附件三：

《生活垃圾焚烧污染控制标准》（征求意见稿）编制说明

《生活垃圾焚烧污染控制标准》标准编制组

二〇一〇年十一月

项目名称：生活垃圾焚烧污染控制标准（修订 GB18485-2001）

项目统一编号：472

编制单位：中国环境科学研究院、清华大学、建设部城市建设研究院、国家环境分析测试中心

编制组主要成员：

中国环境科学研究院固体废物污染控制技术研究所：王琪、黄启飞、李丽、王兴润、龙吉生

清华大学环境科学与工程系：聂永丰、金宜英

城市建设研究院：郭祥信、宋薇

国家环境分析测试中心：田洪海、刘爱民

浙江大学：严建华、李晓东

标准所技术管理负责人：王宗爽、李琴

标准处项目负责人：谷雪景

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.....4
3 标准修订的必要性分析.....7
3.1 能源政策.....7
3.2 环境政策.....8
3.3 相关规划.....8
3.4 现有标准.....9
3.5 发展趋势.....9
4 行业产排污情况及污染控制技术分析.....10
4.1 行业主要生产工艺及产污分析.....10
4.2 常用烟气净化控制技术.....11
4.3 常规污染物排放水平与标准执行情况.....17
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 编制依据.....23
5.2 编制原则.....23
5.3 标准内容结构.....23
5.4 主要条文说明.....24
5.4.1 适用范围.....24
5.4.2 规范性引用文件.....24
5.4.3 术语和定义.....24
5.4.4 选址要求.....25
5.4.5 焚烧厂技术要求.....25
5.4.6 焚烧废物的要求.....27

5.4.7 运行要求.....28
5.4.8 污染物排放控制要求.....30
5.4.9 监测要求.....33
6 修订前后的标准比较.....33
7 主要国家、地区及国际组织相关标准研究与比较.....34
7.1 美国.....34
7.2 欧盟.....35
7.3 日本.....38
7.4 修订后标准与国外主要标准比较.....39
8 实施本标准的环境效益及经济技术分析.....42
8.1 实施本标准的环境（减排）效益.....42
8.2 实施本标准的经济技术分析.....43

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，原有的国家标准《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制值进行考核，确定新的方法和限制值。

对标准进行了修订工作，通过咨询专家和召开相关人员参加的研讨会对标准的征求意见稿进行了讨论，在以上工作的基础上，组织起草了《生活垃圾焚烧污染控制标准》（征求意见稿）。

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，但真正采用焚烧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单的焚烧技术并存发展；（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（2006年）》，我国垃圾焚烧厂数量为69座，焚烧处理能力规模达到4万吨/日，比2001年的6520吨/日增加了5倍多。在“十一五”规划中明确提到，规划布局垃圾焚烧厂82座。其中，东部地区垃圾处理规划布局焚烧厂56座（占68%），中部地区垃圾处理规划布局焚烧厂9座（占11%），东北地区垃圾处理规划布局焚烧厂7座（占8%），西北地区垃圾处理规划布局焚烧厂4座（占5%），西南地区垃圾处理规划布局焚烧厂6座（占7%）。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，增长趋势见图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%

（数据来源于2000~2006年城市建设统计年报）

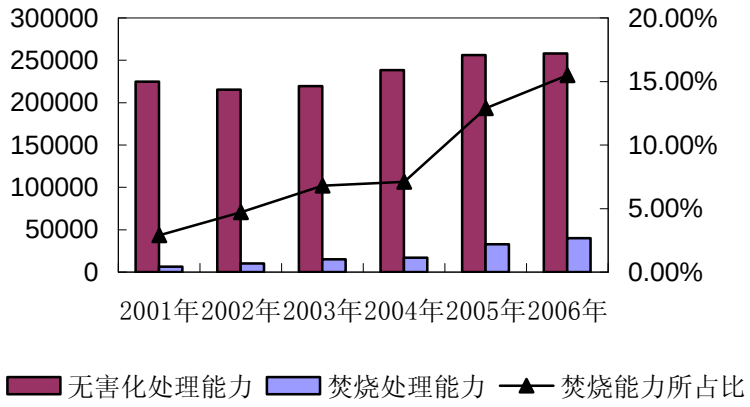

图 2-1 我国焚烧能力增长情况图

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，三地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2008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。所采用的技术包括：日本三菱－马丁逆推炉排、日立-Von Roll顺推炉排、Takuma 炉排，德国Noer-keerchi炉排、SITY 2000炉排，法国阿尔斯通炉排、比利时西格斯炉排，美国Detroit炉排、Basic炉排，以及新世纪－伟民顺推逆推炉排、三峰-SITY 2000、深能源- 西格斯炉排和绿色动力三驱动逆推炉排焚烧技术。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。所采用的技术包括：浙江大学热能系－杭州锦江集团的循环流化床焚烧技术、中国科学院热能所－中科通用能源环保的锅炉外置式循环流化床技术、清华大学热能系－清华同方的机械炉排-循环流化床技术和日本荏原制作所的内循环流化床技术。

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

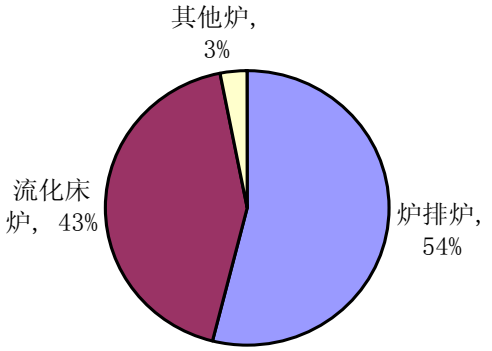

图 2-2 不同技术类型焚烧厂数量分布图

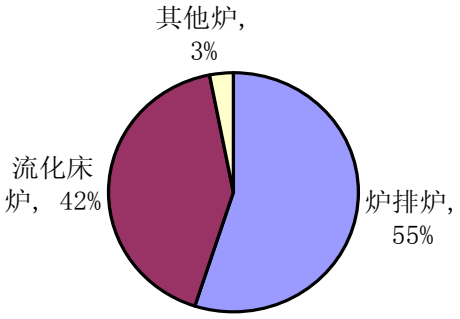

图 2-3 不同技术类型焚烧厂规模分布图

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，但是不同国家焚烧处理垃圾所占的比例差别十分大，欧盟成员国城市垃圾焚烧所占比例差异从0-76%。其中荷兰比例最高，占76%，丹麦56%，德国和法国分别占29%和26%。在欧盟15个成员国和挪威及瑞士这17个欧洲国家中，有420家生活垃圾处理厂。目前，大约25家新焚烧厂正在试运转期，另20家处于计划阶段。

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。其他废弃物也常添加到生活垃圾中在机械炉排焚烧炉中进行处理，这些废物包括：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NOx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6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）“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＋半干法除酸＋活性炭喷射吸附二噁英＋布袋除尘”工艺；

3）“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；

6）“静电（或布袋）除尘＋湿法除酸（HCl）＋湿法除酸（SO_2）＋布袋除尘”。

（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%。

日本的生活垃圾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2-4。焚烧厂没有恶臭问题，二噁英的排放远远低于0.1ngTEQ/Nm^3。

