

# 《固定式内燃机大气污染物排放标准》 (征求意见稿)

## 编制说明

---

《固定式内燃机大气污染物排放标准》编制组

2020 年 8 月

# 目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 标准编制组.....	1
1.3 主要工作过程.....	1
2 标准修订的必要性、原则及思路.....	2
2.1 必要性.....	2
2.2 原则.....	4
2.3 思路.....	4
3 内燃机及分布式能源系统发展现状及趋势分析.....	5
3.1 分布式供能定义及主要实现方式.....	5
3.1.1 分布式能源的定义.....	5
3.1.2 分布式能源的主要实现方式.....	5
3.2 内燃机机组技术发展现状及趋势.....	6
3.2.1 内燃机分布式能源系统.....	6
3.2.2 国内外内燃机产品.....	7
3.3 长三角示范区及上海市固定式内燃机机组现状.....	8
3.3.1 机组规模.....	9
3.3.2 大气污染物排放状况.....	10
4 国内外相关标准及其氮氧化物控制技术.....	11
4.1 国内外相关标准调研.....	11
4.1.1 美国美国 EPA 标准.....	11

4.1.2 欧盟 .....	12
4.1.3 日本 .....	14
4.1.4 国际金融公司（IFC） .....	15
4.2 国内内燃气大气污染物排放标准 .....	15
4.2 污染防治技术调研分析 .....	16
4.2.1 NO <sub>x</sub> 防治技术 .....	16
4.2.2 SO <sub>2</sub> 防治技术 .....	17
5 标准主要技术内容 .....	17
5.1 标准内容框架 .....	18
5.1.1 标准适用范围 .....	18
5.1.2 标准控制分类和控制因子的确定 .....	18
5.1.3 标准执行时间与限值 .....	19
5.2 标准限值的确定 .....	19
5.2.1 颗粒物 .....	<b>错误!未定义书签。</b>
5.2.2 氮氧化物 .....	19
5.2.3 氨 .....	19
5.2.4 二氧化硫 .....	19
5.3 标准的其他管理规定 .....	20
5.4 污染物监测要求 .....	20
5.4.1 监测一般要求 .....	20
5.4.2 大气污染物监测 .....	20
5.4.3 烟气排放连续监测要求 .....	21

5.4.4 监测工况要求.....	22
6 本标准限值及国内外相关限值的比较.....	22
7 标准实行的环境效益分析.....	22
8.标准技术经济分析.....	22
8.1 达标技术.....	23
8.2 技术经济分析.....	23
9 贯彻实施标准的建议.....	23
9.1 实施方式.....	23
9.2 加强燃料源头控制.....	23
9.3 考虑配套补贴政策.....	23
9.4 制定达标技术指南.....	24
附件一标准征求意见情况.....	25

# 1 项目背景

## 1.1 任务来源

2018 年，习近平总书记在上海国际进口博览会宣布将长三角一体化发展提升为国家战略，并在 2019 年通过了《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》，提出了长三角高质量一体化的“三步走”战略计划；2019 年长三角地区发布了《长三角地区一体化发展三年行动计划（2018-2020 年）》。《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》明确提出了“加强排放标准、产品标准、环保规范和执法规范对接，联合发布统一的区域环境治理政策法规及标准规范，积极开展联动执法，创新跨区域联合监管模式”，统一标准是统一规划、统一监督执法的基础，也是长江三角洲区域生态环境共保联治的基础。

为贯彻《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》《上海市大气污染防治条例》《江苏省大气污染防治条例》《浙江省大气污染防治条例》，防治环境污染，改善环境质量，保障人体健康，加强对固定式内燃机大气污染物的排放控制，促进行业技术进步和可持续发展，落实长三角区域生态绿色一体化，推进“标准统一”工作，2020 年 7 月由上海市生态环境局、江苏省生态环境厅、浙江省生态环境厅联合立项《固定式内燃机大气污染物排放标准》，计划在长三角示范区及上海市辖区范围内实施。

## 1.2 标准编制组

由上海市环境监测中心牵头，组织江苏省生态环境厅、浙江省生态环境科学设计研究院、青浦区环境监测站、同济大学等单位组成标准编制组。标准编制组启动立项申报，联合开展了测试及调研工作，确定标准限值和 control 要求，结合长三角示范区及上海市实际情况，形成《固定式内燃机大气污染物排放标准》讨论稿。

## 1.3 主要工作过程

标准编制组于 2020 年 7 月进行项目立项申报工作，在上海市环境监测中心承担的上海市“固定式内燃机大气污染物排放标准制定研究”项目基础上，对现有

使用内燃机的分布式能源系统开展了文献资料收集、实际调研及现场测试，对内燃机及分布式能源发展趋势、污染物排放水平以及排放控制技术进行了分析，对国内外相关法规标准和上海市相关政策要求开展了调研，并对标准实施的环境减排效果进行分析测算，形成了《标准》（讨论稿）。

具体工作过程包括：

（1）资料调研。对国内外分布式供能环保技术及法规政策、能源利用的排放标准体系、分布式能源建设及政策情况、分布式供能环保技术及法规政策、本市固定式内燃机排放状况、行业相关政策要求和环保要求等内容的资料调研。

（2）污染源调查与现场测试。对上海市华能电力、迪斯尼能源站、老港四期、上海市华电福新能源有限公司、吴江协鑫永祥分布式能源站等典型固定式内燃机建设、使用单位调研，在迪斯尼能源站、老港等固定式内燃机使用单位开展现场测试；了解供能系统生产工艺、污染防治技术、机组运行工况变化、年发电及供能状况、污染物排放水平、管理状况等。

（3）召开专家座谈会。与发改委等单位调研召开座谈会议，就标准的适用范围、排放标准及控制技术、应用现状及趋势、排放限值等进行讨论。

（4）形成《标准》（讨论稿）。综合分析上述资料，重点对标准适用范围、污染控制指标及排放限值、排气筒高度、监测分析方法、运行管理要求等标准主要技术内容进行充分论证后确定，形成了标准文本（征求意见稿）及其编制说明。

## 2 标准修订的必要性、原则及思路

### 2.1 必要性

上海市、江苏省、浙江省、安徽省（以下简称“一市三省”）生态环境厅（局）在长三角区域污染防治协作小组会议上共同签署了《协同推进长三角区域生态环境行政处罚裁量基准一体化工作备忘录》。标准制定是为进一步落实《长三角区域环境标准协调统一工作备忘录》精神，助力区域协同污染防治，提升污染治理技术，聚焦改善区域环境质量。随着《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》顶层设计的确定，长三角三省一市一体化建设进入全面提速阶段，推动长三角区域形成统一规范、公平公正的生态环境执法监督体系显得十分必要。

分布式能源是利用小型设备向用户提供能源供应的新型能源利用方式。与传

统的集中式能源相比，分布式能源接近负荷，不需要建设大电网进行远距离高压或超高压输送，可大大减少线损，节省输配电建设投资和运行费用；由于兼备发电、供热等多种能源服务功能，分布式能源可以有效的实现能源的梯级利用，达到更高的能源综合利用率。根据国家及本市相关部门《关于发展天然气分布式能源指导意见》（发改能源[2011]2196号）、《天然气分布式能源示范项目实施细则》（发改能源[2014]2382号）、《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》、《电力发展“十三五”规划（2016-2020）》、《大气污染防治行动计划》、《上海市天然气分布式供能系统和燃气空调发展专项扶持办法》等系列文件，天然气分布式能源是我国能源结构战略转型的重要组成部分，是鼓励及扶持采用的能源利用形式，也是京津冀、长三角等大气污染重点防控区的应对措施。

