

附件五：

《生活垃圾焚烧污染控制标准》编制说明

（二次征求意见稿）

《生活垃圾焚烧污染控制标准》标准编制组

二〇一三年十二月

目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源.....	1
1.2	工作过程.....	1
2	行业概况	2
2.1	行业在我国的发展概况.....	2
2.2	行业在其他国家和地区发展概况.....	3
3	标准修订的必要性分析	8
3.1	能源政策.....	8
3.2	环境政策.....	9
3.3	相关规划.....	10
3.5	发展趋势.....	11
4	行业产排污情况及污染控制技术分析	11
4.1	行业主要生产工艺及产污分析.....	12
4.2	常用烟气净化控制技术.....	13
4.3	常规污染物排放水平与标准执行情况.....	18
4.4	二噁英排放水平与标准执行情况.....	22
5	标准主要技术内容	23
5.1	编制原则.....	23
5.2	标准内容结构.....	23
5.3	主要条文说明.....	23
6	修订前后的标准比较	31
7	主要国家、地区及国际组织相关标准研究与比较	32
7.1	美国.....	32
7.2	欧盟.....	33
7.3	日本.....	36
7.4	修订后标准与国外主要标准比较.....	37
8	实施本标准的环境效益及经济技术分析	39
8.1	实施本标准的环境（减排）效益.....	39

8.2 实施本标准的技术经济分析.....	40
-----------------------	----

1 项目背景

1.1 任务来源

目前，我国的固体废物管理制度体系正在进一步完善。随着各级政府和广大人民的环保意识越来越强，各地的环境保护基础设施的建设步伐显著提高，大量的新建生活垃圾焚烧设施出现，现行的国家标准《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2001）已不能完全适应环境保护的要求。2008年，国家环境保护总局下达了《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2001修订）的编制任务（项目统一编号：472），由中国环境科学研究院固体废物污染控制研究所承担该标准的编制工作，清华大学、建设部城市建设研究院、国家环境分析测试中心和浙江大学作为合作单位参加该标准的制定工作。

1.2 工作过程

编制组在承担标准编制任务后，对国内外生活垃圾焚烧技术发展历程、焚烧炉和污染控制技术现状、焚烧技术应用现状进行了文献调研，并研究分析了国内生活垃圾焚烧技术的发展趋势。

对国内生活垃圾焚烧厂建设情况、运行情况及生活垃圾焚烧行业相关政策标准进行了调研，对国内生活垃圾焚烧市场的需求进行了分析研究，针对《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2001）实施过程中存在的问题进行了归纳总结，并提出本标准修订的工作建议。

对美国、欧盟、日本等国家和地区生活垃圾焚烧污染控制标准进行了调研分析，掌握了国外制定类似标准的方法和程序，确定了本标准修订的重点，完成了本标准修订的技术路线、工作内容和进度安排。

对国内典型炉型生活垃圾焚烧炉运行过程进行现场调研和测试，通过各种实验和测试，分析国内典型炉型现有污染控制技术所能达到的排放水平，对现行标准中的各种方法和物质排放限值进行考核，确定了新的方法和限值。

在以上工作的基础上，开展了《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2001）修订工作，起草了《生活垃圾焚烧污染控制标准》（征求意见稿），并向相关单位和部门发函征求意见。编制组针对这些意见和建议，对《生活垃圾焚烧污染控制标准》（征求意见稿）进行了认真的修改和完善，完成了《生活垃圾焚烧污染控

制标准》(送审稿)。

2011年10月10日, 环保部科技标准司组织召开标准审议会, 提出了关于生活垃圾焚烧能否混烧医疗废物和生物制药残渣的问题, 需要编制组进行进一步研究。

2013年10月11日, 环保部科技标准司再次组织专家召开了标准的讨论会, 研讨标准的主要技术内容。

2013年12月环保部开展了对本标准的行政审查, 决定再次广泛公开征求意见。

2 行业概况

2.1 行业在我国的发展概况

虽然露天焚烧垃圾在我国较为常见, 但真正采用集中焚烧技术处理生活垃圾是从上个世纪80年代中后期才开始的。我国生活垃圾焚烧技术发展的特点可以概括为: (1) 起步晚、发展迅猛, 实现了跳跃式发展、基本达到国际先进水平; (2) 具有国际水平的现代化焚烧技术和简易焚烧技术并存发展; (3) 流化床生活垃圾焚烧炉异军突起, 一度发展迅猛。

近几年来, 我国垃圾焚烧处理发展很快。根据《城市建设统计年报(2011年)》, 我国垃圾焚烧厂数量为109座, 焚烧处理能力规模达到9万吨/日, 焚烧能力所占比例达到23%。比2001年的6520吨/日增加了14倍多。这说明焚烧技术在中国垃圾处理的份量越来越重。具体数据见表2-1。

表 2-1 我国焚烧状况数据统计表

年份	焚烧厂数量 (座)	焚烧厂平均规模 (吨/日)	无害化处理能力 (吨/日)	焚烧处理能力 (吨/日)	焚烧能力所占 比例
2001年	36	181	224736	6520	2.9%
2002年	45	226	215511	10171	4.7%
2003年	47	319	219607	15000	6.8%
2004年	54	313	238519	16907	7.1%
2005年	67	493	256312	33010	12.9%
2006年	69	579	258048	39966	15.5%
2008年	74	697	315153	51606	16.4%
2010年	104	817	387607	84940	21.9%
2011年	109	863	409119	94114	23.0%

(数据来源于2000~2011年城市建设统计年报)

从地区分布看，综合考虑投运、在建和正在进行前期工作3种不同阶段的焚烧发电项目，2/3以上的焚烧厂集中在东部地区，广东、浙江和江苏位居前三名，三省合计超过全国总量的50%。可见，目前我国垃圾焚烧处理主要应用于经济发达、人口密集的城市，包括直辖市、东部沿海经济发达城市和中西部省会城市。

根据2010年对我国已建成的规模化的垃圾焚烧发电厂调研结果，我国目前的焚烧厂主要以炉排炉和流化床炉为主。采用机械炉排技术的垃圾焚烧厂多分布在东部沿海地区，尤其是省会级和副省级城市。在机械炉排焚烧厂中，引进技术和关键设备焚烧厂的占64%，引进技术国内制造的占15%，使用国产炉排的占21%。采用循环流化床技术的垃圾焚烧厂主要分布在东部地区地级市和中西部地区较多，这一方面由于中西部地区煤炭资源丰富；另一方面流化床焚烧炉垃圾贴费较低，较适宜中型城市。

表 2-2 焚烧厂技术应用情况表

炉型	数量 (座)	建设规模 (吨/日)	装机容量 (兆瓦)	总投资 (亿元)	单位投资 (万元/(吨/日))
流化床炉	29	22770	564.5	68.7	30.2
炉排炉	36	29785	549.5	126.9	42.6
其它炉	2	1400	27.0	4.6	32.9
合计/平均	67	53955	1141.0	200.2	37.1

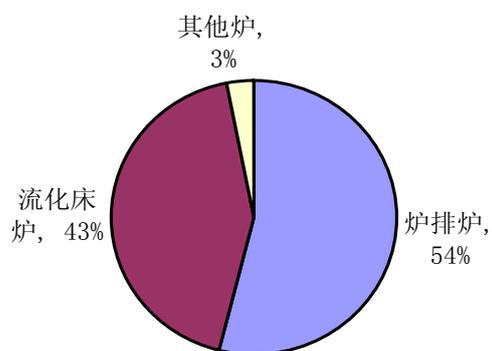


图 2-1 不同技术类型焚烧厂数量分布图

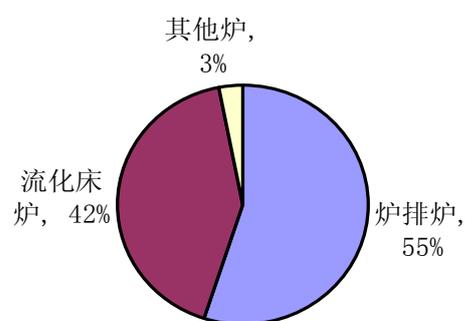


图 2-2 不同技术类型焚烧厂规模分布图

2.2 行业在其他国家和地区发展概况

(1) 欧洲生活垃圾焚烧发展概况

焚烧是欧洲处置城市生活垃圾的主要方式，目前欧洲共有19个国家采用了焚烧方式处理生活垃圾，包括：奥地利、比利时、捷克、丹麦、芬兰、法国、德国、匈牙利、爱尔兰、意大利、卢森堡、荷兰、挪威、葡萄牙、斯洛伐克、西班牙、

瑞典、瑞士、英国，共有470多座垃圾焚烧利用设施。

由于欧洲建设垃圾焚烧厂的历史较早，目前有许多焚烧厂在持续的改建和扩建。

德国的MVA Krefeld焚烧厂先后建设了5条焚烧线：

- (1) 1975年，该厂建成2条线，处理能力均为288吨/日；
- (2) 1982年，又增加了1条线，处理能力也为288吨/日；
- (3) 1997年，又增加了1条线，处理能力为432吨/日；
- (4) 2011年，又增加了1条线，处理能力为600吨/日。

瑞典的Sävenäsverket i Göteborg焚烧厂先后建设了7条焚烧线：

- (1) 1972年，建成了3条线，处理能力均为360吨/日；
- (2) 1994年，增加了1条线，处理能力为528吨/日；
- (3) 1995年，增加了1条线，处理能力为528吨/日；
- (4) 2001年，增加了1条线，处理能力为360吨/日；
- (5) 2009年，增加了1条线，处理能力为360吨/日。

欧洲一些城市，包括一些东欧发展中国家，也在持续新建垃圾焚烧厂，统计如下表2-3。

表 2-3 欧盟部分国家新扩建焚烧厂统计

国家	城市	名称	建成年份	处理能力（吨/日）
奥地利	Linz	ReststoffheizkraftwerkLinz	2011	624×1
奥地利	Zistersdorf	MVAZistersdorf	2009	415×1
比利时	Herstal	Uvelia-Intradel	2009	504×2
芬兰	Vaasa	WestenergyOyAb	2013	480×1
德国	Bernburg	EnergieAnlageBernburgGmbH	2009	336×3
德国	Grobraschen	E.ONE-f-WGrobraschenGmbH	2010	595×1
德国	Rostock	EBS-HKWRostock	2011	631×1
爱尔兰	Co.Meath	MeathWaste-to-EnergyPlant	2011	648×1
挪威	Hamar	EidsivaBioenergi	2011	240×1
意大利	Milano	Milano	2009	648×3
意大利	Roma	Pozzilli	2009	250×1
荷兰	Delfzijl	E.ONE-f-WDelfzijlB.V.	2010	376×2
挪威	Hamar	EidsivaBioenergi	2011	240×1
瑞典	Eda	ÅmotforsenergiAB	2010	220×1
瑞典	Helsingborg	FilbornaKVV1	2013	540×1
瑞士	Giubiasco	ACR-Giubiasco	2009	234×2

但是不同国家焚烧处理垃圾所占的比例差别十分大，其中瑞典比例最高，占47%，丹麦40%，德国和法国分别占32%和33%。

欧洲90%以上的焚烧厂采用的垃圾焚烧炉技术是机械炉排焚烧炉。流化床焚烧炉、旋转窑焚烧炉和热解气化技术虽有应用，但较少。其他废物也常添加到生活垃圾中在机械炉排焚烧炉中进行处理，包括：商业垃圾、工业非危险废物、污泥和某些医疗垃圾。

欧洲现代垃圾焚烧厂高度重视烟气处理，而且处理方法日趋完善，烟气处理部分的投资占全厂建设投资的比重逐步提高，甚至高达40-50%。不同净化系统的组合，可以满足目前最严格的烟气排放标准，如荷兰、德国等国所执行的标准。由于欧洲对酸性气体和NO_x的排放标准要求十分严格，其典型的烟气处理工艺一般采用“静电除尘+中和除酸+布袋除尘+选择性催化脱硝”工艺。

欧洲国家并没有规定和推荐采用特定的焚烧烟气净化组合工艺，下述5种目前世界上垃圾焚烧烟气常用的典型组合工艺都有应用，其中第一种工艺应用最为广泛：

- 1) “干法或半干法除酸+活性炭喷射吸附二噁英+布袋除尘”工艺；
- 2) “SNCR脱硝+干法或半干法除酸+活性炭喷射吸附二噁英+布袋除尘”工艺；
- 3) “干法或半干法除酸+活性炭粉末喷射吸附二噁英+布袋除尘+SCR脱硝”工艺；
- 4) “半干法除酸+活性炭粉末喷射吸附二噁英+布袋除尘+湿法除酸+SCR脱硝”工艺；
- 5) “半干法除酸+活性炭粉末喷射吸附二噁英+布袋除尘+湿法除酸+活性炭床除二噁英”工艺；

(2) 日本生活垃圾焚烧技术现状

由于人口密度高、土地资源短缺，日本是世界上使用焚烧处理城市生活垃圾比例最高的国家。不但大城市的生活垃圾采用焚烧进行处理，市、町、村的生活垃圾也基本上采用焚烧来进行处理。以东京23区为例，除了中野区、新宿区、文京区、千代田区、台东区、荒川区等6个区以外，其余各区均建设有垃圾焚烧厂。1998年垃圾焚烧处理能力达到7340t/d, 2007年东京23区垃圾焚烧处理量占垃圾总