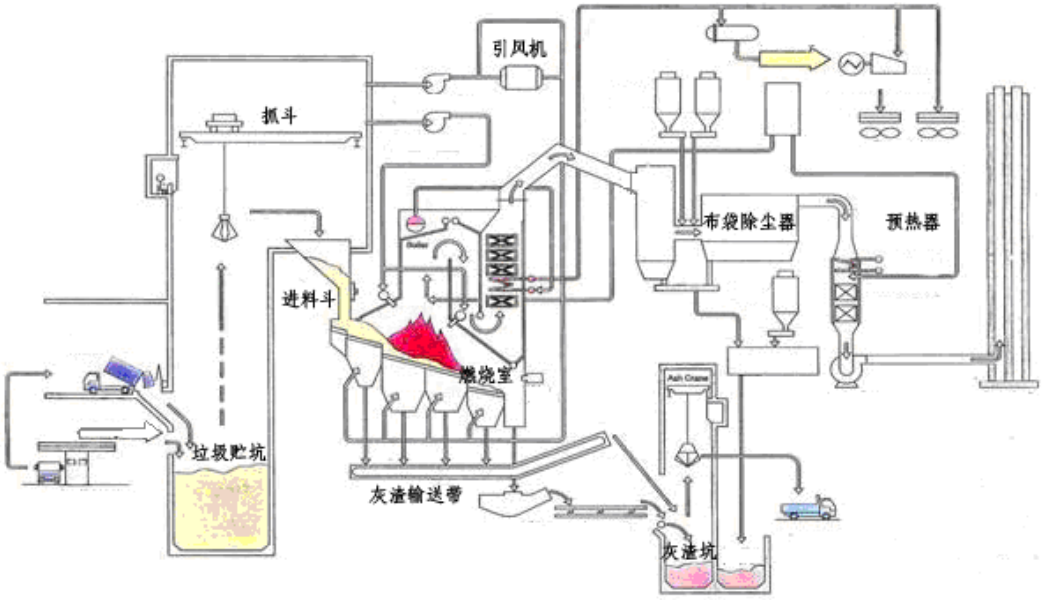

图 2-4 日本生活垃圾焚烧处理典型工艺流程

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2-5和2-6所示。

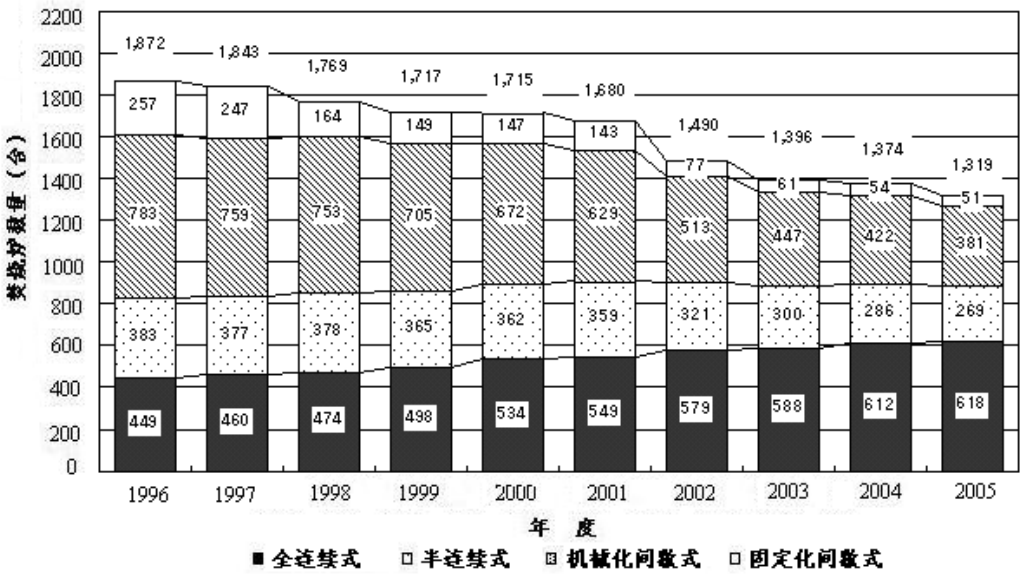

图 2-5 1996-2005 年日本采用不同焚烧方式垃圾焚烧设施数的变化

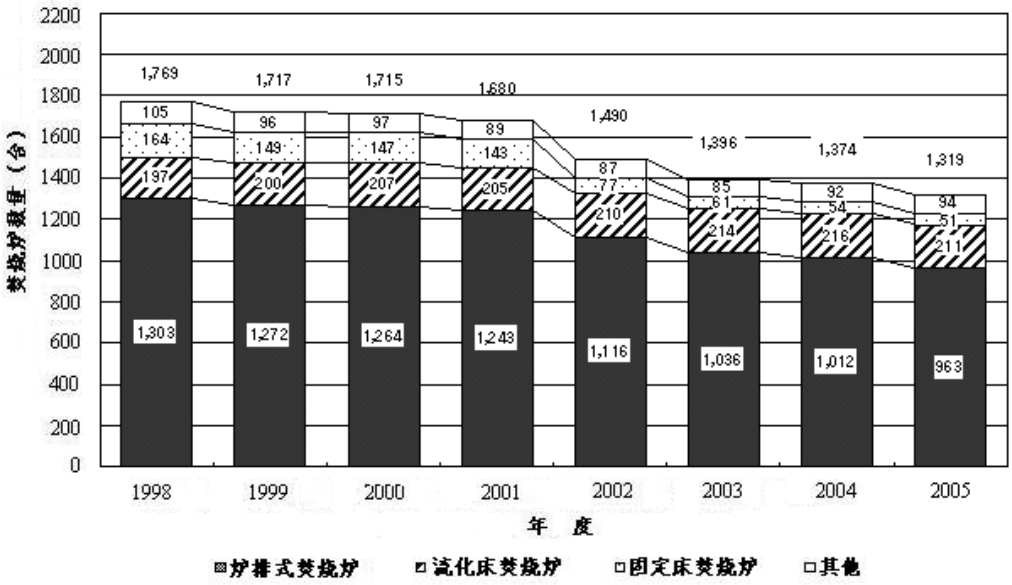

图 2-6 1998-2005 年日本采用不同焚烧炉型设施数量的变化

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。2005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 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”。

3.2 环境政策

2006年6月1日，国家环保总局和国家发改委联合发布了《关于加强生物质发电项目环境评价管理工作的通知》，其中明确指出：“现阶段，采用流化床焚烧炉处理生活垃圾的焚烧发电项目，因采用原料热值较低，其消耗热量中常规燃料的的消耗量按热值换算可不超过总消耗量的20%”、“生活垃圾焚烧发电项目环境报告书应报国家环境保护行政主管部门审批”。

3.3 相关规划

（1）《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》

《纲要》共分为14篇，48章。其中第六篇为“建设资源节约型、环境友好型社会”，第二十四章为“加大环境保护力度”，其中要求加强固体废物污染防治。

具体要求为：加快危险废物处理设施建设，妥善处置危险废物和医疗废物。强化对危险化学品的监管，加强重金属污染治理，推进堆存铬渣无害化处置。加强核设施和放射源安全监管，确保核与辐射环境安全。加强城市垃圾处理设施建设，加大城市垃圾处理费征收力度，到2010年城市生活垃圾无害化处理率不低于60%。

（2）《全国城市生活垃圾无害化处理设施建设“十一五”规划》

我国“十一五”期间计划新增的城市生活垃圾无害化处理能力为24万吨/日，平均每年新增4.8万吨/日。其中东部新增11.96万吨/日；中部新增5.10万吨/日；东北新增3.92万吨/日；西北新增1.68万吨/日；西南新增1.60万吨/日。

“十一五”期间全国城镇环境卫生固定资产总投资约为1115亿元，其中：1）新建生活垃圾处理设施516亿元；2）不达标处置设施治理73亿元；3）转运设施

与收运系统建设155亿元；4）餐厨垃圾处理示范工程3亿元；5）城镇粪便处理设施8.4亿元；6）公共厕所新建与改造113亿元。

即便圆满完场上述目标，我国城市垃圾无害化处理率设市城市仅能达到70%，县级城市仅达30%，而广大农村地区还将更低。因此，随着我国城乡一体化的发展，垃圾处理市场需求还将不断增大。

3.4 现有标准

目前，国内生活垃圾焚烧处理相关的行业主要有《城市生活垃圾焚烧处理工程项目建设标准》、《生活垃圾焚烧处理工程技术规范》（CJJ90—2002）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

目前，《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，城市土地越来越趋于紧张，国内大多数大型城市已经无力在市区可行的范围内寻找一块合适的填埋场，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2006》统计，2006年全国城市生活垃圾清运量达到1.54亿吨，其中焚烧量为1569.7万吨，焚烧处置率已到达了15.5%，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2006年的69座，处理量大于800吨/日的焚烧厂已经达到了42%，且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%。并且根据建设部的“十一五环卫规划”，新增

的焚烧厂平均处理规模达到810吨/日。

我国近年来在生活垃圾焚烧技术进行了大量和广泛的研究和应用，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

