

出口商品技术指南
小型汽油机和柴油机

中华人民共和国商务部
2023年10月

摘 要

本指南适用于出口小型内燃机产品，包括：小型通用汽油机（功率 $\leq 19\text{kW}$ ）和小型柴油机（功率 $\leq 19\text{kW}$ ）。

本指南从近三年进出口统计、主要出口企业分布、主要出口市场分布、影响我国小型内燃机产品出口的因素、主要出口市场简介、产品国际竞争力分析等方面详细分析了小型通用汽油机和小型柴油机出口情况。

在保持与上一版指南连贯性和继承性的基础上，本版指南重点更新了小型内燃机在美国、欧盟的排放法规变化，对我国小型内燃机产品现行适用的排放标准与欧美标准进行了分析，便于出口企业更好掌握不同出口市场的不同要求。另外，本指南只聚焦了出口小型内燃机产品所适用的标准法规，未涵盖小型内燃机配套机械所需满足的额外标准法规。

本指南技术资料的来源日期截止到2023年3月。

目 录

1. 适用范围	1
1.1. 小汽油机.....	1
1.2. 小柴油机.....	1
2. 我国小汽油机和柴油机进出口数据及基本情况.....	2
2.1. 单缸通用汽油机出口情况概述.....	3
2.1.1. 单缸通用汽油机近3年进出口统计.....	3
2.1.2. 主要出口企业分布情况.....	4
2.1.3. 主要出口市场分布情况.....	5
2.1.4. 市场活跃度分析.....	7
2.1.5. 影响我国单缸通用汽油机出口的主要因素.....	8
2.1.6. 主要出口市场简介.....	10
2.1.7. 我国产品国际市场竞争力简析.....	11
2.2. 单缸柴油机出口情况概述.....	13
2.2.1. 单缸柴油机近3年进出口统计.....	14
2.2.2. 主要出口企业分布情况.....	14
2.2.3. 主要出口市场分布情况.....	16
2.2.4. 市场活跃度分析.....	18
2.2.5. 影响我国单缸柴油机出口的主要因素.....	19
2.2.6. 主要出口市场简介.....	21
2.2.7. 我国产品国际市场竞争力简析.....	22
3. 小汽油机美国市场的技术法规、标准和合格评定程序....	23
3.1. 法规、认证.....	24
3.1.1. 排放.....	24
3.1.2. 安全.....	24
3.1.3. 噪音.....	24
3.1.4. 有害物质.....	25
3.1.5. 其它.....	25
3.2. 标准体系.....	25
3.2.1. EPA标准介绍.....	25
3.2.2. CARB标准介绍.....	30
4. 小柴油机美国市场的技术法规、标准和合格评定程序....	35
4.1. 发展历程及背景.....	36
4.1.1. Tier 1.....	36
4.1.2. Tier 2.....	36
4.1.3. Tier 3.....	37
4.1.4. Tier 4.....	37
4.2. 发展趋势.....	38
4.3. 管理方式、机构和相关制度.....	38

4.3.1.	满足规定的排放标准.....	38
4.3.2.	满足系族排放标准.....	38
4.4.	测试技术.....	40
5.	小汽油机欧盟市场的技术法规、标准和合格评定程序....	42
5.1.	法规、认证.....	42
5.1.1.	排放.....	42
5.1.2.	安全.....	43
5.1.3.	噪音.....	43
5.1.4.	有害物质.....	43
5.1.5.	其它.....	43
5.2.	标准体系.....	43
5.2.1.	标准介绍.....	43
6.	小柴油机欧盟市场的技术法规、标准和合格评定程序....	48
6.1.	发展历程及背景.....	49
6.1.1.	Stage I.....	49
6.1.2.	Stage II.....	49
6.1.3.	Stage III.....	49
6.1.4.	Stage IV.....	49
6.1.5.	Stage V.....	50
6.2.	发展趋势.....	50
6.3.	管理方式、机构和相关制度.....	51
6.3.1.	法规制定过程.....	51
6.3.2.	产品管理制度.....	51
7.	小汽油机其它市场的技术法规、标准和合格评定程序....	54
7.1.	俄罗斯.....	54
7.1.1.	排放.....	54
7.1.2.	安全.....	54
7.1.3.	噪音.....	55
7.1.4.	有害物质.....	55
7.1.5.	其它.....	55
7.2.	土耳其.....	55
7.2.1.	排放.....	55
7.2.2.	安全.....	55
7.2.3.	噪音.....	55
7.2.4.	有害物质.....	55
7.2.5.	其它.....	55
7.3.	菲律宾.....	55
7.3.1.	排放.....	55
7.3.2.	安全.....	55
7.3.3.	噪音.....	56
7.3.4.	有害物质.....	56

7.3.5. 其它.....	56
7.4. 希腊.....	56
7.4.1. 排放.....	56
7.4.2. 安全.....	56
7.4.3. 噪音.....	56
7.4.4. 有害物质.....	56
7.4.5. 其它.....	56
7.5. 罗马尼亚.....	56
7.5.1. 排放.....	56
7.5.2. 安全.....	56
7.5.3. 噪音.....	56
7.5.4. 有害物质.....	56
7.5.5. 其它.....	57
7.6. 尼日利亚.....	57
7.6.1. 排放.....	57
7.6.2. 安全.....	57
7.6.3. 噪音.....	57
7.6.4. 有害物质.....	57
7.6.5. 其它.....	57
8. 小柴油机其它市场的技术法规、标准和合格评定程序.....	57
9. 我国小汽油机排放标准与欧美国家的差异分析.....	60
9.1. 标准内容对比.....	60
9.1.1. 发动机分类.....	60
9.1.2. 尾气排放限值.....	60
9.1.3. 测试循环.....	60
9.1.4. 排放耐久性要求.....	61
9.1.5. 测试燃油.....	61
9.1.6. 排放计算.....	61
9.1.7. 不同海拔高度的符合性要求.....	61
9.1.8. 蒸发排放要求.....	61
9.1.9. 实施时间.....	62
9.1.10. 温室气体排放物.....	62
9.1.11. 排放标签.....	62
9.2. 管理制度对比.....	62
9.2.1. 认证管理.....	63
9.2.2. 小批量发动机制造商.....	63
9.2.3. 小批量排放系族.....	64
9.2.5. 平均、储蓄和交易 (ABT).....	64
9.2.6. 生产线排放测试 (PLT).....	65
9.2.7. 排放确认测试 (Confirmatory Testing).....	66
9.2.8. 选择性抽样测试 (SEA).....	66
9.2.9. 在用测试 (In-use testing).....	67

9.2.10. 逐步导入 (Phase-in).....	67
9.2.11. 豁免条款.....	67
10. 总结与建议	67
10.1. 总结.....	67
10.2. 建议.....	68

中华人民共和国商务部
MINISTRY OF COMMERCE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA

1. 适用范围

本技术指南主要适用于小汽油机（19kW以下，非道路用）和小柴油机（19kW以下）。

1.1. 小汽油机

小汽油机驱动的非道路移动机械，按应用领域分，主要包括农业机械、工程机械、园林机械、发电机组等。其中农业机械包括微耕机、插秧机、水泵、喷雾喷粉机等，工程机械包括振动平板夯、抹平机、混凝土切割机等；园林机械包括割灌机、打草机、吹吸风机、油锯、手推割草机、骑乘式割草机等。

根据发动机工作原理，还可以分为二冲程和四冲程两大类。其中二冲程发动机主要应用于手持式用途，如油锯、割灌机等；四冲程发动机主要应用于非手持式用途，如发电机组、水泵、手推式割草机等。

国内的小汽油机生产企业主要分布在重庆、江苏、浙江、山东和广东地区，其中重庆主要以生产非手持式四冲程发动机为主，山东和广东主要以生产手持式二冲程发动机为主，江苏、浙江产品相对全面。

根据《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，为防治非道路移动机械用小型点燃式发动机排放对环境的污染，我国于2010年12月30日由环境保护部、国家质量监督检验检疫总局发布《非道路移动机械用小型点燃式发动机排气污染物排放限值与测量方法（中国第一、二阶段）》

（GB26133-2010）公告（2010年第104号），并于2011年3月1日实施，该标准为首次发布实施。该标准主要采用GB/T 8190.4（idt ISO 8178）《往复式内燃机 排放测量 第4部分：不同用途发动机的试验循环》的运转工况，修改采用欧盟（EU）指令97/68/EC及其修正案2002/88/EC《关于协调各成员国采取措施防治非道路移动机械用内燃机气体污染物和颗粒物排放的法律》以及美国法规40CFR Part 90《非道路点燃式发动机排放控制》的相关技术内容。与上述标准相比，主要差别在于：发动机标签的有关内容；基准燃料的种类和技术要求；实施时间和管理要求；增加了生产一致性保证要求。

1.2. 小柴油机

我国是小柴油机的生产和使用大国，按台数计算约占我国内燃机行业的10%

左右，量大面广，也是我国主要的机电出口产品之一。小柴油机品种主要分为S系列、非S系列、R系列。其中，S系列产品的功率范围为8-24kW，缸径在95-140mm，非S系列的产品功率范围1.5-10kW，缸径在60-85mm，两种类型均为卧式、水冷。R系列的功率范围为1.5-7kW，卧式、立式、斜式均有，风冷、水冷机型并存，直喷和涡流室兼有。小柴油机主要配套农用排灌机具、手扶拖拉机发电、排灌等用途。

2014年5月发布的《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国三、四阶段）》（GB 20891-2014）要求自2014年10月1日起，凡进行排气污染物排放型式核准的非道路移动机械用柴油机都必须符合三阶段要求，自2015年10月1日起，停止制造和销售第二阶段非道路移动机械用柴油机，所有制造和销售的非道路移动机械用柴油机，其排气污染物排放必须符合本标准第三阶段要求。自2016年4月1日起，停止制造、进口和销售装用第二阶段柴油机的非道路移动机械，所有制造、进口和销售的非道路移动机械应装用符合本标准第三阶段要求的柴油机。从2022年12月1日起，已实施第四阶段排放标准。

2. 我国小汽油机和柴油机进出口数据及基本情况

我国小型通用内燃机行业是世界同行业中的生产大国，同时也是进出口大国。2018-2022年我国单缸通用汽油机（HS编码84079090）进出口呈持续微增态势，5年进出口金额复合增长率为3.51%，进出口数量复合增长率为1.3%。2018-2022年我国单缸柴油机（HS编码84089091）进出口呈持续下降态势，5年进出口金额复合增长率-1.78%，进出口数量复合增长率-9.45%。

近10年我国单缸通用汽油机出口目的市场集中度比较稳定，对前10大目的市场出口额占单缸通用汽油机出口总额的72%左右，对前15大目的市场出口额占单缸通用汽油机出口总额的80%左右。

截至2022年，近10年我国单缸柴油机出口目的市场集中度呈现逐步下降态势，对前10大目的市场出口额占单缸柴油机出口总额的比例，自2013年的83%下降至2022年的63%左右，对前15大目的市场出口额占单缸柴油机出口总额的比例，自2013年的89%下降至2022年的74%左右，说明市场逐年分散。

单缸通用汽油机市场以欧美日等发达国家为主，用途主要是为小型工具配套动力，如割草机、吹雪机等。单缸柴油机市场以发展中国家为主，用途主要是为

生产工具配套，如旋耕机、水泵等。

2.1. 单缸通用汽油机出口情况概述

我国出口的小型通用汽油机基本上为单缸通用汽油机，海关税号：8407.9090，包括：转速<3600r/min汽油发动机、转速<4650r/min汽油发动机、叉车用汽油发动机（800r/min≤转速≤3400r/min）、其他转速<4650r/min汽油发动机、立式输出轴汽油发动机和其他往复或旋转式活塞内燃引擎，是内燃机行业出口的主要商品之一。

近5年出口增长相对稳定，截至2022年，出口额由2013年的7.73亿美元增长至11.9亿美元，出口数量由2013年的798.8万台增长至1192万台。

2018-2022年市场格局发生明显变化，美国一直是中国出口单一最大市场，近5年市场份额发生较大变化，以出口额计，市场占比由2018年的46.3%降至2022年的28.8%，以出口数量计，市场占比由2018年的38.2%降至2022年的19%。大部分发展中国家市场均有不同程度的增长，其中越南、尼日利亚、印度尼西亚、俄罗斯等国市场一直保稳定增长。鉴于贸易格局的变化，单缸通用汽油机市场集中度可能出现逐步降低的情况。

2.1.1. 单缸通用汽油机近3年进出口统计

我国单缸通用汽油机的进出口量、值保持相对稳定的增长，受汇率等因素影响，近3年出口额复合增长率高于出口数量符合增长率。动力电动化的转变，使单缸通用汽油机的出口收到一定影响，全球经济不振，导致需求不旺，出口承压较大。

单缸通用汽油机近3年进出口情况见表1：

表1 我国单缸通用汽油机进出口统计表

	2020年	2021年	2022年
出口量(万台)	1314.10	1544.47	1192.01
增长率(%)	-31.84	-14.92	29.57
出口额(万美元)	101170.29	132373.62	118598.48
增长率(%)	25.82	30.84	-10.41
进口量(万台)	87.86	61.96	51.18

增长率(%)	-35.27	-29.48	-17.39
进口额(万美元)	16696.88	17517.89	20544.69
增长率(%)	-18.78	4.92	17.28

2.1.2. 主要出口企业分布情况

我国单缸通用汽油机主要出口企业集中在重庆、江苏、浙江、辽宁、福建、广东、山东、上海、四川、广西等10个省市，按出口额统计，10个省市出口量、值合计均占单缸通用汽油机出口总额的98左右%，详见表2、表3。

表2 我国单缸通用汽油机主要出口企业分布情况表

出口额所占份额%

	2020年	2021年	2022年
重庆	62.9	62.5	64.7
江苏	11.5	11.3	11.6
浙江	9.5	8.8	9.7
辽宁	2.3	2.8	3.4
福建	2.4	2.9	3
广东	5.8	4.1	1.6
山东	0.9	1.1	1.5
上海	1.2	2	1.2
四川	1	2	0.8
广西	0.7	0.4	0.5