我国对于燃气热电联产、冷热电三联供分布式能源供应系统的应用起步较晚，但近年来也得到了广泛的关注与重视。全国特别是长三角范围内，2015年以来，天然气分布式能源得到了快速发展，是我国天然气分布式能源发展较早、配套政策较为完善的城市之一，数量及装机容量均居全国前列。自2013年起上海市发改委对上海市天然气分布式供能系统持续专项扶持，上海市分布式供能系统已建和在建数量居全国前列。已有的天然气分布式能源进行统计，绝大多数采用内燃机作为分布式能源系统中的动力发电设备（其他设备有燃气轮机等）。据调查，示范区内青浦、吴江等区域均有固定式内燃机分布，如国家会展中心、西虹桥能源站、吴江东太湖等，初步测试结果表明，其氮氧化物排放水平较高。

分布式能源的环保标准体系中，燃气轮机执行国家《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011），但内燃机的标准尚不明确，在实际工作中存在两种意见：一是根据国家环境保护总局《关于内燃式瓦斯发电项目环境影响评价标准请示的复函》（环函[2006]359号）要求，使用“《车用点燃式发动机及装用点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法》（GB14762-2002）第二阶段和《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法（中国 III、IV、V 阶段）》（GB17691-2005）中的大气污染物排放控制要求，进行环境影响评价”，但该标准目前已废止，此外该标准是出厂标准，在固定污染源的日常监督管理中适用性不高；二是使用《大气污染物综合排放标准》，但按照本市目前NO<sub>x</sub> 限值要求（200mg/m<sup>3</sup>，0.47kg/h），现有固定式内燃机难以达标。此外，针

对固定式内燃机，北京颁布了《固定式内燃机大气污染物排放标准》（DB11/1056-2013），NO<sub>x</sub> 标准限值为 75mg/m<sup>3</sup>，上海市住建委于 2016 年批准了《上海市工程建设规范-分布式功能系统工程技术规程》（DG/TJ08-115-2016），NO<sub>x</sub> 标准限值为 500mg/m<sup>3</sup>。上述情况给固定式内燃机的环保管理工作带来一定困难，在排污许可证申领等工作中相关机组“无标可依”（车用标准废止）、“有标难依”（综排标准无法达到）。

在长三角示范区内制订及实施固定式内燃机大气污染物排放标准，可为示范区内分布式能源的绿色发展和固定式内燃机的环保监管提供支撑，为氮氧化物减排、臭氧控制以及区域环境大气环境质量改善提供政策工具，具有显著的生态效益。

## 2.2 原则

固定式内燃机大气污染物排放标准的制订遵循以下原则：

### （1）服务于长三角地区空气质量改善工作

长三角地区臭氧污染日益突出，本标准旨在控制氮氧化物的排放，以改善区域的环境空气质量。

### （4）促进行业绿色发展

分布式供能是能源行业绿色发展的重要措施，本标准试图进一步规范污染物排放，促进行业绿色健康发展。

### （2）技术可行性原则

以现有排放水平为基础，以先进技术为依托，分析内燃机排放控制技术的可行性，促进固定式内燃机大气污染物控制技术进步。

### （3）经济合理性原则

标准的制定依据工艺成熟、成本合理的可行技术，同时逐步推进改善内燃机运行效率或者采用先进的污染控制技术，以具备可操作性。

## 2.3 思路

### （1）设定大气污染物排放限值

对固定式内燃机的颗粒物、氮氧化物、二氧化硫、氨、烟气黑度设定排放限值，以实现改善环境空气质量的的目的。



## (2) 明确大气污染物的监测要求

确定内燃机大气污染物监测分析方法、大气污染物基准含氧量排放浓度折算方法。

## (3) 加强与排放许可证制度的衔接。

# 3 内燃机及分布式能源系统发展现状及趋势分析

## 3.1 分布式供能定义及主要实现方式

### 3.1.1 分布式能源的定义

分布式能源系统，又可称冷热电三联供系统（Combined cooling heating and power, CCHP），是一种建立在能源梯级利用概念基础上，将发电、供热及制冷集成的多联供系统，目的是为了提高能源的利用效率。分布式能源系统多以天然气为主要燃料利用燃气轮机或内燃机等原动机发电，以小规模、分散的方式布置在用户附近。

#### 3.2.1.1 世界分布式能源联盟定义

分布式能源是分布在用户端的独立各种产品和技术，包括：高效的热电联产系统，功率在 3KW-400MW 的燃气轮机、蒸汽轮机、内燃机、燃料电池、微型燃气轮机等；分布式可再生能源，包括光伏发电系统，小水电、生物能发电以及风力发电。

#### 3.2.1.2 国家发改委定义

分布式能源是利用小型设备向用户提供能源供应的新型能源利用方式。与传统的集中式能源相比，分布式能源接近负荷，不需要建设大电网进行远距离高压或超高压输送，可大大减少线损，节省输配电建设投资和运行费用；由于兼备发电、供热等多种能源服务功能，分布式能源可以有效的实现能源的梯级利用，达到更高的能源综合利用率

#### 3.2.1.3 中国行业标准定义

天然气分布式能源，是指利用天然气为燃料，通过冷热电三联供能方式实现能源的梯级利用，综合能源利用效率达到 70% 以上，并在负荷中心就近实现能源供应及现代能源供应方式，是天然气高效利用的重要方式。

### 3.1.2 分布式能源的主要实现方式

分布式供能的动力系统可为内燃机、燃气轮机、微燃机以及燃料电池等，各类燃气发电设备的比较见下表。

表 1 燃气发电设备比较

	燃气内燃机	燃气轮机	微燃机	燃料电池
容量 (Kw)	20-5000	1000-500000	30-250	10-2000
燃料供应压力	低、中压	中、高压	中、高压	低、中压
供热效率 (%)	40-50	30-40	40-50	40-50
综合效率 (%)	75-90	70-85	50-70	60-80
NOx 含量 (ppm)	较大	小	小	更小
噪声	高 (中)	中	中	低

三联供系统按照各部分的供能划分，可分为动力系统、余热利用系统和辅助系统三部分。动力系统是核心，主要燃气动力发电设备有：燃气轮机、燃气内燃机、微型燃机、斯特林发动机和燃料电池。内燃机的工作原理是燃料与空气在气缸内混合压缩后点火发生爆燃，推动活塞带动连杆和曲轴驱动发电。

## 3.2 内燃机机组技术发展现状及趋势

### 3.2.1 内燃机分布式能源系统

内燃机 (Internal combustion engine) 是燃料在一个或多个气缸内燃烧，推动工作活塞作往复运动，将燃料的化学能转化为机械功而输出轴功率的机械装置。曲柄连杆机构、配气机构、燃料供给系、冷却系、润滑系、点火系以及起动系是内燃机的主要构成系统。在内燃机内，每一次将热能转变为机械能都必须经过吸入空气、压缩和输入燃料，使之点火燃烧而膨胀做功，然后将生成的废气排除这样一系列连续过程，工作方式与汽车发动机类似。

对于分布式能源系统而言，内燃机是首先在分布式能源系统中应用的燃用化石燃料的动力装置，其燃料类型包括轻柴油、天然气、生物沼气、污泥沼气、垃圾填埋气、煤层气等，其主要优点包括：功率范围广、适应性能好；能源转换效率高；重量轻、体积小；操作方便、维护简单、大修周期间隔长等。