进料系统的目的在于使废物能在安全、稳定且可控制的情况下进料，避免影响焚烧炉正常之燃烧状况。采用抓斗将贮存坑中的垃圾投入到垃圾焚烧炉中，在往复进料装置的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，会有氨气、硫化氢、硫醇等恶臭气体产生，为防止恶臭外溢扩散，垃圾贮存坑微负压运行，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。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垃圾，使充分燃尽。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的各项指标达标排放，需对尾气进行净化处理方可排放。焚烧炉尾气主要污染物有尘、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：HCI、HF、SO_2、NOx；（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/m^3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。重力沉降室、旋风除尘器和喷淋塔等无法有效去除直径为5~10μm的粉尘，只能视为除尘的前处理设备。静电集尘器、文式洗涤器及布袋除尘器等三类为垃圾焚烧尾气净化系统中最主要的除尘设备。文式洗涤器多用于危险废物焚烧处理。由于ESP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）NOx污染控制技术

在生活垃圾焚烧过程中，NOx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O_2发生反应生成NOx；2）助燃空气中的N_2在高温条件下被氧化生成NOx；3）助燃燃料（如煤、天然气、油品等）燃烧生成NOx。

通过加强控制手段抑制NOx的形成或者将已经生成的NOx还原成为N_2分子，是减少焚烧炉尾气NOx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NOx的烟气排放浓度。主要有：

1）降低焚烧区域的温度。 在1400℃以上，空气中的N_2即与O_2反应生成NOx。通过控制焚烧区域的最高温度低于1400℃，并且减少“局部过度燃烧”的情况发生，即可控制这部分NOx的生成。由于垃圾中某些高热值燃料（如塑料、皮革等）集中在某一区域燃烧造成该区域的局部温度可能超过1400℃，从而增加NOx的生成量，一般将垃圾坑中的垃圾混合均匀就可避免此类情形发生。

2）降低O_2浓度。通过调节助燃空气分布方式，降低高温区O_2浓度，从而有效减少N_2和O_2的高温反应。这是一种非常经济有效的方式。热解气化焚烧炉即是采用此机理。

3）创造反应条件使NOx还原为N_2。

以上三类控制技术，在垃圾焚烧系统中具体实现时有以下几种形式：

a）低空气比。降低焚烧炉的空气过剩系数，使得O_2的量足以用于固废焚烧需要但不足以生成大量的NOx和CO。已有研究成果表明：在过剩空气比为1.2时，热解气化焚烧炉烟气中NOx含量只有过剩空气比为2.0时的NOx含量的1/4~1/5。

b）调整助燃空气布气孔位置。将部分助燃空气由炉排下供风转移到炉排上面供风，使得离开主反应区后未被焚毁的污染物与由炉排上方供应的空气混合后继续反应。

c）分阶段燃烧。通过设置燃料和助燃空气的入口，实现垃圾分阶段焚烧的目的，其作用与2）相同，逐步焚毁离开前面反应区时未被焚毁的污染物。

d）烟气循环。将烟气循环回到高温焚烧区域，稀释空气中的O_2浓度，降低焚烧温度。

e）气体再燃烧。在焚烧系统的后燃烧区引入燃料气体燃烧，生成各种类型的CH自由基，使得在主燃烧区生成的NOx在后燃烧区被还原为N_2分子。

很多情况下，燃料或者空气的分阶段供应可以通过“低氮燃烧器”系统实现。日本Mitsubishi提供的MACT技术包是目前最先进的焚烧控制系统之一，它包括

一个污染最小化燃烧器和一个气体再燃装置。

■ **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，NOx与氨或尿素反应被还原为N_2。尿素分解成为NH_3后参与反应，没有反应完全的NH_3与烟气中的HCl反应生成NH_4Cl，烟气中残留的NH_3一般小于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（NH_3/NO=1：1，摩尔比），使NOx被催化还原为N_2。催化剂一般为TiO_2-V_2O_5，当温度低于300℃时，催化剂活性不够，而当温度高于450℃时NH_3就会被分解；因此催化反应的温度一般控制300~400℃之间。

■ **几种NOx控制技术比较**

就NOx的去除效果而言，SCR对NOx的去除率达到了90%以上，在300~400℃条件下TiO_2-V_2O_5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NOx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（如日本Mitsubishi提供的MACT技术包）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NH_3污染问题。SCR释放的NH_3（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CO_2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。以下分别说明。

■ **湿式洗气法**

焚烧尾气处理系统中最常用的湿式洗气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。

由于一般的湿式洗气塔采用填料吸收塔的方式设计，故其对粒状物质的去除能力几乎可被忽略。湿式洗气塔的最大优点为酸性气体的去除效率高，对HCl去除率为98%，SOx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。

■ **干式洗气法**

干式洗气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ls以上。

干式洗气塔结合布袋除尘器组成的干式洗气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，常须超量加药，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。

■ **半干式洗气法**

半干式洗气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向流的方式充分接触，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，目前使用的雾化器为旋转雾化器及双流体喷嘴。

半干式洗气法的典型流程包含一个冷却气体及中和酸性气体的喷雾干燥塔及除尘用的布袋除尘器室。气体的停留时间为10~15s。单独使用石灰浆时对酸性气体去除效率约在90%左右，但利用反应药剂（石灰乳）在布袋除尘器滤布表面进行的二次反应，可提高整个系统对酸性气体的去除效率（HCl：98%；SO_2：90%以上）。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

焚烧厂排放尾气中重金属浓度的高低，与废物组成、性质、重金属存在形式、焚烧炉的操作及空气污染控制方式等有密切关系。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。

工厂已有的运行结果表明：布袋除尘器与半干式洗气塔并用时，除了汞之外，对其它重金属的去除效果均非常好，且进入除尘器的尾气温度愈低，去除效果愈好。但为了维持布袋除尘器的正常操作，废气温度不得降至露点以下，以免引起酸雾凝结，造成滤袋腐蚀，或因水汽凝结而使整个滤袋阻塞。汞由于其饱和蒸气压较高，不易凝结，只能靠布袋上的飞灰层对气态汞的吸附作用而去除一部分，其净化效果与尾气中飞灰含量及布袋中飞灰层厚度有直接关系。

为了进一步降低汞的排放浓度，在半干法工艺中于布袋除尘器前喷入活性炭粉末或于尾气处理流程末端使用活性炭滤床加强对汞的吸附作用，或在布袋除尘器前喷入能与汞反应的化学药剂，如喷入Na_2S粉末，使其与汞作用生成HgS颗粒而被除尘系统去除，可达到50％~70％的去除效果。

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O_2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℃，主要生成机制为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。在工程上采取各种措施减少二噁英的炉外再次合成，如减少烟气在200℃~400℃之间的停留时间，改善焚烧工艺减少生成二噁英的前驱体物质，减少飞灰在设备内表面的沉积从而减少二噁英生成所需要的催化剂载体，等等。

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1μm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，但活性炭粉末的强吸附能力可以弥补这项缺陷，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）“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＋半干法除酸＋活性炭喷射吸附二噁英＋布袋除尘”工艺；

3）“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年-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）NOx

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 NOx 排放水平能够达到现行标准。现行标准限值比发达国家高 2 倍左右。若按照发达国家规定的 200mg/Nm^3 标准，则达标率为 60%。

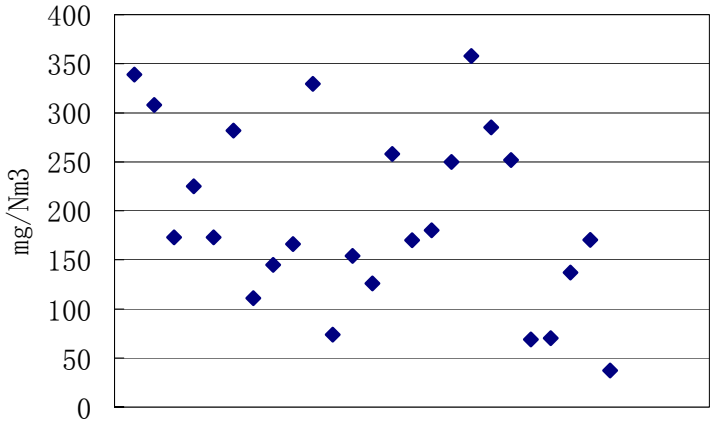

图 4-1 国内调研焚烧企业 NOx 排放水平

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/Nm^3）
美国	215 (每日焚烧废物大于35吨)
	500 (每日焚烧废物小于35吨)
欧盟	200 (每日焚烧废物大于144吨)
	400(每日焚烧废物小于144吨)
中国	400