产生量的74.5%。

近十年来，日本全国现有1200多座垃圾焚烧厂，其中各种规模的都有。按照是否连续运行可大体分为四类，其中：

- (1) 全连续式焚烧厂，平均规模250-300吨/日；
- (2) 准连续式焚烧厂，平均规模约为70-80吨/日；
- (3) 机械炉排-序批式焚烧厂，平均规模约为20-25吨/日；
- (4) 固定炉排-序批式焚烧厂，平均规模约为不到10吨/日。

日本的生活垃圾焚烧具有下述特点：

1) 大型城市垃圾焚烧厂基本采用机械炉排炉，技术十分先进，其典型焚烧及烟气处理工艺见图2-3。焚烧厂不会产生恶臭问题，二噁英的排放远远低于 $0.1\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ 。

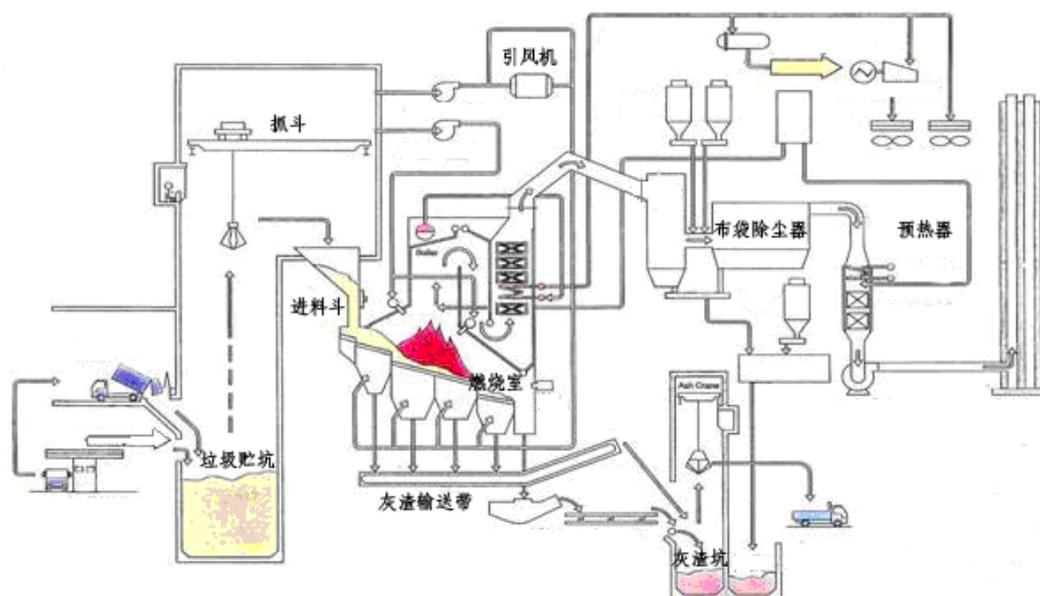


图 2-3 日本生活垃圾焚烧处理典型工艺流程

2) 市、町、村的垃圾焚烧炉多为间歇运行的固定炉排式焚烧炉、机械炉排焚烧炉或流化床焚烧炉，尤以启动和停炉容易的流化床焚烧炉居多，且大多数小型焚烧炉的焚烧烟气处理系统只有静电除尘和湿法除酸。1997年后，为有效控制二噁英，固定炉排炉、间歇运行的流化床和机械炉排炉等规模小、尾气系统简单的设施数量大幅减少，先进的大型炉排焚烧厂不断增加，如图2-4至2-5所示。尽

管日本焚烧厂总数在减少，但是日本连续式垃圾焚烧厂数量仍然是呈增加趋势。与2000年相比，2009年日本连续式垃圾焚烧厂数量增加了20%；而其它三种类型分别减少了35%、53%和68%。

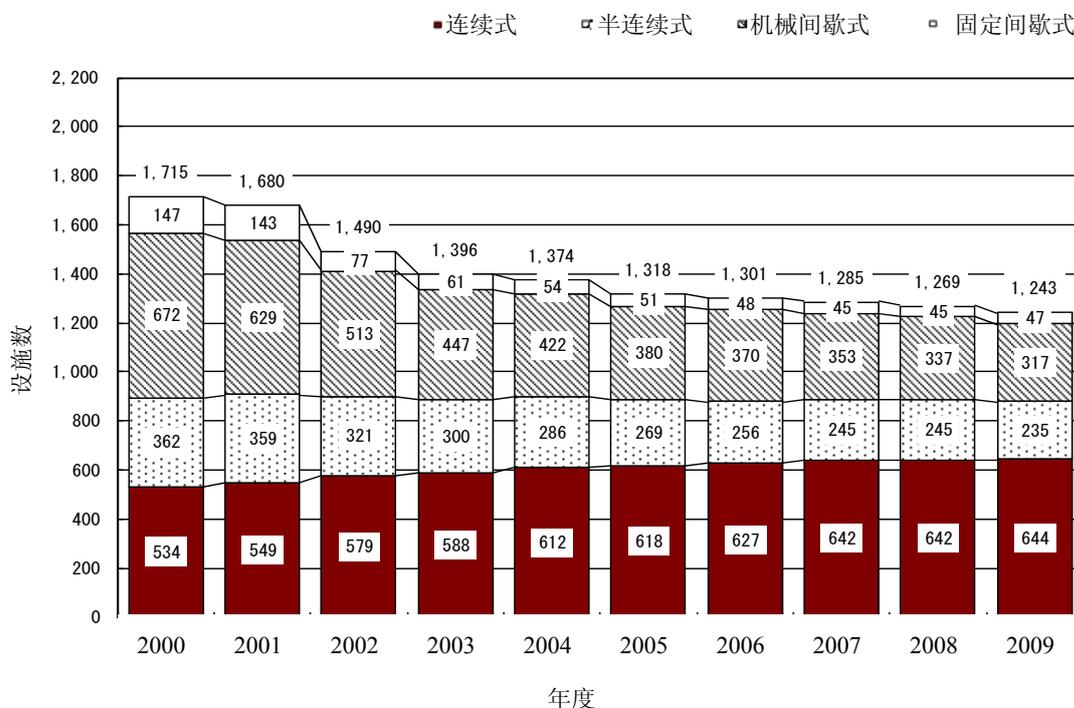


图 2-4 2000-2009 年日本采用不同焚烧方式垃圾焚烧设施数的变化

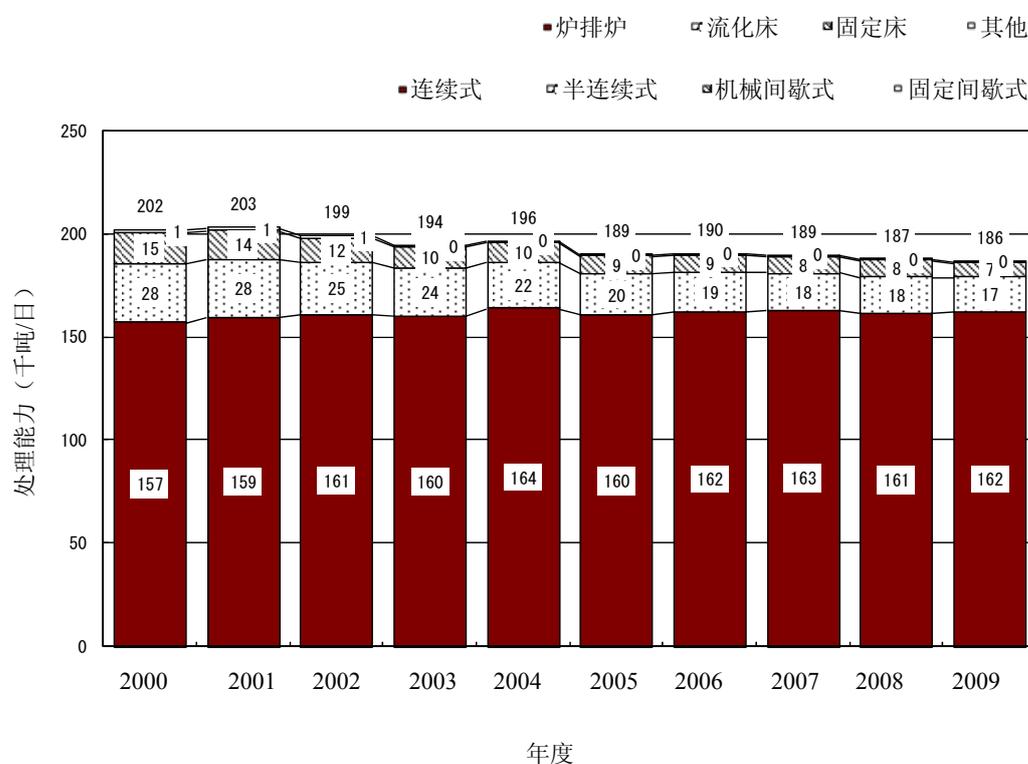


图2-5 2000-2009年日本生活垃圾焚烧处理能力的变化（吨/天）

日本很多垃圾焚烧设施的处理规模小于30t/d。在《二噁英对策基本指南》和《二噁英类对策特别措施法》颁布后,对于不符合标准的处理设施坚决予以淘汰。具体措施包括:改造已有大型焚烧设施的烟气处理设施,逐步关停二噁英排放量大的小型、非连续运行焚烧厂,建设现代化大型焚烧厂。大量处理量低于100 t/d的小型焚烧厂和建于20世纪80年代和90年代初的老化焚烧设施被拆除,在原址建设现代化的大型垃圾焚烧厂,区域生活垃圾集中到更大型的处理设施处理。2008年日本垃圾焚烧电厂的处理规模多500 t/d左右,基本上配置有一条备用焚烧线。

(3) 美国生活垃圾焚烧技术现状

上个世纪九十年代以来,美国垃圾处理以卫生填埋为主(约占一半),生活垃圾管理以可再生资源回收为主,在垃圾焚烧厂方面注重运营,而不是建设新的设施。但近几年来,美国的又重新开始认识到垃圾焚烧建设的必要性。

2012年,美国共有85座垃圾焚烧利用设施:(1) 77 座由私有企业运营;(2) 8 座由公共部门运营;(3) 此外,美国有20个新建及扩建项目。

表 2-4 美国部分新建及扩建焚烧厂情况

建成年份	州名	城市	新增规模 (吨/日)	总规模 (吨/日)	建设投资 (亿美元)	备注
2007	Florida	Lee	636	1,836	1.25	扩建
2009	Florida	Hillsborough	600	1800	1.35	扩建
2010	Hawaii	Honolulu	900	3060	3.02	扩建
2011	Minnesota	Perham	120	240	0.20	扩建
2013	Maryland	Frederick/Carroll	1500	1500	3.31	新建
2015	Florida	PalmBeach	3000	3000	6.68	新建

3 标准修订的必要性分析

3.1 能源政策

2005年2月28日,全国十届人大第十四次会议通过了《中华人民共和国可再生能源法》,其中明确指出“国家鼓励和支持可再生能源并网发电”。根据该法,可再生能源是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。其中“生物质能”是指利用自然界的植物、粪便以及城乡有机废物转化成的能源。该法的颁布实施为城市生活垃圾焚烧的发展提供了广阔的空间。

2006年1月4日,国家发改委发布了《可再生能源发电价格和费用分摊管理试

行办法》(发改价格[2006]7号),规定“发电消耗热量中常规能源超过20%的混燃发电项目,视同常规能源发电项目,执行当地燃煤电厂的标杆电价,不享受补贴电价”。2006年1月5日,国家发展和改革委员会发布了《可再生能源发电有关管理规定》(发改能源[2006]13号)。这二个文件为垃圾焚烧发电上网电价的制定提供了重要依据。

2006年9月7日,国家发改委发布了《国家鼓励的资源综合利用认定管理办法》(发改环资[2006]1864号),其中规定“垃圾焚烧发电采用流化床锅炉掺烧原煤的,垃圾使用量应不低于入炉燃料的80%(重量比),必须配备垃圾与原煤自动给料显示、记录装置”。

2012年3月28日,国家发改委发布了《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》(发改价格[2012]801号),其中规定“以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目,均先按其入厂垃圾处理量折算成上网电量进行结算,每吨生活垃圾折算上网电量暂定为280千瓦时”及“当以垃圾处理量折算的上网电量低于实际上网电量的50%时,视为常规发电项目,不得享受垃圾发电价格补贴”。

3.2 环境政策

2008年9月4日,原国家环保总局和国家发改委联合发布了《关于进一步加强生物质发电项目环境影响评价管理工作的通知》,其中明确指出:采用流化床焚烧炉处理生活垃圾作为生物质发电项目申报的,其掺烧常规燃料质量应控制在入炉总质量的20%以下。其他新建的生物质发电项目原则上不得掺烧常规燃料。国家鼓励对常规火电项目进行掺烧生物质的技术改造,当生物质掺烧量按照质量换算低于80%时,应按照国家常规火电项目进行管理。