表3 我国单缸通用汽油机主要出口企业分布情况表

出口数量所占份额%

	2020年	2021年	2022年
重庆	50.5	53.2	55.5
浙江	16.5	15.5	18.3
江苏	8.7	9.4	11.1
福建	4.7	5.6	6.4

广东	13.5	9.3	3.4
山东	0.8	0.8	1.3
四川	1.2	1.7	0.8
上海	1.1	2.1	0.7
广西	1.3	0.7	0.6
辽宁	0.2	0.3	0.4

按出口数量计算，辽宁出口数量占比排名大幅落后于出口金额占比排名，说明辽宁的单缸通用汽油机出口单价较高。

2.1.3. 主要出口市场分布情况

我国单缸通用汽油机出口最大单一目的市场是美国，最高占比曾一度达到近50%，2018年后逐年下降，截至2013年前上半年，占比已不足25%。从大洲市场角度看，因为美国是最大单一市场，且占比很高，所以北美洲一直为最大洲域市场，其次为亚洲市场，详见表4、表5。

表4 我国单缸通用汽油机出口市场分布情况

出口额所占份额%

大洲区域	2020年	2021年	2022年
亚洲	30	35.4	28.7
东盟	20.6	27.2	19.7
中东	2.8	2.1	2.4
非洲	6.4	6.8	7.9
欧洲	15.3	22.9	24.7
欧盟	12.5	19.1	20.4
欧盟十五国	9.5	14.9	15.9
欧盟东扩十二国	3	4.2	4.5
拉丁美洲	6.5	7.8	7.2
北美洲	40.8	25.9	30.1
大洋洲	1.1	1.2	1.3
国别			
美国	40.1	25	28.8

越南	12.3	17.8	11
比利时	3.8	5.6	6.7
尼日利亚	3.7	4.2	5.2
日本	3.6	3.4	3.9
俄罗斯联邦	2.3	3.3	3.9
印度尼西亚	3.2	4	3.8
德国	1	1.2	2.8
意大利	1.9	2.9	2.4
墨西哥	1.8	1.9	2.4

表5 我国单缸通用汽油机出口市场分布情况

出口数量所占份额%

大洲区域	2020年	2021年	2022年
亚洲	41.1	43.2	35.3
东盟	31.7	34.8	24.8
中东	3.7	2.7	3.7
非洲	10.7	10.8	14.1
欧洲	13.4	20.8	22.6
欧盟	10.2	16.3	18.2
欧盟十五国	6.8	11.7	12.9
欧盟东扩十二国	3.4	4.6	5.3
拉丁美洲	6.4	7.6	7.5
北美洲	27.8	16.8	19.6
大洋洲	0.6	0.8	0.8
国别			
美国	27.4	16.4	19
越南	21.8	23.9	14.2
尼日利亚	7	7.7	9.8
印度尼西亚	4	4.6	4.8

比利时	2	3.3	4.3
俄罗斯联邦	2.6	3.8	3.9
日本	2.4	2.5	3.3
德国	1	1.5	3
巴西	3	2.5	2.4
墨西哥	1.4	1.6	2.2

从上表可以看出，220-2022年市场份额变化最大的是美国和北美市场，而欧洲市场增幅相对较大。从出口数量方面来看，亚洲是最大的洲域市场，说明出口到亚洲市场的产品货值相对较低。

2.1.4. 市场活跃度分析

按出口额统计，近10年我国单缸通用汽油机出口目的国中，有62个国家累计6年同比增长，15个国家累计7年同比增长。按出口数量统计，近10年我国单缸通用汽油机出口目的国中，有29个国家累计6年同比增长，6个国家累计7年同比增长。见表6、表7：

表6 我国单缸通用汽油机出口市场活跃度情况

累计7年出口额同比增长市场，%

国别	2020年	2021年	2022年
墨西哥	14.57	42.44	12.66
澳大利亚	24.38	41.81	1.63
哈萨克斯坦	-31.25	10.83	50.06
孟加拉国	-37.80	227.15	-56.33
蒙古	-64.76	25.32	174.14
巴林	9.36	184.06	35.91
尼日利亚	-10.16	50.12	10.64
俄罗斯	6.13	87.35	3.93
波兰	37.22	621.25	54.09
韩国	20.05	13.97	3.44
哥伦比亚	6.35	97.32	-19.84

白俄罗斯	-13.70	20.78	-2.01
罗马尼亚	73.74	31.04	1.78
纳米比亚	14.69	11.06	10.94
斐济	-75.42	192.43	7.60

表7 我国单缸通用汽油机出口市场活跃度情况

累计7年出口数量同比增长市场，%

国别	2020年	2021年	2022年
新加坡	174.18	-36.19	59.96
阿尔及利亚	15.92	14.11	67.88
立陶宛	-54.41	82.71	104.52
拉脱维亚	28.28	288.93	167.83
乌干达	166.96	33.20	-46.71
马达加斯加	28.68	58.28	239.58

由表六、表七可以看出，出口额和出口数量的市场表现并不同步，产品结构变化、需求差异等因素均可以导致市场表现明显差异化，但同比增长情况可以在一定程度上呈现市场活跃度和市场需求差异性。通过市场特点、应用场景、消费习惯、经济发展水平等多方面因素，结合市场活跃度，可以作为市场开拓计划的参考依据。

2.1.5. 影响我国单缸通用汽油机出口的主要因素

2.1.5.1. 国外法规及贸易保护主义的影响

近年来，世界各国的环保要求越来越高，美国、欧盟等国家和地区颁布了大量和减排、降碳相关的技术法规和标准，除安全、健康方面的法规要求的限制外，碳足迹、ESG等要求也给中国出口企业带来了明显的影响。虽然美国市场的出口量最大，但出口商仍然比较集中，在美国贸易保护的前提下，中国企业仍然面临待遇不公平，较难突破的困境。

近几年贸易保护主义抬头，中美贸易战，频频发起的贸易摩擦案件，均对我单缸通用汽油机出口造成了明显影响，高关税直接降低了中国单缸通用汽油机的国际市场竞争力，采取规避措施将提高企业成本，进一步压缩企业的利润空间，

进而容易陷入投入不足和附加值不高的恶性循环。

2.1.5.2. 电动化趋势的影响

绿色、低碳、环保等共识推动了电动化浪潮，新能源汽车产业的高速发展，推动了储能技术的高速发展，使动力供应电动化、社会化成为可能。

虽然当前电动化占单缸通用汽油机应用场景总装机量的比例尚不足10%，但电动化趋势已经给从业者带来了压力，技术创新和产品升级压力空前巨大，在市场容量相对稳定、增量不明显的情况下，电动化替代与单缸通用汽油机生产之间将产生消长结果，当前主要目标市场的电动化需求处于款速增长阶段，叠加环保要求，将对单缸通用汽油机出口产生一定的抑制作用。

中国电池产业的高速发展，推动动力电池的成本持续下降，电动化设备使用成本较低、简单易用的优势逐步显现出来，这个因素也给单缸通用汽油机出口带来了压力。

在电动化浪潮的推动下，排放标准更高、热效率更高的传统单缸通用汽油机，新型环保燃料单缸通用汽油机将更快发展，并以其自身的优势，同电动化形成一种互补共存关系。

2.1.5.3. 无序市场竞争

随着产业快速发展，特别是加入世贸组织以后，中国制造业从制造到销售，依托强大、完整的工业体系和稳定可靠的供应链，形成了较强的比较优势和国际竞争力，在销售逐步增长的同时，行业不良竞争也逐步显现，价格战首当其冲，其次是仿冒侵权，无序压价、品牌受损，导致企业利润被持续压缩，市场竞争力受损。对产品出口也造成了一定影响。

2.1.5.4. 知识产权保护

我国单缸通用汽油机产品经过20年快速发展，产业水平已经得到长足发展，由之前借鉴国外样机参考开发，到自主创新，研发新品，知识产权保护重点逐步转移，近年我国单缸通用汽油机在国际市场上屡屡被中国友商侵权的案例频发，往往由于境外维权成本高、司法管辖等诸多因素，导致知识产权保护力度较弱，进而导致中国品牌影响力受损，市场上产品质量良莠不齐，对中国产品出口造成了一定影响。

2.1.5.5. 其他影响

汇率及结算因素。近几年汇率波动给出口企业带来了较大影响，在利润率不高的情况下，短期较大幅度的汇率波动，可能导致企业由盈利转亏损。一些目的市场本币大幅贬值，外汇储备不足，也导致进口商成本短期变动过大，结算困难，为出口带来了较大影响。**突发事件。**中美贸易摩擦对中国产品出口美国市场造成了较大影响，给出口企业带来巨大的压力，导致部分企业不得不寻求其他途径，进而增加时间和资金成本。三年疫情导致单缸通用汽油机的出口出现较大波动，而这种波动给企业的供应链和生产规划带来了一定冲击，疫情导致的物流成本升高、港口效率下降、收付款困难等因素也给出口造成了一定影响。俄乌战争导致的金融、物流风险，单缸通用汽油机出口带来了不良影响。

2.1.6. 主要出口市场简介

亚洲是我国单缸通用汽油机的传统出口市场，我国单缸通用汽油机产品在市场上具有很好的性价比和竞争力，出口该市场的单缸通用汽油机主要用于农业机械、园林机械、发电机等。

由于该地区除日、韩、新加坡外，基本为发展中国家，以农业为主，经济不够发达，对价格敏感，出口至东南亚的单缸通用汽油机平均单价高于非洲，低于其他大洲。我国产业链从低端到高端比较完备齐全，所以我国产品能够提供各种价位的产品，满足不同层次的需求，加之物美价廉，比较受欢迎。东南亚地区同我国毗邻，地缘上十分便利，一直保持较好的经贸往来，我国产品已经占据较大市场比例。该地区一些国家也在发展单缸通用汽油机工业，所以市场快速增长潜力有限，在多边（如RCEP或者中国-东盟自贸协定）或双边自贸协定项下，关税基本为零，贸易畅通，交流便利，产业合作，中国同亚洲国家间的贸易和产业合作越来越深化，市场比较稳定。

欧洲市场比较稳定，市场占比近10年稳步提升，从2013年的占比15.3%逐步提升至2022年的22.9%。发达国家市场容量相对稳定，有较强的消费能力，同时对产品质量、技术水平、环保保护等要求较高，所以有较好的平均单价，低于大洋洲和北美洲，居于第三位。近几年欧洲对绿色、减排、低碳等方面的要求越来越高，中国出口企业在升级产品的同事，也需要考虑新能源发展的趋势。

大洋洲市场比较稳定，平均单价最高，但市场容量有限，占比一直在1%左右，可开发的市场潜力有限。

拉美市场占比7%左右，市场规模比较稳定，近10年略有增长，平均价格处于中等，低于发达国家，高于亚洲和非洲，随着“一带一路”的推进，拉美市场仍有拓展空间。

非洲市场规模同拉美相当，市场占比7%左右，近10年略有增长。由于非洲经济发展水平较低，所以在所有大洲中平均单价最低。基于非洲的经济发展水平和人口规模，中国产品以产品线丰富、性价比高、物美价廉的特点，将来在非洲市场有较大的发展空间。

美国是我国单缸通用汽油机出口的最大单一市场，市场占比一度达到近50%。对美出口最初基本由外资独资或合资企业出口，经过多年发展，中国单缸通用汽油机产业水平得到长足发展，自有品牌逐步进入美国市场，逐步形成同台竞争的格局。2018年中美贸易战爆发，美国又发起了针对单缸通用汽油机的贸易摩擦案件，加之美国政府小院高墙、脱钩断链的逆全球化政策，近5年中国对美单缸通用汽油机出口呈逐年下降趋势，截至2022年，美国市场占比已经由2018年的46.3%降至2022年的28.8%，并且下降趋势仍在继续，中国企业需创新销售模式以稳定美国市场。

2.1.7. 我国产品国际市场竞争力简析

对于单缸通用汽油机产品，我国主要竞争对手依然是日本和美国的同类产品。部分欧洲发达国家生产单缸通用汽油机，但是产量较小，市场定位、客户群不同，同中国产品未真正形成竞争。部分发展中国家也生产单缸通用汽油机，但我国单缸通用汽油机的产业链完整度、供应链稳定性、研发能力和水平、从业人员整体素质等各方面具有较明显优势，虽然不能同中国形成系统性竞争，但因双方市场、客户群大致类同，给中国单缸通用汽油机出口造成一定影响。中国、美国、日本单缸通用汽油机超国际竞争力从如下几个方面进行简要分析。

2.1.7.1. 市场占有率差异

我国出口的单缸通用汽油机产品在技术水平和产品档次上低于美、日两国产品，所以客户群、市场定位也存在一定差异，客户群存在分层现象，近几年中国单缸通用汽油机产业发展较快，这种分层效应在逐步减弱。中国单缸通用汽油机在中国国内市场占有率高于美、日两国产品，从出口数量上看，中国单缸通用汽油机出口数量也远高于美、日，但是国际市场高端机型市场占有率同美、日产品

存在一定差距。见表8。

表8中、美、日单缸通用汽油机出口量比较

单位：台

国别	2020年	2021年	2022年
中国	13140966	15445125	11927051
美国	1266734	1053719	621684
日本	617286	415618	378139

2.1.7.2. 价格水平差异

我国产品的主要优势是性价比高、供应稳定和价格优势，低廉的价格是我国发动机进入国外市场的关键，也是我国单缸通用汽油机在发展中国家比较受欢迎的主要原因。我国同类型单缸通用汽油机在国际市场的售价平均低于美、日同类产品的30~40%，按大类平均单价计，我国平均单价为80-100美元左右，而美、日产品平均单价在200美元以上，虽然高附加值细分机型整体拉高了美、日产品的平均单价，但总体价差还是比较大。见表九。

表9 中、美、日单缸通用汽油机出口量比较

单位：美元

国别	2020年	2021年	2022年
中国	77	86	100
美国	276	303	605
日本	383	636	737

2.1.7.3. 技术水平差异

经过近年单缸通用汽油机产业快速发展，国内单缸通用汽油机主营企业的研发水平也在快速提升，在油耗指标、热效率、排放水平等方面已经有部分产品能够达到欧美发达国家的法规要求，但在高端、高附加值机型方面的还有一定差距。技术水平方面的差距主要表现在如下几个方面：