（2）SO_2

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，SO_2的达标率为100%。我国现行标准限值比发达国家高5倍左右。若按照日均80mg/Nm^{3}标准，则达标率为72%。

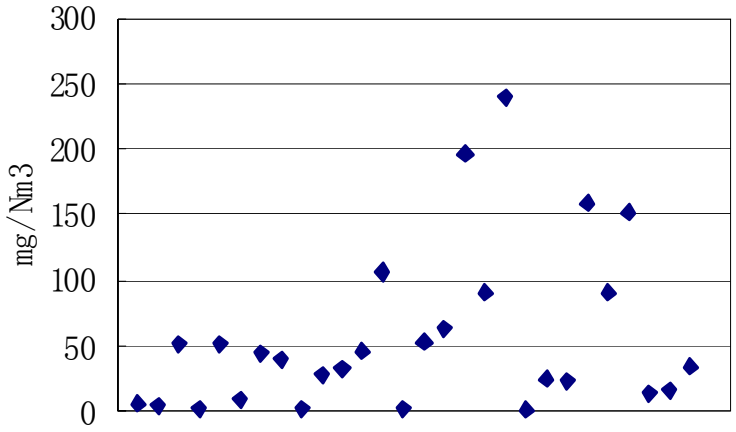

图 4-2 国内调研焚烧企业 SO2 排放水平

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/Nm^3）
美国	60
欧盟	50
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%。美国和欧盟的标准在10-30mg/Nm^3，若按照日均50mg/Nm^{3}标准，则达标率为88%。

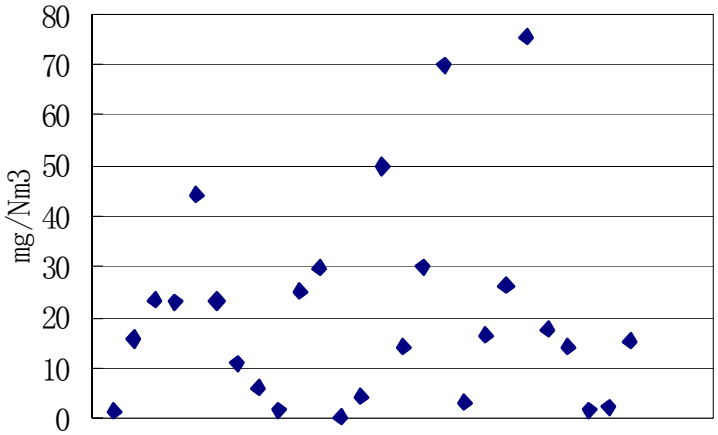

图 4-3 国内调研焚烧企业 HCl 排放水平

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/Nm^3）
美国	30
欧盟	10
中国	75

（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。若按照0.05mg/Nm^{3}的欧盟标准，则达标率为60%。

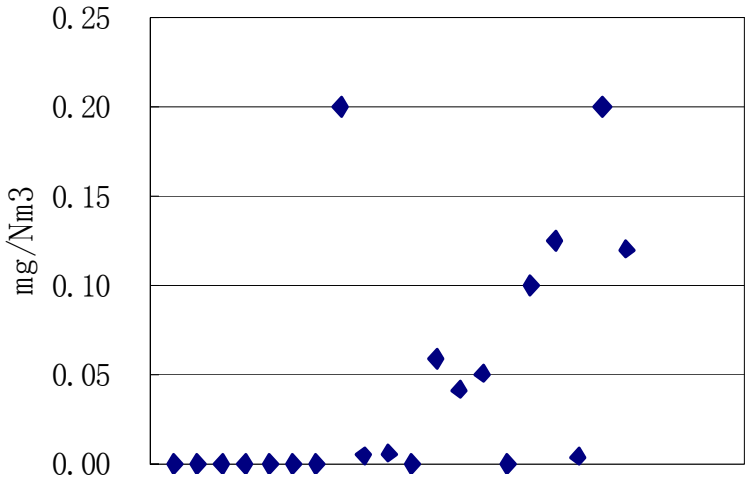

图 4-4 国内调研焚烧企业 Hg 排放水平

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/Nm^3）
美国	0.08
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。若按照0.05mg/Nm^{3}欧盟标准执行，达标率为75%。

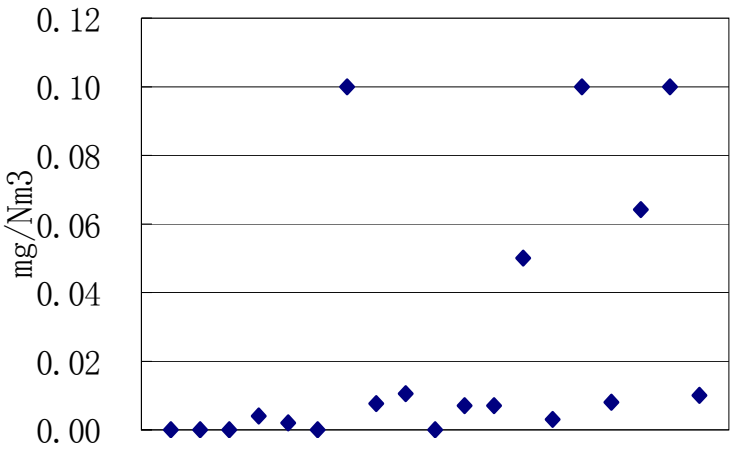

图 4-5 国内调研焚烧企业 Cd 排放水平

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/Nm^3）
美国	0.04
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3-10倍。若按照1.0mg/Nm^{3}标准，则达标率为90%。

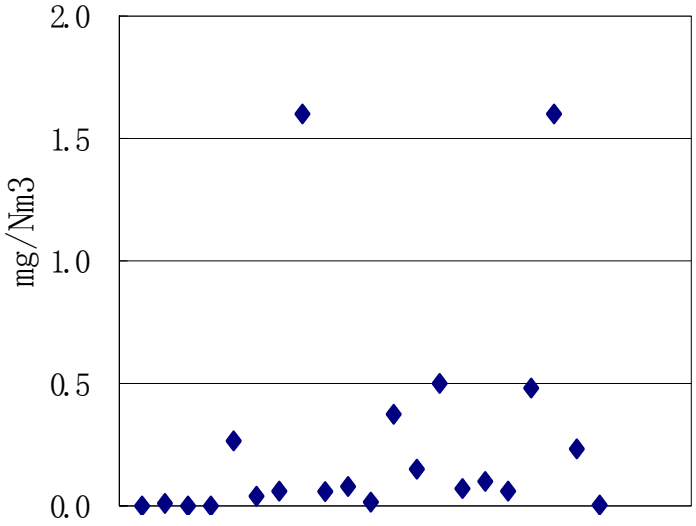

图 4-6 国内调研焚烧企业 Pb 排放水平

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/Nm^3）
美国	0.14 (每日焚烧废物大于250吨)
	0.2 (每日焚烧废物小于250吨)
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。

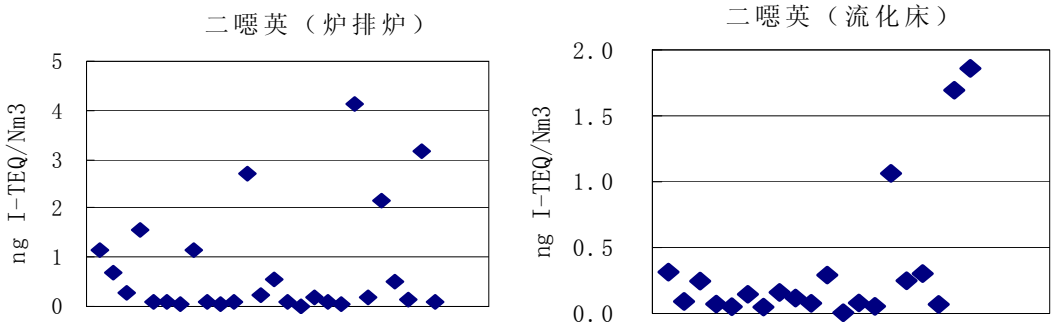

图 4-7 国内调研焚烧企业二噁英排放水平

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/Nm^3）
美国	0.2
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