2010年4月22日,住房和城乡建设部、国家发展和改革委员会、环境保护部联合印发《生活垃圾处理技术指南》(建城[2010]61号)。要求:采用焚烧处理技术,应严格按照国家和地方相关标准处理焚烧烟气,并妥善处置焚烧炉渣和飞灰;经过分类的生活垃圾,可作为替代燃料进入城市附近大型水泥厂的新型干法水泥窑处理;水泥窑协同处置要符合国家产业政策和准入条件,并按照相关标准严格控制污染物的产生和排放。

3.3 相关规划

(1)《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》

《纲要》共分为16篇，62章。其中第六篇为“绿色发展 建设资源节约型、环境友好型社会”，其中要求提高城市生活垃圾处理能力。

具体要求为：加快建设城镇生活污水、污泥、垃圾处理处置设施，同步建设和合理配套污水收集管网、垃圾收运设施。提高城镇生活污水和垃圾处理能力，城市污水处理率和生活垃圾无害化处理率分别达到85%和80%。

(2)《关于进一步加强城市生活垃圾处理工作的通知》(国发〔2011〕9号)

2011年4月19日，该通知发布。第四点提出，全面提高城市生活垃圾处理能力和水平，其中第九条要求选择适用技术。土地资源紧缺、人口密度高的城市要优先采用焚烧处理技术。

(3)《“十二五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》(国办发〔2012〕23号)

2012年4月19日，规划颁布。规划提出，“十二五”期间，全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设总投资约2636亿元。

到2015年，直辖市、省会城市和计划单列市生活垃圾全部实现无害化处理，设市城市生活垃圾无害化处理率达到90%以上，县具备垃圾无害化处理能力，县城生活垃圾无害化处理率达到70%以上，全国城镇新增生活垃圾无害化处理设施能力58万吨/日。

到2015年，全国城镇生活垃圾焚烧处理设施能力达到无害化处理总能力的35%以上，其中东部地区达到48%以上。

东部地区、经济发达地区和土地资源短缺、人口基数大的城市，要减少原生生活垃圾填埋量，优先采用焚烧处理技术；

其他具备条件的地区，可通过区域共建共享等方式采用焚烧处理技术。

在充分论证的基础上，鼓励积极开展水泥窑协同处理等技术的试点示范。

3.4 现有标准

目前，国内生活垃圾焚烧处理相关的行业标准主要有《城市生活垃圾焚烧处理工程建设标准》(建标[2001]213号)、《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》

(CJJ90-2009)和《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2001),分别对垃圾焚烧厂的建设投资、工程设计以及污染物排放做出了规定。

另外,焚烧厂的设计建设还须执行《小型火力发电厂设计规范》(GB50049)、《锅炉房设计规范》(GB50041)、《电力工程电缆设计规范》(GB50217)、《室外排水设计规范》(GBJ14)等建筑、市政、电力相关行业的标准。

3.5 发展趋势

现有《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2001)规定了生活垃圾焚烧厂的选址原则、生活垃圾入厂要求、焚烧炉基本技术性能指标和焚烧厂污染物排放限值等。这一标准的颁布实施,对我国的生活垃圾焚烧污染的控制起到了一定的积极作用。

根据各规划技术路线和政策,我国垃圾处理仍将以卫生填埋为主,以焚烧处理为辅。但是随着城市化进程的加快,城市土地越来越紧张,国内大多数大型城市已经无力在市区附近范围内寻找一块合适的土地建设填埋场,而焚烧炉主体设备的国产化使得焚烧厂建设投资大大降低,这成为我国垃圾焚烧行业发展最大的推动力。据《城市建设统计年报2011》中的统计数据,2011年全国城市生活垃圾清运量达到1.64亿吨,其中焚烧量为2599.3万吨,焚烧处置率已到达了23%,相对2001年标准颁布时的2.9%有了长足的发展。焚烧厂数量从2001年的36座增加到2011年的109座,其中处理量大于800吨/日的焚烧厂占42%。新增的单个焚烧炉的处理规模从200吨/日到600吨/日不等,单个焚烧炉的处理规模主要集中在300~400吨/日的水平上,比例占了将近50%。根据建设部的“十一五环卫规划”,新增的焚烧厂平均处理规模将达到810吨/日。

我国近年来在生活垃圾焚烧技术方面进行了广泛的研究,国家高技术研究发展计划项目(863)和科技支撑项目等国家科技项目均有针对性研究课题对焚烧技术进行研究,且焚烧和污染物排放控制技术水平在应用中得到了很大提高。上述发展对污染物排放标准提出了新的要求,现行的GB18485-2001已难以反映和适应新需求,逐渐暴露出了其在垃圾焚烧污染物控制方面的缺陷,因此需要在对国内焚烧技术发展和应用现状进行深入研究并充分吸收现有研究成果的基础上,对现有标准进行全面评价和修订,以适应新形势的需要。

4 行业产排污情况及污染控制技术分析

4.1 行业主要生产工艺及产污分析

焚烧处理系统主要可分为四个子系统，按工艺流程顺序依次为进料系统、焚烧系统、供风系统和尾气净化系统。

(1) 进料系统

进料系统的作用是使废物能在安全、稳定且可控制的情况下进料，避免影响焚烧炉正常燃烧工况。采用抓斗将贮存坑中的垃圾投入垃圾焚烧炉中，在进料装置的往复作用下进入垃圾焚烧炉中。

贮存坑中的垃圾在堆存过程中发生厌氧发酵作用，会产生氨气、硫化氢、硫醇等恶臭气体。为防止恶臭外溢扩散，垃圾贮存坑应微负压运行，将贮存坑中的空气引入到焚烧炉中进行氧化焚烧。

(2) 焚烧系统

垃圾经进料系统进入主燃室后，借助机械炉排推进缓缓移动，推进系统开始进入干燥段吸热至燃点，再进入燃烧段焚烧，灰渣落入出灰螺旋输送系统，送出炉外。

主燃室产生的烟气进入第二燃烧室，第二燃烧室分燃烧段与停留段，烟气在燃烧机喷入柴油助燃下燃烧，经停留段确保完全燃烧，停留时间>2 秒，进入后续尾气净化系统。

(3) 供风系统

焚烧炉供风系统由鼓风机、供气风门、脉冲电磁碟阀、压力监测组件组成。鼓风机通过空气输送管及风门的调控，在脉冲电磁碟阀控制下，脉冲式向炉内强制送风，将适量助燃空气送入主燃烧室，同时吹动翻转炉排上的垃圾，使之燃尽。二燃室供风则无需脉冲碟阀控制，而根据需氧量调节风门。

(4) 尾气净化系统

为保证焚烧炉燃烧后产生废气中的各项指标达标排放，需对尾气进行净化处理后方可排放。焚烧炉尾气中的主要污染物有尘、酸性气体、氮氧化物、重金属、二噁英等，尾气净化系统由去除这些污染物的各部分组成。

4.2 常用烟气净化控制技术

生活垃圾焚烧烟气中的污染物包含以下四类：（1）煤烟、颗粒物及飘尘；（2）酸性气体：HCl、SO₂、NO_x；（3）有毒重金属：Pb、Cd、Hg、As、Cr等；（4）二噁英类等卤代化合物：PCDDs（二噁英）、PCDFs（呋喃）。

（1）粉尘（颗粒物）控制技术

焚烧尾气中粉尘的主要成分为惰性无机物，如灰分、无机盐类、可凝结的气体污染物质及有害的重金属氧化物，其含量在450~225500 mg/m³之间，视运转条件、废物种类及焚烧炉型式而异。一般来说，固体废物中灰分含量高时，所产生的粉尘量多。粉尘颗粒大小的分布亦广，直径有的大至100μm以上，也有小至1μm以下。除尘设备的种类主要有：重力沉降室、旋风（离心）除尘器、喷淋塔、文式洗涤器、静电除尘器及布袋除尘器等。文式洗涤器多用于危险废物焚烧处理。由于静电除尘器具有促进二噁英生成的环境，目前国外在生活垃圾焚烧尾气净化系统中普遍采用布袋除尘器，美国、欧盟和加拿大环保局均推荐采用布袋除尘器收集粉尘。

（2）NO_x污染控制技术

在生活垃圾焚烧过程中，NO_x主要有三个来源：1）垃圾自身具有的有机和无机含氮化合物在焚烧过程中与O₂发生反应生成NO_x；2）助燃空气中的N₂在高温条件下被氧化生成NO_x；3）助燃燃料（如煤、天然气、油品等）燃烧生成NO_x。通过加强控制手段抑制NO_x的形成或者将已经生成的NO_x还原成为N₂分子，是减少焚烧炉尾气NO_x排放最为有效的手段。目前应用非常广泛的控制技术主要包括三类：焚烧控制、选择性非催化还原技术（SNCR）、选择性催化还原技术（SCR）。

■ 焚烧控制

通过控制焚烧过程的工艺参数降低NO_x的烟气排放浓度。主要有：（1）降低焚烧区域的温度，减少“局部过度燃烧”的情况发生，即可控制这部分NO_x的生成；（2）通过调节助燃空气分布方式，降低高温区O₂浓度，从而有效减少N₂和O₂的高温反应；（3）创造反应条件使NO_x还原为N₂。

■ 选择性非催化反应（SNCR）

在焚烧炉内注射化学物质，如氨和尿素，在焚烧温度为1800°F至2000°F

(750℃~900℃) 的区域, NO_x与氨或尿素反应被还原为N₂。尿素分解成为NH₃后参与反应, 没有反应完全的NH₃与烟气中的HCl反应生成NH₄Cl, 烟气中残留的NH₃一般小于10ppm。

■ 选择性催化反应 (SCR)

这是一种后燃烧控制技术。在催化剂作用下, 通过注射氨或尿素(NH₃/NO=1:1, 摩尔比), 使NO_x被催化还原为N₂。催化剂一般为TiO₂-V₂O₅, 当温度低于300℃时, 催化剂活性不够, 而当温度高于450℃时NH₃就会被分解; 因此催化反应的温度一般控制300~400℃之间。

■ 几种NO_x控制技术比较

就NO_x的去除效果而言, SCR对NO_x的去除率达到了90%以上, 在300~400℃条件下TiO₂-V₂O₅的脱硝率甚至可以达到100%; 先进的焚烧控制技术可以达到60~70%的去除率; 而SNCR对NO_x的去除率也可达到50%左右。

就成本-效率分析, SCR和先进的焚烧控制系统基本相当, 明显比SNCR技术昂贵。

就副产物和其他污染物而言, SNCR和SCR均产生NH₃污染问题。SCR释放的NH₃ (大约10 ppm) 要低于SNCR系统。而且, SCR系统要求对排放出来的烟气 (150℃左右) 进行再次升温 (300~400℃), 消耗更多的能量, 增加CO₂的排放量; 最终, 当SCR系统的催化剂失活以后就成为了需要进行特殊处理的危险废物。

综合考虑各项脱硝技术的成本和效率, 目前在焚烧烟气净化系统中SNCR的应用作为广泛, 美国环保局、欧盟均推荐采用SNCR作为固体废物焚烧烟气脱硝工艺。

(3) 酸性气体控制技术

用于控制焚烧厂尾气中酸性气体的技术有湿法、半干法及干法等三种脱酸方法。

■ 湿式脱酸法

焚烧尾气处理系统中最常用的湿式脱酸塔是对流操作的填料吸收塔, 经静电除尘器或布袋除尘器去除颗粒物的尾气降到饱和温度, 再与向下流动的碱性溶液

不断地在填料空隙及表面接触、反应，使尾气中的污染气体被有效吸收。填料对吸收效率影响很大，要尽量选用耐久性与防腐性好、比表面积大、对空气流动阻力小以及单位体积质量轻和价格便宜的填料。

湿式脱酸塔的最大优点为酸性气体的去除效率高，对HCl去除率为98%，SO₂去除率为90%以上，并附带有去除高挥发性重金属物质（如汞）的潜力；其缺点为造价较高，用电量及用水量亦较高，此外为避免尾气排放后产生白烟现象需另加装废气再热器，废水亦需加以妥善处理。

■ 干式脱酸法

干式脱酸法是用压缩空气法将碱性固体粉末（石灰或碳酸氢钠）直接喷入烟管或烟管上某段反应器内，使碱性消石灰粉与酸性废气充分接触和反应，从而去除酸性气体。为了提高反应速率，实际碱性固体的用量约为反应需求量的3~4倍，固体停留时间至少需1s以上。

干式脱酸塔结合布袋除尘器组成的干式脱酸工艺是尾气净化系统中较为常见的组合工艺，设备简单，维修容易，造价便宜，消石灰输送管线不易阻塞，但由于固体与气体的接触时间有限且传质效果不佳，常需超量加药，药剂的消耗量大。同其他两种方法相比，干法的整体去除效率也较低，产生的反应物及未反应物量亦较多，最终需要妥善处置。

■ 半干式脱酸法

半干式脱酸塔实际上是一个喷雾干燥系统，利用高效雾化器将消石灰浆液从塔底向上或从塔顶向下喷入喷雾干燥塔中。尾气与喷入的石灰浆成同向流或逆流的方式充分接触，并产生酸碱中和反应。由于雾化效果佳（液滴的直径可低至30μm左右），气、液接触面大，不仅可以有效降低气体的温度，中和酸性气体，并且石灰浆中的水分可在喷雾干燥塔内完全蒸发，不产生废水。这种系统最主要的设备为雾化器。

