天焚烧按照秸秆焚烧种类分为玉米秸秆、小麦秸秆、稻草杆和其它；见表 1。

表 1 生物质燃烧的分类

第一级分类	第二级分类	第三级分类
生物质锅炉	生物质成型燃料	--
户用生物质炉具	秸秆	玉米秸秆
		小麦秸秆
		水稻秸秆
		其他秸秆
	薪柴	薪柴
	生物质成型燃料	生物质成型燃料
生物质开放燃烧	森林火灾	热带
		南亚热带
		中亚热带
		北亚热带
		暖温带

		温带
		寒温带
		西藏区
	草原火灾	温性草甸草原
		温性荒漠草原
		温性荒漠
		低地草甸
		山地草甸
		暖性草丛
		热性草丛
		高寒草甸
		高寒草原
		温性草原
		秸秆露天焚烧
	小麦秸秆	
	稻草杆	
	其它秸秆	

## 5.2 大气污染物排放量计算方法

点源是指可获取固定排放位置及活动水平的排放源，在排放清单中一般体现为单个企业或工厂的排放量；面源是指难以获取固定排放位置和活动水平的排放源的集合，在清单中一般体现为省、地级市或区县的排放总量。

在有详细统计信息的条件下，生物质锅炉可按点源进行计算；如果缺少生物质锅炉具体地理位置的信息，则按面源进行计算。户用生物质炉具和生物质开放燃烧一般按面源考虑。

对于生物质燃烧，某一种大气污染物的排放量  $E_i$  (t) 的计算采用下面的公式：

$$E_i = \sum_{j,k,m} (M_{j,k,m} \times EF_{i,j,k,m}) / 1000 \quad (1)$$

其中，M 为排放源活动水平 (t)；EF 为排放系数 (g/kg)；i 为某一种大气污染物；j

为地区，如省（直辖市或自治区）、市、县； $k$  为生物质燃烧类型（生物质锅炉、户用生物质炉具、森林火灾、草原火灾、秸秆露天焚烧）； $m$  为燃料/植被带/草地/秸秆类型。

对于生物质锅炉，由于其规模相对较大，可安装除尘器等污染控制设施，在这种情况下，排放系数  $EF$  应由下面的公式计算得到：

$$EF = EF_0 \times (1 - \eta) \quad (2)$$

其中， $EF_0$  为污染物产生系数（g/kg）； $\eta$  为污染控制设施的去除效率。

根据公式（1），计算大气污染物排放量需要确定的参数有排放源活动水平  $M$  和排放系数  $EF$ 。

## 5.3 排放量计算参数获取方法

### 5.3.1 活动水平获取方法

#### 5.3.1.1 生物质锅炉

生物质锅炉的活动水平  $M$ ，也就是生物质燃料燃烧量（t），目前尚无统计数据，应通过开展污染源调查获得。

#### 5.3.1.2 户用生物质炉具

户用生物质炉具的活动水平  $M$ ，也就是生物质燃料燃烧量（t）。可从当地能源统计数据或农业统计数据中获取秸秆、薪柴和生物质成型燃料作为农村能源的消费量。例如，《中国能源统计年鉴》给出了分省的秸秆和薪柴消费量。《中国农村能源年鉴》给出了分省的生物质成型燃料消费量。如果需要更细致的第三级分类，或者无法直接从当地能源统计数据或农村统计数据中获取相关信息，可自行开展各种农作物秸秆、薪柴和生物质成型燃料使用情况的调查分析，调查表格式可参考表 2。当地不具备秸秆、薪柴统计数据，且没有条件开展调查时，可基于上一级行政区域的统计数据并利用农村人口密度等代用参数插值获得。具体方法是，首先从本地统计数据和上级行政区域的统计年鉴中获得本地和上级行政区域的农村人口数，计算本地农村人口占上级行政区域总农村人口的比例；用该比例乘以上级行政区域秸秆、薪柴和生物质成型燃料作为农村能源的消费量，即可估算得到本地秸秆、薪柴和生物质成型燃料作为农村能源的消费量。