根据调研结果显示，测定均值1.0ngTEQ/Nm^{3}的达标率为78%。测定均值为0.5ngTEQ/Nm^{3}的达标率为72%。测定均值为0.1ngTEQ/Nm^{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0.1ngTEQ/Nm^{3}以下。但是，小型垃圾焚烧厂的烟气处理系统一般与现代化大型垃圾焚烧厂相比并不完善，即使配置完善也很难达到连续稳定运行，其烟气中污染物（特别是二噁英类）排放水平较大型垃圾焚烧炉要高的多。

5 标准主要技术内容

5.1 编制依据

本标准编制的主要依据包括：

- 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》
- 《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2001）
- 《危险废物焚烧污染控制标准》（GB18484-2001）
- 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）
- 《市容环境卫生术语标准》（CJJ/T65-2004）

5.2 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。

5.3 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：本标准的适用范围。

（2）规范性引用文件：本标准中引用的标准、文件等。

（3）术语和定义：本标准中关键词语的解释。

（4）生活垃圾焚烧厂选址要求。

（5）生活垃圾焚烧厂技术要求。

（6）生活垃圾焚烧厂焚烧废物的要求。

（7）生活垃圾焚烧厂运行要求。

（8）生活垃圾焚烧厂污染物排放控制要求。

（9）监测要求。

（10）实施与监督。

5.4 主要条文说明

5.4.1 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、设计、焚烧废物的入厂条件、运行与管理的污染控制和监测等方面的要求。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除废聚氯乙烯塑料为主的工业固体废物以外的其他非危险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可以参照本标准执行。

（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热量不超过总燃料输入量的 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。当掺加生活垃圾的热值超过入炉（窑）物料总热量 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。

5.4.2 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。

5.4.3 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，增加了焚烧飞灰、企业边界、现有生活垃圾焚烧设施和新建生活垃圾焚烧设施的定义，删除了危险废物、标准状态的定义，将现行标准中的术语“处理量”改为“焚烧处理量”，焚烧炉、焚烧炉渣、热酌减率、二噁英类、二噁英类毒性当量的定义不变。

3.5 条 焚烧飞灰

根据来源定义飞灰，飞灰指的是从锅炉烟道和烟气处理系统收集的残渣，包括余热锅炉底灰、净化塔底灰、除尘器底灰等，不仅仅指的是除尘设备的底灰。

3.9 条 企业边界

指生活垃圾焚烧厂的法定边界。若无法定边界，则指实际边界。

3.10 条和 3.11 条 现有生活垃圾焚烧设施与新建生活垃圾焚烧设施

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得批准的生活垃圾焚烧设施，指现有生活垃圾焚烧设施。本标准实施之日起环境影响评价文件获得批准的新建、改建和扩建的生活垃圾焚烧设施，指新建生活垃圾焚烧设施。

5.4.4 选址要求

4.1 条 由于生活垃圾焚烧厂的投资和工程量均是巨大的，因此，选择一个适宜的、能够长期使用的场址十分重要。生活垃圾焚烧厂的选址应当结合本地发展的长远规划，包括区域性环境规划和当地的城市规划，尽量避免可能发生的场址争议，保护城乡居民健康。

4.2 条 生活垃圾焚烧厂的厂址应该在对至少三个备选厂址进行环境影响评价后进行比较、确定。

由于生活垃圾焚烧厂的选择对环境的影响较大，因此在场址的位置确定时要依据环境影响评价，并经地方环境保护行政主管部门批准。

在对生活垃圾焚烧厂场址进行环境影响评价时，应该在对至少三个备选厂址进行环境影响评价后进行比较、确定。应通过对生活垃圾堆存过程的恶臭、堆存过程的渗滤液、焚烧烟气污染物、焚烧飞灰等因素对周围环境、人群健康及其生活、生产活动的影响以及周围居民心理接受程度的综合评价，结合环境风险评价得出结论。

5.4.5 焚烧厂技术要求

5.1 条 生活垃圾焚烧厂应包括但不限于下列设施：垃圾接收与贮存设施、焚烧炉、烟气净化系统、烟气排放监测设施、渗滤液收集与处理设施、渗滤液渗漏监测设施、防臭除臭设施。

生活垃圾焚烧厂的主要产污环节包括：贮存过程的恶臭污染、贮存过程渗滤液泄漏或不达标排放对水体的污染以及焚烧烟气不达标排放造成的污染。对于恶臭污染，通过对接收和贮存设施进行规范达到控制的目的；渗滤液通过收集设施、地表进行过防渗处理的贮存设施、处置设施、以及贮存设施的渗滤液渗漏监测设

施达到监控与达标处置；焚烧烟气通过对焚烧炉工况及焚烧烟气净化系统达到控制，一个完善的烟气净化系统必须包括急冷设施、除酸设施、活性炭喷射设施去除重金属和二噁英、以及布袋除尘器控制颗粒物设施，以及脱氮设施，并通过烟气排放监测系统达到监控的目的。因此，生活垃圾焚烧厂必须包括上述几个设施。

5.2 条生活垃圾焚烧厂应建设封闭式围墙，并设置绿化隔离带，宽度不宜小于 10m。垃圾贮存过程不可避免的有恶臭和细菌产生，因此应建设封闭式围墙，并设置绿化隔离带。根据对企业的调研了解，中国的树冠较大，基本能够达到 10m 的要求。

5.3-5.5 条和 7.9 条 对生活垃圾收集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）定期对贮存设施喷洒药剂消毒。

（6）贮存能力要保证检修停运期间也不造成环境污染。

5.6-5.9 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，欧盟的标准值见下表 5-1，其日均值为 50mg/Nm^3，我国现有技术装备水平部分企业能够达到这个水平，根据 20 家企业的调研结果，50 mg/Nm^3 的达标率为 50%，60 mg/Nm^3 的达标率为 65%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/Nm^3）	
欧盟	50（日平均）	100（半小时平均）
中国（修订后）	60（日平均）	100（小时平均）

5.10 条和 5.11 条 与现行标准相同。

5.12 条 如果将除化学性废物以外的医疗废物、生物发酵制药残渣在生活垃圾焚烧炉中进行共处置，需要在焚烧炉上设置独立的废物投加口，并采取与其他废物隔离的装卸、贮存和投加措施。

医疗废物和生物发酵制药残渣往往具有传染性，利用生活垃圾焚烧炉 850℃的高温能够达到灭菌消毒的目的。同时，由于其具有传染性，不能与生活垃圾混合投料，需要与其他废物隔离装卸、贮存和投加，避免导致传染性疾病。其接收、贮存、输送与设施设备清洗消毒的具体操作参见 HJ/T 177 中第六大点的内容。

5.13 条 生活垃圾焚烧炉应设置助燃系统，用于焚烧炉启、停炉和焚烧温度不能满足 5.6 条要求时的自动助燃。

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。

5.4.6 焚烧废物的要求

6.1 条 生活垃圾在入炉焚烧之前，宜采取相关措施，以提高生活垃圾的热值、降低含水率并减少污染风险。

由于生活习惯等原因，我国的生活垃圾中蔬菜、果皮等成分较高，垃圾含水率高，热值比国外发达国家偏低，导致焚烧炉温度难以达到 850℃正常运行的要求，二噁英前驱体物等污染物产生量显著增大。因此，宜在垃圾入炉焚烧之前采取分类收集等相关措施，降低含水率，提高热值，改善焚烧炉内的运行工况。

6.2 条 生活污水处理厂污泥以及其他非危险工业废物可以与生活垃圾共同焚烧处置。以废聚氯乙烯塑料为主的工业固体废物不应在生活垃圾焚烧炉中焚烧处置。

生活污水处理厂污泥以及其他非危险工业废物中重金属、前驱体物质（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。

氯的存在是合成二噁英的一个重要条件。有机氯含量高的废物焚烧烟气在冷凝过程中合成二噁英类污染物。因此，必须要从源头减少氯进入焚烧系统。

6.3 条 如果焚烧设施满足本标准 5.12 条规定，除化学性废物以外的医疗废物、生物发酵制药残渣可以与生活垃圾共同焚烧处置。医疗废物和生物发酵制药残渣焚烧量不应超过生活垃圾焚烧炉处理能力的 5%。医疗废物、生物发酵制药残渣入炉前的操作按照 HJ/T 177 执行。