本法最大的特性是结合了干式法与湿式法的优点，构造简单，投资低，压差小，能源消耗少，液体使用量远较湿系统低；较干式法的去除效率高，也免除了湿式法产生经过多废水的问题；操作温度高于气体饱和温度，尾气不产生雾状水蒸汽团。但是喷嘴易堵塞，塔内壁容易为固体化学物质附着及堆积，设计和操作中要很好控制加水量。

目前，喷雾干燥塔结合布袋除尘器的脱酸除尘组合工艺是国内外最为广泛采用的工艺技术，美国环保局和欧盟均推荐采用此脱酸除尘工艺。

(4) 重金属控制技术

烟气中重金属主要以气态或吸附态形式存在。气化温度较高的重金属及其化合物在烟气处理系统降温过程中凝结成粒状物质，然后被除尘设备收集去除；气化温度较低的重金属元素无法充分凝结，但飞灰表面的催化作用可能使其转化成气化温度较高、较易凝结的金属氧化物或氯化物，从而被除尘设备收集去除；仍以气态存在的重金属物质，将被吸附于飞灰上或被喷入的活性炭粉末吸附而被除尘设备一并收集去除。

活性炭粉末不仅可以吸附烟气中呈气态的重金属元素及其化合物，而且可以吸附一部分布袋除尘器无法捕集的超细粉尘以及吸附在这些粉尘上的重金属而被除尘设备一并收集去除。但是，挥发性较高的铅、镉和汞等少数重金属则不易被完全去除。

由于活性炭吸附结合布袋除尘器除尘的组合技术可以起到很好的重金属去除作用，1995年美国环保局把它作为重金属控制的首选技术列入新建焚烧炉烟气排放标准之中。

(5) 二噁英类控制技术

控制焚烧厂烟气中二噁英类的排放，可从控制来源、减少炉内形成、避免炉外低温区再合成以及提高尾气净化效率四个方面着手。

1) 控制来源。避免含二噁英类物质（如多氯联苯）以及含有机氯（PVC）高的废物（如医疗废物、农用地膜）进入焚烧炉。

2) 减少炉内合成。通常采用的是“3T+E”工艺，即焚烧温度850℃；停留时间2.0秒；保持充分的气固湍动程度；以及过量的空气量，使烟气中O₂的浓度处于6~11%。

3) 减少炉外低温再合成。炉外低温再合成现象多发生在锅炉内（尤其在节热器的部位）以及粒状污染物控制设备之前。已有研究指出，二噁英炉外低温再合成的最佳温度区间为200℃~400℃，铜或铁的化合物在飞灰的表面催化了二噁英类的前驱体物质（如苯、氯苯、酚类、烃类等）而合成二噁英类。

4) 提高尾气净化效率。二噁英主要以颗粒状态存在于烟气中或者吸附在飞

灰颗粒上,因此为了降低烟气中二噁英的排放量,就必须严格控制粉尘的排放量。布袋除尘器对 $1\mu\text{m}$ 以上粉尘的去除效率达到99%以上,但是对超细粉尘的去除效果不是十分理想,通过喷射活性炭粉末加强对超细粉尘及其吸附的二噁英的捕集效率。

生活垃圾焚烧烟气系统由除尘、除酸、除二噁英和重金属等各独立单元优化组合而成。组合的原则和目的,是使整个烟气处理系统能有效的、最大化地处理去除存在于烟气中的各种污染物,并在经济可行。

目前世界上垃圾焚烧采用的烟气净化工艺有总计408种不同的组合体系,但在发达国家常用的是下列五种典型工艺:

- 1) “干法或半干法除酸+活性炭喷射吸附二噁英+布袋除尘”工艺;
- 2) “SNCR脱硝+干法或半干法除酸+活性炭喷射吸附二噁英+布袋除尘”工艺;
- 3) “干法或半干法除酸+活性炭粉末喷射吸附二噁英+布袋除尘+SCR脱硝”工艺;
- 4) “半干法除酸+活性炭粉末喷射吸附二噁英+布袋除尘+湿法除酸+SCR脱硝”工艺;
- 5) “半干法除酸+活性炭粉末喷射吸附二噁英+布袋除尘+湿法除酸+活性炭床除二噁英”工艺。

上述各种烟气处理工艺分别适于不同的烟气污染物排放标准的要求,第一种组合工艺目前在世界上应用较广(2001年占75%),适应我国现有烟气污染物排放标准的要求,且烟尘和二噁英可分别达到欧盟1992和欧盟2000标准的要求。欧洲对 SO_2 、 NO_2 等酸性气体排放要求较高,所以近年来增加了湿法除酸和选择性催化脱硝装置。

研究和实践均表明,“3T+E”工艺+活性炭喷射+布袋除尘器是去除烟气中二噁英类物质的有效途径,“3T+E”焚烧工艺+SNCR脱硝+半干法脱酸+布袋除尘器除尘+活性炭喷射”的组合技术为目前最优化的烟气污染控制技术,可以同时满足脱氮、脱酸、除尘、去除重金属和二噁英的要求,实现烟气净化的目的。该组合工艺与美国环保局1995年推荐的组合工艺是完全一致的。

我国大型生活垃圾焚烧烟气净化系统基本上采用“半干法脱酸+活性炭喷射

吸附二噁英+布袋除尘器除尘””的烟气组合处理工艺工艺，其特点是不仅可以达到较高的净化效率，而且具有投资和运行费用低、流程简单、不产生废水等优点。在国内应用的半干法烟气脱酸工艺主要有以下三种技术：喷雾干燥法烟气净化技术；循环悬浮法烟气净化技术；多组分有毒废气治理技术（MHGT）。

4.3 常规污染物排放水平与标准执行情况

编制过程中对国内20家生活垃圾焚烧厂2001-2009年烟气监测数据进行了调研分析，以下为调研分析的主要结果。

(1) NO_x

图 4-1 是国内 20 家典型焚烧企业氮氧化物排放数据。各国生活垃圾焚烧污染控制标准中氮氧化物的排放限值见表 4-1 所示。根据调研结果，现有垃圾焚烧炉 NO_x 排放水平能够达到现行标准。现行标准限值与欧盟（100%达标率标准，下同）相同，为 400 mg/m³。

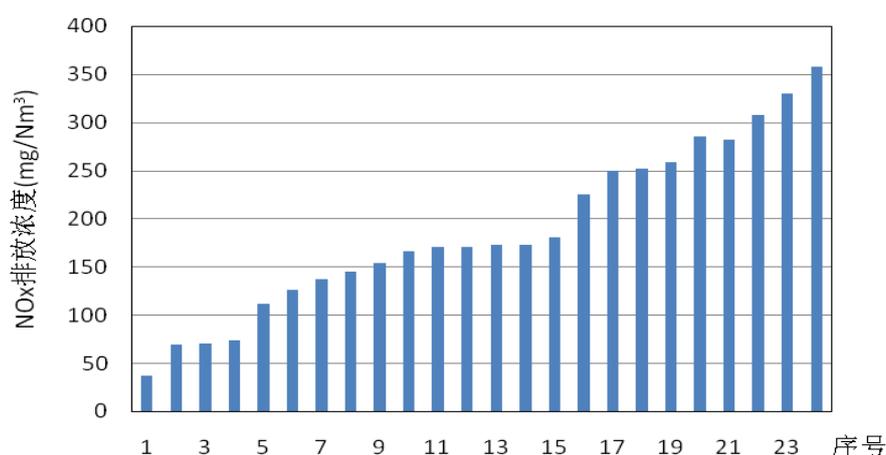


图 4-1 国内调研焚烧企业 NO_x 排放水平

表 4-1 各国生活垃圾焚烧污染控制标准中氮氧化物的排放限值

国家	限值 (mg/m ³)
欧盟	400 (100%达标率, 下同)
中国	400

(2) SO₂

图 4-2 是国内 20 家典型焚烧企业二氧化硫排放数据。各国二氧化硫的排放限值见表 4-2 所示。根据调研结果，SO₂ 的达标率为 100%。我国现行标准限值比欧盟标准高 60mg/m³。

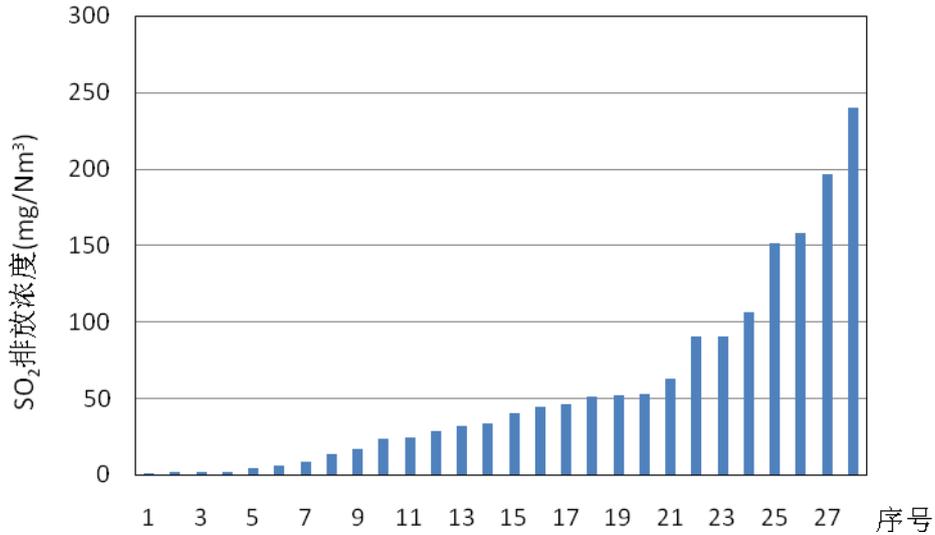


图 4-2 国内调研焚烧企业 SO₂ 排放水平

表 4-2 各国生活垃圾焚烧污染控制标准中二氧化硫的排放限值

国家	限值 (mg/m ³)
欧盟	200
中国	260

(3) HCl

图 4-3 是国内 20 家典型焚烧企业氯化氢排放数据。各国氯化氢的排放限值见表 4-3 所示。根据调研结果，HCl 的达标率为 100%。欧盟的标准为 60mg/m³。

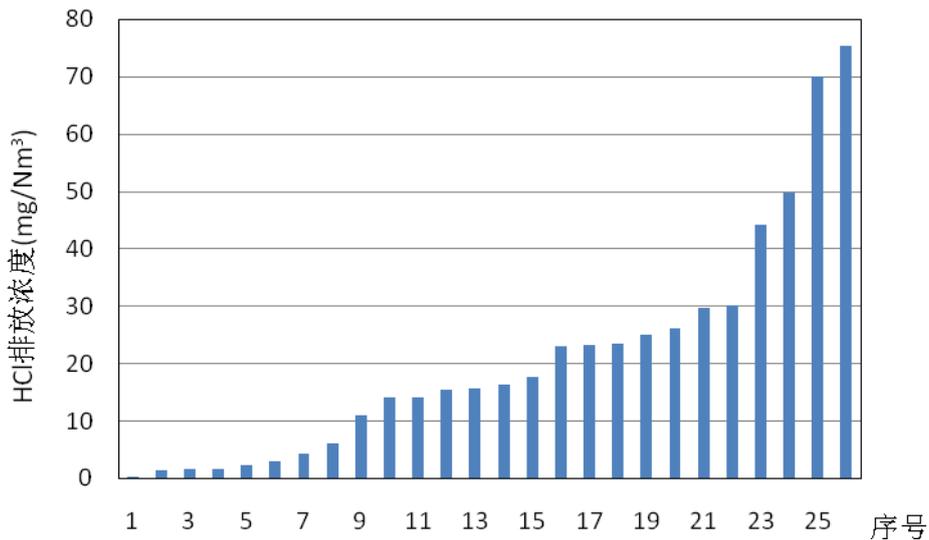


图 4-3 国内调研焚烧企业 HCl 排放水平

表 4-3 各国生活垃圾焚烧污染控制标准中氯化氢的排放限值

国家	限值 (mg/m ³)
欧盟	60

(4) Hg

图 4-4 是国内 20 家典型焚烧企业汞排放数据。各国汞的排放限值见表 4-4 所示。根据调研结果，Hg 的达标率为 90%。我国现行标准限值比发达国家高 4 倍左右。