研发能力和技术创新：美、日在研发能力、技术积累和创新方面都比较强大。持续的投入与技术创新，积累了大量单缸通用汽油机的核心技术，在高燃油效率、

降低噪音、增加动力输出、低排放、高可靠性、高安全性等方面居于行业领先水平，中国企业仍有空间需要追赶。

工艺精度和质量控制：虽然中国单缸通用汽油机行业得到了长足的发展，从生产线到生产工艺均大幅提升，但美、日在产品工艺精度、质量控制体系、原材料选择等方面仍然有一定优势，所以在产品的稳定性、可靠性、故障率等方面仍然有较大优势。

用户需求和体验：美、日品牌对用户的需求和用户体验的理解比较深刻，售后服务、国际渠道建设方面有明显优势，进而品牌美誉度也高于中国品牌，同等条件下具有更强的市场竞争力。

虽然中国单缸通用汽油机整体行业水平仍然弱于美、日，但中国企业也在不断投入研发和创新，提高产品质量和性能，积极建设国际渠道，提高服务水平，正在一步步走向同美、日企业同台竞争的阶段。

2.2. 单缸柴油机出口情况概述

单缸柴油机海关税号：8408.9091，包括：功率 \leq 14kw农业用单缸柴油机、功率 \leq 14kw农业用柴油发动机、功率 \leq 14kw其他用单缸柴油机和功率 \leq 14kw其他用柴油发动机，是内燃机行业出口的主要商品之一，也是传统出口商品之一。主要出口市场为东南亚、非洲及拉美地区。

随着社会的进步和技术的发展，传统市场亚非拉用户的需求也生了明显变化，10年前以单缸柴油机作为配套动力的设备，逐步向中、大型化发展，单缸柴油机出口呈逐年下降趋势。

截至2022年，出口额由2013年的2.94亿美元下降至1.83亿美元，出口数量由2013年的143.1万台下降至69.1万台。

2013-2022年市场格局没有发生明显变化，近10年累计出口额前12名和近5年累计出口额前12名均为孟加拉国、菲律宾、印度、越南、缅甸、柬埔寨、尼日利亚、印度尼西亚、加纳、老挝、泰国和苏丹。孟加拉国一直是中国单缸柴油机出口的第一大市场，但是近5年来受金融、经济等因素影响，以出口额计，出口市场占比由2018年的近13%下降至2022年的不足10%，以出口数量计，市场占比由2018年的15.8.2%降至2022年的7.1%。菲律宾和越南市场占比有一定增长。随着“一带一路”的推进和发展中国家经济的发展，单缸通用汽油机市场集中度可能

出现进一步降低的情况。

2.2.1. 单缸柴油机近3年进出口统计

近3年我国单缸柴油机的进出口量、值持续下降，受汇率等因素影响，近3年出口额同比下降幅度小于出口数量降幅。

单缸柴油机近3年进出口情况见表10。

表10我国单缸柴油机进出口统计表

	2020年	2021年	2022年
出口量(万台)	94.14	92.67	69.02
增长率(%)	-3.16	-1.56	34.18
出口额(万美元)	19642.79	21723.18	18254.12
增长率(%)	-2.24	10.59	-15.97
进口量(万台)	3.12	4.54	4.62
增长率(%)	0.32	45.60	1.85
进口额(万美元)	4167.69	6152.09	5396.68
增长率(%)	2.28	47.61	-12.28

单缸柴油机是我国出口优势产品，多年来一直保持外贸顺差；近年由于市场趋于饱和，客户需求发生变化，竞争十分激烈，近10年平均价格没有明显变化，但是成本升高、利润降低的情况未有改观，出口企业压力较大。

2.2.2. 主要出口企业分布情况

我国单缸柴油机主要出口企业集中在江苏、重庆、浙江、安徽、四川、福建、天津、云南、上海、山东、河北、广东、广西等12个省市。按出口额统计，12个省市出口量、值合计均占单缸通用汽油机出口总额的99左右%，详见表11、表12。

表11 我国单缸柴油机出口企业分布情况表

出口额所占份额%

	2020年	2021年	2022年
江苏	56.1	55.2	56.4
重庆	9.8	13.2	13.1

浙江	11.6	11.8	9.2
安徽	7.4	4.1	5
四川	3.7	3.5	3.2
福建	2.4	2.6	3
天津	1.5	2.1	2.9
云南	3	1.9	1.7
上海	1.2	1.7	1.4
山东	1.4	1.8	1.3
河北	0.6	0.8	0.8
广东	0.7	0.2	0.5

表12 我国单缸柴油机出口企业分布情况表

出口额所占份额%

	2020年	2021年	2022年
江苏	59.8	58.7	60.1
浙江	16.4	16	12.1
重庆	7.8	10.8	11.1
安徽	4.3	2.7	4
福建	2.3	2.7	3.1
四川	3	2.6	2.5
云南	2.4	1.7	1.6
上海	1.2	1.7	1.3
天津	0.5	1	1
山东	1	0.8	1
河北	0.5	0.7	0.9
广西	0.1	0.2	0.3

按出口量计，江苏、浙江、重庆份额较大，且较稳定，与国内单缸柴油机行业生产布局相一致。其中江苏占据绝对优势地位，以出口额计，江苏省单缸柴油机出口占全国的56%左右，以出口数量计，江苏省单缸柴油机出口占全国的60%

左右。

2.2.3. 主要出口市场分布情况

我国单缸柴油机出口最大单一目的市场是孟加拉国，最高占比曾一度达到近14%，2018年后呈下降趋势，截至2022年，占比已不足10%。菲律宾市场占比近几年逐年上升，2022年市场占比已经和孟加拉国相当。

从大洲市场角度看，亚洲是最大洲域市场，且占比很高，近几年占比呈下降趋势，截至2022年，已经由2018年的72.2%降至57.7%，而非洲和拉丁美洲市场占比逐年上升，截至2022年，两个大洲市场合计由2018年的19.9%增长至33.8%。非洲和拉丁美洲市场呈现较好的成长性。详见表13、表14。

表13 我国单缸柴油机出口市场分布情况表

大洲区域	2020年	2021年	2022年
亚洲	63.7	62.4	57.7
东盟	36	38.6	34.5
中东	7.2	4.5	4.7
非洲	18.8	16.9	19.4
欧洲	6.2	6.7	7.1
欧盟	3.5	4.2	5.5
欧盟十五国	3.3	4	4.8
欧盟东扩十二国	0.2	0.2	0.6
拉丁美洲	10.3	13.3	14.4
北美洲	0.1	0.2	0.4
大洋洲	1	0.4	1
国别			
孟加拉国	12.80	11.70	9.10
菲律宾	8.30	10.80	9.10
越南	7.00	5.80	6.40
印度	8.10	4.80	5.40
尼日利亚	3.40	4.00	5.30

缅甸	7.10	5.50	4.10
老挝	1.90	3.00	3.90
柬埔寨	3.80	5.50	3.60
英国	2.00	2.40	3.40
印度尼西亚	3.80	3.70	3.10

表14 我国单缸柴油机出口市场分布情况

出口数量所占份额%

大洲区域	2020年	2021年	2022年
亚洲	68.1	67.6	64.2
东盟	35.3	39.8	37.2
中东	7.1	5	4.5
非洲	16.7	14.8	16.8
欧洲	6	5.1	4.7
欧盟	2.8	1.8	2.7
欧盟十五国	2.6	1.6	2
欧盟东扩十二国	0.2	0.2	0.8
拉丁美洲	8.8	12.1	13.8
北美洲	0.05	0.1	0.2
大洋洲	0.3	0.2	0.4
国别			
菲律宾	10.4	13.8	12.8
孟加拉国	14.2	14.8	11.9
印度	12.3	6.8	8.7
越南	5.8	5.8	6.9
印度尼西亚	4.7	5.2	4.7
缅甸	7.6	6.2	4.3
尼日利亚	3.1	3.6	4.3
柬埔寨	2.6	3.8	2.5

老挝	1.2	1.8	2.5
英国	0.3	0.4	0.6

从上表可以看出，我国以亚洲市场为最主要出口市场，约占出口总量的60-70%，非洲次之，拉丁美洲排第三。经过长期开发，亚洲市场趋近饱和，非洲市场和拉丁美洲市场具有较好的发展潜力。

2.2.4. 市场活跃度分析

按出口额统计，近10年我国单缸柴油机出口目的国中，有40个国家累计6年以上同比增长，16个国家累计7年以上同比增长。按出口数量统计，近10年我国单缸柴油机出口目的国中，有42个国家累计6年以上同比增长，14个国家累计7年以上同比增长。见表15、表16：

表15 我国单缸柴油机出口市场活跃度情况

累计7年出口额同比增长市场，%

国别	2020年	2021年	2022年
乌干达	-24.37	15.17	7.22
韩国	3.71	54.01	7.36
格鲁吉亚	23.60	29.50	32.90
匈牙利	2.89	37.39	13.19
加纳	46.35	-34.38	36.73
厄瓜多尔	6.84	203.16	-14.29
日本	1256.35	43.80	20.14
伊朗	100.70	64.58	21.51
科特迪瓦	11.08	11.08	-56.28
莫桑比克	114.17	243.93	-85.03
美国	-65.02	213.44	42.65
俄罗斯	7.31	12.96	42.09
危地马拉	-13.01	42.04	35.25
津巴布韦	28.34	46.05	0.68
沙特阿拉伯	92.14	9.63	-24.19
塞内加尔	75.64	32.15	8.46

表16 我国单缸柴油机出口市场活跃度情况

累计7年出口数量同比增长市场，%

国别	2020年	2021年	2022年
印度	36.41	84.51	4.26
印度尼西亚	29.33	-9.53	49.38
尼日利亚	30.29	-14.20	12.76
坦桑尼亚	-22.97	-35.08	44.39
摩洛哥	18.15	10.97	152.46
喀麦隆	21.41	30.71	-60.07
西班牙	-94.24	2772.61	42.73
南非	1.35	29.65	1.93
马里	15.06	19.42	-36.73
比利时	-42.72	15.72	112.08
海地	9.86	-47.01	27.01
波黑	50.99	15.27	-6.43
中国香港	1825.00	-90.48	82.61
斯洛文尼亚	12.50	166.67	-66.67

由表十五、表十六可以看出，活跃度比较高的市场，除了中国香港、比利时等少数国家、地区外，大多数为发展中国家，且农业经济为主。单缸柴油机的出口额和出口数量的市场表现并不同步，市场特点、市场积累、市场规模、需求差异等因素均可以导致市场表现明显差异化，同比增长情况可以一定程度上呈现市场活跃度和市场需求差异性。通过市场特点、应用场景、消费习惯、经济发展水平等多方面因素，结合市场活跃度，可以作为市场开拓计划的参考依据。

2.2.5. 影响我国单缸柴油机出口的主要因素

2.2.5.1. 国外法规及贸易保护主义的影响

近年来，世界各国的环保要求越来越高，美国、欧盟等发达国家和地区颁布了大量技术法规和标准，对环保、安全、能耗等诸方面制定了更加严格的标准，但单缸柴油机的目的市场，主要为发展中国家，所以这部分影响风险可控。此外亚洲一些国家如印度也对进口柴油机实行了排放、安全等认证制度，则对中国

企业出口造成了明显影响。

虽然部分国家如越南、柬埔寨等处于产业保护做出了关税方面的安排，但在中国-东盟自贸协定、RCEP、双边自贸协定框架下，可以利用协定税率促进出口；技术方面的标准和制度，以中国当下的产业水平，欧、美、日等发达国家的标准外，进入发展中国家市场的障碍并不大。

2.2.5.2. 国外市场对单缸柴油机的要求不断提高

随着产业发展和社会、经济进步，传统市场除对动力性、经济性要求不断提高外，对产品可靠性、排放水平、振动、寿命、甚至外观设计等的要求也不断提高；另外，电动化也对单缸柴油机出口造成了一定影响。虽然柴油机的应用场景决定了不会被电动化快速替代，但是部分产品替代也逐渐显露出来，如部分农用车电动化。

2.2.5.3. 无序市场竞争

目前传统的亚洲市场逐步走向饱和，非洲、拉美市场虽然仍然有拓展空间，但作为传统、成熟产品的单缸柴油机，竞争尤为激烈，各种低价怪相层出不穷，导致企业利润被不断压缩，市场竞争力受损，对企业出口也造成一定的影响。

2.2.5.4. 知识产权保护

我国单缸通柴油机经过上百年的发展和积累，形成了一些知名品牌，由于单缸柴油机走出国门比较早，在传统的发展中国家市场形成了一定的品牌效应。随着中国单缸柴油机产品质量水平不断提升，中国品牌被侵犯，劣币驱逐两笔的现象屡有发生，而境外维权成本高、耗时长、司法管辖等诸多因素，导致知识产权保护力度较弱，进而导致中国品牌影响力受损，市场上产品质量良莠不齐，对中国产品出口造成了一定影响。

2.2.5.5. 其他影响。

汇率及结算因素。近几年汇率波动给出口企业带来了较大影响，在利润率不高的情况下，短期较大幅度的汇率波动，可能导致企业由盈利转亏损。单缸柴油机市场主要在发展中国家，往往发展中国家的本币兑美元的汇率波动幅度十分大，一些目的市场本币大幅贬值，外汇储备不足，也导致进口商成本短期变动过大，结算困难，为出口带来了较大影响。**突发事件。**部分国家出现的政局动荡、国家金融体系崩溃、地缘政治动荡等因素，容易导致合同执行障碍，贸易风险增加，

交易成本增加，给出口企业带来巨大的压力，。三年疫情导致单缸通用汽油机的出口出现较大波动，而这种波动给企业的供应链和生产规划带来了一定冲击，疫情导致的物流成本升高、港口效率下降、收付款困难等因素也给出口造成了一定影响。俄乌战争导致的金融、物流风险，单缸通用汽油机出口带来了不良影响。

2.2.6. 主要出口市场简介

亚洲是我国单缸柴油机的传统出口市场，也是最主要的市场，曾经一度市场达到90%。我国单缸柴油机产品在市场上具有很好的性价比和竞争力，出口该市场的单缸柴油机主要用于农业机械、排灌、发电等。