医疗废物、生物发酵制药残渣的热处理特性和污染特性与生活垃圾类似，因此可以利用生活垃圾焚烧装置共同处置。但由于医疗废物和生物发酵制药残渣本身具有的传染性特性，需要与其他废物隔离装卸、贮存和投加，避免导致传染性疾病。医疗废物中氯含量较高，为避免焚烧过程中二噁英类污染物产生量增大，医疗废物投加量不宜过高，其中法国规定是不超过焚烧炉处理能力的 10%，鉴于我国生活垃圾的特性和焚烧水平与国外存在差异，本标准规定医疗废物、生物发酵制药残渣的投加量不超过焚烧炉处理能力的 5%。

6.4 条 禁止将电子废物以及除 6.3 条规定的医疗废物、生物发酵制药残渣之外的危险废物在生活垃圾焚烧厂中处置。

电子废物以及除 6.3 条规定的医疗废物、生物发酵制药残渣之外的危险废物中重金属、二噁英类前驱体物含量高，如采用生活垃圾焚烧处置的话会导致尾气不达标，因此，禁止共同处置。

5.4.7 运行要求

7.1 条 生活垃圾焚烧厂每条焚烧线的年运行时间应在 8000 小时以上。

为保证充分利用生活垃圾焚烧设施，生活垃圾焚烧厂焚烧线年运行时间越长越好，根据国内实际运行情况和国外的经验，设定焚烧线的年运行时间以 8000 小时为宜。

7.2 条 焚烧炉在启动时，应先将炉内温度升至 5.6 条规定的温度后开始投加废物。自开始投加废物开始，焚烧炉运行工况应在 3 小时内达到本标准要求。

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。参照美国和欧盟的标准要求，以及国内焚烧炉设备的技术水平，焚烧炉启动阶段能在 3 小时内达到运行工况正常，因此，启动阶段持续时间不超过 3 小时。

7.3 条 在关闭焚烧系统时，应在正常工况条件下停止投加废物。自停止投加废物开始，应在 3 小时内继续鼓风。

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。

7.4 条和 7.5 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，则应立即停止投加废物，按照程序关闭系统。每次故障或者事故持续时间不应超过 4 小时。焚烧系统每年故障或事故以及启动、关闭时间累计不应超过 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。参照欧盟的标准要求，每次故障或者事故持续时间不应超过 4 小时，1 年最多不应超过 60 小时。

7.6 条和 7.7 条 增加了对运行工况和烟气主要成分含量的在线监测要求。

通过在线监测加强对焚烧厂运行过程的污染控制过程的控制，避免出现不达标排放的情况。

7.8 条 生活垃圾焚烧炉渣与焚烧飞灰应分别收集、贮存、运输和处置。

炉渣是垃圾焚烧的残渣，主要是无机成分，重金属、二噁英等污染物含量低，按照一般工业固废处置；飞灰是余热锅炉、除尘器等烟气净化系统产生的底灰，飞灰由于吸附作用，重金属氯化物、二噁英等污染物含量高，属于危险废物，需要按照危险废物处置，因此炉渣与飞灰应分别收集、贮存、运输和处置。

7.9 条 生活垃圾焚烧厂的垃圾卸料和贮存设施内的空气应收集通入焚烧炉中进行高温处理。生活垃圾焚烧炉停运期间，垃圾卸料和贮存设施内的空气应收集后经除臭设施除臭后再排放。

生活垃圾焚烧厂的恶臭主要来源于垃圾贮存过程中厌氧发酵等作用下产生的恶臭气体，主要有硫化氢、硫醇、氨气、以及滋生的蚊蝇等，通过将垃圾卸料和贮存设施内的空气通入焚烧炉中进行高温处理达到除臭的目的。焚烧炉停运期间，通过除臭设施除臭后再排放。

7.10 条 增加了运行情况记录制度的要求。

5.4.8 污染物排放控制要求

8.1 条 表 4 现有生活垃圾焚烧设施污染物排放标准对重金属进行了增加，其中镉改为镉+铊，铅改为锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍、钒，主要是参照欧盟标准限值设定方法制定的，是根据重金属的挥发特性进行分类的。欧盟标准中重金属分类参见表 7-2。现行标准氮氧化物、二氧化硫和氯化氢只有小时均值，新标准中增加了日均值，小时均值代表波动水平，即设备的稳定程度，日均值代表平均水平，即设施长期运行的总体影响。根据国内典型企业的调研资料信息，研究制定了日均值排放水平。

8.1-8.3 条 根据美国和欧盟的经验，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现有标准限值，自 2013 年 7 月 1 日起，执行新建标准限值，给定一定的期限让现有焚烧设施进行技术和设备改造，实现整体装备水平的提高。

8.2 条和 8.3 条 美国和日本对二噁英类采取分级管理的标准。根据国内焚烧炉运行经验，单炉焚烧能力 150 吨/日以上的设施，烟气排放控制系统较为完善，且有很好的余热利用基础，有能力和有必要提高二噁英类污染物排放控制要求。而焚烧能力低于 150 吨/日的设施，特别是低于 50 吨/日的焚烧炉烟气排放水平普遍较低，二噁英类污染物超标严重，在可能的情况下，应对已有小型焚烧炉进行关停，对新建此类焚烧炉原则上应加以严格控制。但考虑到我国有部分区域，地理位置偏远且环境本底容量大、垃圾处置问题突出，无法实现大型化处置，可以适宜采用小型化焚烧炉。基于这样的情况，对二噁英类建议采取分级管理的办法，分为 150 吨/日以上，150 吨/日-50 吨/日，和 50 吨/日以下三种情况。

8.2 条和 8.3 条表 5 中烟尘排放限值设定为：测定均值为 20mg/Nm^3。

下图 5-1 是 2006-2009 年调研的 20 家企业烟尘排放数据。按照 20mg/Nm3 的标准执行时，达标率为 50%，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烟尘表面的形式排放，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，可以通过严格控制烟尘来间接控制二噁英排放水平。

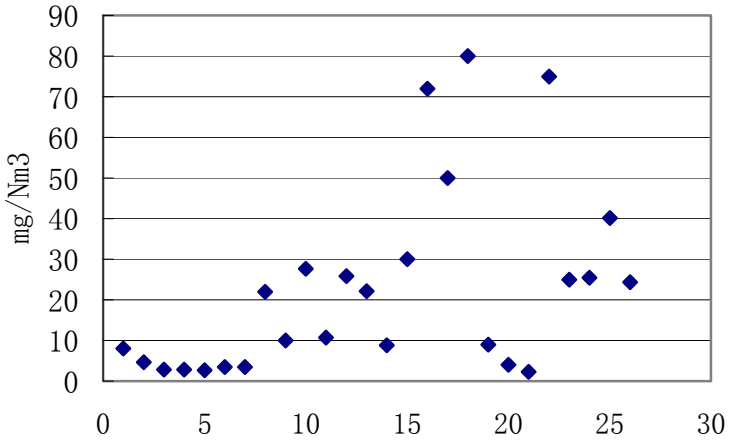

图 5-1 调研的 20 家企业烟尘排放数据

8.2 条和 8.3 条表 5 中氮氧化物排放限值设定为：1 小时均值 250mg/Nm^3；24 小时均值 200mg/Nm^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 200mg/Nm^3 的 24 小时均值标准执行时，达标率为 60%，可见，现有技术水平能够达到这一标准。24 小时均值 200mg/Nm^3 的新标准与欧盟的标准一致。

8.2 条和 8.3 条表 5 中二氧化硫排放限值设定为：1 小时均值 100mg/Nm^3；24 小时均值 80mg/Nm^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 80mg/Nm3 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 80mg/Nm^3 的新标准与欧盟 50 mg/Nm^3 的标准还有一定的差距。

8.2 条和 8.3 条表 5 中氯化氢排放限值设定为：1 小时均值 60mg/Nm^3；24 小时均值 50mg/Nm^3。

图 4-3 是 2006-2009 年调研的 20 家企业氯化氢排放数据。按照 50mg/Nm3 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 50mg/Nm^3 的新标准与欧盟 10 mg/Nm^3 的标准还有一定的差距。

8.2 条和 8.3 条表 5 中汞排放限值设定为：测定均值 0.05mg/Nm^3。

图 4-4 是 2006-2009 年调研的 20 家企业汞排放数据。按照 0.05mg/Nm^3 的测定均值标准执行时，达标率为 60%，可见，现有技术水平能够达到这一标准。测