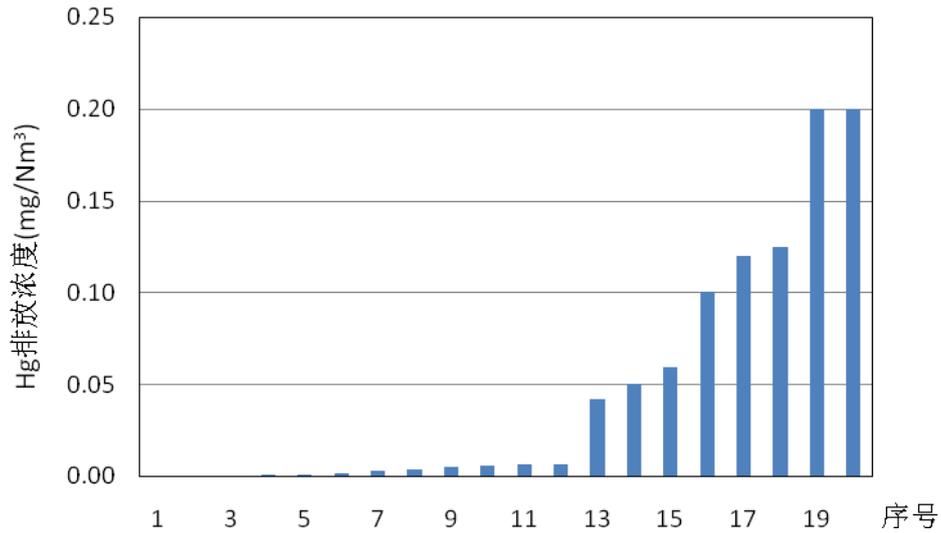


图 4-4 国内调研焚烧企业 Hg 排放水平

表 4-4 各国生活垃圾焚烧污染控制标准中 Hg 的排放限值

国家	限值 (mg/m ³)
欧盟	0.05
中国	0.2

(5) Cd

图 4-5 是国内 20 家典型焚烧企业镉排放数据。各国镉的排放限值见表 4-5 所示。根据调研结果，Cd 的达标率为 100%。我国现行标准与国外标准差异较小，约为发达国家的两倍左右。

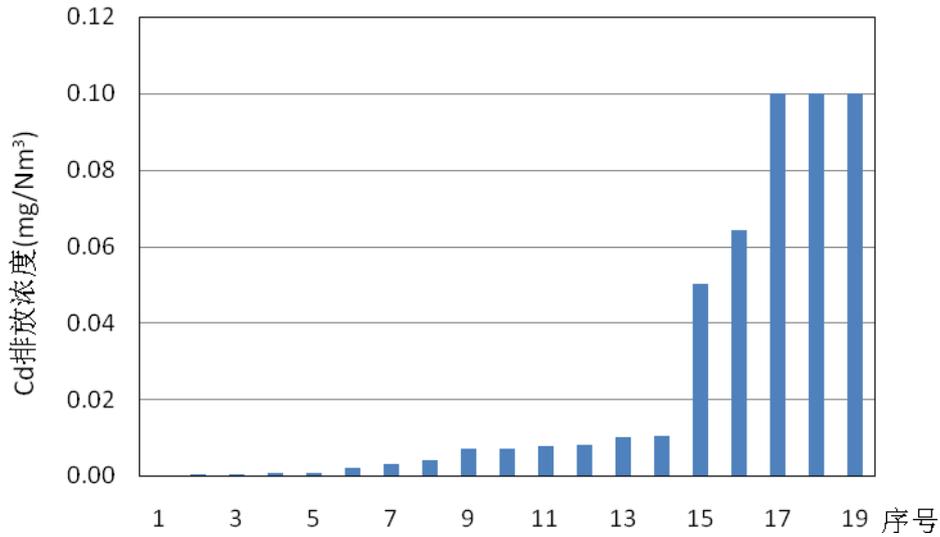


图 4-5 国内调研焚烧企业 Cd 排放水平

表 4-5 各国生活垃圾焚烧污染控制标准中 Cd 的排放限值

国家	限值 (mg/m ³)
欧盟	0.05
中国	0.1

(6) Pb

图 4-6 是国内 20 家典型焚烧企业铅排放数据。各国铅的排放限值见表 4-6 所示。根据调研结果，Pb 的达标率为 100%。我国现行标准限值比发达国家高 3 倍左右。

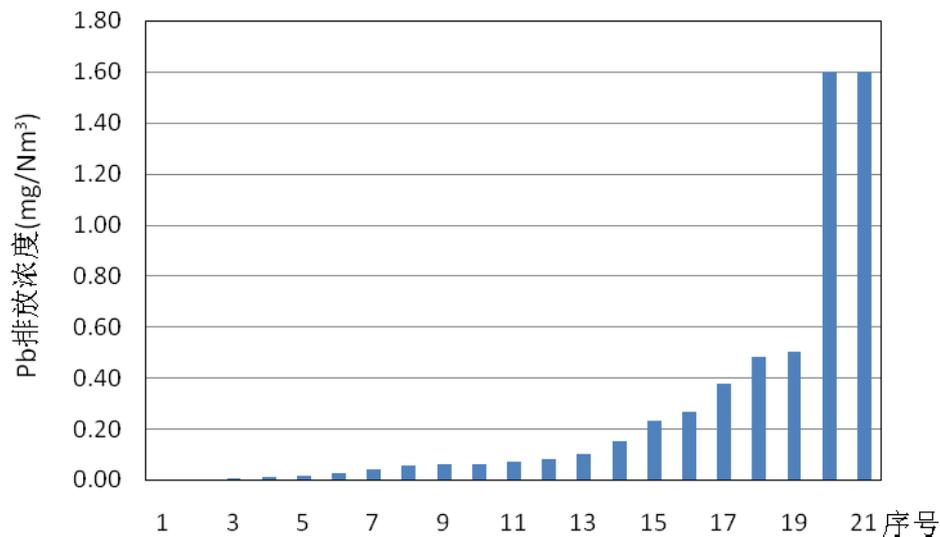


图 4-6 国内调研焚烧企业 Pb 排放水平

表 4-6 各国生活垃圾焚烧污染控制标准中 Pb 的排放限值

国家	限值 (mg/m ³)

欧盟	0.5
中国	1.6

4.4 二噁英排放水平与标准执行情况

国内调研焚烧企业二噁英的排放水平见图 4-7 所示。各国二噁英的排放限值见表 4-7 所示。

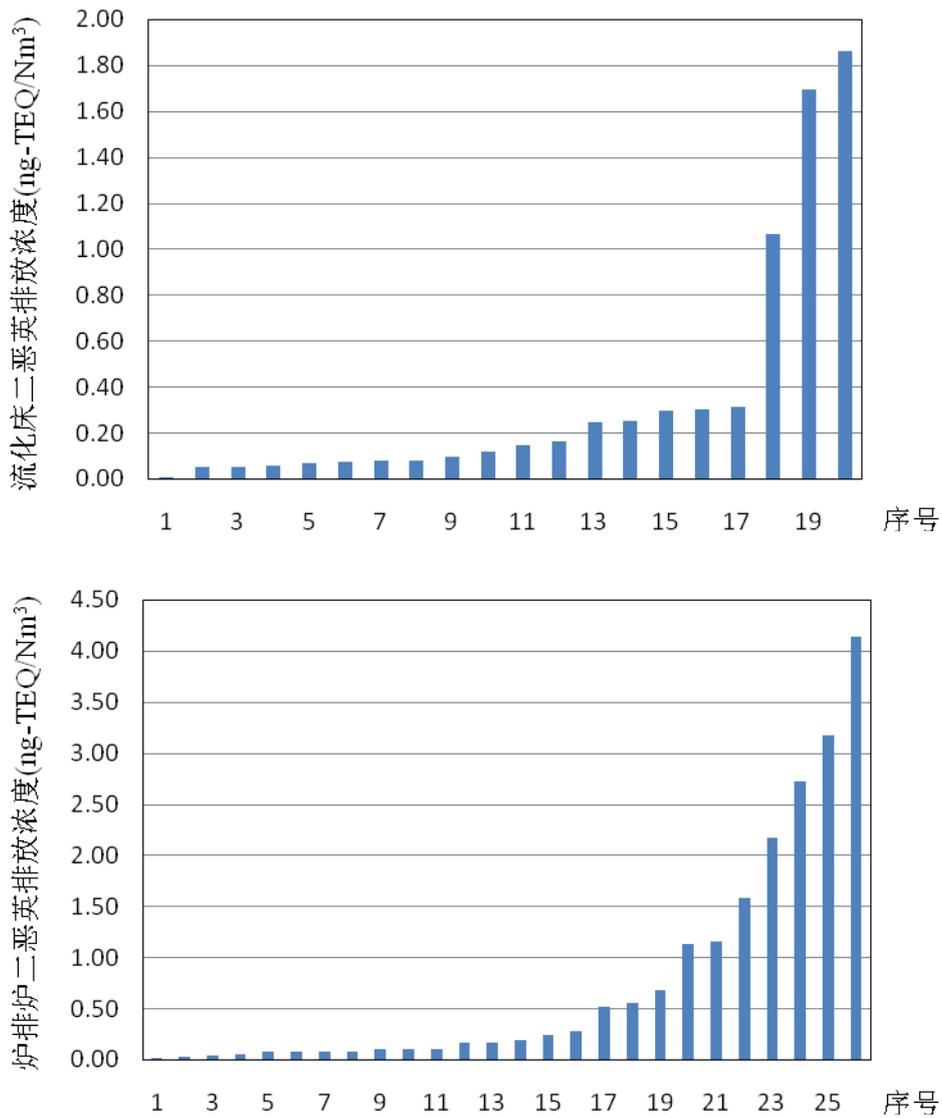


图 4-7 国内调研焚烧企业二噁英排放水平

表 4-7 各国生活垃圾焚烧污染控制标准中二噁英的排放限值

国家	限值 (ng TEQ/m ³)
欧盟	0.1
日本	0.1 (每小时焚烧超过 4 吨)
	1.0 (每小时焚烧 2-4 吨)
	5.0 (每小时焚烧小于 2 吨)
中国	1.0

调研结果显示，测定均值 $1.0\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ 的达标率为78%。测定均值为 $0.1\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ 的达标率为43%。可见，我国现有生活垃圾焚烧技术和装备水平能够将二噁英控制在一个很低的水平；二噁英的排放水平能够控制在 $0.1\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ 以下。

5 标准主要技术内容

5.1 编制原则

本标准的编制遵循下列原则：

- 充分贯彻落实《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的具体要求；
- 保证标准修订过程的科学性；
- 保护环境安全和人民健康；
- 充分考虑我国国情，符合我国技术发展水平，保证标准执行过程的可操作性。

5.2 标准内容结构

修订后本标准主要包括以下内容：

- (1) 适用范围。
- (2) 规范性引用文件等。
- (3) 术语和定义。
- (4) 选址要求。
- (5) 技术要求。
- (6) 入炉废物要求。
- (7) 运行要求。
- (8) 排放控制要求。
- (9) 监测要求。
- (10) 实施与监督。
- (11) 附录 A。

5.3 主要条文说明

5.3.1 适用范围

本节指明了本标准的适用范围，即规定了生活垃圾焚烧厂选址、技术、入炉

废物、运行、排放控制、监测、实施与监督等方面的要求。与现行标准相比，其适用范围有如下三点不同：

(1) 目前我国还没有针对生活污水处理设施产生的污泥和一般工业固体废物专用焚烧设施的污染控制标准，因此在相关标准出台之前，这些焚烧设施的污染控制标准应参照本标准执行。

(2) 对于利用工业窑炉协同处置生活垃圾的情况，参考国外特别是美国的经验，若焚烧的生活垃圾的质量不超过总入炉（窑）物料总质量的 30%，则该工业窑炉的污染控制执行相应的工业窑炉污染控制标准。当掺加生活垃圾的质量超过入炉（窑）物料总质量 30%时，则该工业窑炉的污染控制按照本标准执行。

(3) 本标准只适用于法律允许的污染物排放行为；对于新设立污染源的选址和特殊保护区域内现有污染源的管理等特殊情况，按照法律的相关规定执行，可以不执行本标准。

5.3.2 规范性引用文件

本部分为在生活垃圾焚烧厂的选址、设计及运行过程为避免造成环境污染所需要遵循的相关环境保护标准和文件。这些标准和文件的有关条文通过引用成为本标准的组成部分。

5.3.3 术语和定义

本节对本标准中的专门术语和容易引起歧义的名词进行了定义。与现行标准相比，增加了炉膛、焚烧飞灰、一般工业固体废物、企业边界、现有生活垃圾焚烧设施、新建生活垃圾焚烧设施、测定均值、1 小时均值、24 小时均值、基准氧含量排放浓度等定义，删除了危险废物的定义，将现行标准中的术语“处理量”改为“焚烧处理量”，修改了对“标准状态”术语的描述，焚烧炉、焚烧炉渣、热灼减率、二噁英类、毒性当量的定义不变。

3.3 炉膛 furnace

垃圾焚烧炉中的燃烧空间。此定义是参照了《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》（CJJ90-2009）中对炉膛的定义。

3.6 焚烧飞灰 incineration fly ash

烟气净化系统捕集物和烟囱底部沉降的烟囱底灰。

3.11 一般工业固体废物 Non-hazardous waste

在工业生产活动中产生的固体废物，危险废物除外。《固体法》中对工业固体废物进行了定义，针对固体法的定义将危险废物排除在外即为一般工业固体废物。

3.12 企业边界 plant boundary

生活垃圾焚烧厂的法定边界。若无法定边界，则指实际边界。

3.13 现有生活垃圾焚烧设施 existing municipal waste incineration facility

本标准实施之日前，已建成投入使用或环境影响评价文件已获批准的生活垃圾焚烧设施。

3.14 新建生活垃圾焚烧设施 new municipal waste incineration facility

本标准实施之日后环境影响评价文件获批准的新建、改建和扩建的生活垃圾焚烧设施。

3.16 测定均值 average measurement data

以等时间间隔至少采取 3 个样品测试值的算术平均值。原 2001 年的标准对取样期没有要求，相关监测标准只对具体监测项目进行了要求，参照欧盟的要求，取样期为 30 分钟-8 小时。