由于该地区除日、韩、新加坡外，基本为发展中国家，以农业为主，经济不够发达，对价格敏感，出口至东南亚的单缸柴油机平均单价在各大洲中最低。我国产业链从低端到高端比较完备齐全，所以我国产品能够提供各种型号、价位的产品，满足不同层次的需求，加之物美价廉，比较受欢迎。东南亚地区同我国毗邻，地缘上十分便利，一直保持较好的经贸往来，我国产品占据较大市场比例。该地区一些国家也在发展单缸柴油机工业，所以市场快速增长潜力有限，在多边（如RCEP或者中国-东盟自贸协定）或双边自贸协定项下，关税基本为零，贸易畅通，交流便利，产业合作，中国同亚洲国家间的贸易和产业合作越来越深化，市场比较稳定。

非洲市场规模大约是拉美市场的1.4倍，按出口额计市场占比20左右%，以出口数量计市场占比17%左右，近几年增长较快，平均价格高于拉丁美洲和亚洲。由于非洲经济发展水平较低，单缸柴油机在非洲的生产、生活中仍然能够起重要作用。基于非洲的经济发展水平和人口规模，中国产品以产品线丰富、性价比高、物美价廉的特点，在未来5-10年中，仍然有增长空间。

拉美市场也具有较强的活力，按出口额计市场占比15%左右，以出口数量计市场占比14%左右，市场规模逐步扩大，处于增长期，平均价格高于亚洲，低于非洲，居于中等，随着“一带一路”的推进，拉美市场发展较快，仍有拓展空间。

北美、欧洲和大洋洲市场合计占比不足10%。上述市场对产品技术、排放、安全、能耗、设计等要求都很高，往往满足市场要求，则成本大幅升高，在品牌、附加值等各方面竞争力不高的情况下，直接导致我国单缸柴油机产品在上述市场缺乏竞争力，虽然上述市场有一些市场需求，但市场规模有限。

2.2.7. 我国产品国际市场竞争力简析

对于单缸柴油机产品，我国主要竞争对手依然是日本同类产品，美国基本没有单缸柴油机产业，部分小马力单缸机一般用单缸通用汽油机替代。部分欧洲发达国家生产单缸柴油机，但是产量较小，市场定位、客户群不同，同中国产品未真正形成竞争。部分发展中国家也生产单缸柴油机，但我国单缸柴油机的产业链完整度、供应链稳定性、研发能力和水平、从业人员整体素质等各方面具有较明显优势，虽然不能同中国形成系统性竞争，但因双方市场、客户群大致类同，给中国单缸柴油机出口造成一定影响。中国、日本单缸柴油机超国际竞争力从如下几个方面进行简要分析。

2.2.7.1. 市场占有率差异

我国出口的单缸柴油机产品在技术水平和产品档次上低于日本同类产品，所以客户群、市场定位也存在差异，客户群存在分层现象，近几年中国单缸柴油机产业发展较快，但品牌效应、技术要求同日本同类产品仍然存在差距，高端市场依然被日本产品占据。中国单缸柴油机在中国国内市场占有率高于日本同类产品，从出口数量上看，中国单缸柴油机出口数量逐渐下滑，从10年前的每年出口超过100万台，下滑至2022年的不足70万台，随高于日本同类产品，但日本同类产品出口数量呈现增长状态，国际市场高端机型市场占有率同日本同类产品存在较大差距。见表17。

表17 中、日单缸柴油机出口量比较

单位：台

国别	2020年	2021年	2022年
中国	941411	926710	690627
日本	410766	597282	614512

2.2.7.2. 价格水平差异

我国产品的主要优势是性价比高、供应稳定和价格优势，低廉的价格是我国发动机进入国外市场的关键，也是我国单缸柴油机在发展中国家比较受欢迎的主要原因。我国同类型单缸柴油机在国际市场的平均单价远低于日本同类产品，按大类平均单价计，我国平均单价为200-250美元左右，而日本同类产品平均单价

在1200美元以上，虽然日本同类产品按照细分机型包含20马力以上不超过30马力段的产品，但10马力以下产品平均单价也在700美元以上，产品附加值差距依然很大。见表18。

表18 中、美、日单缸柴油机出口量比较

单位：美元

国别	2020年	2021年	2022年
中国	209	234	243
日本	1412	1375	1288

2.2.7.3. 技术水平差异

经过近年单缸柴油机产业快速发展，国内单缸柴油机主营企业的研发水平也在快速提升，在油耗指标、热效率、排放水平等方面已经有部分产品接近日本同类产品指标，总体产业水平还有一定差距。技术水平方面的差距主要表现在如下几个方面：

研发能力和技术创新：日本在研发能力、技术积累和创新方面都比较强大。持续的投入与技术创新，积累了大量单缸柴油机的核心技术，在高燃油效率、低噪音、低振动、高功率输出、低排放、高可靠性、高安全性等方面居于行业领先水平，中国企业仍有空间需要追赶。

工艺精度和质量控制：虽然中国单缸柴油机行业得到了长足的发展，从生产线到生产工艺均大幅提升，但日本在产品工艺精度、质量控制体系、原材料选择等方面仍然有一定优势，所以在产品的稳定性、可靠性、故障率等方面仍然有较大优势。

用户需求和体验：日本品牌对用户的需求和用户体验的理解比较深刻，售后服务、国际渠道建设方面有明显优势，进而品牌美誉度也高于中国品牌，同等条件下具有更强的市场竞争力。

虽然中国单缸柴油机整体行业水平仍然弱于日本，但中国企业也在不断投入研发和创新，提高产品质量和性能，积极建设国际渠道，提高服务水平，正在一步步走向同日本企业同台竞争的阶段。

3. 小汽油机美国市场的技术法规、标准和合格评定程序

3.1. 法规、认证

3.1.1. 排放

在非道路用移动污染源控制方面，美国是较为先进的国家，在1990年《清洁空气法》修订之后，逐步对非道路移动污染源开始进行控制。

1995年，美国环境保护局（EPA）发布了非道路点燃式小型发动机第I阶段（Tier1）排放法规，规定了点燃式小型发动机（small SI engines）的污染物（HC、CO和NO_x）排放限值和测量方法。该标准于1997年开始实施，适用于功率小于等于19kW（25马力）非道路点燃式小型发动机，但不包括船用、娱乐用（如摩托车或雪橇）和玩具、船舶和飞机。第I阶段标准的实施使得HC排放水平减低32%。

1999年3月，美国环境保护局（EPA）发布了非手持式非道路点燃式小型发动机第II阶段排放法规（40 CFR PART 90）；2000年6月，发布了手持式非道路点燃式小型发动机第II阶段排放法规。非手持式设备（Nonhandheld，如草坪和园艺拖拉机和剪草机）2001至2007年间分阶段实施，并将在第I阶段的基础上再减少60%的HC和NO_x排放。手持式设备（Handheld）（如树叶鼓风机和链锯）2002至2007年间分阶段实施，并将在第I阶段的基础上再减少70%的HC和NO_x排放。除加州外的美国49个州均采用该标准。

2008年9月，美国环境保护局（EPA）签署了第III阶段法规，包括40 CFR PART 90（第II阶段尾气排放标准，2009年蒸发排放标准）、40 CFR PART 1054（第III阶段尾气排放标准）、40 CFR PART 1060（蒸发排放标准）、40 CFR PART 1065（第III阶段发动机测试规程）、40 CFR PART 1068（第III阶段法规概述）。第III阶段法规中手持式设备排放限值未变化，于2010年开始实施；II类非手持式设备于2011年开始实施，并将在II阶段标准基础上再降低34%的HC和NO_x排放；I类非手持式设备于2012年开始实施，并将在II阶段标准基础上再降低38%的HC和NO_x排放。

3.1.2. 安全

美国没有针对小汽油机安全的单独法规。

3.1.3. 噪音

美国没有针对小汽油机噪音的单独法规。

3.1.4. 有害物质

美国没有针对小汽油机有害物质的单独法规。

3.1.5. 其它

对于安全、噪音以及有害物质，美国对小汽油机驱动的一些终端机械有相关要求，这些要求通常来自一些社会团体制定的团体标准，如SAE、UL、PGMA等。

3.2. 标准体系

3.2.1. EPA标准介绍

3.2.1.1. 发动机分类

美国EPA小汽油机第I、II和III阶段的发动机分类参见表19。

美国环境保护局（EPA）将非道路点燃式小型发动机，首先根据用途分为手持式和非手持式，而后按照排量的大小加以细分。第III阶段法规、第II阶段、第I阶段在分类方法上是有区别的。第II阶段在第I阶段基础上对非手持设备进行了进一步细分，第III阶段发动机分类方式的变化在于将排量小于等于80cc的非手持设备划分在手持式设备中，这类发动机可以被安装到手持式设备上，也可以安装在非手持式设备上。

表19 美国EPA第I、II和III阶段排放标准小汽油机分类

大类	小类	排量 (cc)		
		第 I 阶段	第 II 阶段	第 III 阶段
非手持式	I-A	/	<66	/
	I-B	/	[66, 100)	/
	I	<225	[100, 225)	(80, 225)
	II	≥ 225	≥ 225	≥ 225
手持式	III	<20	< 20	<20
	IV	[20, 50)	[20, 50)	[20, 50)
	V	≥ 50	≥ 50	≥ 50

3.2.1.2. 排放限值

从美国环境保护局（EPA）小汽油机排放法规第I 阶段到第 III 阶段发展来看，排放污染物限值是逐步加严的过程，各阶段限值见表20，表21，表22。

虽然EPA 第II 阶段有些限值比第I 阶段看似“宽松”一些，但实际上是被加严了。因为第I 阶段仅要求发动机的初始排放达标即可，而美国小汽油机排放第II 阶段提出了耐久性要求。限值表格中第II 阶段的限值是要求发动机在整个使用寿命内均要满足的要求。

美国第III 阶段对非手持式设备HC+NO_x排放限值在第II 阶段基础上进行了加严，CO限值未变化；美国第III 阶段对手持式设备排放限值没有加严。

表20 美国环境保护局（EPA）小汽油机第I 阶段排放限值

类型	排放限值 (g/kWh)				实施年代
	CO	HC	NO _x	HC+NO _x	
I	519	---	---	16.1	1997 年5 月
II	519	---	---	13.4	
III	805	295	5.36	---	
IV	805	241	5.36	---	
V	603	161	5.36	---	

表21 美国环境保护局（EPA）小汽油机第II 阶段排放限值

类别	排放限值 (g/kWh)								
	CO	HC+NO _x (NMHC+NO _x)							
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
非手持式	I-A	610(2001)	50						
	I-B	610(2001)	40(37)						
	I	610(2001)	16.1(14.8)						
	II	610(2001)	18.0 (16.7)	16.6 (15.3)	15.0 (14.0)	13.6 (12.7)	12.1 (11.3)	12.1 (11.3)	12.1 (11.3)
手持式	III	805(2002)	---	238	175	113	50	50	50
	IV	805(2002)	---	196	148	99	50	50	50
	V	603(2004)	---	---	---	143	119	96	72

表22 美国环境保护局（EPA）小汽油机第III 阶段排放限值

发动机类别		排放限值（g/kWh）			实施年份
		HC+NO _x	CO	CO（船用发电机用发动机）	
非手持	I	10.0	610	5.0	2012
	II	8.0	610	5.0	2011
手持	III	50	805	---	2008
	IV	50	805	---	2008
	V	72	603	---	2008

3.2.1.3. 耐久期

美国小汽油机第II 阶段排放耐久性要求列于表23，第 III 阶段在继承耐久性要求的基础上，对非手持发动机的限值进行了加严。在实际使用中，非道路发动机的用途是非常广泛的，很难硬性规定一个统一的寿命要求，为此美国环境保护局（EPA）在第II 阶段采取了提供候选排放耐久期的方式，由制造商自行选择耐久小时数。第 III 阶段在第二阶段的基础上，明确了选择耐久时间的使用状态，使得制造商可以合理选择发动机耐久时间，同时也保证不同用途的发动机能满足规定的耐久时间要求，表24是美国环境保护局（EPA）第 III 阶段耐久性要求。

表23 美国环境保护局（EPA）小汽油机第 II阶段排放耐久性要求

发动机类别	可选择排放耐久性要求（小时）			
非手持式	I-A	50	125	300
	I-B	125	250	500
	I	125	250	500
	II	250	500	1000
手持式	III	50	125	300
	IV	50	125	300
	V	50	125	300

表24 美国环境保护局（EPA）小汽油机第 III 阶段排放耐久性要求

发动机类别	耐久性要求（小时）
-------	-----------

非手持式		家用	延长寿命的家用	商用
	I	125	250	500
	II	250	500	1000
手持式		轻度使用	中度使用	频繁使用
	III	50	125	300
	IV	50	125	300
	V	50	125	300

3.2.1.4. 实施日期

美国EPA第一阶段尾气排放标准是从1997年5月开始实施。

美国EPA第二阶段尾气排放标准是从2001年逐步导入实施，到2007年实施到位。

美国EPA第三阶段尾气排放标准是从2008年逐步导入实施，到2012年实施到位。

3.2.1.5. 蒸发排放

在尾气排放限值要求不断加严的同时，美国第 III 阶段法规中又提出了蒸发排放的要求，见表25。

表25 美国环境保护局（EPA）第 III 阶段小汽油机蒸发排放限值

发动机类别		标准 (g/m ² /day)		
		油管渗透	油箱渗透	运转损失
非手持式	I	15 (2009)	1.5 (2012)	设计认证 (2012)
	II	15 (2009)	1.5 (2011)	2011
手持式	III-V	15 (2012) ; 低温油管:290 (2012) , 275 (2013) , 260 (2014) , 245 (2015) , 225 (2016)	2.9 (2009) 1.5 (2010)	N/A

3.2.1.6. 其它

(1) 温室气体污染物申报要求

美国环境保护局（EPA）小汽油机第 III 阶段法规还增加了对温室气体排放物CO₂、CH₄、N₂O的申报要求。从2011年开始，需提交初始排放的CO₂排放值；除小批量制造商外，从2012年开始需提交初始排放的CH₄排放值，2013年开始提交N₂O排放值。N₂O的排放值申报只适用于加装了三元催化器的发动机。