在标准方面，现有冷热电三联供、分布式供能系统中的内燃机大气污染物排放管理，以及使用内燃机的分布式能源供应系统建设项目都缺乏有效的执行标准。

上海市建交委于 2008 年批准了《上海市工程建设规范-分布式供能系统工程技术规程》(DG/TJ08-115-2008), NO<sub>x</sub> 标准限值为 500mg/m<sup>3</sup>。2016 年上海市住建委批准了《燃气分布式供能系统工程技术规程》(DG/TJ08-115-2016), NO<sub>x</sub> 排放限值为 500mg/m<sup>3</sup>(0.5MW 及以下, 5% @O<sub>2</sub>); 250mg/m<sup>3</sup>(0.5MW 以上, 5% @O<sub>2</sub>), 在立项审批、排放控制和运行监管等方面均无法开展有效的环境管理。因此, 长三角地区迫切需要制定内燃机大气污染物排放标准, 严格控制其大气污染物排放。

从环境保护角度考虑, 内燃机的主要缺点是大气污染物排放尤其是 NO<sub>x</sub> 排放高, 根据资料调研, 目前国际最先进的内燃机 NO<sub>x</sub> 排放最低水平为 250~500mg/m<sup>3</sup>, 国产最先进内燃机 NO<sub>x</sub> 排放最低水平为 600~800mg/m<sup>3</sup>, 远超过燃气轮机、燃气锅炉等固定燃烧源的 NO<sub>x</sub> 排放水平。

现有内燃机排放水平与其他固定源燃烧设备排放水平比较详见表 1。现有采用低排放燃烧控制的 NO<sub>x</sub> 排放水平为 500mg/m<sup>3</sup> 的内燃机, 其排放因子为 8.5g/m<sup>3</sup>, 约为现有燃气锅炉 NO<sub>x</sub> 排放水平的 4 倍之多。只有当内燃机采用低排放燃烧控制和 SCR 末端治理, 才能够使得内燃机 NO<sub>x</sub> 排放水平与其他固定源燃烧设备的现有排放水平相当。

**表 2 内燃机排放水平与燃气锅炉比较**

终端设备	控制技术	NO <sub>x</sub> 排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )	排放因子 (g/m <sup>3</sup> -天然气)
燃气锅炉	未受控	~150	1.87
	低氮燃烧	<80	0.87
内燃机	低排放燃烧控制	500	8.5
		250	4.3
	低排放燃烧控制+SCR	80	1.3

### 3.2.2 国内外内燃机产品

目前, 内燃机制造技术成熟, 产品系列比较丰富。处于世界领先水平的内燃机产品主要包括通用 GE、卡特彼勒、德国曼海姆 (MWM)、康明斯、三菱重工、芬兰瓦锡兰等, 其中曼海姆于 2011 年成为卡特彼勒的全资子公司。这些内燃机厂家的产品功率范围为 0.25~60MW, 厂商可以根据客户提供不同 NO<sub>x</sub> 排放水平的产品, 目前主要包括 250mg/m<sup>3</sup> 和 500mg/m<sup>3</sup> 两种。表 2 主要列举了 GE、卡特以及瓦锡兰内燃机产品及相关参数。

**表3 GE、卡特、瓦锡兰内燃机产品系列及排放等参数一览表**

产商	内燃机产品型号	功率 (kW)	NO <sub>x</sub> 排放浓度 (mg/m <sup>3</sup> )
GE	J316	835	500
		802	250
	J320	1063	500
		1063	250
	J420	1413	500
		1487	250
	J620	3352	500
		3200	250
J624	4401	500	
	4401	250	
卡特 (MWM)	TCG2016V16	1356	<500
	TCG2020V20	2000	<500
	TCG2020V12	1235	500
	TCG2016V12C	620	500
瓦锡兰 Wartsila	W16V34SG	7744	250-500
	W20V34SG	9730	250-500
	W18V50SG	18321	250-500

国内也有一些内燃机生产厂家，例如胜利油田胜利动力机械集团有限公司、山东潍柴、一汽锡柴、上海上柴等。但国内内燃机产品与国外先进水平的内燃机产品相比仍存在一些差距，具体表现为发电功率低、发电效率低、润滑油消耗率较大、大修周期较短、污染物排放量高等，其制造水平仍有待进一步提高。

根据厂家提供数据，目前国产先进设备在额定功率附近运行时 NO<sub>x</sub> 排放最低值可实现 600~800mg/m<sup>3</sup>，部分国产机组排放最低值超过 1000mg/m<sup>3</sup>。胜利油田胜利动力机械集团有限公司对其 700kW 机组进行了实测（目前 700kW 机组在燃烧及控制技术在国内外处于领先水平），实测结果为：在机组发电功率 600-700kW 时，其 NO<sub>x</sub> 排放较好，为 600~800mg/m<sup>3</sup>（@7%O<sub>2</sub>），折算为 5% 含氧量为 685~914mg/m<sup>3</sup>；功率较高和较低时实际排放在 1000mg/m<sup>3</sup>（@7%O<sub>2</sub>）以上，折算为 5% 含氧量为 1143mg/m<sup>3</sup>。

### 3.3 长三角示范区及上海市固定式内燃机机组现状

长三角示范区及上海市区域内，固定式内燃机在上海市及吴江区均有分布，

其中上海市固定式内燃机在数量及装机容量均占优，故本编制说明内容中现状以上海市为主。

### 3.3.1 机组规模

自 2013 年起市发改委对上海市天然气分布式供能系统持续专项扶持，从全国范围内看，上海市分布式供能系统已建和在建数量居全国前列。上海市分布式供能项目动力部分以内燃机为主，自 2013 年起，上海市批复内燃机项目数量为 22 个，如表 4 所示，总量为 70 台机组（约 180MW），单机容量大于 1MW 的占总量 90%，虹桥区域分布较多。以 2018 年为例，虹桥区域的青浦徐泾自动站 NO<sub>2</sub> 数据（50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）年均值居国控点之首，高于全市平均值（42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。

除上海老港再生能源有限公司使用沼气外，上海市其他内燃机均使用天然气作为燃料。上海老港再生能源有限公司总装机容量 15MW，自 2007 年起陆续投运。

表 4 上海市批复固定式内燃机项目

项目名称	批复时间	装机容量
上海世博B片区央企总部能源中心项目	2013/1/31	2×3.349
上海国际旅游度假区核心区天然气分布式能源站项目	2013/2/1	8×4.035
诺华（中国）生物医学研究有限公司张江研发中心分	2013/9/17	3×1.4
华能上海大厦分布式能源项目	2014/6/26	2×0.4
中国博览会会展综合体（北块）天然气分布式能源站	2014/6/29	6×4
上海新虹桥国际医学中心分布式能源站	2014/10/15	2×2
上海世博A片区能源中心项目	2014/11/7	4×1.5
上海浦东前滩天然气分布式能源项目	2014/3/8	2×3.45
上海中心大厦分布式能源项目	2014/4/10	2×1.165
上海竹惠分布式供能项目	2015/8/11	1×0.52
上海老港工业区分布式能源项目	2015/9/7	5×2
吴中路万象城分布式能源项目	2015/1/8	2×1.2
上海航天设备制造总厂分布式能源系统项目	2015/6/18	1×1.084
上海西岸传媒港能源中心项目	2016/10/11	2×1.5
大唐上海国际医学园区分布式能源项目	2016/12/23	4×2
西虹桥1#能源站项目	2016/1/15	5×1.5
腾讯上海云数据中心三联供能源站项目	2016/1/18	4×2.5
上海环川嘉定分布式能源项目	2017/12/29	4×4.3
西虹桥2#能源站	2017/5/15	4×1.5
尼普洛（上海）有限公司1.5MW天然气分布式供能	2018/9/4	1×1.56
日月光半导体（上海）有限公司天然气分布式供能系	2018/1/8	4×1.54
上海虹桥商务区核心区3号能源中心项目	2018/6/7	4×4.5