表2 户用生物质炉具使用农作物秸秆、薪柴和生物质成型燃料情况调查表  
调查地点： 市 区/县 乡/镇 村；调查时间： 年 月 日

序号	农作物秸秆年使用量（公斤）				薪柴年使用量（公斤）	生物质成型燃料年使用量（公斤）	备注
	玉米秸秆	小麦秸秆	稻草秆	其他秸秆			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

### 5.3.1.3 森林火灾

森林火灾的活动水平  $M$ ，也就是森林火灾消耗的生物量（t），按照下式进行计算：

$$M = A \times D \times \eta \quad (3)$$

其中， $A$  为火灾受害面积（ $\text{hm}^2$ ）、 $D$  为森林干生物量（ $\text{t}/\text{hm}^2$ ）， $\eta$  为燃烧效率。

各地区森林火灾受害面积来源于国家林业局的年度森林火灾统计资料，森林火灾统计是按省级区域进行统计，由于不同植被气候带的生物量有所差别，按照植被气候带分配受害面积；对于一个省级区域处于 1 个气候带，则受害面积全部分配到该气候带；对于一个省级区域处于 2 个或多个气候带，将森林火灾受害面积分配到不同的气候带。不同植被带平均生物量引用中国林业科学院的研究结果，见表 3。不同植被带的平均燃烧效率选取 0.5。

表 3 各植被带森林平均地上生物量（ $\text{t}/\text{hm}^2$ ）

植被带	热带	南亚热带	中亚热带	北亚热带	暖温带	温带	寒温带	西藏区
生物量	348	178	143	98	55	157	93	121

### 5.3.1.4 草原火灾

草原火灾的活动水平  $M$ ，也就是草原火灾消耗的生物量 (t)，按照下式进行计算：

$$M = A \times D \times \eta \quad (4)$$

其中， $A$  为火灾受害面积 ( $\text{hm}^2$ )、 $D$  为草原干生物量 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ )， $\eta$  为燃烧效率。

各地区草原火灾过火面积来源于农业部的统计资料，草原火灾统计是按省级区域进行统计，由于不同草地类型的生物量有所差别，按照草地类型分配受害面积；对于一个省级区域处于 1 个草地类型，则过火面积全部分配到该草地类型；对于一个省级区域处于 2 个或多个草地类型，将过火面积分配到不同的气候带。不同草地类型的生物量来源于普查数据，见表 4。燃烧效率参考有关文献选取 0.8。

表 4 不同草地类型的平均地上生物量 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ )

草地类型	温性草甸草原	温性草原	温性荒漠草原	温性荒漠	低地草甸
生物量	1579	872	492	344	1674
草地类型	山地草甸	暖性草丛	热性草丛	高寒草甸	高寒草原
生物量	1617	1643	2643	882	268

#### 5.3.1.5 秸秆露天焚烧

秸秆露天焚烧的活动水平  $M$ ，也就是秸秆露天焚烧消耗的生物量 (t)，按照下式进行计算：

$$M = P \times N \times R \times \eta \quad (5)$$

或  $M = A \times B \times N \times \eta$  (6) 其中， $P$  为农作物产量 (t)、 $N$  为草谷比、 $R$  为秸秆露天焚烧比例， $\eta$  为燃烧效率， $A$  为秸秆露天焚烧的面积 ( $\text{hm}^2$ )， $B$  为单位面积农作物产量 ( $\text{t}/\text{hm}^2$ )。

农作物产量数据来源于农业部的统计资料；草谷比参考有关文献 (表 5)；燃烧效率参考有关文献选取 0.9。秸秆露天焚烧比例在各地区差异较大，因此，在有条件的情况下，宜通过抽样调查的方法获得，调查表格式可参考表 6。如果没有条件开展抽样调查，亦可参考此前相关研究的结果。Hao 等 (1994)、Streets 等 (2003)、曹国良等 (2006)、王书肖等 (2008)、Yan 等 (2006)、王丽等 (2008) 均采用本指南的方法估算过生物质开放燃烧的污染物排放量，这些研究中，除王丽等 (2008) 外，采用的秸秆露天焚烧比例均在 17-23% 之间，因此，本指南推荐的秸秆露天焚烧比例缺省值为 20%。部分研究还通过抽样调查法、