3.17 1 小时均值 average measurement data of 1 hour

以连续 1 小时的采样获取的测定值；或在 1 小时内，以等时间间隔至少采取 3 个样品测试值的算术平均值。

3.18 24 小时均值 average measurement data of 24 hour

24 小时内 1 小时均值的算术平均值。

3.19 基准氧含量排放浓度 emission concentration of baseline oxygen

本定义是参考火电厂大气污染物排放标准 GB13223-2011 的定义。

本标准规定的各项污染物的排放限值，均指在标准状态下以 11% (V/V%) O₂ (干烟气) 作为换算基准换算后的基准含氧量排放浓度，按下式进行折算：

$$\rho = \rho' \times (21-11) / (21 - \phi'(O_2))$$

式中： ρ —大气污染物基准氧含量排放浓度， mg/m^3 ；

ρ' —实测的大气污染物排放浓度， mg/m^3 ；

$\phi'(O_2)$ —实测的氧含量，%。

5.3.4 选址要求

4.2 和 4.3 条是参考“关于发布《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)等3项国家污染物控制标准修改单的公告”中对废物集中处置场址选择的要求进行了修改。

5.3.5 技术要求

5.1 条对生活垃圾接受和贮存设施进行了严格的规范。生活垃圾焚烧厂的恶臭污染主要是垃圾贮存过程中厌氧发酵等作用下产生的恶臭气体的扩散,主要有硫化氢、硫醇、氨气以及滋生的蚊蝇等。通过采取如下措施可以达到恶臭污染控制:

- (1) 生活垃圾贮存设施密闭。
- (2) 贮存设施应微负压运行,避免恶臭扩散。
- (3) 恶臭空气通入焚烧炉中进行氧化除臭。
- (4) 焚烧炉停运期间,恶臭气体通过除臭设施处理后再排放。

5.2-5.5 条 通过对焚烧炉温度、停留时间、残渣热灼减率、烟气中氧含量和一氧化碳排放限值进行要求,达到控制焚烧炉工况的目的。

二噁英的形成条件有:(1)适宜的温度,200-500℃;(2)前驱体物质,主要是含苯环的有机物;(3)氯的存在;(4)铜、铁等金属催化剂。通过严格控制焚烧炉燃烧室温度、烟气停留时间、氧气和一氧化碳含量,确保生活垃圾及烟气中有机气体,包括二噁英类物质前驱体的有效焚毁率,降低后续生成二噁英的水平。

根据二噁英焚毁的条件,确定具体参数数值。其中,一氧化碳浓度限值参照欧盟的标准限值,欧盟的标准限值见下表 5-1,其日均值为 50mg/m³,我国现有技术装备水平部分企业较难达到这个水平,根据 20 家企业的调研结果,50 mg/m³ 的达标率为 50%,80 mg/m³ 的达标率为 70%左右。

表 5-1 欧盟标准和我国新修订标准中一氧化碳的限值

国家	限值 (mg/m ³)	
欧盟	50 (日平均)	100 (半小时平均)
中国 (修订后)	80 (日平均)	100 (小时平均)

5.8 条 焚烧炉应设置助燃系统,在启、停炉时使用并保证焚烧炉在运行工况时能满足 5.2 条的要求。

焚烧温度低于 850℃时，垃圾焚烧不充分，二噁英前驱体物等污染物产生量显著增大，导致尾气中二噁英等污染物排放不达标。因此，必须在焚烧温度低于 850℃时采用辅助燃料协助焚烧。

5.9 条 对于采样条件做出了明确的规定。其中二噁英采样平台的条件是参照《危险废物（含医疗废物）焚烧处置设施二恶英排放监测技术规范》（HJ/T365-2007）。

5.3.6 入炉废物要求

6.2 条 在不影响生活垃圾焚烧炉正常运行的前提下，生活污水处理厂污泥以及一般工业固体废物可以进入焚烧炉进行焚烧处置。

生活污水处理厂污泥以及一般工业废物中重金属、前驱体类物质（苯系物类）等污染物含量低，焚烧过程中的热处理特性和污染特性与生活垃圾类似，因此，从技术上可以与生活垃圾共同焚烧处置。但需要严格控制投加量。

6.3 条 禁止将危险废物、电子废物及其处理处置残余物在生活垃圾焚烧厂中处置。

危险废物、电子废物及其处理处置残余物中重金属、二噁英类前驱体物含量高，如在生活垃圾焚烧设施中处置的话会导致尾气不达标，因此，禁止在生活垃圾焚烧炉中处置。

5.3.7 运行要求

7.1 条 焚烧炉在启动时，应先将炉内温度升至 5.2 条规定的温度后才能投入生活垃圾。自投入生活垃圾开始，应逐渐增加投入量直至达到额定垃圾处理量；在焚烧炉启动阶段，炉内温度应满足本标准中表 1 要求，焚烧炉应在 4 小时内达到稳定工况。

启动阶段，焚烧温度低于 850℃时投加废物，二噁英前驱体物污染物产生量会明显增大，因此启动阶段禁止投加废物。焚烧炉启动阶段能在 4 小时内达到正常运行工况，因此，启动阶段持续时间不超过 4 小时。

7.2 在关闭焚烧炉时，自停止投入生活垃圾开始，启动垃圾助燃系统，应在 3 小时内继续鼓风，并须满足本标准中表 1 所规定的炉膛温度，保证垃圾全部燃尽。

根据焚烧设备的运行水平，停止投加废物 3 小时内，炉内残留的生活垃圾基本能够燃尽。因此，焚烧炉关闭时应首先停止投加废物，继续鼓风焚烧 3 小时以上保证残留生活垃圾能够燃尽。

7.3 条和 7.4 条 焚烧炉在运行过程中发生故障，应及时检修，尽快恢复正常。如果无法修复应立即停止投加生活垃圾，按照程序关闭焚烧炉。每次故障或者事故持续时间不应超过 4 小时。焚烧系统每年启动、停炉过程的时间以及发生故障或事故关闭焚烧系统排放污染物时间累计不应超过 60 小时。

焚烧系统启动、关闭和故障时污染物的产生量增大明显。因此，焚烧系统尽可能减少启动、关闭的次数，保持长年连续运行。此外，欧盟标准中对故障或者事故持续时间要求不应超过 4 小时，1 年最多不应超过 60 小时。根据欧盟的标准，修订后的标准规定了焚烧系统每年启动、停炉过程的时间以及发生故障或事故关闭焚烧系统排放污染物时间累计不应超过 60 小时。该要求比欧盟的标准要求更严格。

5.3.8 排放控制要求

8.1-8.3 条 分为现有生活垃圾焚烧设施污染物排放标准和新建生活垃圾焚烧设施污染物排放标准，现有生活垃圾焚烧设施执行建设项目环境影响评价批复的污染物排放限值，自 2016 年 1 月 1 日起，执行新建标准限值，给出一定的期限让现有焚烧设施进行技术和设备改造，以实现整体装备水平的提高。

根据国内外焚烧炉运行经验，大型焚烧炉烟气排放更稳定可靠，二噁英类排放水平能够达到 $0.1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 的标准水平。根据《中国城市建设统计年报》2011 年的数据，我国焚烧设施平均在 500 吨/日以上，各地焚烧设施往往以集中式大型焚烧炉为主。因此，二噁英类执行统一的标准限值。同时，这一措施也将促进各地对小型焚烧炉进行设备改造。

表 7-6 中颗粒物排放限值设定为：1 小时均值为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。下图 5-1 是 2006-2009 年调研的 20 家企业颗粒物排放数据。按照 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准执行时，达标率为 76%，可见，现有技术水平能够达到这一标准。此外，烟气中二噁英往往以吸附在颗粒物表面的形式排放，因此，在难以采用连续监控系统监控二噁英排放水平的条件下，可以通过严格控制颗粒物浓度来间接控制二噁英排放水平。

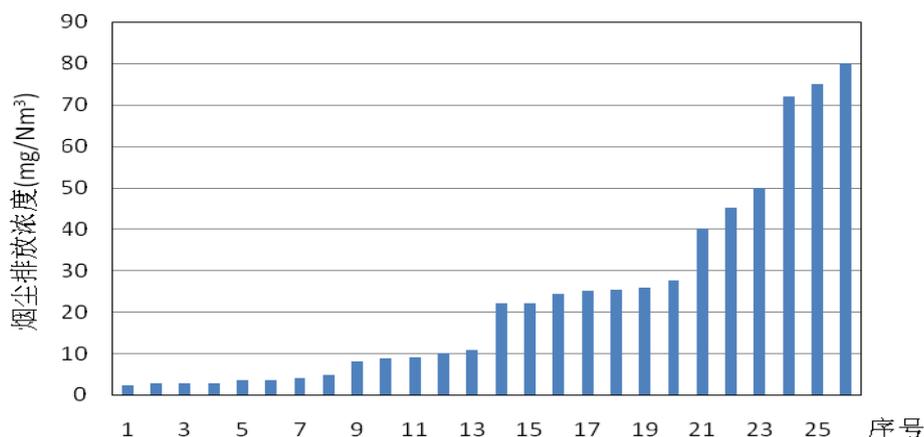


图 5-1 调研的 20 家企业颗粒物排放数据

表 7-6 中氮氧化物排放限值设定为：1 小时均值 $300\text{mg}/\text{m}^3$ ；24 小时均值 $250\text{mg}/\text{m}^3$ 。图 4-1 是 2006-2009 年调研的 20 家企业氮氧化物排放数据。按照 $250\text{mg}/\text{m}^3$ 的 24 小时均值标准执行时，达标率为 75%，可见，现有技术水平能够达到这一标准。

表 7-6 中二氧化硫排放限值设定为：1 小时均值 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ；24 小时均值 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 。图 4-2 是 2006-2009 年调研的 20 家企业二氧化硫排放数据。按照 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 的 24 小时均值标准执行时，达标率为 72%，可见，现有技术水平能够达到这一标准。24 小时均值 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 的新标准与欧盟 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准差距较小。

表 7-6 中氯化氢排放限值设定为：1 小时均值 $60\text{mg}/\text{m}^3$ ；24 小时均值 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。图 4-3 是 2006-2009 年调研的 20 家企业氯化氢排放数据。按照 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的 24 小时均值标准执行时，达标率为 88%，可见，现有技术水平能够达到这一标准。24 小时均值 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的新标准与欧盟 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准还有一定的差距。

表 7-6 中汞排放限值设定为：测定均值 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。图 4-4 是 2006-2009 年调研的 20 家企业汞排放数据。按照 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 的测定均值标准执行时，达标率为 75%，可见，现有技术水平能够达到这一标准。测定均值 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 的新标准与欧盟 $0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准有一定的差距。

表 7-6 中镉和铊排放限值设定为：测定均值 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。与欧盟标准有一定的差距。图 4-5 是 2006-2009 年调研的 20 家企业汞排放数据。按照 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 的测定均值标准执行时，达标率为 80%。

表 7-6 中其他 8 种重金属排放限值设定为：测定均值 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。随着监测水

平的提高，新标准中将现行标准中的铅一种重金属增加至 8 种。这是借鉴了欧盟的思路，这 8 种重金属的挥发特性接近，属于难挥发重金属，因此将其归为一类。图 4-6 是 2006-2009 年调研的 20 家企业铅排放数据。按照 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 的测定均值标准执行时，达标率为 90%，可见，现有技术水平能够达到这一标准。测定均值 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 的新标准与欧盟 $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准还有一定的差距。

表 7-6 中二噁英设定排放限值设定为：测定均值 $0.1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。图 4-7 是 2006-2009 年调研的 20 家企业二噁英排放数据。结果显示，测定均值为 $0.1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 的达标率为 43%。可见，我国现有生活垃圾焚烧技术和装备水平能够将二噁英控制在一个很低的水平；对于大型焚烧厂，二噁英的排放水平能够控制在 $0.1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 以下。

8.4条 单台炉50吨/日以下的生活污水处理设施产生的污泥和一般工业固体废物焚烧炉二噁英类测定均值执行 $1.0\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。规模50-100吨/日的焚烧炉二噁英类测定均值执行 $0.5\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。规模大于等于100吨/日的焚烧炉执行 $0.1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。

生活污水处理设施产生的污泥和一般工业固体废物焚烧炉的炉型相比生活垃圾焚烧炉来说规模很小，焚烧过程很难达到稳定燃烧，二噁英类排放水平很难达到 $0.1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 的排放水平。日本根据焚烧炉的规模，对生活垃圾焚烧炉的二噁英类排放浓度限值进行了严格的分级要求。其中规模大于4吨/小时的炉型执行 $0.1\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 的要求；规模2-4吨/小时的炉型执行 $\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 的要求；规模小于2吨/小时的炉型执行 $5.0\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 的要求。根据日本的经验，对生活污水处理设施产生的污泥和一般工业固体废物焚烧炉进行分级管理，规模小于50吨/日的焚烧炉执行 $1.0\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 的要求；规模50-100吨/日的焚烧炉执行 $0.5\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 的要求；规模大于等于100吨/日的焚烧炉执行 $1.0\text{ng TEQ}/\text{m}^3$ 。