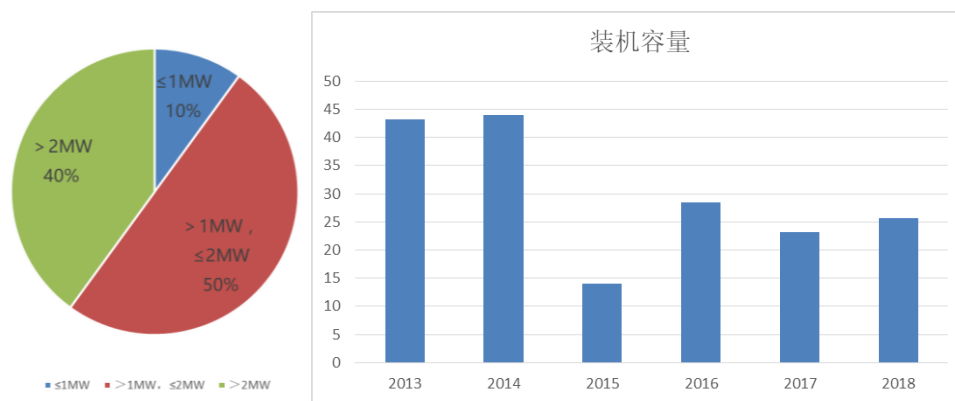


图 1 上海市固定式内燃机数量及装机容量

### 3.3.2 大气污染物排放状况

通过对上海市共 32 台次机组进行测试，涵盖了主要的机组类型与燃料种类（天然气与沼气），其中固定式内燃机  $\text{NO}_x$  排放浓度均值为  $479\text{mg}/\text{m}^3$  ( $277\text{mg}/\text{m}^3$ - $1118\text{mg}/\text{m}^3$ )， $\text{SO}_2$  排放浓度均值为  $297\text{mg}/\text{m}^3$  ( $212\text{mg}/\text{m}^3$ - $608\text{mg}/\text{m}^3$ )。本次测试机组检出较高浓度的  $\text{SO}_2$ ，与其燃料来源有关。上海市固定式内燃机  $\text{NO}_x$  年排放量约为 600t（以年运行 5000h 计），约为本市锅炉  $\text{NO}_x$  排放量的 1/8，但内燃机的数量（70 台）仅为锅炉数量（5000 台）的 1/70。内燃机的 NMHC 浓度均值为  $14.7\text{mg}/\text{m}^3$  ( $2.6\text{mg}/\text{m}^3$ - $53.8\text{mg}/\text{m}^3$ )，年排放量约为 23.2t，但  $\text{CH}_4$  排放浓度较高，与之相应，CO 排放也处在较高水平。

表 5 内燃机大气污染物排放浓度（单位： $\text{mg}/\text{m}^3$ ）

	PM	$\text{NO}_x$	$\text{SO}_2$	CO	NMHC	$\text{CH}_4$	TC
平均值	5.4	479.3	297.1	750.7	14.7	491.4	501.0
中位值	4.7	348.1	235.5	613.7	2.6	444.0	447.0
最大值	13.4	1117.6	608.0	1418.2	53.8	820.0	858.0
最小值	1.7	277.0	212.5	547.2	0.5	306.0	303.0

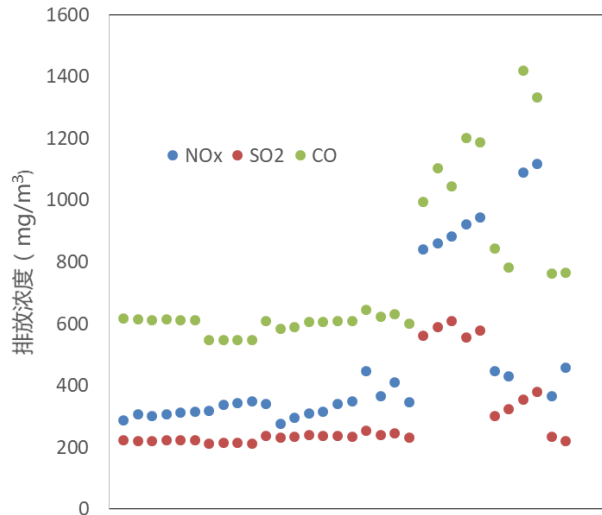


图 2 内燃机大气污染物排放状况分布

从气态污染物的排放分布来看，其排放水平与燃料种类相关程度较高。从图 2 可知，在相同品牌下，使用沼气（老港四期）的内燃机 NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 及 CO 排放水平显著高于天然气。

## 4 国内外相关标准及其氮氧化物控制技术

### 4.1 国内外相关标准调研

#### 4.1.1 美国美国 EPA 标准

美国环保署于 2008 年发布了 SI NSPS 新污染源排放标准，对于新、改建的固定式燃气内燃机制定了大气污染物排放限值标准，气体燃料类型分为天然气和其他燃料气体两类。标准规定，从 2011 年 1 月 1 日起，燃料类型为天然气的、额定功率不小于 100 马力的内燃机，NO<sub>x</sub> 及 CO 排放限值分别执行 82ppm 及 270ppm（折合到 5% 含氧量，其排放浓度限值分别为 449mg/m<sup>3</sup> 和 900mg/m<sup>3</sup>）；燃料类型为其他气体燃料的，NO<sub>x</sub> 及 CO 排放限值分别执行 150ppm 及 610ppm（折合到 5% 含氧量，其排放浓度限值分别为 821mg/m<sup>3</sup> 和 2033mg/m<sup>3</sup>）。具体排放限值详见表 6。

表 6 美国环保局固定式火花点火燃气内燃机排放限值（单位：ppm, @ 15% O<sub>2</sub>）

燃料类型	额定功率	NO <sub>x</sub>	CO	VOC	执行日期
天然气	100≤HP<500	160	540	86	2008 年 7 月 1 日

	(73.5kW~367.5kW)	82	270	60	2011年1月1日
	HP≥500 (≥367.5kW)	160	540	86	2007年7月1日
		82	270	60	2010年7月1日
其他燃气	——	220	610	80	2008年7月1日
		150	610	80	2011年1月1日

#### 4.1.2 欧盟

##### 4.1.2.1 欧盟 CLRTAP 空气污染公约（CLRTAP 欧盟“哥德堡协议”）

1999年欧盟执行机构签署了修改后的哥德堡协议，其中固定式内燃机排放限值规定于2005年5月17日开始生效，具体限值要求详见表7。

表7 欧盟固定式内燃机 NO<sub>x</sub> 排放的建议值\*(单位: mg/m<sup>3</sup>, @ 5% O<sub>2</sub>)