定均值 0.05mg/Nm^3 的新标准与欧盟 0.05 mg/Nm^3 的标准一致。

8.2 条和 8.3 条表 5 中镉和铊排放限值设定为：测定均值 0.05mg/Nm^3。与欧盟标准一致。图 4-5 是 2006-2009 年调研的 20 家企业汞排放数据。按照 0.05mg/Nm^3 的测定均值标准执行时，达标率为 75%。

8.2 条和 8.3 条表 5 中其他 9 种重金属排放限值设定为：测定均值 1.0mg/Nm^3。

随着监测水平的提高，新标准中将现行标准铅一种重金属增加至 9 种。借鉴欧盟的思路，这 9 种重金属的挥发特性接近，属于难挥发重金属，归为一类。图 7-6 是 2006-2009 年调研的 20 家企业铅排放数据。按照 1.0mg/Nm^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 1.0mg/Nm^3 的新标准与欧盟 0.5 mg/Nm^3 的标准还有一定的差距。

8.2 条和 8.3 条表 5 中二噁英进行分级设定排放限值，其中单炉 150t/d 以上执行 0.1 ng TEQ/m^3，50-150t/d 执行 0.3 ng TEQ/m^3，50t/d 以下执行 0.5ng TEQ/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1.0ngTEQ/Nm^{3}的达标率为78%。测定均值为0.5ngTEQ/Nm^{3}的达标率为72%。测定均值为0.1ngTEQ/Nm^{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0.1ngTEQ/Nm^{3}以下。

但是，小型垃圾焚烧厂的烟气处理系统一般与现代化大型垃圾焚烧厂相比并不完善，即使配置完善也很难达到连续稳定运行，其烟气中污染物（特别是二噁英类）排放水平较大型垃圾焚烧炉要高的多，因此，适当放宽。

8.4条 在处理服务范围内垃圾产生量大于150吨/日的区域内不得采用单台炉规模≤150吨/日规模以下的焚烧炉。

该条要求，条件允许的情况下各地应尽可能建设大型焚烧炉。因为，大炉子焚烧过程的稳定性更好，烟气中二噁英能够控制在一个更低的水平上。

8.5 条 在 7.2、7.3、7.4、7.5 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。但是在这些时间内烟尘浓度的测定平均值不得大于 150 mg/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《工业炉窑大气污染物排放标准（GB9078-1996）》，上述阶段烟尘的浓度执行 150 mg/m^3 限值。

5.4.9 监测要求

9.1 条 增加了对运行工况连续监测的要求。

9.2 条 与现行标准 10.1 条内容意思相同。

9.3 条 大气污染物监测要求与现行标准相比增加了 2 点内容，分别是：（1）增加了对连续监测的要求；（2）对大气污染物的监督性监测频率作了规定，参照美国标准，为不少于 1 次/年。

9.6 条 对监测方法进行了规定。相比现行标准，对二氧化硫、重金属类和二噁英的监测方法进行了更新。

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
分类收集要求	无	采取分类收集等必要措施，以提高生活垃圾的热值、降低含水率并减少污染风险。
焚烧废物的要求	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其他非危险工业废物可以与生活垃圾共同焚烧处置； 医疗废物、生物发酵制药残渣可以与生活垃圾共同焚烧处置； 以废聚氯乙烯塑料为主的工业固体废物不应在生活垃圾焚烧炉中焚烧处置； 禁止将电子废物以及除医疗废物、生物制药残渣之外的危险废物在生活垃圾焚烧厂中处置。
焚烧厂技术要求	对焚烧厂各单元系统未进行要求	生活垃圾焚烧厂应包括但不限于下列设施：垃圾接收与贮存设施、焚烧炉、烟气净化系统、烟气排放监测设施、渗滤液收集与处理设施、渗滤液渗漏监测设施、防臭除臭设施。
	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指标，并需要连续监测。
运行要求	年运行时间未规定	年运行时间应在 8000 小时以上
	对启动、关闭和事故阶段未进行规定	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。
	NOx、HCl、烟尘、SO_2	NOx、HCl、烟尘、SO_2 要进行连续监测，监测数据

	未要求进行连续监测	的超标率也进行了详细要求。
污染物排放控制要求	各焚烧设施执行一个统一的标准限值	根据焚烧设施的规模和建设时间进行分类，分为现有和新建标准限值，对于新建设施的二噁英类限值根据单炉焚烧规模进行分级。
环境和污染物监测要求	监测频次没有作要求	烟尘、SO_2、NOx 和 HCl 采用连续监测； 其他大气污染物的监督性监测频率不少于每年 1 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/Nm^3，约为1ng-TEQ/Nm^3。
- 焚烧厂采用非电除尘的污染控制系统：30 ng/Nm^3，约为0.5ng-TEQ/Nm^3。

小型生活垃圾焚烧厂：

- 125 ng/Nm^3，约为2ng-TEQ/Nm^3。

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/Nm^3，约为0.2ng-TEQNm^3。

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，必须要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。

随着生活垃圾焚烧排放物的提高可能引起大气污染和威胁到人们的健康，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：SO_2、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年对二恶英的排放相对于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/Nm^3。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联合焚烧工厂，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）如果通过联合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来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/m^3，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/Nm^3	
2	重金属		
	Cd+Tl（测定平均）	0.05 mg/Nm^3	0.1 mg/Nm^3*
	Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V（测定平均）	0.5 mg/Nm^3	1 mg/Nm^3*
	Hg（测定平均）	0.05 mg/Nm^3	0.1 mg/Nm^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均值，有效期至 2007 年 1 月 1 日		
3	TSP	10 mg/Nm^3（日平均）	30 mg/Nm^3（半小时平均）
4	酸性气体:		
	HCl	10 mg/Nm^3（日平均）	60 mg/Nm^3（半小时平均）
	HF	1 mg/Nm^3（日平均）	4 mg/Nm^3（半小时平均）
	SO_2	50 mg/Nm^3（日平均）	200 mg/Nm^3（半小时平均）
5	NOx（日平均）	200 mg/Nm^3 现有处理能力>144t/d 的焚烧炉或新建炉 400 mg/Nm^3 现有处理能力<144t/d 的焚烧炉	
6	TOC	10 mg/Nm^3（日平均）	20 mg/Nm^3（半小时平均）
7	CO	50 mg/Nm^3（日平均）	100mg/Nm^3（半小时平均）

7.2.5 监测方法和检查的要求

（1）NOx、CO、TSP、TOC、HCl、HF、SO_2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

焚烧场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2 m^2，焚烧能力大于200kg/h的设施。氯化氢的排放标准为700mg/m^3。

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/Nm^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/ Nm^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

标准修订后的标准与国外主要标准比较见下表。

表 7-6 修订后的标准与国外主要标准的比较

类别	美国	欧盟	中国（修订后）
分类收集	有	有	有
适用情况	下列情况不适用： ①回收材料（如重金属）为目的 ②露天焚烧炉焚烧庭院垃圾 ③水泥窑共处置 ④单一废物 ⑤生活垃圾不超过总燃料输入量的 30%	①食品加工行业产生的植物废物 ②果肉生产和纸浆生产产生的纤维类植物废物 ③未被加工过的废木材	①生活污水处理厂污泥以及其他非危险工业废物可以与生活垃圾共同焚烧处置； ②医疗废物、生物制药残渣可以与生活垃圾共同焚烧处置； ③以废聚氯乙烯塑料为主的工业④固体废物不应在生活垃圾焚烧炉中焚烧处置； ④禁止将电子废物以及除医疗废物、生物制药残渣之外的危险废物在生活垃圾焚烧厂中处置
启动、关闭和事故阶段	①3h ②启动、关闭阶段，温度未达到 850℃时，不能进料； 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	①4h，一年累计 60h， ②CO 必须达标 ③启动、关闭阶段，温度未达到 850℃时，不能进料； ④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	①4h，一年累计 60h， ②CO 必须达标 ③启动、关闭阶段，温度未达到 850℃时，不能进料； ④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
分级管理	35t/d 以下；35-250t/d；250t/d 以上	144t/d 以下；144t/d 以上	150t/d 以上；50-150t/d；50t/d 以下
监测要求	① CO、HCl、NOx、SO_2、烟尘采取连续检测每日 24 小时内的小时平均值，每个小时平均值最起码需要两个采样点数据，每个季度需要有 90%的运行时间结果采纳，每年需要有 95%的结果采纳； ② 重金属类、二噁英一年 1 次，测试均值。	①NOx、CO、烟尘、TOC、HC1、HF 和 SO_2 采取连续检测，计算半小时均值和日均值； ② 内墙附近或主管部门批准的燃烧室的另一代表点的温度、氧气浓度以及废气气压、温度和水汽含量在线监测； ③ 每年对重金属、二噁英和呋喃至少测量 2 次；	① CO、HCl、NOx、SO_2、烟尘采取连续检测，计算小时均值和日均值； ② 焚烧温度、烟气排放温度、CO、O_2 浓度在线监测； ③ 重金属类、二噁英一年 1 次，测试均值。
烟尘	20-30 mg/m^3	10 mg/m^3	新建 20mg/m^3；现有 80mg/m^3
汞	0.03mg/m^3	0.05mg/m^3	新建 0.05mg/m^3；现有 0.2mg/m^3