(2) 不同海拔高度排放适应性要求

美国环境保护局（EPA）小汽油机第 III 阶段法规在第 II阶段法规基础上增加了海拔高度的要求，在大气压力 ≥ 94.0 kpa条件下，非手持式发动机需满足排放限值要求，对于大气压力 < 94.0 kpa时，可以使用高海拔套件进行调整来满足排放限值的要求。对于手持式发动机来说，在大气压力 ≥ 96.0 kpa条件下，发动机需满足排放限值要求，对于大气压力 < 96.0 kpa时，没有使用高海拔套件进行调整来满足排放限值的要求。

(3) 保证金要求

美国环境保护局（EPA）小汽油机第 III 阶段法规规定，从2010年起，进入美国市场销售的小汽油机，必须先取得数额相当的保函或是保函豁免。最低的保证金金额为50万美元；销售的发动机数量越多，需要交纳的保证金金额越高，保证金金额的上限是1000万美元，保证金要求参见表26。

表26 美国小汽油机第 III 阶段保证金要求

发动机的排量	保证金金额/台（美元）
排量 < 225 cc	\$25
$225 \leq$ 排量 < 740 cc	\$50
$740 \leq$ 排量 ≤ 1000 cc	\$100
排量 > 1000 cc	\$200

如果是小批量制造商，连续持证5年并且在过去5年没有被EPA发现违规的情况，最低的保证金金额可以从50万美元降低到2.5万美元；

如果连续持证10年并且在过去的10年没有被EPA发现不符合法规的情况，保证金金额的上限是300万美元。

(4) 售后服务、用户手册要求

美国环境保护局（EPA）小汽油机第 III 阶段法规还在售后服务保证、用户

手册的完善方面进行了要求。

法规从2010型式年开始，对保证售后服务的有效性提出了明确要求：

- 需要向消费者提供免费售后服务机构的名称、地址、电话和电子邮箱地址；

- 需要在美国至少有一个地方可以进行零部件更换；
- 维修网络的要求

在用户手册中要求提供保养说明：

- 需要提供与申报中内容一致的保养要求；
- 需要以合理和必须的方式来确保排放控制系统的正常工作；
- 需要提供免费的电话号码和电子邮箱地址；
- 在美国境内提供一个备件的来源；

提供授权服务中心的地址或者做以下承诺：① 负责客户故障产品的运费；② 或负责技术人员到现场诊断的费用；③ 或负责承担在当地进行维修服务的费用。

3.2.2. CARB标准介绍

3.2.2.1. 发动机分类和排放限值

美国加州空气资源局（CARB）小汽油机分类是根据发动机的排量进行分类，第一阶段发动机分类和排放限值见表27，2005年及以后发动机分类与排放限值见表28。2021年12月CARB举行听证会通过了小型非道路发动机法规向零排放过渡的修正案，适用于2024年1月1日及以后生产的发动机。修订后的发动机分类与排放限值见表29-31。

表27 第一阶段发动机分类和排放限值

型年	类别	发动机排量 cc	HC+NOx g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	NOx g/kWh	P g/kWh
1995,	I	>65-<225	16.1	---	469.4	---	1.2
	II	≥225	13.4	---	469.4	---	1.2
1996-	III	<20	---	295.0	804.6	5.4	---
1999	IV	20-<50	---	241.4	804.6	5.4	---
	V	≥50-65	---	160.9	402.3	5.4	---

表28 2005年及以后发动机分类与排放限值

型年	发动机排量 cc	耐久时间 h	HC+NO _x g/kWh	CO g/kWh	微粒 g/kWh
2005 及以后	≤50cc	50/125/300	50	536	2.0
	>50-≤80cc	50/125/300	72	536	2.0
2005	>80cc-<225cc 水平轴发动机	125/250/500	16.1	549	
	>80cc-<225cc 立轴发动机	N/A	16.1	467	
	≥225cc	125/250/500	12.1	549	
2006	>80cc-<225cc	125/250/500	16.1	549	
	≥225cc	125/250/500	12.1	549	
2007	>80cc-<225cc	125/250/500	10.0	549	
	≥225cc	125/250/500	12.1	549	
2008 及以后	>80cc-<225cc	125/250/500	10.0	549	
	≥225cc	125/250/500/1000	8.0	549	

表29 发电机的尾气排放限值

型式年	排量类别	耐久时间 (h)	HC+NO _x (g/kW. h)	CO (g/kW. h)	PM (g/kW. h)
2024-2027	≤ 50 cc	500	6.0	400	2.0
	50-80 cc, inclusive	500	6.0	400	2.0
	> 80 cc - < 225 cc	500	6.0	400	NA
	225 cc - < 825 cc, inclusive	1000	3.0	200	NA
	> 825 cc	1000	0.80	20.6	NA
2028及以后	< 50 cc	300	0.00	400	0.00
	50-80 cc, inclusive	300	0.00	400	0.00
	> 80 cc - < 225 cc	500	0.00	400	NA
	225 cc - < 825 cc, inclusive	1000	0.00	200	NA
	>825 cc	1000	0.00	20.6	NA

表30 排量≥225cc的高压清洗机的尾气排放限值

型式年	排量类别	耐久时间 (h)	HC+NO _x (g/kW. h)	CO (g/kW. h)	PM (g/kW. h)
2024-2027	225 cc - < 825 cc, inclusive	1000	3.0	200	NA
2024-2027	>825 cc	1000	0.80	20.6	NA
2028及以后	225 cc - < 825 cc, inclusive	1000	0.00	200	NA
2028及以后	>825 cc	1000	0.00	20.6	NA

表31 除发电机与排量≥225cc高压清洗机之外SORE的尾气排放限值

型式年	排量类别	耐久时 间 (h)	HC+NO _x (g/kW. h)	CO (g/kW. h)	PM (g/kW. h)
2024及以后	< 50 cc	300	0.00	536	0.00
	50-80 cc, inclusive	300	0.00	536	0.00
	> 80 cc - < 225 cc	500	0.00	549	NA
	225 cc - < 825 cc, inclusive	1000	0.00	549	NA
	>825 cc	1000	0.00	20.6	NA

3.2.2.2. 耐久期

美国加州的耐久性要求与美国EPA基本一致，提供候选排放耐久期的方式，由制造商自行选择耐久小时数。可供选择的耐久小时数见表28。2024型式年及以后的发动机耐久性要求更加严格，耐久小时数要求见表29-31。

3.2.2.3. 实施日期

加州排放法规是由加州大气资源局（CARB）制定和负责实施的，仅适用于加州。美国加州在排放控制方面一直引领美国排放标准发展，其小汽油机消费在美国市场占有不可忽视的位置。

1995年1月1日开始实施第1阶段；

在2000年1月28日又做了一次较大的修改：将压燃式发动机分出去，改为采用EPA的非道路机械用压燃式排放控制法规40 CFR PART 89。

目前实施阶段是第3阶段，修订的版本是2004年7月6日采用的，内容在加州法规13CCR第3部第9章第一节：Amend Article 1, Chapter 9, Division 3, Title

13, California Code of Regulations.

加州于2004年7月发布了非道路用小汽油机的蒸发排放控制法规，规定自生效年起，没有经过认证并贴标签的蒸发排放控制系统的发动机或设备不得在加州生产、销售、或使用，也不得发运至加州作商业使用。

加州于2017年11月13日通过小型非道路发动机的蒸发排放法规修订版，修订的蒸发法规于2018年1月1日实施。

加州于2021年12月9日举行听证会通过了小型非道路发动机法规向零排放过渡的修正案，修订后的法规于2023年1月1日实施。

3.2.2.4. 蒸发排放

美国加州的排放标准与EPA区别在于整机蒸发排放标准除了设计标准还有整机性能标准。蒸发要求见表32和表33。

表32 ≤80cc的发动机和设备

生效日期 型式年	适用于	要求
2007	排量≤80cc的小型非道路发动机	油箱的渗透排放不超过2.0g/m ² 内表面积/天（由TP901确定）。
2020	排量≤80cc的小型非道路发动机	油管的渗透排放标准为15g/m ² /天。 用于链锯的油管的渗透排放标准为225g/m ² /天。

表33 >80cc的发动机和设备

生效日期 型式年	每日排放标准 (g HC等价有机物/天)	设计标准		
		油管渗透排放标准 (g ROG/m ² /day)	油箱渗透排放标准 (g ROG/m ² /day)	碳罐或丁烷等价工作容积标准 (g HC等价有机物/天)
排量类别：手推式割草机 >80 cc - <225cc				
2006	无	15	无	无
2007和 2008	1.3	N/A	N/A	N/A

2009	1.0	N/A	N/A	N/A
排量类别: > 80 cc - <225cc (除了手推式割草机)				
2006	无	15	无	无
2007-2011	1.20 + 0.056*标定 容积(L)	15	2.5	TP-902
2012	0.95 + 0.056*标定 容积(L)	15	1.5	TP-902
排量类别: ≥225 cc				
2006和 2007	无	15	无	无
2008	1.20 + 0.056*标定 容积(L)	15	2.5	TP-902
2013	1.20 + 0.056*标定 容积(L)	15	1.5	TP-902

美国加州2024型式年及以后的蒸发排放取消了设计认证标准,只有整机性能标准。蒸发整机性能标准见表34-36。

表34 发电机的蒸发排放限值

型式年	排量类别	热浸和昼间排放标准 (g)
2024-2027	≤ 80 cc	0.50
	> 80 cc - < 225 cc	0.60
	≥ 225 cc	0.70
2028及以后	≤ 80 cc	0.00
	> 80 cc - < 225 cc	0.00
	≥ 225 cc	0.00

表35 排量≥225cc高压清洗机的蒸发排放限值

型式年	排量类别	热浸和昼间排放标准 (g)
2024-2027	≥ 225 cc	0.70
2028及以后	≥ 225 cc	0.00

表36 除发电机与排量 ≥ 225 cc高压清洗机之外SORE的蒸发排放限值

型式年	排量类别	热浸和昼间排放标准 (g)
2024及以后	≤ 80 cc	0.00
	> 80 cc - < 225 cc	0.00
	≥ 225 cc	0.00

3.2.2.5. 其他

加州没有不同海拔高度排放适应性要求，也有温室气体污染物申报要求，保证金要求，售后服务、用户手册要求，其中，保证金要求从2020型式年开始实施，每台发动机的保证金金额为500美元，最低的保证金金额为50万美元。产量在1000台以下的制造商的最低保证金金额为2.5万美元。保证金金额的上限是1000万美元，如果连续10年持证并且在过去的10年没有被CARB发现不合法规的情况，保证金金额的上限是300万美元。

4. 小柴油机美国市场的技术法规、标准和合格评定程序

美国EPA(U. S Environmental Protection Agency, 美国环境保护署)自 1990年逐步认识到非道路移动机械用柴油机排气污染物给环境带来的严重污染, 开始与柴油机生产企业及公众一起制定切实可行的排放控制法规。1996年, EPA和美国加州空气资源委员会(CARB)联合柴油机生产企业签署了适用非公路机动设备用柴油机的原则意向书SOP。1998年8月27日, EPA签署了40 CFR PART89法规, 成为全球首部非道路移动机械用柴油机污染物排放控制标准, 其规定了Tier 1/2/3阶段排放控制技术要求及排放限值。2008年开始, Tier 4阶段排放标准40 CFR PART 1039分功率逐步实施, 2008-2014年是本标准过渡期(Tier 4i), 2014年正式实施Tier 4f。

柴油机功率 (kW)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
P<8					8.0/(10.5)/1.0					8.0/(7.5)/0.8									8.0/(7.5)/0.4						
8≤p<19					6.6/(0.5)/0.8					6.6/(7.5)/0.8									6.6/(7.5)/0.4						
19≤p<37					5.5/(0.5)/0.8					5.5/(7.5)/0.6				5.5/(7.5)/0.3					5.5/(4.7)/0.03						
37≤p<56					- /-9.2/-					5.5/(7.5)/0.4				5.0/(4.7)/0.3					5.5/(4.7)/0.03						
56≤p<75					- /-9.2/-					5.5/(7.5)/0.4				5.0/(4.7)/0.4				5.0/0.19 /2.3c/0.02		5.0/0.19/0.40/0.02					
75≤p<130					- /-9.2/-					5.0/(6.6)/0.3				5.0/(4.0)/0.3				5.0/0.19 /2.3c/0.02		5.0/0.19/0.40/0.02					
130≤p<225					11.4/1.3/9.2/0.54					3.5/(6.6)/0.2				3.5/(4.0)/0.2				3.5/0.19 /2.0d/0.02		3.5/0.19/0.40/0.02					
225≤p<450					11.4/1.3/9.2/0.54					3.5/(6.4)/0.2				3.5/(4.0)/0.2				3.5/0.19 /2.0d/0.02		3.5/0.19/0.40/0.02					
450≤p<560					11.4/1.3/9.2/0.54					3.5/(6.4)/0.2				3.5/(4.0)/0.2				3.5/0.4/3.5/0.10		3.5/0.19/3.5/0.04					
p≥560					11.4/1.3/9.2/0.54					3.5/(6.4)/0.2				3.5/(4.0)/0.2				3.5/0.4/3.5/0.10		3.5/0.19/3.5/0.04					
污染物项目	未控制				Tier 1				Tier 2				Tier 3				Tier 4I				Tier 4f				
CO/HC/NOx/PM	未控制				Tier 1				Tier 2				Tier 3				Tier 4I				Tier 4f				
CO/ (HC+NOx) /PM	未控制				Tier 1				Tier 2				Tier 3				Tier 4I				Tier 4f				

图 1 美国各排放阶段污染物排放限值

4.1. 发展历程及背景

4.1.1. Tier 1

1994年发布的Tier 1阶段排放标准适用于额定功率大于等于37kW的非道路移动机械用柴油机，标准要求根据柴油机功率大小于1996-2000年分段实施。37kW以下功率段柴油机的排放控制要求在1998年提出。这主要是因130-560kW功率段柴油机的排放控制技术与车用柴油机相似，Tier 1先是针对该功率段开始实施，在难以将车用柴油机控制技术进行移植的功率段，为给生产企业足够的时间来开发实用技术，标准实施时间被延后。

Tier 1主要是为了降低非道路柴油机的NOx和烟雾排放。在制定初期，EPA对用于测量HC、CO和PM的稳态测试循环的代表性表示怀疑，主要是因为这三类污染物的排放往往是在瞬时工作过程中上升，但为与加州和欧盟的监管相协调，这类污染物仍被引入到对130kW及以上功率段柴油机的排放控制要求中。