内燃机类型	燃料类型/操作方式	NO <sub>x</sub>
火花点火（燃气内燃机） 额定功率>1MW	限值 1	500
	限值 2**	250
压缩点火（柴油/双燃料） 额定功率>5MW	天然气（喷射点火）	500
	重油	600
	柴油或汽油	500

注：\*年运行时间小于 500 小时的不在此限值范围内。  
\*\*对于选择性催化还原（SCR）技术目前因为技术和维护等原因不能利用，如在偏远岛屿，或者没有足够的高质量燃料可用的地方，在开始生效后有一个 10 年的过渡期。

##### 4.1.2.2 德国

德国大气质量控制技术指导 TA-LUFT（2002 年）对各类固定式内燃机的大气污染排放限值进行了规定，污染物包括 NO<sub>x</sub>、CO、SO<sub>2</sub>、尘以及甲醛，详见表 8。

表 8 德国 TA-LUFT 固定式内燃机大气污染物排放限值(单位: mg/m<sup>3</sup>, @5%O<sub>2</sub>)

燃料类型	内燃机类型	额定输入功率 (MW)	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	尘	甲醛
天然气	喷射点火/稀薄燃烧内燃机	——	500	300	10	80	60
煤层气	——	——	500	650	350		
沼气	——	<3	1000	2000			



	喷射点火	$\geq 3$	500	650		
	火花点火	$< 3$	500	1000		
		$\geq 3$			650	
填埋气	——	——	500	650	20	
燃油	压燃式	$< 3$	1000	300		
		$\geq 3$	500			
注：（1）NO <sub>x</sub> 及 CO 排放限值不适用于应急备用或年运行时间小于 300 小时的内燃机；						
（2）二冲程内燃机的 NO <sub>x</sub> 限值为 800mg/m <sup>3</sup>						

#### 4.1.2.3 意大利

意大利对于内燃机的排放限值规定详见表 9。

**表 9 意大利固定式内燃机大气污染物排放限值**（单位：mg/m<sup>3</sup>，@5%O<sub>2</sub>）

污染物	NO <sub>x</sub>	CO	HC*	SO <sub>2</sub>	烟尘
排放限值	500	650	600	500	130

注：\*丁烷-庚烷

#### 4.1.2.4 芬兰

芬兰从 2003 年 10 月开始管理小型燃烧设施，要求这些设施的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 以及颗粒物排放实现使用最佳可行技术所能实现的排放值。对于小于 50MW 的新建固定式内燃机，其排放限值如表 10。其中，新建项目燃气内燃机的 NO<sub>x</sub> 排放限值为 400mg/m<sup>3</sup>（@5% O<sub>2</sub>）。

**表10 芬兰新建内燃机排放限值**（单位：mg/m<sup>3</sup>，@ 15% O<sub>2</sub>）

内燃机类型	NO <sub>x</sub>		SO <sub>2</sub>	颗粒物
	主要方法	次要方法		
柴油	$< 1400^*$	$< 650^{**}$	$< 500$	$< 50$
燃气	$< 150$			
双燃料	$< 150$			

注：\*主要方法：内燃机内部措施（一般情况）；  
\*\*次要方法：内燃机外部措施（特殊情况，如城市地区）。

#### 4.1.2.5 瑞士

瑞士清洁空气指令对额定功率大于 100kW 的固定式内燃机大气污染物排放限值进行了规定，该规定与 2005 年 12 月 7 日生效，详见表 11。

**表 11 瑞士 P>100kW 固定式内燃机大气污染物排放限值**（单位：mg/m<sup>3</sup>，@5%O<sub>2</sub>）

燃料类型	NO <sub>x</sub>	CO	烟尘
气体*	250	650	50
其他	400	650	50

注：\*天然气、沼气、净化气、填埋气

### 4.1.3 日本

日本国家环保署《大气污染防治法》中对固定式内燃机的 PM 及 NO<sub>x</sub> 排放限值规定详见表 12。

表12 日本固定式内燃机PM及NO<sub>x</sub>排放限值（单位：mg/m<sup>3</sup>，@5%O<sub>2</sub>）

内燃机类型		PM	NO <sub>x</sub>
内燃机		38	940
燃油内 燃机	缸径<400mm	200	3900
	缸径≥400mm	200	4900

日本各自治区则分别制定了严于日本国家关于固定式内燃机 NO<sub>x</sub> 的排放限值，其中东京、大阪、横滨、神奈川县、爱知县等地区所执行的固定式内燃机排放限值约为国家排放限值的 1/2 或 1/3，详见表 13。

表13 日本各自治区固定式内燃机NO<sub>x</sub>排放限值规定（ppm）

自治区	燃料燃烧能力 (l/h)	一类区	二类区	执行时间	
东京都	<50	300	500	2001年4月1日	
	≥50	200	500		
神奈川县	<200	200	300	1998年4月1日	
	≥200	200	200		
横滨市	<10	300		2003年4月1日	
	10~35	300			
	≥35	<2000m <sup>3</sup> (N) /h	150		
		≥2000m <sup>3</sup> (N) /h	31		
埼玉县	/	200		2004年9月1日	
千叶县	/	200	300	1996年4月1日	
大阪府	<150	150	200	1989年2月1日	
	≥150	100	150		
大阪市	<150	150			
	150~650	100			

	≥650	50	
爱知县	/	200	
名古屋市	<120	300	
	≥120	200	

#### 4.1.4 国际金融公司 (IFC)

国际金融公司 (IFC) 是世界银行集团的成员组织, 是发展中国家规模最大、专门针对私营部门的全球性发展机构, 其制定的行业排放限值代表了国际行业惯例 (GIIP)。解决气候变化问题、确保环境和社会的可持续性国际金融公司的战略重点之一, 为了保护环境 and 人体健康制定了《环境健康和安 全》(EHS) 指导方针, 要求主要投资银行遵循其制定的指导方针和性能标准, 以期通过此种途径降低投资项目中的财务风险。

《环境健康和安 全》关于固定式内燃机的排放限值规定详见表 14。

**表14 国际金融公司EHS (2007年)3~50MW固定式内燃机排放限值 (15 % O<sub>2</sub>)**

燃料类型	PM	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	
			缸径<400mm	缸径≥400mm
液体	50~100	1.5~3%	缸径<400mm	1460~1600 <sup>c</sup>
			缸径≥400mm	1850
气体	—	—	火花点火或其他方式点火的内燃机 (SG)	200
			双燃料内燃机 (低压气体 DF)	400
			柴油机 (含双燃料高压燃气柴油机) (GD)	1600

## 4.2 国内内燃气大气污染物排放标准

目前, 上海市燃气轮机组排放无地方标准。上海地区在其《分布式供能系统工程技术规程》(DGTJ08-115-2008) 中提出了分布式供能系统的大气污染防治要求, 具体为: 分布式供能系统的烟气排放应符合国家或地方大气污染物排放标准的相关规定; 机组选型时宜有降低 NO<sub>x</sub> 排放的措施。对于采用内燃机的机组, NO<sub>x</sub> 排放浓度应小于 500mg/m<sup>3</sup> (过量空气系数 α=1), 折合到 5% 含氧量时, 其浓度限值为 380 mg/m<sup>3</sup>, 2016 年上海市住建委批准了《燃气分布式供能系统工程技术规程》(DG/TJ08-115-2016), NO<sub>x</sub> 排放限值为 500mg/m<sup>3</sup> (0.5MW 及以下, 5% @O<sub>2</sub>); 250mg/m<sup>3</sup> (0.5MW 以上, 5% @O<sub>2</sub>)。北京市制订发布了《固定往复活塞式内燃机大气污染物排放标准》(DB11/1056-2013), NO<sub>x</sub> 标准限值为 75mg/m<sup>3</sup>。