统计分析法等给出了分省的秸秆露天焚烧比例，如曹国良等（2006）、王书肖等（2008）、Yan 等（2006）等，但上述不同研究给出的分省焚烧比例差异较大，因此本指南未推荐分省的露天焚烧比例的缺省值。本指南鼓励开展秸秆露天焚烧比例的实地抽样调查。

相关参考文献：

Hao, W. M., and Liu, M. H.: Spatial and temporal distribution of tropical biomass burning, *Global Biogeochem Cycles*, 8, 495-503, 1994.

Streets, D. G., Yarber, K. F., Woo, J. H., and Carmichael, G. R.: Biomass burning in Asia: Annual and seasonal estimates and atmospheric emissions, *Global. Biogeochem. Cy.*, 17, 4, doi: 10.1029/2003gb002040, 2003.

曹国良, 张小曳, 郑方成, 王亚强: 中国大陆秸秆露天焚烧的量的估算, *资源科学*, 28, 9-13, 2006.

王书肖, 张楚莹: 中国秸秆露天焚烧大气污染物排放时空分布, *中国科技论文在线*, 2008.

Yan, X. Y., Ohara, T., and Akimoto, H.: Bottom-up estimate of biomass burning in mainland China, *Atmos. Environ.*, 40, 5262-5273, doi: 10.1016/j.atmosenv.2006.04.040, 2006.

王丽, 李雪铭, 许妍: 中国大陆秸秆露天焚烧的经济损失研究, *干旱区资源与环境*, 22, 170-175, 2008.

表 5 各类作物平均草谷比

作物类型	水稻	小麦	玉米	其他主要作物
草谷比	1.323	1.718	1.269	1.5

表 6 农作物秸秆露天焚烧比例调查表

调查地点：市 区/县 乡/镇 村；调查时间： 年 月 日

序号	农作物年产量（公斤）				各种农作物秸秆露天焚烧的比例（%）				备注
	玉米	小麦	水稻	其他	玉米	小麦	水稻	其他	
1									
2									
3									
4									
5									
6									

7									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

对生物质开放燃烧，可以考虑结合卫星观测的火点数据进行估算森林火灾的受害面积，草原火灾的过火面积和秸秆露天焚烧的面积，并可根据卫星观测的火点对生物质开放燃烧进行定位。

### 5.3.2 排放系数获取方法

获取排放系数的一般方法包括污染源实测法、物料衡算法、文献调研法等。

测试方法成熟、测试样本量大时适合采用污染源实测法获取排放系数。但污染源实测法常常仅能覆盖部分排放源，或者污染源实测法样本数量较少，得到的排放系数等级较低。这时应酌情采用其它方法。

物料衡算法是指通过对输入和输出物质详细分析确定排放系数，不太适应生物质燃烧大气污染物排放特点。

文献调研法是指收集整理文献中的排放系数并用于排放量计算的方法，方法简单，适用性强，但常由于获取排放系数的实验条件与当地实际情况存在差异，导致排放量计算误差。

综上所述，在本指南中，我们建议，排放系数获取方法优先采用污染源实测法，如没有可靠的实测数据，则采用文献调研法。

如前所述，生物质锅炉主要燃用生物质成型燃料。到目前为止，关于生物质锅炉排放特征的测试还十分稀少。国内的研究主要是中国环境科学研究院开展的测试工作（耿春梅等，2013），该研究测试了 PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 三种污染物的排放特征，本导则以上三种污染物的产生系数（即无控排放系数）取自该研究。CO 的产生系数取自 Chandrasekaran 等（2013）。NH<sub>3</sub> 和 NMVOCs 因缺少实测数据，本导则假定其产生系数与燃用生物质成型燃料的户用生物质炉具相同（见下文）。BC、OC 也缺少实测数据，本导则假定 BC、OC 在 PM<sub>2.5</sub> 中所占比例与燃用生物质成型燃料的户用生物质炉具相同（见下文）。本导则推荐的生物质开放燃烧污染物产生系数如表 7 所示。