此外，Tier 1还包括柴油机生产企业可以采用平均、存储和交易（ABT）计划等灵活性措施，允许生产企业在实施过渡期内使用不被管制的柴油机。

4.1.2. Tier 2

1998年EPA发布了非道路移动机械用柴油机Tier 2及Tier 3（EPA, 1988b），Tier 2于2001-2006年依据柴油机功率实施，几乎与EPA 1988年的道路重型车辆标准平行。130-560kW柴油机的PM限值降低63%，并首次将37-130kW柴油机纳入到标准中。此外，Tier 2改变了以往对非甲烷碳氢化合物（NMHC）和氮氧化物（NOx）

单独制定限值的方式，为两者制定一个联合限值，引入了对自然吸气柴油机的曲轴箱排放的控制要求。Tier 2因引入耐久性要求，提高了其严格程度，要求生产企业证明柴油机在整个使用寿命期间的排放都可以满足标准要求。除柴油机生产企业的ABT计划外，另为原始设备制造商（OEM）制定了过渡计划，某一特性功率柴油机标准实施之后，OEM具备7年过渡期，可以销售一定比例Tier 1阶段产品。

4.1.3. Tier 3

2006–2008年期间，37–560kW非道路用柴油机开始实施Tier 3，标准与EPA在2004年发布的道路重型车辆标准类似。NMHC+NO_x的限值相比于Tier 2降低了39%，二氧化碳（CO₂）限值沿用Tier 2。

Tier 3制定时，瞬态测试循环尚未出现，也没有相应严格的非道路用柴油机硫含量的要求，并没有加严PM限值。

4.1.4. Tier 4

Tier 4从2008年开始实施，2008年到2014年为标准的过渡时期（Tier 4i），2014年后正式实施（Tier 4f）。在Tier 4i相比Tier 3只加严了NO_x排放限值，Tier 4f又加严了颗粒物排放限值，这样既给企业留出了足够时间进行产品升级，也避免了直接切换至Tier 4f，导致机械销售价格激增。

非道路机械多样性增加了监管的复杂性，除19kW以下发动机外，Tier 4的排放要求与2007–2010年公路用卡车和汽车发动机要求较为相似，需使用DPF和NO_x后处理装置。低硫燃料（15ppm）使得对基于催化剂的排放控制系统（例如催化颗粒过滤器和NO_x吸附器/催化剂）的使用得以实现。此外，Tier 4及后期的修正案引入了一些额外的规定：

① 不透光烟度

现有2–3级不透光烟度标准及试验程序仍适用于某些发动机，具有排气烟度豁免的发动机需经认证符合PM的排放要求，即等于或小于0.07 g/kWh。

② 曲轴箱排放

Tier 4并不要求非道路发动机关闭曲轴箱通风。但是，使用开式曲轴箱的发动机必须测量曲轴箱污染物排放，并加入对发动机污染物排放的评估中。

③ 尿素加注间隔

对于使用SCR的非道路移动机械，最小的尿素加注间隔应至少与机械燃料加

注时间相同（以发动机工作小时数计）。

④ 氨（NH₃）排放

标准中并未对氨排放量进行管制，但美国环保署建议在适用测试循环内平均氨泄漏量应低于10ppm。

⑤ 紧急操作

为了在紧急情况下使用非道路移动机械，发动机可以配备相应程序以限制排放控制系统性能，如在紧急情况下，允许发动机在没有尿素时继续工作。这种情况主要针对建筑设备、用于临时发电和防洪的便携式设备。

4.2. 发展趋势

Tier 4对非道路机械的排放控制已足够严格，但仍不能足以要求生产企业使用DPF和SCR组合系统来控制颗粒物和NO_x排放，特别是颗粒物排放要求相较于上一阶段几乎没有加严。因此，美国非道路移动机械排放控制标准会朝着继续加严各污染物排放控制限值，推动对排气污染物包括非常规污染物控制技术研究。美国加州已于2021年开始进行Tier 5法规的制定工作。

同时，随着全球对非道路移动机械整机排放控制愈加重视，加强对整机排放监管也是下一阶段重点研究内容。

4.3. 管理方式、机构和相关制度

发动机生产企业将其产品根据EPA规定划入不同的系族，并确定该系族的源机，并向EPA提交认证申请，企业可以根据自身情况，选择相应排放认证方法：

4.3.1. 满足规定的排放标准

所有认证系族内的发动机都必须满足EPA排放标准，不需要采用平均、存储和交易手段来满足认证要求；

4.3.2. 满足系族排放标准

生产企业自行确定认证发动机系族排放标准，使用平均、存储和交易手段满足认证要求。在每一个型式年（Model year），发动机生产企业对每一个发动机系族进行排放认证，满足要求后可获得排放合格标签，之后才可开始销售。

另外，EPA会基于生产企业的生产规模、某一发动机特定的排放控制技术等特性对企业生产某一系族发动机进行选择性抽样检测，以确定该发动机满足排放

标准要求，若不满足，则会要求该发动机停止出售，直至整改并获得通过。EPA有权要求发动机生产企业召回不满足标准要求的发动机。

美国《空气清洁法》section 206授权给EPA对新生产发动机进行监督检查和测试的权利：检验生产企业批量生产产品，以及最终产品是否符合法规；每个发动机是否正确安装了正确零部件；生产企业的认证测试程序是否正确；使用寿命期内的发动机是否符合法规限值。因此，监督管理分为EPA检查和企业检查两个部分，以企业自检查为主，EPA审核资料为辅（不排除EPA亲自检查），通过系列方法保证发动机排放在整个使用寿命期内达标，相关的管理制度在排放标准中都有明确、详细的论述，方便操作，强调信息的可追溯性。

企业自检查包括“确认试验”、“审核过程”、“生产线试验”和“在用发动机检测”四部分。

① 确认试验

要求发动机生产企业对新机型进行确认试验，试验结果和信息需报EPA，并作为认证申请内容。

② 审核过程

EPA可能要求在试验室对该新机型进行重复试验。生产企业应将有关记录保留8年时间（包括试验条件）。

③ 生产线试验 (PLT)

生产企业应对其下线的发动机进行排放试验，并将结果运用统计学方法进行生产一致性确认，通过早期控制手段来检查和修正错误，将排放控制费用最小化。EPA对进行PLT试验的抽样数量有规定，生产企业应将PLT结果报EPA（每季度后45天内），并将相关记录保留8年。若试验结果表明某一发动机系族排放超标，则暂停该系族认证证书，EPA将与生产企业一起检查和调整生产问题，生产企业必须采取补救措施。恢复认证证书是在PLT试验通过后，生产企业提交一份同初次检查时相同报告和申请恢复生产的报告。

④ 在用发动机检测

生产企业应对实际使用了一年以上的发动机进行检测，以确认在有效使用寿命期内发动机是否符合排放标准的要求。相关检测信息需报EPA。

⑤ 选择性强制检查

EPA有权对所有发动机和机械生产企业进行选择强制性检查，并通过检查来核查生产企业申报数据的可信性，检测程序是否符合法规要求等。具体过程可能为在EPA监督下在同一试验室重复确认试验。SEA检查对象的选取来自生产企业报EPA的一定时期内产品计划，EPA从中选择。

有关SEA检查结果生产企业应保留1年以上时间。

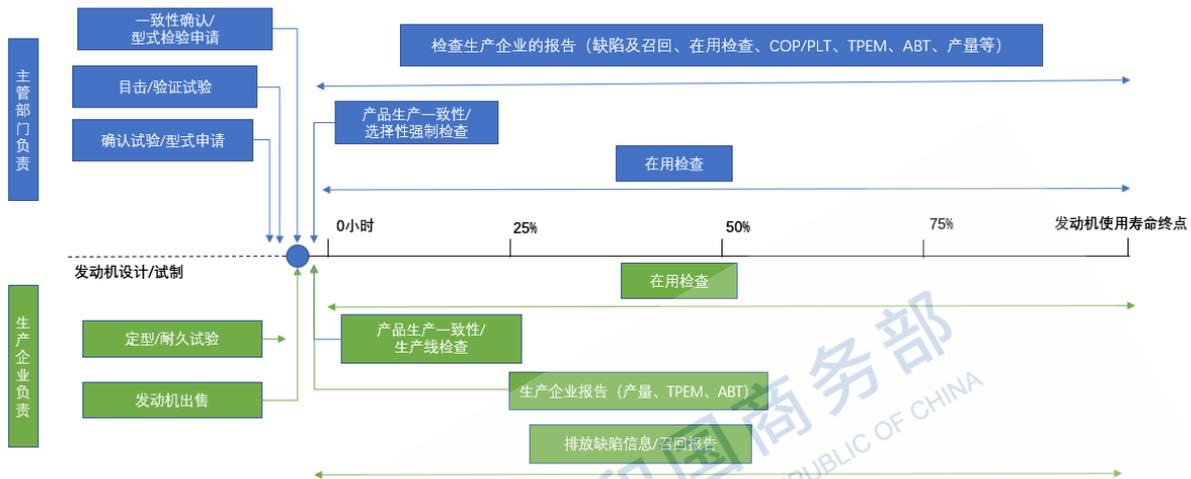


图2 美国非道路移动机械法规要求

4.4. 测试技术

全球统一的非道路移动机械（NRMM）排放法规是第11号全球统一技术法规（Global technical regulation No. 11），于2009年11月12日颁布。该法规没有制定统一的排放限值要求，也没有统一的实施日期，只规定了排气污染物的测量方法，该方法直接与欧美第四阶段测量方法的要求相对应，适用于净功率不小于19kW且不大于560kW的农用车、拖拉机和非道路移动机械用柴油机。

从Tier 4及Stage IIIB开始，非道路用柴油机排气污染物的测量需通过稳态及瞬态测试，以获得柴油机的认证。

稳态测试循环（NRSC, non-road stead-state test cycle）等同于ISO 8178 C1（8 mode）测试循环，用于测试除恒转速（ISO 8178 D2）、以及19kW以下非恒转速（ISO8178 G2）外的多数非道路用柴油机。稳态测试循环包含一系列规定了柴油机转速和扭矩的离散工况点，每一工况赋予不同权重得到整个循环的排放情况，如图3所示。

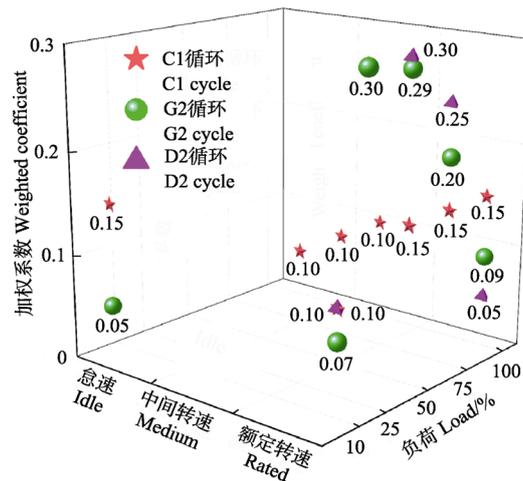


图3 非道路移动机械用柴油机试验循环

瞬态测试循环 (NRTC, non-road transient test cycle) 类似于车用柴油机的ETC试验循环, 时间有所缩短, 整个试验循环为1238秒, 该试验循环只适用于非恒定转速的非道路移动机械用柴油机, 试验循环见图4。

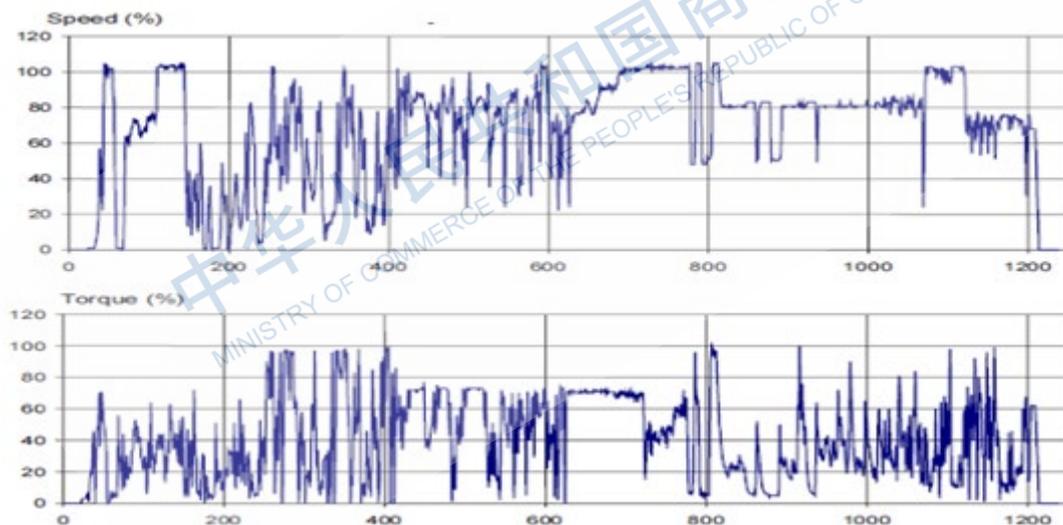


图4 NRTC 试验循环

NRTC由七种常见的非道路移动机械典型工作周期组成, 一共需运行两次, 一次冷启动, 一次热启动, 分别给予不同权重 (EPA为5%、95%; 欧盟为10%、90%) 计算得到循环的平均排放量^[16]。

Tier 4还要求非道路移动机械必须满足没有在任何具体测试程序下进行的NTE标准。NTE标准于2011年开始适用于130kW以上的发动机, 2012年增加56kW至130kW的发动机, 在2013年增加56kW以下的发动机。在大多数发动机中, NTE限值设置为每种污染物常规标准的1.25倍。在NO_x低于2.5g/kWh标准或PM低于

0.07g/kWh标准要求的发动机中，NTE乘数为1.5。NTE标准不仅适用于验证用发动机，也适用于发动机的整个寿命周期。添加该测试要求的目的是防止发动机电控系统影响发动机在标准循环下的测试结果。