## 4.2 污染防治技术调研分析

内燃机排放的污染物主要有氮氧化物、二氧化硫及颗粒物等。其中氮氧化物是高温条件下的生成物，二氧化硫则主要与燃料的总硫含量有关，颗粒物则与燃料（如柴油等液态燃料）种类和设备控制水平有关。一般情况下，使用管网天然气的内燃机二氧化硫及颗粒物排放水平极低，此外，二氧化硫的排放与设备本身无关，颗粒物一般采用 DPF 技术，故对内燃机的关注主要集中在氮氧化物。

### 4.2.1 NO<sub>x</sub> 防治技术

影响 NO<sub>x</sub> 生成的主要因素有三个：气缸内气体的温度、氧的浓度和燃烧反应时间。目前，常用的控制和减少氮氧化物排放量的途径大致可归纳为两类，一是燃烧控制，以改进内燃机燃烧过程为核心的机内净化技术，即以稀薄燃烧技术为代表的低排放燃烧技术；二是末端治理，即在排气系统中采用化学或物理的方法对 NO<sub>x</sub> 进行净化的排放后处理技术，包括选择性催化还原（SCR）脱硝技术及非选择性还原技术（NSCR）等。目前末端治理技术普遍采用 SCR 脱硝技术，SNCR 对于富燃火花点火内燃机的 NO<sub>x</sub> 排放控制效率可以达到 95%，但一方面该项技术通常是针对特定功能设计的内燃机为了实现某个特定排放限值而设计的，不具有普遍性；另一方面这种控制技术不易操作，若进行持续操作需要安装自动空燃比控制器，并通过良好的检查和检测程序进行实施。

#### 4.2.1.1 低排放燃烧控制技术

内燃机燃烧温度是控制 NO<sub>x</sub> 产生率最重要的参数，燃烧温度越高，尾气中的 NO<sub>x</sub> 含量越高。低排放燃烧控制技术的基本原理是通过增大进入内燃机燃烧的混合气中的空气比例（即增加空燃比）来降低燃烧温度，即同样的热量在燃料燃烧过程中释放出来，被更大量的燃烧废气吸收，使得燃烧温度最大值降低。这种用于内燃机降低排放的基本方法与燃气轮机干式低氮氧化物（low-NO<sub>x</sub>）燃烧器类似。

作为措施，低排放燃烧控制技术一般采用点火正时延迟来实现，且在实现过程中主要应做到以下几点：一是精确控制各种工况时的空燃比；二是采用速燃燃烧系统和高能点火系统；三是必须保持较高的燃烧室壁温。由于该技术发展成熟、操作可行且有效，因此被各先进内燃机产品广泛使用。

虽然增大空燃比能够使得 NO<sub>x</sub> 排放水平降低，但其弊端是设备燃烧效率会

相应降低，影响经济性，且 CO 及 HC 等其他污染物排放量会增大。因此，参考现有机组控制技术水平和设备运行的经济效益等，目前普遍采用低排放燃烧控制使得 NO<sub>x</sub> 排放水平维持在 250~500mg/m<sup>3</sup>。

#### 4.2.1.2 选择性催化还原技术（SCR）

选择性催化还原（SCR）技术是指在催化剂的作用下，用还原剂（如 NH<sub>3</sub> 或尿素）将烟气中的氮氧化物还原为无害的氮气和水的技术。之所以称作选择性，是因为还原剂氨优先与烟气中的氮氧化物反应而不是被烟气中的氧气氧化。SCR 脱硝系统需要催化剂和还原剂。脱硝系统采用高温催化剂，反应温度一般为 300℃~400℃，催化剂以 TiO<sub>2</sub> 为载体，主要活性成分为 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub>（MoO<sub>3</sub>）等金属氧化物。为保证脱硝效率，反应温度条件非常重要。该技术既能单独使用，也能与其他氮氧化物控制技术（如低排放燃烧控制技术）联合使用，具有脱除效率高、无副产物、装置结构简单、运行可靠、便于维护等优点。

相关数据表明，使用 SCR 系统的内燃机可削减 90% 的 NO<sub>x</sub> 排放。目前，国内外内燃机的末端治理技术一般采用 SCR 技术，例如，加州南海岸空气质量管理区，受环境压力及政策的影响，该地区内燃机必须安装 SCR 等末端技术，要求将 NO<sub>x</sub> 排放控制到 60mg/m<sup>3</sup>（@5%O<sub>2</sub>）的水平。

#### 4.2.2 SO<sub>2</sub> 防治技术

内燃机 SO<sub>2</sub> 排放主要取决于燃料含硫量，含硫量越高，SO<sub>2</sub> 排放量越大，因此对内燃机 SO<sub>2</sub> 排放控制一般采取进气燃料预处理的方法来降低燃料含硫量，实现 SO<sub>2</sub> 低排放或零排放。

天然气执行国家标准《天然气》GB17820 的要求，总硫含量较低，燃天然气内燃机几乎无 SO<sub>2</sub> 排放，进气燃料无需进一步处理。

对于生物沼气、污泥沼气以及垃圾填埋气等其他总硫含量较高的废气燃料，进入内燃机燃烧之前都会根据厂家要求对气体进行脱硫、脱水等预处理，以去除或降低燃料中所含的硫、水、尘、硅等杂质，以免对设备造成腐蚀。降低燃气中总硫含量的办法包括干法脱硫、湿法脱硫以及生物脱硫。

## 5 标准主要技术内容

## 5.1 标准内容框架

本标准包括适用范围、规范性引用文件、术语和定义、大气污染物排放控制要求、大气污染物监测要求、实施与监督共 6 章。

排放控制要求是本标准的重点，主要技术内容包括：

### 5.1.1 标准适用范围

本标准规定了固定式内燃机（以下简称“内燃机”）大气污染物排放控制要求、监测以及标准的实施与监督等内容。

本标准适用于长三角生态绿色一体化示范区及上海市范围内冷热电三联供、分布式供能系统中的内燃机大气污染物排放管理，以及使用内燃机的分布式能源供应系统建设项目的环评、环境保护设施设计、竣工环境保护验收、排污许可证核发及其投产后的大气污染物排放管理。长三角其他区域范围执行本标准，由各省级人民政府批准实施。

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，按照《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》等法律、法规、规章的相关规定执行。

### 5.1.2 标准控制分类和控制因子的确定

以将固定式内燃机纳入管控范围为出发点，结合污染物生成机理以及环境空气质量改善的需求，拟分“沼气”和“其他燃料”两种燃料类型确定控制因子。

沼气包括生物沼气、污泥沼气、垃圾填埋气等，由于沼气中可能有硫存在，故对其控制因子考虑二氧化硫、氮氧化物、氨及烟气黑度；除沼气外的使用其他气态、液态燃料的内燃机控制因子考虑氮氧化物、氨及烟气黑度。

考虑到 SCR 将是内燃机脱硝的主要方法，将逃逸氨浓度纳入控制指标，CO、NMHC 暂不纳入，一是考虑到与火电厂、锅炉标准控制因子一致性，二是这两项指标与内燃机能效关系较大，建议从能效的角度予以控制。本标准未纳入颗粒物指标，主要是从内燃机的工作原理及排放特性出发，根据标准征求意见稿技术审查会专家意见确定。