生物质锅炉可装配污染控制设施，主要的控制设施包括除尘设施和脱硝设施。对于除尘设施，一般采用机械除尘、湿式除尘或袋式除尘。最经济的脱硝设施是低氮燃烧器，在环境标准要求较高的情况下，可在此基础上进一步装配选择性非催化还原或选择性催化还原技术。由于生物质燃料的含硫量一般较低，因此本导则暂不考虑脱硫设施的安装。本导则推荐的主要污染控制设施去除率如表 8 所示。

表 7 生物质锅炉污染物产生系数汇总（g/kg）

项目	燃料	SO	NO	NH	CO	NMVO	PM <sub>1</sub>	PM <sub>2.5</sub>	EC	OC
----	----	----	----	----	----	------	-----------------	-------------------	----	----

		2	x	3		Cs	0	5		
生物质锅炉	生物质成型燃料	0.70	2.79	0.24	6.22	1.13	1.12	0.95	0.17	0.14

表 7 的参考文献:

耿春梅, 陈建华, 王韵华, 杨文等: 生物质锅炉与燃煤锅炉颗粒物排放特征比较, 环境科学研究, 26, 6, 666-671, 2013

Chandrasekaran, S. R., Hopke, P. K., Newtown, M., and Hurlbut, A.: Residential-Scale Biomass Boiler Emissions and Efficiency Characterization for Several Fuels, *Energ. Fuel.*, 27, 4840-4849, Doi 10.1021/Ef400891r, 2013.

表 8 生物质锅炉主要污染控制设施的去除率 (%)

除尘技术	PM <sub>2.5-10</sub> 去除率	PM <sub>2.5</sub> 去除率	脱硝技术	NO <sub>x</sub> 去除率
袋式除尘	99.5	99	低氮燃烧器	30
湿式除尘	90	50	低氮燃烧器+选择性非催化还原	58
机械式除尘	70	10	低氮燃烧器+选择性催化还原	86

目前, 国内对于户用生物质炉具排放特征的测试还较少, 其中清华大学环境学院(李兴华, 2010; Wang 等, 2009)的工作是目前为止较为系统的排放测试。研究选取了我国农村家庭典型炉灶, 选择我国农村应用广泛的秸秆和薪柴作为燃料, 其中秸秆选取了我国四种主要农作物的秸秆, 包括玉米秸秆、水稻秸秆、小麦秸秆和高粱秸秆。研究系统测试了户用生物质炉具排放的各种气态污染物和颗粒物排放系数, 包括颗粒物的碳质组分(EC、OC), 以及 NMVOCs 的成分谱。在没有条件采用实测法的条件下, 本指南推荐使用该研究的测试结果作为计算户用生物质炉具大气污染物排放量的排放系数, 见表 9-10 所示。如果采用第二级分类, 宜根据表 9 的排放系数进行计算; 如果采用第三级分类, 宜采用表 10 的排放系数进行计算。

目前, 对于生物质成型燃料排放系数的研究还很稀少, 此外, 现有研究采用的测试条件与上述李兴华、Wang 等的测试条件存在明显差异, 为保持与传统炉灶排放系数的一致性,

本导则未直接采用现在研究对生物质成型燃料排放系数的测试结果，而是选取了采用统一的方法学，同时对传统炉灶和成型燃料炉灶进行测试的研究结果（Jetter 等，2012；Shen 等，2012；Boman 等，2011；Pettersson 等，2011），得到生物质成型燃料炉灶相对于传统户用生物质炉具的减排率，再结合本指南推荐的传统炉灶排放系数，推算中国生物质成型燃料炉灶的排放系数，见表 9-10 所示。对于上述研究中均未涉及的污染物（SO<sub>2</sub> 和 NH<sub>3</sub>），我们假定其排放系数与燃用薪柴的炉灶相同。