8.5条 在 7.1、7.2、7.3、7.4 条规定的时间内，所获得的监测数据不作为执行本标准排放限值的监测数据。但是在这些时间内颗粒物浓度的测定的小时均值不得大于 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 。

启动、关闭和事故阶段，尾气中污染物的浓度增大显著，此阶段的环境影响是不可避免的，其中对人体健康影响最大的是二噁英类。二噁英类污染物主要以富积在烟尘颗粒上的形式外排，因此，启动、关闭和事故阶段通过对烟尘的浓度

进行控制间接达到控制二噁英的目的。参照欧盟的标准要求，上述阶段烟尘的浓度执行 150 mg/m³ 限值。

8.7 条 生活垃圾渗滤液和车辆清洗废水收集并集中处理达到相关要求后可采用排入城市排水管道进入城市污水处理厂处理、采用密闭运输送到城市污水处理厂处理、喷入焚烧炉内焚烧处置或者厂内自行处理等方式。

生活垃圾渗滤液收集后可以有三种主要处置去向：（1）喷入焚烧炉内焚烧处置；（2）输送到城市污水处理厂处理；（3）厂内自行处理

生活垃圾渗滤液和车辆清洗废水应收集并在生活垃圾焚烧厂内处理。处理后满足 GB16889 表 2 的要求（如符合 GB16889 中第 9.1.4 条要求的地区，应满足表 3 中的要求）后，可直接排放。如通过污水管网或采用密闭输送方式送到采用二级处理方式的城市污水处理厂处理，应满足以下条件：

（1）处理后，总汞、总镉、总铬、六价铬、总砷、总铅等污染物浓度达到 GB16889 表 2 规定的浓度限值要求；

（2）城市二级污水处理厂每日处理生活垃圾渗滤液和车辆清洗废水总量不超过污水处理量的 0.5%，并不超过城市二级污水处理厂额定的污水处理能力；

（3）生活垃圾渗滤液和车辆清洗废水应均匀注入城市二级污水处理厂；

（4）不影响城市二级污水处理厂的污水处理效果

5.3.9 监测要求

9.1 条 对企业的自我监测提出了要求。

9.2 条 对监督性监测提出了要求。

9.3 条 对监测方法进行了规定。

9.4 条 增加了对运行工况在线连续监测的要求。

9.5 条 增加了对大气污染物排放浓度在线连续监控的要求。

6 修订前后的标准比较

标准修订前后的主要内容对比见下表。

表 6-1 标准修订前后的主要内容对比

类别	现行标准	修订标准
入炉废物要求	危险废物不得进入生活垃圾焚烧厂处理	生活污水处理厂污泥以及一般工业固体废物参照本标准执行；

		禁止将电子废物及其处理处置残余物、危险废物在生活垃圾焚烧厂中处置。
技术要求	一氧化碳作为污染物指标	一氧化碳作为焚烧炉工况正常运行的监控指标,并需要连续监测。
运行要求	未对启动、关闭和事故阶段进行规定	对启动、关闭和事故阶段的持续时间、频率、污染控制方法、数据采纳方法进行了详细要求。
排放控制要求	颗粒物为 80 mg/m ³	改为 30 mg/m ³ 。颗粒物的浓度越高,二噁英的排放水平也越高。但二噁英监测费用很高,很难开展连续监测,可以通过颗粒物间接控制。
	二噁英为 1.0 ng TEQ/m ³	改为 0.1ng TEQ/m ³ 。新建焚烧设施向大型化方向发展。二噁英的控制水平能够达到 0.1 ng TEQ/m ³ 。
监测要求	NO _x 、HCl、颗粒物、SO ₂ 未要求进行连续监测;监测频次没有要求	颗粒物、SO ₂ 、NO _x 和HCl采用连续监测;监测数据的超标率也进行了详细要求;其他大气污染物包括重金属类项目每季度监测一次,二噁英每年监测一次。

7 主要国家、地区及国际组织相关标准研究与比较

编制过程中对美国、欧盟、日本等国家和地区生活垃圾焚烧污染控制标准进行了调研分析,以下为调研分析的主要结果。并与修订后的标准进行比较。

7.1 美国

7.1.1 适用范围

美国生活垃圾焚烧标准不适用于下列几种情况:

- (1) 以回收材料(如重金属)为目的的垃圾焚烧设施。
- (2) 野外露天焚烧炉焚烧庭院垃圾。
- (4) 水泥窑焚烧生活垃圾。
- (5) 焚烧单一的废物(如轮胎)。
- (6) 焚烧的生活垃圾不超过总燃料输入量的30%。

7.1.2 分级管理

美国生活垃圾焚烧污染控制标准按照处置规模的不同进行分级处理,见表7-1所示。

表 7-1 美国生活垃圾焚烧标准分级边界

规模	大型焚烧炉	中型焚烧炉	小型焚烧炉
范围	250t/d以上	35-250t/d	35t/d以下

7.1.3 焚烧工况正常运行要求

采用连续排放监控系统监测一氧化碳排放浓度,通过烟气中一氧化碳的排放

限值来控制焚烧炉运行工况。

7.1.4 启动、关闭和故障的要求

- (1) 启动、关闭和故障的时间不许超过3小时；
- (2) 启动、关闭和故障时的数据不作为排放限值的监测数据；
- (3) 启动阶段从开始进垃圾时计算，不包括采用化石燃料进行预热的阶段。

7.1.5 排放限值的要求

标准规定的控制排放限值的参数主要有：颗粒物、二噁英、酸性气体（二氧化硫和氯化氢）、重金属（镉、铅、汞）和氮氧化物。

美国1990年以前建立的垃圾焚烧厂，对控制二噁英的效率较差，1990年以后的厂，大多数安装了高效烟气污染排放控制装置，控制效果大大提高。1994年，U.S. EPA提出要控制二噁英的排放，1995年对二噁英排放制定了标准。

对现有的生活垃圾焚烧厂（即1995年以前建立的）二噁英排放标准：

大型生活垃圾焚烧厂：

- 焚烧厂采用电除尘的污染控制系统：60 ng/m³，约为1ng-TEQ/m³。
- 焚烧厂采用非电除尘的污染控制系统：30 ng/m³，约为0.5ng-TEQ/m³。

小型生活垃圾焚烧厂：

- 125 ng/m³，约为2ng-TEQ/m³。

对于1995年以后建立的生活垃圾焚烧厂二噁英排放标准：

大型和小型生活垃圾焚烧厂二噁英排放标准均为13 ng/m³，约为0.2ng-TEQ/m³。

7.1.6 监测方法和检查的要求

(1) 颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、氯化氢、一氧化碳采用连续排放监控系统来监测，每个季度需要有90%的结果采纳，每年需要有95%的结果采纳。

(2) 镉、铅、汞和二噁英类测定时在满负荷运转条件下取3个样品计算平均值。监测频率为每年1次。

7.1.7 飞灰

飞灰属于危险废物，应按照危险废物进行处理。

7.2 欧盟

1984年（84/360/EEC）欧盟理事会提议采用合适的方法和设备来限制生活垃

圾焚烧厂的烟气排放水平。

生活垃圾焚烧排放物的提高可能引起大气污染，威胁到人们的健康，1989年（89/369/EEC）提议对新的垃圾焚烧厂采用一些技术减少一些特定污染物的排放，排放污染物的浓度不能超过一定极限值，特别对二噁英的排放引起了重视，并要尽快制定其排放极限，直到欧盟共同理事会采纳这个特定的问题。

89/369/EEC对其他排放物：SO₂、重金属、HCl、HF、总尘量的排放值也作出了规定。

2000年12月4日，新制定的指令2000/76/EC关于垃圾焚烧炉的相关规定。欧盟第五届环境行动计划：提议为了减少大气污染，到2005年对二噁英的排放相对于1985年的水平要减少90%，Cd、Hg、Pb的排放相对于1995年至少减少70%。2000/76/EC对远距离跨界大气污染设定了二噁英具有法律约束力的限制，二噁英的排放极限值为0.1ng-TEQ/m³。并每年需要对重金属和二噁英测量两次。第一次测试必须在第一个运行的三个月内完成。如果一年两次测试二噁英的排放低于排放极限的50%，就可以减少测试频率。排放废水中的二噁英需要每6个月监测一次。第一次测试必须在第一个运行的三个月内完成。如果一年两次测试都不超过极限值，则可以减少测试次数。

7.2.1 适用范围

本指令适用于焚烧和协同焚烧工厂，单独处理下列几种类型的废物时不在本标准的适用范围内：

- （1）农业和森林中产生的植物废物；
- （2）如果进行热回收利用的话，食品加工行业产生的植物废物也包括在内；
- （3）如果通过协同焚烧用于生产或产生热的话，果肉生产和纸浆生产产生的纤维类植物废物也包括在内；
- （4）未被加工过的废木材，来源于建筑产生的废木材，主要指未进行防腐剂处理、含有卤化物或重金属的木材；
- （5）用于研究、分析测试而使用的实验工厂，且处理能力小于50吨/年的不在本标准范围以内；
- （6）软木废物、放射性废物、动物尸体、石油、天然气开采产生的废物。

7.2.2 焚烧工况正常运行要求

- (1) 焚烧底灰中总有机碳 (TOC) <3%或残渣热灼减率<5%。
- (2) 焚烧烟气温度必须在850℃以上停留2秒以上；如果焚烧的废物中含氯有机物超过1%，则停留温度应在1100℃以上，时间2秒。
- (3) 当焚烧烟气温度低于850℃时必须有一个辅助燃烧室来保证满足850℃以上停留2秒以上要求。
- (4) 启动和关闭阶段，当燃烧气温度低于850℃时，辅助燃烧室不能喷加比液化气差的燃料进行辅助燃烧，否则会导致更大的污染。
- (5) 启动阶段温度未达到850℃时，不能进料；焚烧过程烟气温度未达到850℃时，不能进料；当排放限值由于扰动或尾气净化系统出问题而超标时，不能进料。
- (6) 焚烧过程产生的烟气等必须要满足相关的法律法规要求；烟囱的高度需要进行计算以保证人类和环境安全。
- (7) 焚烧产生的热能应尽可能进行回收利用。
- (8) 焚烧厂的管理必须由一个有能力胜任的人来进行。

7.2.3 启动、关闭和故障的要求

- (1) 出现故障时，操作者应该尽可能早的关闭系统，直至恢复正常。
- (2) 任何企业不许事故排放的时间持续4小时以上，一年累计事故排放时间不许超过60小时。
- (3) 事故排放的小时平均尘浓度不许超过150mg/m³，CO必须达标。

7.2.4 排放限值的要求

标准规定的排放参数限值见表7-2。

表 7-2 欧盟垃圾焚烧指令标准限值 (10%含氧量干烟气)

序号	控制指标	限值	
1	二噁英 (毒性当量)	0.1 ng-TEQ/m ³	
2	重金属		
	Cd+Tl (测定平均)	0.05 mg/m ³	0.1 mg/m ³ *
	Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+ Mn+Ni+V (测定平均)	0.5 mg/m ³	1 mg/m ³ *
	Hg (测定平均)	0.05 mg/m ³	0.1 mg/m ³ *
	*对于在 1996 年 12 月 31 日前取得许可证的、只焚烧垃圾的现有焚烧厂的测定均值，有效期至 2007 年 1 月 1 日		
3	TSP	10 mg/m ³ (日平均)	30 mg/m ³ (半小时平均)
4	酸性气体:		

	HCl	10 mg/m ³ (日平均)	60 mg/m ³ (半小时平均)
	HF	1 mg/m ³ (日平均)	4 mg/m ³ (半小时平均)
	SO ₂	50 mg/m ³ (日平均)	200 mg/m ³ (半小时平均)
5	NO _x (日平均)	200 mg/m ³ 现有处理能力>144t/d 的焚烧炉或新建炉 400 mg/m ³ 现有处理能力<144t/d 的焚烧炉	
6	TOC	10 mg/m ³ (日平均)	20 mg/m ³ (半小时平均)
7	CO	50 mg/m ³ (日平均)	100mg/m ³ (半小时平均)

7.2.5 监测方法和检查的要求

- (1) NO_x、CO、TSP、TOC、HCl、HF、SO₂采用连续测量；
- (2) 需要进行连续测量的参数有：焚烧炉进口温度、焚烧炉温度、烟气中氧气浓度、烟气压力、烟气温度、烟气水蒸气浓度；
- (3) 重金属和二噁英至少一年测量两次。

7.2.6 残渣

焚烧厂应尽可能降低残渣的产生量和残渣的毒性，并尽可能再利用残渣。

残渣（包括锅炉灰和底渣）的运输和储存必须预防扩散到环境中，可以采用密闭容器储存运输。

在确定残渣的处置或回收方式前，应对残渣进行合适的测试，包括物理特性、化学特性和污染潜力，并考虑可溶解部分和可溶解重金属比例。

7.3 日本

日本对于废弃物焚烧炉的排放限制标准（2007年）包括两部分：《大气污染防治法施行规则》和《二噁英类对策特别措施法施行规则》。其中规定了主要的污染物排放标准，见表7-3至表7-5。