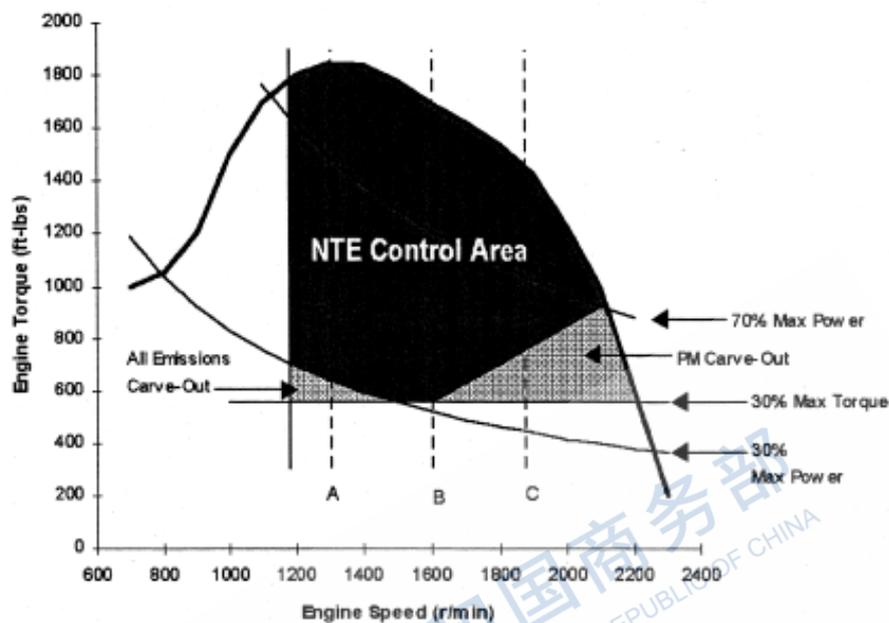


图5 Not-to-exceed 区间示意图

5. 小汽油机欧盟市场的技术法规、标准和合格评定程序

5.1. 法规、认证

5.1.1. 排放

欧洲共同体欧洲议会和欧洲理事会于1997年12月16日发布了97/68/EC欧盟指令《非道路移动机械用内燃机气体和颗粒排放污染物治理措施》，这是在这一领域内欧洲首次发布的指令，提出了对非道路用压燃式发动机的排放要求，原指令只适用于18-560kW范围的柴油机，不包括汽油机，但说明了可扩展至汽油机。

2000年12月18日又对该指令提出了一项修正案建议，将其内容增加了非道路用小型汽油机部分。2002年12月9日，欧洲议会和欧洲理事会发布了2002/88/EC指令，将2000年建议的小汽油机部分以正式指令发布，该指令增加了19kW以下的手持式和非手持式火花点火发动机stage I 和stage II 排放要求，该指令于2004年8月开始正式实施。

2004年发布了2004/26/EC指令，该指令覆盖了19kW-560kW（原下限为18kW，后考虑国际协调统一而改为19kW）非道路移动机械用柴油发动机，包含了有轨车，

铁路机车和内陆船等内容。

2010年3月31日欧洲议会和欧盟理事会发布了2010/26/EU指令，主要增加了压燃式发动机的冷启动要求，修改了稳态测试工况和瞬态测试程序，延长了两种专业用途手持式汽油机的排放达标期限。

2012年12月6日发布了2012/46/EU指令，主要完善了柴油机stageIV排放阶段的认证要求，并要求对额定功率19kW以下的汽油机在发动机上要对排放阶段用罗马数字进行清晰的标识。

2016年9月14日欧洲共同体欧洲议会和欧洲理事会发布了2016/1628/EU指令，该指令将直接取代97/68/EC指令及其后的一系列修正指令。97/68/EC至2012/46/EC指令中汽油机分为stage I 和stage II 两个排放阶段，柴油机分为了stage I、stage II、stage IIIA、stage IIIB和stage IV阶段，所以2016/1628/EU指令中汽油机和柴油机排放阶段统称为stage V，并且涵盖大功率汽油机($P > 19\text{kW}$)，小功率柴油机 ($P < 19\text{kW}$)，也就是对整个功率段范围内的汽油机柴油机都规定了排放限值。该指令将于2018年1月1日起强制实施。

5.1.2. 安全

欧盟没有针对小汽油机安全的单独法规。

5.1.3. 噪音

欧盟没有针对小汽油机噪音的单独法规。

5.1.4. 有害物质

欧盟没有针对小汽油机有害物质的单独法规。

5.1.5. 其它

欧盟针对小汽油机驱动的终端机械有安全指令、噪音指令、有害物质指令 (RoHS)、EMC、WEEE、PAHS要求。

5.2. 标准体系

5.2.1. 标准介绍

5.2.1.1. 排放发动机分类

非道路点燃式小汽油机在欧盟的分类方式也是首先根据用途分为手持式和

非手持式，而后按照排量的大小加以细分，表37所示为第I、II阶段的分类要求。

表37 欧洲小汽油机排放标准发动机分类（I、II阶段）

类别	种类	排量 (cc)
手持式发动机	SH:1	<20
	SH:2	[20, 50)
	SH:3	≥50
非手持式发动机	SN:1	<66
	SN:2	[66, 100)
	SN:3	[100, 225)
	SN:4	≥225

小汽油机第V阶段排放标准的发动机分类有所变化，主要变化有：

- ① 手持式发动机以排量50cc分界点，由第一、二阶段的3小类简化为2小类；
- ② 引入“速度模式”作为分类标准，结合排量大小划分出更为细致的子类别；
- ③ 80cc≤排量<225cc的非手持式发动机结合“速度模式”细分；
- ④ 排量<80cc的非手持式发动机归入手持式类别。

小汽油机第V阶段排放标准的发动机分类参加表38。

表38 欧洲小汽油机排放标准发动机分类（V阶段）

类别	速度模式	排量 (cc)	子类别
NRSh 手持式发动 机	变转速或恒转速	SV<50	NRSh-v-1a
		SV≥50	NRSh-v-1b
NRS 非手持式发动 机	变转速，额定转速 或恒转速	80≤SV<225	NRS-vr-1a
		SV≥225	NRS-vr-1b
	变转速，中间转速	80≤SV<225	NRS-vi-1a
		SV≥225	NRS-vi-1b

5.2.1.2. 排放限值

欧洲小汽油机I、II、V阶段的排放限值参见表39、表40和表41。

表39 欧洲小汽油机排放标准发动机排放限值（I阶段）

种类	CO (g/kW. h)	HC (g/kW. h)	NO _x (g/kW. h)	HC+NO _x (g/kW. h)
SH:1	805	295	5.36	
SH:2	805	241	5.36	
SH:3	603	161	5.36	
SN:1	519			50
SN:2	519			40
SN:3	519			16.1
SN:4	519			13.4

表40 欧洲小汽油机排放标准发动机排放限值（II阶段）

种类	CO (g/kW. h)	HC+NO _x (g/kW. h)
SH:1	805	50
SH:2	805	50
SH:3	603	72
SN:1	610	50
SN:2	610	40
SN:3	610	16.1
SN:4	610	12.1
所有级别的NO _x 排放不得超过10g/kW. h		

表41 欧洲小汽油机排放标准发动机排放限值（V阶段）

类别	子类别	CO (g/kWh)	HC + NO _x (g/kWh)
NRSh	NRSh-v-1a	805	50
	NRSh-v-1b	603	72
NRS	NRS-vr-1a	610	10
	NRS-vi-1a		
	NRS-vr-1b	610	8
	NRS-vi-1b		

与欧洲第II阶段排放标准相比，欧洲第V阶段排放限值有如下变化：

- ① 手持式发动机类别发生了变化，但手持式发动机排放限值维持不变；
- ② 非手持式发动机HC+NO_x排放限值加严；
- ③ 取消对于NO_x 不得超过10g/kW.h的排放限值要求。

5.2.1.3. 耐久期

欧洲第I阶段仅要求发动机的初始排放达标即可，自第II阶段起，有了耐久性要求，要求发动机在整个使用寿命内均要满足限值要求，发动机生产家在申请产品型式认证时应就每一发动机系族申报所适用的EDP（排放耐久期）类别，该类别应尽可能接近发动机配套机械的预期使用寿命，表42为第II阶段排放标准耐久性要求，表43为第V阶段排放标准耐久性要求，制造厂家应能提出选择的依据。

表42 欧洲小汽油机第II阶段排放标准耐久性要求

类别	1	2	3
SH:1	50	125	300
SH:2	50	125	300
SH:3	50	125	300
SN:1	50	125	300

SN:2	125	250	500
SN:3	125	250	500
SN:4	250	500	1000

表43 欧洲小汽油机第V阶段排放标准耐久性要求

类别	1	2	3
NRSh-v-1a	50	125	300
NRSh-v-1b	50	125	300
NRS-vr-1a	125	250	500
NRS-vr-1b	250	500	1000
NRS-vi-1a	125	250	500
NRS-vi-1b	250	500	1000

生产厂家应提出劣化系数（DF）供型式认证和生产中检查用。发动机测出的排放值 \times DF \leq 规定限值，方视为符合标准。DF值应通过发动机的老化运转求出：在耐久期后测得的排放值除以新机（排放已稳定后）上测得的排放值，即DF值。

5.2.1.4. 实施日期

根据2016/1628/EU指令规定，自2018年1月1日起NRSh和NRS发动机必须按照欧洲第V阶段的要求进行型式认证。

关于投放市场的日期，在第V阶段开始实施12个月后，凡是满足第V阶段限值要求的发动机（无论单机或已配套的发动机），各成员国应允许其投入市场，新生产的发动机如未经认证达到第V阶段限值要求则不得投入市场。对于过渡发动机，过渡期为投入市场日期之后的24个月，即过渡发动机或安装有过渡发动机的非道路移动机械可以允许销售至2020年12月31日。扫雪机产品可以允许更长的过渡期，可以销售至2022年12月31日。

欧V实施日期及投入市场日期见表44。

表44 欧洲小汽油机第V阶段排放标准的实施日期

类别	子类别	本法规的强制性应用日期	
		发动机欧盟型式核准的应用	投入市场
NRSh	NRSh-v-1a NRSh-v-1b	2018年1月1日	2019年1月1日
NRS	NRS-vr-1a NRS-vi-1a NRS-vr-1b NRS-vi-1b	2018年1月1日	2019年1月1日

6. 小柴油机欧盟市场的技术法规、标准和合格评定程序

从1997年发布指令97/68/EC, 对额定净功率在18-560kW之间非道路移动机械用柴油机的污染物排放进行控制。适用于工业用钻机、压缩机、轮式装载机、推土机、非公路用卡车、挖掘机、叉车、道路养护设备、铲雪车、机场地面支持设备、塔吊和轮式起重机, 农业和林业机械拖拉机也制定了相同的标准, 但具体的执行日期不同, 该法规不适用于轮船、机车、飞行器和发电机组用发动机。

随着大气污染情况及行业发展的变化, 2004年4月21日, 欧洲开始采用97/68/EC修订指令2004/26/EC、2006/105/EC和2010/26/EU, 修改控制要求及指令的适用范围。2016年9月14日, 欧盟发布了非道路移动机械用最新的污染物排放标准, 即EU2016/1628。2016年11月19日又陆续发布了EU2016/1628的配套法规即EU2017/654技术要求、EU2017/655在用机械管理要求和EU2017/656文件管理要求。

柴油机功率 (kW)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
P<8																									8.0/(7.5)/0.4	
8≤p<19																									6.6/(7.5)/0.4	
19≤p<37																									5.0/(4.7)/0.015	
37≤p<56																									5.0/(4.7)/0.015	
56≤p<75																									5.0/0.19	
75≤p<130																									5.0/0.19/0.40/0.02	
130≤p<225																									5.0/0.19/0.4/0.015	
225≤p<450																									3.5/0.19/0.4/0.015	
450≤p<560																									3.5/0.19/3.5/0.045	
p≥560																									3.5/0.19/3.5/0.045	
污染物项目																										
CO/HC/NOx/PM	未控制		Stage I				Stage II				Stage IIIA				Stage IIIB				Stage IV				Stage V			
CO/(HC+NOx)/PM	未控制		Stage I				Stage II				Stage IIIA				Stage IIIB				Stage IV				Stage V			

图6 欧盟各排放阶段污染物排放限值

6.1. 发展历程及背景

6.1.1. Stage I

97/68/EC作为欧盟对非道路移动机械用柴油机的第一阶段排放标准，于1999-2002年分阶段实施（EC，1997年）。欧盟委员会于2000年通过了另一项指令2000/25/EC（EC，2000）中对农用拖拉机实施监管，要求农用拖拉机在2001年、2002年分别开始实施Stage 1、Stage 2。

Stage 1的限值与EPA Tier 1的限值相同，适用于37-560kW的柴油机，对所有功率段均制定了相应的HC、CO及PM限值，且CO排放限值要求相较于EPA削减50%以上。欧盟并没有执行对应的烟度排放标准。

6.1.2. Stage II

Stage II同样包含在97/68/EC指令中，该标准适用18-560kW功率段的柴油机，于2002、2003年分阶段实施。与第一阶段相比，PM和NO_x的限值分别降低了55%和30%。与EPA Tier 1、Tier 2不同，欧盟Stage I、II并不适用于发动机组用恒转速柴油机。

6.1.3. Stage III

2004/26/EC是2004年欧盟颁布的Stage IIIA阶段，于2006-2007分段实施，相当于EPA Tier 3，适用于19-560kW功率段柴油机。恒转速柴油机也首次被纳入到标准适用范围内。

Stage IIIA允许柴油机生产企业在两阶段标准实施间隔期间，销售一定比例II阶段柴油机，该比例应是一个固定数量或五年内平均销售额百分比，该计划适用于从Stage II至Stage IV过渡期。

Stage IIIB是通过指令2004/26/EC发布，于2011-2013年分段实施。B阶段标准适用于37-560kW功率段的柴油机，基本与EPA Tier 4i一致，但37-56kW的PM排放限值比Tier 4i降低约90%。因EPA报告中排放数值要求四舍五入至小数点后两位，导致56-560kW也与Tier 4i不同。恒转速及37kW以下功率柴油机不适用于本标准。B阶段引入了氨排放的限值，在适用测试循环内的排放不得超过25ppm。此外，标准适用功率段范围内的柴油机均需进行瞬态循环（NRTC）排放测试。