表 9 户用生物质炉具排放系数汇总（第二级分类，g/kg）

项目		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	CO	NMVOC s	PM <sub>1</sub> 0	PM <sub>2.5</sub>	EC	OC
户用 生物 质炉 具	秸秆	1.38	0.62	0.27	95.3	8.27	7.51	6.98	1.00	1.40
	薪柴	0.40	0.97	0.24	29.0	3.13	6.00	5.58	1.81	1.59
	生物质成型燃料	0.40	1.07	0.24	5.51	1.13	1.24	1.15	0.20	0.17

表 10 户用生物质炉具排放系数汇总（第三级分类，g/kg）

项目		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	CO	NMVO Cs	PM <sub>1</sub> 0	PM <sub>2.5</sub>	EC	OC
户用生 物质炉 具	玉米秸秆	1.33	0.83	0.19	56.6	7.34	7.39	6.87	1.12	1.21
	小麦秸秆	2.36	0.51	0.65	171.7	9.37	8.86	8.24	0.89	1.64
	水稻秸秆	0.48	0.43	0.02	67.7	8.40	6.88	6.40	0.98	1.31
	其他秸秆	1.36	0.72	0.23	85.2	7.97	7.69	7.15	1.11	1.57
	薪柴	0.4	0.9	0.2	29.0	3.13	6.00	5.58	1.8	1.5

		0	7	4					1	9
	生物质成型	0.4	1.0	0.2	5.51	1.13		1.15	0.2	0.1
	燃料	0	7	4			1.24		0	7

表 9、表 10 参考文献：

传统户用生物质炉具（燃用秸秆、薪柴）的排放系数取自以下研究：

李兴华：典型燃烧源大气污染物排放特征研究，博士后研究报告，清华大学环境学院，北京，2010

Wang, S. X., Wei, W., Du, L., Li, G. H., and Hao, J. M.: Characteristics of gaseous pollutants from biofuel-stoves in rural China, *Atmos. Environ.*, 43, 4148-4154, doi: 10.1016/j.atmosenv.2009.05.040, 2009.

生物质成型燃料炉灶与传统户用生物质炉具排放系数的比例综合以下文献获得：

Jetter, J., Zhao, Y. X., Smith, K. R., Khan, B., Yelverton, T., DeCarlo, P., and Hays, M. D.: Pollutant Emissions and Energy Efficiency under Controlled Conditions for Household Biomass Cookstoves and Implications for Metrics Useful in Setting International Test Standards, *Environ. Sci. Technol.*, 46, 10827-10834, Doi 10.1021/Es301693f, 2012.

Shen, G. F., Tao, S., Wei, S. Y., Zhang, Y. Y., Wang, R., Wang, B., Li, W., Shen, H. Z., Huang, Y., Chen, Y. C., Chen, H., Yang, Y. F., Wang, W., Wei, W., Wang, X. L., Liu, W. X., Wang, X. J., and Simonich, S. L. M.: Reductions in Emissions of Carbonaceous Particulate Matter and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Combustion of Biomass Pellets in Comparison with Raw Fuel Burning, *Environ. Sci. Technol.*, 46, 6409-6416, Doi 10.1021/Es300369d, 2012.

Boman, C., Pettersson, E., Westerholm, R., Bostrom, D., and Nordin, A.: Stove Performance and Emission Characteristics in Residential Wood Log and Pellet Combustion, Part 1: Pellet Stoves, *Energ. Fuel.*, 25, 307-314, Doi 10.1021/Ef100774x, 2011.

Pettersson, E., Boman, C., Westerholm, R., Bostrom, D., and Nordin, A.: Stove Performance and Emission Characteristics in Residential Wood Log and Pellet Combustion, Part 2: Wood Stove, *Energ. Fuel.*, 25, 315-323, Doi 10.1021/Ef10007787, 2011.