此外，日本的标准中规定了烟气发生设施的定义为炉膛面积大于2m²，焚烧能力大于200kg/h的设施。氯化氢的排放标准为700mg/m³。

表 7-3 氮氧化物排放限值

炉型	排放限值 (cm ³ /m ³)	
	1979年8月10日后建成的焚烧炉	1979年8月10日前建成的焚烧炉，在1982年8月9日前执行
回转式悬浮燃烧（限于连续炉）	450	900
生产、使用硝基化合物、氨基化合物或者氰化合物或者其衍生物的设施，以及使用氨的水处理设施产生的废弃物焚烧（限于排气量小于40000m ³ 的连续炉）	700	

上述焚烧炉之外的焚烧炉（限于连续炉之外、排气量大于 40000m ³ 的焚烧炉）	250	300
---	-----	-----

表 7-4 烟尘排放限值

焚烧能力	排放限值 (mg/m ³)		
	在 1998 年 7 月 1 日后建成的焚烧炉	在 1998 年 7 月 1 日前建成的焚烧炉	
		2000 年 4 月 1 日前	2000 年 4 月 1 日后
大于 4000kg/h	40	250	80
2000kg/h-4000kg/h	80	500	150
小于 2000kg/h	150	—	250

表 7-5 二噁英类排放限值

焚烧能力	排放限值 (ngTEQ/m ³)		
	在 2000 年 1 月 15 日后建成的焚烧炉	在 2000 年 1 月 15 日前建成的焚烧炉	
		2002 年 11 月 30 日前	2002 年 12 月 1 日后
大于 4000kg/h	0.1	80	1.0
2000kg/h-4000kg/h	1.0		5.0
小于 2000kg/h	5.0		10

7.4 修订后标准与国外主要标准比较

修订后的标准与国外主要标准比较见下表。修订后的标准主要在适用范围、启动关闭和事故阶段、监测要求和污染物排放限值方面进行了明确规定。

适用范围部分，明确了生活污水处理设施产生的污泥和一般工业固体废物的焚烧设施参照本标准执行。

启动关闭和事故阶段明确了持续时间和操作措施。与欧盟标准要求基本一致，个别指标比欧盟更严格。

监测要求部分与国外标准一致，其中CO、HCl、NO_x、SO₂和烟尘必须采取连续监测，重金属和二噁英的监测频次也进行了规定。

污染物排放限值目前的水平与国外发达国家接近，有些指标稍微松，主要是考虑到目前国内的技术装备水平和所能达到的排放水平。其中重金属是欧盟的1倍；氯化氢欧盟是10mg/m³，修订后的标准是50mg/m³；SO₂欧盟是50 mg/m³，修订后的标准是80 mg/m³；二噁英与欧盟一致，都为0.1 ngTEQ/m³。

表 7-6 修订后的标准与国外主要标准的比较

类别	欧盟	中国（现行标准）	中国（修订后）
颗粒物	10 mg/m ³ （日均值）	80 mg/m ³ （测定均值）	20mg/m ³ （日均值）
	30 mg/m ³ （半小时均值）		30 mg/m ³ （小时均值）
汞	0.05mg/m ³ （测定均值）	0.2 mg/m ³ （测定均值）	0.1mg/m ³ （测定均值）
镉+铊	0.05mg/m ³ （测定均值）	0.1 mg/m ³ （测定均值）	0.1mg/m ³ （测定均值）
铅及其他	0.5mg/m ³ （测定均值）	1.6 mg/m ³ （测定均值）	1.0mg/m ³ （测定均值）
HCl	10 mg/m ³ （日均值）	75 mg/m ³ （小时均值）	50mg/m ³ （日均值）
	60 mg/m ³ （半小时均值）		60 mg/m ³ （小时均值）
SO ₂	50 mg/m ³ （日均值）	260 mg/m ³ （小时均值）	80mg/m ³ （日均值）
	200 mg/m ³ （半小时均值）		100 mg/m ³ （小时均值）
NO _x	200 mg/m ³ （日均值，规模>6 吨/小时的焚烧炉）	400 mg/m ³ （小时均值）	250mg/m ³ （日均值）
	400 mg/m ³ （日均值，规模≤6 吨/小时的焚烧炉）		
	400 mg/m ³ （半小时均值）		300 mg/m ³ （小时均值）
二噁英类	0.1 ngTEQ/m ³ （测定均值）	1.0 ngTEQ/m ³ （测定均值）	0.1 ngTEQ/m ³ （测定均值）

8 实施本标准的环境效益及经济技术分析

8.1 实施本标准的环境（减排）效益

(1) NO_x 减排

根据 2011 年城市建设统计年报的数据，我国生活垃圾焚烧处理能力为 9.41 万吨/日。1 吨生活垃圾焚烧后会产生 4000-7000 m³ 的烟气。若执行 GB18485-2001 标准，NO_x 的排放水平为小时均值 400mg/m³，则 2011 年，全年 NO_x 的排放量计算如下。

1 吨生活垃圾排放的 NO_x 为：

$$400\text{mg/m}^3 \times (4000-7000) \text{ m}^3 \text{ 烟气/吨垃圾} = (1.6-2.8) \text{ kg}$$

每日 NO_x 排放量为：

$$9.41 \text{ 万吨/日} \times (1.6-2.8) \text{ kg/吨垃圾} = (151-263) \text{ 吨/日}$$

2011 年 NO_x 排放量为：

$$(151-263) \text{ 吨/日} \times 365 \text{ 日} = (5.5-9.6) \text{ 万吨/年}$$

根据 2011 年中国环境统计年报数据，全国废气中氮氧化物排放量 2404.3 万吨。由此计算，生活垃圾焚烧 NO_x 排放量占全国 0.23-0.40%。

若执行修订后的标准，NO_x 的排放水平为小时均值 300mg/m³，由此计算由生活垃圾焚烧产生的 NO_x 的排放量将减少至 4.1-7.2 万吨/年。相当于 2011 年全国 NO_x 减排 0.09-0.15%。相当于 2011 年由生活垃圾焚烧产生的 NO_x 可减排 25%。

(2) SO₂ 减排

根据 2011 年城市建设统计年报的数据，我国生活垃圾焚烧处理能力为 9.41 万吨/日。1 吨生活垃圾焚烧后会产生 4000-7000 m³ 的烟气。若执行 GB18485-2001 标准，SO₂ 的排放水平为小时均值 260mg/m³，则 2011 年，全年 SO₂ 的排放量计算如下。

1 吨生活垃圾排放的 SO₂ 为：

$$260\text{mg/m}^3 \times (4000-7000) \text{ m}^3 \text{ 烟气/吨垃圾} = (1.04-1.82) \text{ kg}$$

每日 SO₂ 排放量为：

$$9.41 \text{ 万吨/日} \times (1.04-1.82) \text{ kg/吨垃圾} = (97.9-171.3) \text{ 吨/日}$$

2011 年 SO₂ 排放量为：

$$(97.9-171.3) \text{ 吨/日} \times 365 \text{ 日} = (3.6-6.3) \text{ 万吨/年}$$

根据 2011 年中国环境统计年报数据，全国废气中二氧化硫排放量 2217.9 万吨。由此计算，生活垃圾焚烧 SO₂ 排放量占全国 0.16-0.28%。

若执行修订后的标准，SO₂ 的排放水平为小时均值 100mg/m³，由此计算 SO₂ 的排放量将减少至 1.4-2.4 万吨/年。相当于 2011 年全国 SO₂ 减排 0.06-0.11%。相当于 2011 年由生活垃圾焚烧产生的 SO₂ 可减排 62%。

8.2 实施本标准的技术经济分析

实施修订后的标准需要重点增加脱硝设施的建设费用和监测费用。

(1) 脱硝投资

根据 2011 年城市建设统计年报的数据，我国目前建有生活垃圾焚烧厂 109 座，按照每座焚烧厂建设一套脱硝设施，则需要建设 109 套烟气脱硝设施。

根据 2011 年城市建设统计年报的数据，焚烧厂平均规模为 863 吨/日。下图（图 8-1）是现建成的焚烧厂焚烧规模与总投资的关系，由图可知，焚烧规模 863 吨/日的总投资在 4 亿元左右。

根据国内外的经验，焚烧设施的烟气处理系统建设成本是总投资的 30-50%，其中烟气脱硝占总投资的 10-15%，由此估算，单套烟气脱硝设施的建设成本在 4000-6000 万元。

以上分析可知，如欲达到本标准的要求，需要加大烟气脱硝处理设施的建设投资强度，初步估算需增加投资 44-65 亿元。

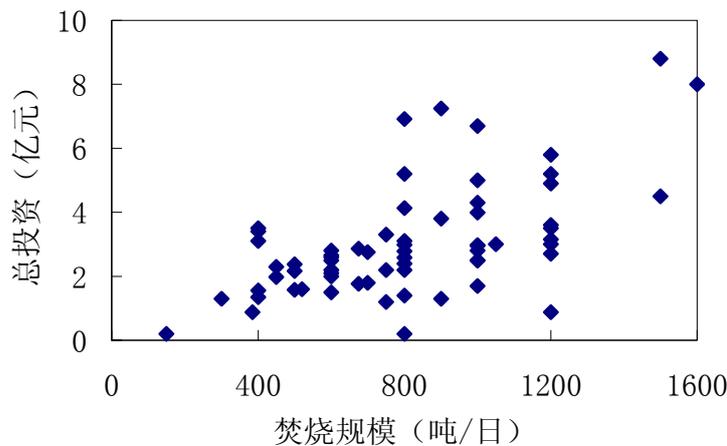


图 8-1 现建成的焚烧厂焚烧规模与总投资的关系

运行成本主要是氨气的消耗成本，根据理论计算，1m³ 烟气中减排 NO_x 计

250mg，氧化还原反应需要的氨气为 123mg，按照 1:1 的过剩系数，则需要氨气 250mg，氨气的成本为 3-5 元/kg，则可以计算出，对于日处理 600 吨/日的焚烧厂，氨气的费用为 5200 元/日。相当于每吨垃圾的处理费用增加近 10 元。因此，如欲达到本标准要求，还需要进一步加大垃圾焚烧处理的运行费用。

(2) 其他烟气处理设施投资

部分地区小型焚烧设施往往没有完善的烟气处理系统。为达到本标准的要求，需要增加建设烟气处理系统。

需要增加建设烟气处理系统的小型焚烧设施按照 10%计算，则至“十一五”末共有 8 座，焚烧设施的烟气处理系统建设成本是总投资的 30-50%，建设成本按照 3 亿元计算，则需要增加烟气处理设施投资为 7.2-12 亿元。

(3) 监测投资

若执行本标准，需要增加烟气中颗粒物、SO₂、NO_x、O₂、温度等参数的在线监测系统。根据国内某设备公司提供的数据，一套烟气在线监测系统需要增加投资 700 万元，其中设备投资 550 万元。增加运行费用 10 万元/年。根据 2011 年的统计数据，全国共有 109 座生活垃圾焚烧厂，需要增加建设投资 7.63 亿元。

此外，运行过程中需要增加二噁英的检测频次，1 个二噁英样品（3 次/样）的检测费用数万元，因此，若要达到本标准要求，还需要进一步加大垃圾焚烧处理的监测费用。

(4) 技术可达性分析

根据国内外的运行经验，保持焚烧设施运行工况良好的情况下，严格按照本标准的要求运行，采用布袋除尘器+活性炭吸附的技术组合措施，二噁英和颗粒物能够达到本标准限值。目前国内大型焚烧设施基本采用的是布袋除尘+活性炭吸附技术，因此只要严格按照本标准的要求保持焚烧工况良好，能够达到本标准的要求。部分小型焚烧设施往往没有完善的烟气处理系统，烟气直接外排，因此，需要进行改造。

对于 HCl、HF 和 SO₂ 等酸性气体，根据目前国内外的运行经验，采用半干法脱酸工艺和湿法脱酸工艺，处理效果能够达到本标准的限值。干法脱酸工艺需要将工艺参数调整到较佳的状态，也能达到本标准设定的限值。目前国内大型焚烧设施基本采用的是半干法技术，因此只要严格按照本标准的要求保持焚烧工况

良好,能够达到本标准的要求。部分小型焚烧设施往往没有完善的烟气处理系统,因此,需要进行改造。

对于 NO_x, 根据国外的经验, 在焚烧炉内注射化学物质, 如氨和尿素, 采用非选择性催化技术, 能够达到本标准限值要求。采用选择性催化技术进行脱硝, 处理效果更好, 能够达到本标准限值的要求, 但投资和运行费用比非选择性催化技术更高, 咨询业内人士要是上 SCR 脱氮的话, 设备改造、催化剂更新和发电量减少 3 方面的成本大约合计得增加 15 元/吨垃圾。目前国内焚烧设施基本没有脱硝设施, 因此, 需要增加脱硝的投资和设备。

对于重金属, 采用活性炭吸附技术能够达到本标准设定的限值。目前国内大型焚烧设施基本采用该技术, 因此只要严格按照本标准的要求保持焚烧工况良好, 能够达到本标准的要求。部分小型焚烧设施往往没有完善的烟气处理系统, 因此, 需要进行改造。