从调研情况看，目前长三角示范区及上海市区域内分布式供能系统并无使用液态燃料（柴油）的内燃机，但是从标准的覆盖性、全面性角度出发，未将其排出，归为“其他燃料”类别。

### 5.1.3 标准执行时间与限值

新建内燃机自本标准实施之日起执行本标准规定的大气污染物排放限值，在用内燃机按照项目环评文件及排污许可证要求执行相应标准，自 20XX 年 X 月 X 日起执行本标准规定的大气污染物排放限值。由于上海市固定式内燃机已有一定的存量，建议自实施之日起给予两年左右的过渡期。

表 15 内燃机大气污染物排放限值

单位：mg/m<sup>3</sup>

燃料类型	二氧化硫	氮氧化物(以 NO <sub>2</sub> 计)	氨 <sup>(2)</sup>	烟气黑度(林格曼黑度, 级)	监控位置
沼气 <sup>(1)</sup>	100	200	2.5	1	烟道或排气筒
其他燃料	-	80			

注(1): 沼气包括生物沼气、污泥沼气、垃圾填埋气等。(2) 适用于内燃机烟气脱硝使用含氨还原剂的情况。

## 5.2 标准限值的确定

### 5.2.1 氮氧化物

限值的确定主要依据内燃机排放初始实测浓度以及 SCR 的综合脱硝效率，并考虑 SCR 脱硝的负效应（如氨逃逸等）以及可操作性、适用性等。

对于使用沼气的内燃机，其初始排放浓度均值约为 800mg/m<sup>3</sup>，以 80% 的脱硝效率计，排放浓度约为 160mg/m<sup>3</sup>，拟定为 200mg/m<sup>3</sup>。

对于使用除沼气外其他内燃机，其初始排放浓度均值约为 330mg/m<sup>3</sup>，以 80% 的综合脱硝效率计，排放浓度约为 67mg/m<sup>3</sup>，拟定为 80mg/m<sup>3</sup>。对于使用柴油等液态燃料的内燃机，本标准基于从严控制的原则，与气态燃料内燃机（除沼气外）要求保持一致。

### 5.2.2 氨

氨的来源为还原剂的使用，参照 HJ562 的要求，拟定为 2.5mg/m<sup>3</sup>

### 5.2.3 二氧化硫

二氧化硫限值的确定参照上海市《大气污染物综合排放标准》（DB31/933-2015）中废气热氧化处理装置限值，拟定为 100mg/m<sup>3</sup>。

## 5.3 标准的其他管理规定

内燃机排气筒高度按批复的环境影响评价文件或排污许可证要求确定，不低于 8m。内燃机排气筒高度达不到本条款规定时，其颗粒物、氮氧化物最高允许排放浓度，应按排放限值的 50% 执行。国家和本市对排气筒高度有另行规定的，从其规定。

执行不同排放控制要求的内燃机，若采用混合方式排放烟气，且选择的监控位置只能监测混合烟气中的大气污染物浓度，应执行排放控制要求中最严格的规定。

排污单位应建立环境管理台账备查，台账包括燃料消耗量等能源使用情况、污染治理设施的运行状况、投运率以及在脱除污染物过程中主要试剂使用量等内容。

## 5.4 污染物监测要求

### 5.4.1 监测一般要求

内燃机使用企业应按照有关法律、《环境监测管理办法》以及 HJ819 等规定，建立企业监测制度，制定监测方案，对污染物排放状况开展自行监测，保存原始监测记录，并公布监测结果。

内燃机使用企业应按照环境监测管理规定和相关技术规范的要求，设计、建设、维护永久性采样口、采样测试平台。对内燃机排放废气的采样，应根据监测污染物的种类，在规定的污染物排放监测位置进行，有废气处理设施的，应在该设施后监测。

### 5.4.2 大气污染物监测

#### 5.4.2.1 采样与分析方法

内燃机大气污染物的采样方法执行 GB/T 16157、HJ 836 及 HJ/T 397 的规定。固定污染源监测质量保证和质量控制要求应按照 HJ/T 373 的规定执行。

内燃机大气污染物的分析方法见表 17。

表 16 内燃机大气污染物监测分析方法



序号	污染物项目	手工监测方法标准名称及编号	连续监测方法标准名称及编号
1	颗粒物	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法 GB/T 16157 固定污染源废气 低浓度颗粒物的测定 重量法 HJ836	固定污染源烟气 (SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、颗粒物) 排放连续监测技术规范 HJ 75
2	氮氧化物	固定污染源排气中氮氧化物的测定 紫外分光光度法 HJ/T 42 固定污染源排气中氮氧化物的测定 盐酸萘乙二胺分光光度法 HJ/T 43 固定污染源废气 氮氧化物的测定 非分散红外吸收法 HJ692 固定污染源废气 氮氧化物的测定 定电位电解法 HJ693 固定污染源废气 氮氧化物的测定 便携式紫外吸收法 HJ1132	
3	二氧化硫	固定污染源废气 二氧化硫的测定 碘量法 HJ/T 56 固定污染源废气 二氧化硫的测定 定电位电解法 HJ 57 固定污染源废气 二氧化硫的测定 非分散红外吸收法 HJ 629 固定污染源废气 二氧化硫的测定 便携式紫外吸收法 HJ1131	
4	氨	环境空气和废气 氨的测定 纳氏试剂分光光度法 HJ533	
5	烟气黑度	固定污染源排放 烟气黑度的测定 林格曼烟气黑度图法 HJ/T 398	

#### 5.4.2.2 大气污染物基准含氧量排放浓度折算

实测内燃机大气污染物排放浓度，应安装 5% 的基准氧含量进行折算。

#### 5.4.2.3 气态污染物浓度单位换算

如氮氧化物、氨的示值以体积浓度 ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ ) 表示时，应按照以下方式换算为质量浓度： $1\mu\text{mol}/\text{mol}$  体积浓度的二氧化硫相当于  $2.86\text{mg}/\text{m}^3$  质量浓度。 $1\mu\text{mol}/\text{mol}$  体积浓度的氮氧化物相当于  $2.05\text{mg}/\text{m}^3$  质量浓度。 $1\mu\text{mol}/\text{mol}$  体积浓度的氨相当于  $0.76\text{mg}/\text{m}^3$  质量浓度。

#### 5.4.3 烟气排放连续监测要求

额定热功率大于等于 2MW 的内燃机应按《污染源自动监控管理办法》的规定安装大气污染物连续监测系统，与环保部门联网，并保证设备正常运行。其他内燃机自动监控设备安装按环境保护行政主管部门有关规定执行。大气污染物连续监测系统安装、调试、验收、运行及管理按 HJ75、HJ76 要求以及国家和本市的有关规定执行。

#### 5.4.4 监测工况要求

对于竣工环境保护验收监测，应在内燃机设计出力条件下进行。

对于执法检查监测，应在内燃机实际运行工况条件下进行。

## 6 本标准限值及国内外相关限值的比较

除加州南海岸及北京地标外，其他地区排放标准均为内燃机初始排放标准，即对内燃机的燃烧提出要求，并未要求末端设施。本标准、加州南海岸及北京地标限值为考虑末端处理设施（SCR）后的排放限值。从限值上看，本标准限值（80 mg/m<sup>3</sup>）略宽松于北京标准（75mg/m<sup>3</sup>），但在世界范围内仍属于最为严格之列。