与户用生物质炉具的情况类似，目前国内对于生物质开放燃烧排放特征的测试也较少。清华大学环境学院（李兴华，2007）在山东德州农村现场测量了秸秆露天焚烧时的污染排放。实验地点选取在当地农村野外空地，附近无大的点源，远离公路，避开交通污染，同时采样时间错开村民做饭时段。在秸秆露天焚烧的下风向布置采样仪器，捕集烟羽中的分粒径颗粒物和 PM<sub>2.5</sub> 样品以及气体样品进行 CO<sub>2</sub>、CO、CH<sub>4</sub>、NMHCs、N<sub>2</sub>O、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 和 VOCs 分析。由于小麦秸秆和玉米秸秆占我国农作物秸秆总量的 59%，在收获季节，这两种秸秆在我国北方地区田间露天焚烧十分普遍，因此，本研究选取小麦秸秆和玉米秸秆作为研究对象，以此代表我国秸秆露天焚烧的典型排放特征。本导则推荐的秸秆露天焚烧的

排放系数主要基于上述研究的成果，如表 11 所示。森林火灾和草原火灾国内缺乏相关数据，因此选取 Andreae 等（2001）的生物质燃烧排放系数数据，该数据库综合了大量的研究成果，具有一定的权威性，被广泛引用。对于森林火灾，该文献分别给出了热带森林和温带森林的排放系数。本导则推荐的生物质开放燃烧排放系数如表 11 所示。

表 11 生物质开放燃烧排放系数汇总（g/kg）

项目		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	CO	NMVOCs	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	EC	OC
森林 火灾	热带	0.57	1.60	1.30	104.0	8.10	9.29	9.10	0.66	5.20
	温带	1.00	3.00	1.40	107.0	5.70	13.27	13.00	0.56	9.15
草原火灾		0.35	3.90	1.05	65.0	3.40	5.51	5.40	0.48	3.40
秸秆露天焚烧		0.53	2.92	0.53	49.9	4.56	6.93	6.79	0.55	2.27

表 11 参考文献：

李兴华：生物质燃烧大气污染物排放特征研究，博士学位论文，清华大学环境科学与工程系，北京，2007

Andreae, M. O., and Merlet, P.: Emission of trace gases and aerosols from biomass burning, Global. Biogeochem. Cy., 15, 955-966, Doi 10.1029/2000gb001382, 2001.

## 5.4 源排放清单的应用与评估

### 5.4.1 大气污染物排放清单的应用

用于大气污染物污染特征分析。排放清单作为空气质量模型的输入，可进行时空连续变化的污染特征分析，弥补监测和观测在时空分辨率上的不足。可选用的模型有 Models-3/CMAQ、NAQPMS、CAMx、WRF-chem 等。模型模拟域范围内、计算区域外的排放清单可通过 MEIC 大气污染物排放清单获取。

用于大气污染物污染来源解析。通过排放源清单，得到分区域、分排放源的排放量汇总统计，分析重点排放区域、重点排放源对当地排放总量的分担率和对浓度的贡献率。

用于大气污染物污染控制方案的制定与预评估。通过减排情景设计，借助空气质量模型，对政策实施效果进行预评估，明确大气污染物污染防治的方向，帮助制定合理有效的控制方

案和达标规划。

#### 5.4.2 排放清单的评估与验证

排放清单的准确性可通过不确定性分析方法评估。不确定性分析可以选用的方法是蒙特卡洛方法,评估的内容是排放总量的置信区间。不确定性分析可用于重要污染源信息的甄别,评估排放清单的可靠性。

排放清单的可靠性可通过空气质量模拟进行验证。具体方法是利用空气质量模型模拟并与同时段空气质量观测结果比较,对排放清单进行间接验证。

排放清单的可靠性还可通过钾离子、左旋葡聚糖等示踪物进行验证。具体方法是通过环境观测中钾离子、左旋葡聚糖等示踪物的浓度,估算生物质燃烧在各类源总排放量中的贡献率,并与排放清单估算结果进行比较,从而对排放清单进行间接验证。

### 6 指南实施建议

1) 生物质燃烧源大气污染物排放清单编制技术指南应与各种污染防治政策(包括地方标准)建立关联关系,并要具有一定的强制性,加强行政指导,促进生物质燃烧大气污染物污染防治工作的开展。

2) 建议各地区依据本指南提出的技术路线,结合当地数据可获得性,确定一套完整的排放量计算参数的获取方案。以后进行排放清单更新时采用统一的获取途径以确保多套排放清单的可比性,如获取途径发生改变应进行说明。

3) 根据生物质燃烧排放源的变化及发展状况,适时修订本指南。