镉＋铊	0.07mg/m^3	0.05mg/m^3	新建 0.05mg/m^3；现有 0.1mg/m^3
铅及其他	0.14mg/m^3	0.5mg/m^3	新建 1.0mg/m^3；现有 1.6mg/m^3
HCl	30 mg/m^3（日均值）	10 mg/m^3（日均值）	新建 50mg/m^3；现有 60mg/m^3（日均值）
SO_2	60 mg/m^3（日均值）	50 mg/m^3（日均值）	新建 80mg/m^3；现有 200mg/m^3（日均值）
NOx	215-500 mg/m^3	200-400 mg/m^3	新建 200mg/m^3；现有 300mg/m^3（日均值）
二噁英类	0.2 ngTEQ/m^3	0.1 ngTEQ/m^3	0.1-0.5 ngTEQ/m^3

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）NOx 减排

根据 2008 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 5.16 万吨/日。1 吨生活垃圾焚烧后会产生 4000-7000 立方米的烟气。若执行 GB18485-2001 标准，NOx 的排放水平为 400mg/m^3，则 2008 年，全年 NOx 的排放量计算如下。

1 吨生活垃圾排放的 NOx 为：

400mg/m^3×（4000－7000）m^3 烟气/吨垃圾＝（1.6－2.8）kg

每日 NOx 排放量为：

5.16 万吨/日×（1.6－2.8）kg/吨垃圾＝（83－144）吨/日

2008 年 NOx 排放量为：

（83－144）吨/日×365 日＝（3.0－5.3）万吨/年

根据 2008 年中国环境统计年报数据，全国废气中氮氧化物排放量 1624.5 万吨。由此计算，生活垃圾焚烧 NOx 排放量占全国 0.18-0.33%。

若执行修订后的标准，NOx 的排放水平为 150mg/m^3，由此计算由生活垃圾焚烧产生的 NOx 的排放量将减少至 1.1-2.0 万吨/年。相当于 2008 年全国 NOx 减排 0.12-0.20%。

本标准执行的第一阶段，现有焚烧设施执行表 4 标准，新建焚烧设施执行表 5 标准。其中表 4 标准限值与 2001 年的旧标准一致，因此减排量很小。新建焚烧设施按照每年增加焚烧设施 10 座，增加焚烧能力 1 万吨/日计算，执行新标准则 NOx 的排放量将减少 0.5 万吨/年，并逐年增加。

本标准执行的第二阶段，自 2013 年 7 月 1 日起，现有生活垃圾焚烧设施全部执行表 5 规定的污染物排放浓度限值。以 2015 年为例，根据我国生活垃圾焚烧处理规模增长趋势，2015 年我国生活垃圾焚烧处理能力将达到 9 万吨/日。按照现行标准进行估算，则 2015 年 NOx 的排放量将增至：

9 万吨/日/5.16 万吨/日×（3.0－5.3）万吨/年=（5.4-9.2）万吨/年。

执行修订后的标准后，则 NOx 的排放量将减少至 2.0-3.45 万吨/年，相当于

2015 年由生活垃圾焚烧产生的 NOx 可减排 63%。

（2）SO_2 减排

根据 2008 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 5.16 万吨/日。1 吨生活垃圾焚烧后会产生 4000-7000 立方米的烟气。若执行 GB18485-2001 标准，SO_2 的排放水平为 260mg/m^3，则 2008 年，全年 SO_2 的排放量计算如下。

1 吨生活垃圾排放的 SO_2 为：

260mg/m^3×（4000－7000）m^3 烟气/吨垃圾＝（1.04－1.82）kg

每日 SO_2 排放量为：

5.16 万吨/日×（1.04－1.82）kg/吨垃圾＝（53.7－93.9）吨/日

2008 年 SO2 排放量为：

（53.7－93.9）吨/日×365 日＝（2.0－3.4）万吨/年

根据2008年中国环境统计年报数据，全国废气中二氧化硫排放量2321.2万吨。由此计算，生活垃圾焚烧 SO_2 排放量占全国 0.09-0.15%。

若执行修订后的标准，SO_2 的排放水平为 100mg/m^3，由此计算 SO_2 的排放量将减少至 0.8-1.3 万吨/年。相当于 2008 年全国 SO_2 减排 0.05-0.09%。

本标准执行的第一阶段，现有焚烧设施执行表 4 标准，新建焚烧设施执行表 5 标准。其中表 4 标准限值与 2001 年的旧标准一致，因此减排量很小。新建焚烧设施按照每年增加焚烧设施 10 座，增加焚烧能力 1 万吨/日计算，执行新标准则 SO_2 的排放量将减少 0.2 万吨/年，并逐年增加。

本标准执行的第二阶段，自 2013 年 7 月 1 日起，现有生活垃圾焚烧设施全部执行表 5 规定的污染物排放浓度限值。以 2015 年为例，根据我国生活垃圾焚烧处理规模增长趋势，2015 年我国生活垃圾焚烧处理能力将达到 9 万吨/日。由此估算，2015 年 SO_2 的排放量将增至：

9 万吨/日/5.16 万吨/日×（2.0－3.4）万吨/年=（3.4-6.1）万吨/年。

执行修订后的标准后，SO_2 的排放量将减少至 1.3-2.3 万吨/年，相当于 2015 年由生活垃圾焚烧产生的 SO_2 可减排 62%。

8.2 实施本标准的经济技术分析

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 2008 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 90 座，按照每座焚烧厂建设一套脱硝设施，则需要建设 90 套烟气脱硝设施。

根据 2008 年城市建设统计年报的数据，焚烧厂平均规模为 573 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 573 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，如欲达到本标准要求，需要加大烟气脱硝处理设施建设投资强度，初步估算需增加投资 36-54 亿元。

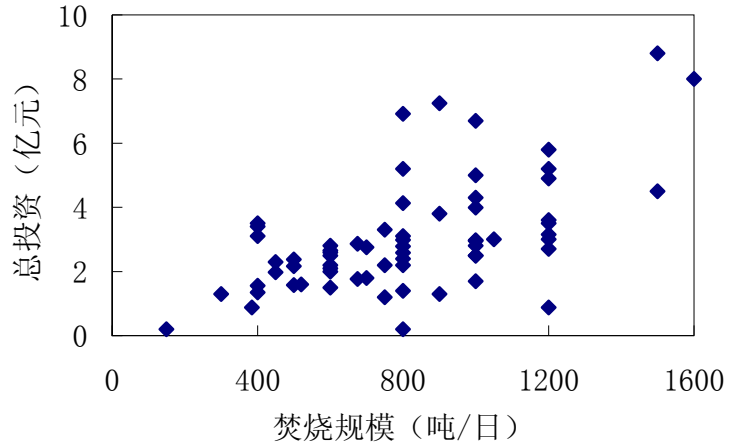

图 8-1　现建成的焚烧厂焚烧规模与总投资的关系

运行成本主要是氨气的消耗成本，根据理论计算，$1m^3$ 烟气中减排 NOx 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，需要增加烟气中烟尘、SO_2、NOx、O_2、温度等参数的在线监测系统，根据国内某一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 2008 年的统计数据，全国共有 90 座生活垃圾焚烧厂，需要增加建设投资 6.3 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 SO_2 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 NOx，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。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。