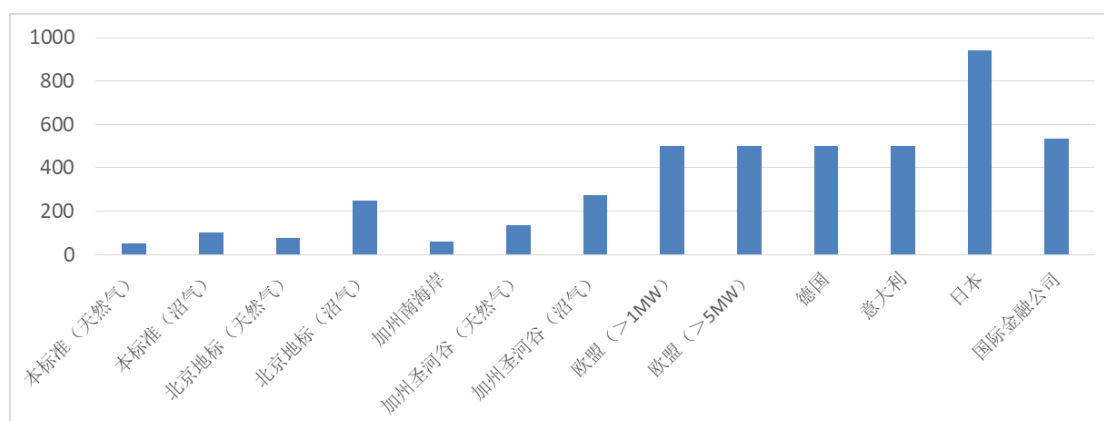


图 3 本标准与其他相关标准限值比较（氮氧化物）

## 7 标准实行的环境效益分析

基于实际浓度测算，上海市固定式内燃机 NO<sub>x</sub> 年排放量约为 600t（以年平均运行 5000h 计），根据综合脱硝效率，可减排 NO<sub>x</sub> 约 500t。

## 8.标准技术经济分析

## 8.1 达标技术

本标准颁布实施后，对于使用沼气的内燃机，需采用燃气脱硫及烟气 SCR 技术；对于使用其他气态燃料的内燃机，需采用烟气 SCR 技术，对于部分柴油机，需采用 DPF 及烟气 SCR 技术。北京相关地方标准在 2013 年颁布，已实施了 7 年，目前控制技术较为成熟，强制实施无风险。

## 8.2 技术经济分析

烟气 SCR 技术从设备成本看，约 1400（大机组）-1750 元（小机组）/kW 之间，上海市设备成本全市为 3 亿元左右。从运行成本看，约 1.2 分/kWh，主要为脱硝设备电费、催化剂折旧费及还原剂消耗费，安装了 SCR 后，运行成本约提高 14% 左右。对原机组有一定影响，但相较于生态环境效益，在可承受范围之内，具有一定的经济合理性。

## 9 贯彻实施标准的建议

为保证本标准的顺利实施，课题组提出建议如下：

### 9.1 夯实标准宣贯实施

本标准由县级以上人民政府生态环境主管部门负责监督实施。在任何情况下，排污单位均应遵守本标准的大气污染物排放控制要求，采取必要措施保证污染防治设施正常运行。各级环保部门在对设施进行执法检查时，可以以现场即时采样或监测的结果，作为判定排污行为是否符合排放标准以及实施相关环境保护管理措施的依据。

### 9.2 加强燃料源头控制

固定式内燃机的排放与燃料品质密切相关，尤其是使用清洁能源的燃气锅炉，建议能源行业在规划阶段应考虑环保影响。在 SO<sub>2</sub> 的控制上，应考虑对加强对天然气燃气品质的控制。

### 9.3 考虑配套补贴政策

污染物控制技术的设备及运行成本对机组有一定的经济影响，建议借鉴锅炉

低氮改造过程经验，配套相应的机组脱硝改造及运行补贴政策，促进标准顺利实施。

#### **9.4 制定达标技术指南**

研究制定“固定式内燃机大气污染物控制技术指南”，加强对企业的帮扶指导。

## 附件一标准征求意见情况

序号	意见内容	提出单位/人员	处理意见	备注
1	建议内燃机不控制颗粒物项目，排放很低，不需要采取措施	张国宁	采纳	删除颗粒物指标
2	建议 4.2.1 条，脱硝应符合 HJ562 要求修改为参照 HJ562 执行，HJ562 是对火电厂脱硝要求，两者不完全适用	张国宁	采纳	对文本进行修改
3	建议删除颗粒物的排放限值要求，因为进入内燃机的燃料及空气均需过滤，燃烧过程中不产生灰分	朱法华	采纳	删除颗粒物指标
4	氨逃逸的监控位置应 SCR 出口，而不应在烟道或排气筒	朱法华	部分采纳	一是排放标准指标关注最终排口而非中间过程，二是一般而言，如安装 SCR 脱硝设备，固定式内燃机的烟道或排气筒即为 SCR 出口
5	5.3.1 中的与环保部门联网，改为生态环境部门	朱法华	采纳	对文本进行修改
6	6.3 中的任意 1h 平均浓度，应核实其可行性	朱法华	采纳	任意 1h 浓度的前提条件是“按照监测规范”
7	机组启停时是否应豁免	朱法华	采纳	本标准中监测工况要求“对于执法检查监测，应在内燃机实际运行工况条件下进行”，机组启停不属于“运行工况”
8	由于这类设备通常是间歇运行，是否能考虑启、停阶段的要求	羌宁	采纳	本标准中监测工况要求“对于执法检查监测，应在内燃机实际运行工况条件下进行”，机组启停不属于“运行工况”
9	SO <sub>2</sub> 只存在沼气能源中，因此建议其他燃料是否需要监测 SO <sub>2</sub>	羌宁	采纳	其他燃料不作 SO <sub>2</sub> 要求
10	第 6 章中违法处理等内容不适合作为标准内容	顾君剑	不采纳	国家排放标准均有此规定
11	建议明确过渡期内在用内燃机大气污染物排放执行标准	刘红	采纳	在用内燃机按照项目环评批复及排污许可证要

				求执行相应标准
12	建议将“4.2.3 排污单位应建立环境管理台账备查，台账包括燃料消耗量等能源使用情况、污染物治理设施的运行状况、投运率以及在脱除污染物过程中主要试剂使用量等内容”中试剂使用量调整为采购、使用、库存量	刘红	采纳	对文本进行修改
13	建议在“编制说明”中完善国内外内燃机大气污染物排放标准比较章节，说明限值设定的合理性	刘红	采纳	进一步完善相关章节
14	建议对照 HJ565 《环境保护标准编制出版技术指南》校核标准文本规范性	刘红	采纳	根据 HJ565 要求修改文本
15	进一步完善固定式内燃机定义，编制说明中补充区域沼气为沼气的锅炉分布情况	顾震宇	采纳	借鉴《燃气分布式功能系统工程技术规程》（DG/TJ08-115-2016）以及《固定式内燃机大气污染物排放标准》（DB11/1056-2013），对内燃机定义进行修改，补充了区域沼气内燃机情况
16	大气污染物排放限值可以考虑增加 CO	顾震宇	不采纳	CO 建议从能效角度进行控制
17	因为 SO <sub>2</sub> 缺乏有效处理措施（当燃用柴油时），建议补充柴油含硫率调研情况	顾震宇	部分采纳	目前上海市及长三角示范区内无固定式柴油内燃机，在编制说明中补充相关信息