6.1.4. Stage IV

2005年欧盟通过2004/26/EC指令作为非道路用柴油机及农、林拖拉机的第四阶段排放标准，于2014年开始实施，对大多数功率段的要求基本等同于EPA Tier 4f，19-37kW功率段沿用III阶段要求。标准将氨排放限值降至10ppm，相应的美国非道路用柴油机法规中并没有氨排放限值。

6.1.5. Stage V

Stage V于2014年提出，引入了颗粒物数量(PN)排放限值，19kW以下及560kW以上功率段柴油机也被引入标准适用范围。19-560kW之间柴油机的PM排放限值较于Stage V降低约40%。

Stage V 引入了在用符合性检查（使用PEMS进行机械排放测试），与道路用柴油机在用符合性检查不同，非道路用柴油机在用符合性检查并没有制定限值或符合因子，只是要求生产企业进行检测和报告，标准也没有包含OBD项目。

6.2. 发展趋势

欧盟主管部门一直受发动机和生产企业的压力，要求可以协调世界各地的排放标准，以简化不同市场的发动机开发和排放的认证。欧盟I、II阶段的要求与美国相一致，III、IV阶段也很大程度上与美国类似，但在V阶段这种协调被打破，受PN限制，标准适用范围内的发动机须使用DPF，而美国Tier 4则可以不适用。由此可以看出，未来欧盟会逐步根据自身的环保需求与行业现状，制定切合自身需求的标准要求。

此外，欧洲V阶段标准要求欧盟委员会就非道路用发动机的未来排放法规提交两份报告：

① 到2018年底，评估对现有的非道路移动机械进行排放后处理装置改装的可行性；

② 到2020年底，进一步评估污染物的减排潜力，明确当前不在标准监管范围内的潜在污染物类型。

V阶段标准要求的整机排放测试并没有限值，由此可以看出，根据报告的评估结果，欧洲非道路移动机械排气污染物控制标准会进一步调整排气污染物排放限值，同时研究提出潜在污染物的控制要求。

随着世界各国对非道路移动机械在实际使用时的排放情况越来越重视，欧洲会逐步提高对在用非道路移动机械污染物排放的控制要求，针对高排放的机械会

提出针对性的后处理改造措施，进一步降低在用机械的污染物排放。

6.3. 管理方式、机构和相关制度

6.3.1. 法规制定过程

欧盟主要有法规和指令两个立法机制，法规主要应用于欧盟具有完全权利的技术层面，而指令是多数环境问题普遍选用的方式，因其只需确定需要实现的目标，具体实施细则由各成员国自行确定。欧盟内部环境管理责任由欧盟及贸易成员国共同负责，立法机构主要有包括：欧盟理事会Council of the European Union、欧盟委员会European Commission、欧洲议会European Parliament (EP)。

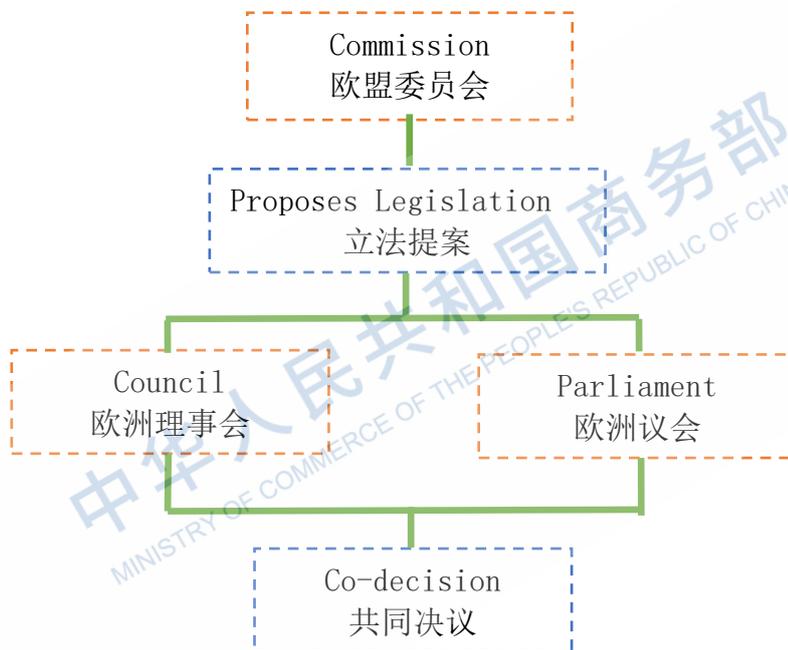


图7 欧盟立法流程

欧盟的立法一般由欧盟委员会提起新的立法建议，但是要由理事会和议会通过才能形成法律。其他的机构组织也可以参与到立法过程中。

另外，欧盟环境局还会在欧盟及其各成员制定改善环境的政策时，综合环境因素、经济政策、可持续发展等因素，提出一些意见建议。

6.3.2. 产品管理制度

为在欧盟市场内形成统一的市场，从而节约企业认证及生产成本，同时为大众提供统一核查法律法规，欧盟指令中规定了认证程序，未通过认证的柴油机禁止在欧盟市场内生产、销售、注册登记和使用，若产品已通过认证，欧盟内部和

欧洲经济区域内的任何一个国家不得限制和阻止该产品的流通。

欧盟产品的认证模式分为型式检验（type-examination）、型式核准（conformity to type）、生产质量保证（production quality assurance）和产品验证（product verification）。其中，型式核准是保证非道路移动机械能够满足排放标准和产品一致性的重要措施，欧洲非道路移动机械管理制度首先是由制造企业提出申请，型式核准机关接受申请后进行型式检验，合格后颁发核准证书，型式检验是通过型式核准部门直接监督管理。

型式核准要求建立相应的技术文件，及时维护与更新，以备监督部门随时检验，技术文件通常包括：制造商（欧盟授权代表）名称、产品号、地址、型号、编号、产品说明书、产品技术条件、关键零部件清单、试验报告、相关认证证书等。

欧盟对非恒定转速发动机还可以选用快速过渡模式试验（见表45、46）。

表45 九工况快速过渡模式试验（非恒速发动机可选用）

状态	试验时间(s)	转速	扭矩百分比(%)
1a 稳态	126	怠速(热)	0
1b 过渡	20	线性过渡	线性过渡
2a 稳态	159	中间转速	100
2b 过渡	20	中间转速	线性过渡
3a 稳态	160	中间转速	50
3b 过渡	20	中间转速	线性过渡
4a 稳态	162	中间转速	75
4b 过渡	20	线性过渡	线性过渡
5a 稳态	246	额定转速	100
5b 过渡	20	额定转速	线性过渡
6a 稳态	164	额定转速	10
6b 过渡	20	额定转速	线性过渡
7a 稳态	248	额定转速	75
7b 过渡	20	额定转速	线性过渡
8a 稳态	247	额定转速	50

8b 过渡	20	线性过渡	线性过渡
9 稳态	128	怠速（热）	0

表46 五工况快速过渡模式试验（恒速发动机可选用）

状态	试验时间(s)	转速	扭矩百分比(%)
1a 稳态	53	设定转速	100
1b 过渡	20	设定转速	线性过渡
2a 稳态	101	设定转速	10
2b 过渡	20	设定转速	线性过渡
3a 稳态	277	设定转速	75
3b 过渡	20	设定转速	线性过渡
4a 稳态	339	设定转速	25
4b 过渡	20	设定转速	线性过渡
5 稳态	350	设定转速	50

与美国EPA NTE要求类似，欧盟标准引入了控制区要求，适用于所有非道路移动机械用转速发动机。控制区是由发动机四条特性曲线确定的一个区域，基本包括了发动机日常的运转区间，这四条曲线分别为发动机功率曲线、转速A、最大扭矩30%、30%功率对应的扭矩曲线。这四条曲线围成的最小区域即为控制区（见图8）。

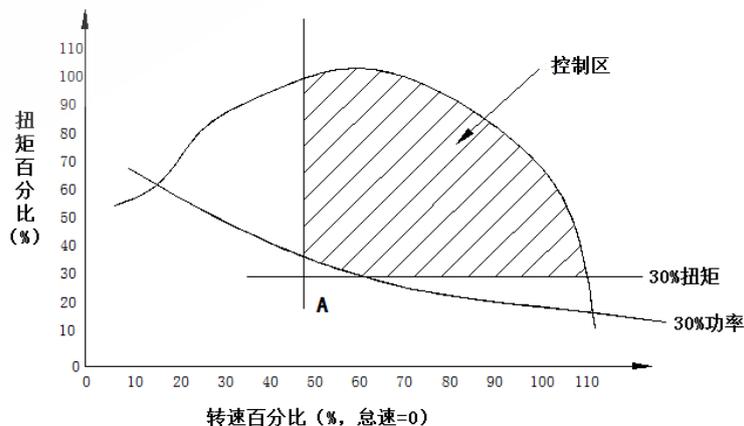


图8 柴油机控制区

在控制区内随机选择三个点，稳态工况测试结束后立即进行控制区的排放测试，这样能够保证柴油机前后运行在同一个状态，然后对三个点的四种污染物分

别进行单点比排放量计算。针对19kW以下机型根据转速不同还规定了不同的控制区。见图9、图10。

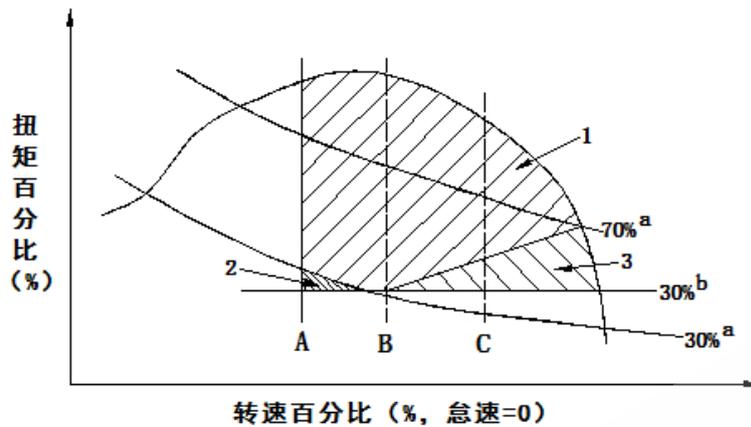


图 9 19kW 以下转速 $C < 2400\text{r/min}$ 发动机控制区

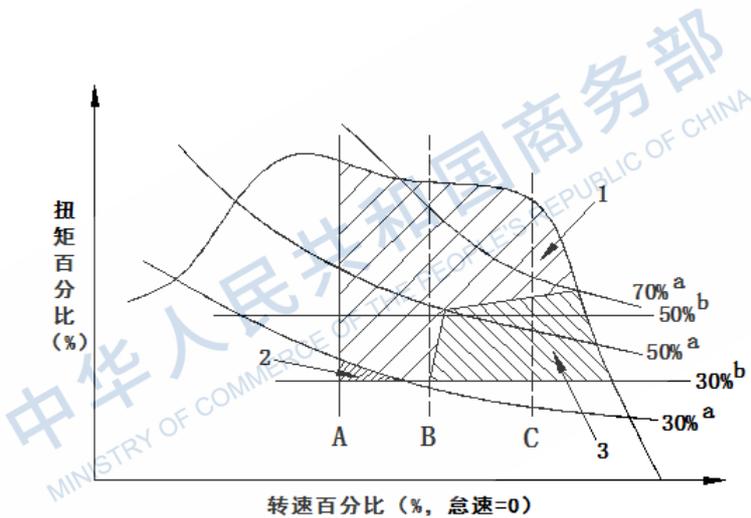


图 10 19kW 以下转速 $C \geq 2400\text{r/min}$ 发动机控制区

控制区要求企业在产品标定阶段细化喷油控制策略，有效避免失效策略的应用。

7. 小汽油机其它市场的技术法规、标准和合格评定程序

7.1. 俄罗斯

7.1.1. 排放

俄罗斯对小汽油机排放无单独法规要求。

7.1.2. 安全

俄罗斯对小汽油机安全无单独法规要求。

7.1.3. 噪音

俄罗斯对小汽油机噪音无单独法规要求。

7.1.4. 有害物质

俄罗斯对小汽油机有害物质无单独法规要求。

7.1.5. 其它

对于小汽油机驱动的终端机械，俄罗斯有海关联盟认证（CU-TR）的要求。

7.2. 土耳其

7.2.1. 排放

土耳其对小汽油机的排放有要求，相关要求等同于欧盟97/68/EC指令。

7.2.2. 安全

土耳其对小汽油机安全无单独法规要求。

7.2.3. 噪音

土耳其对小汽油机噪音无单独法规要求。

7.2.4. 有害物质

土耳其关于有害物质的相关要求，涉及到小汽油机，具体依据的是国内电池法。

7.2.5. 其它

土耳其对小汽油机驱动的终端机械有EMC的要求，具体参照2004/108/EC EMC指令，但标示、使用说明书、适合宣言的语言采用土耳其语。

7.3. 菲律宾

7.3.1. 排放

菲律宾对小汽油机排放无单独法规要求。

7.3.2. 安全

菲律宾对小汽油机安全无单独法规要求。

7.3.3. 噪音

菲律宾对小汽油机噪音无单独法规要求。

7.3.4. 有害物质

菲律宾对小汽油机有害物质无单独法规要求。

7.3.5. 其它

菲律宾对小汽油机驱动的终端机械有有害物质的相关要求。

7.4. 希腊

7.4.1. 排放

希腊对小汽油机排放有法规要求，依据97/68/EC。

7.4.2. 安全

希腊对小汽油机安全无法规要求。

7.4.3. 噪音

希腊对小汽油机噪音无法规要求。

7.4.4. 有害物质

希腊对小汽油机有害物质无法规要求。

7.4.5. 其它

希腊对小汽油机驱动的终端机械有有害物质RoHS和PAHS、EMC和安全的要求。

7.5. 罗马尼亚

7.5.1. 排放

罗马尼亚对小汽油机排放有法规要求，依据97/68/EC。

7.5.2. 安全

罗马尼亚对小汽油机安全无法规要求。

7.5.3. 噪音

罗马尼亚对小汽油机噪音无法规要求。

7.5.4. 有害物质

罗马尼亚对小汽油机有害物质无法规要求。

7.5.5. 其它

罗马尼亚对小汽油机驱动的终端机械有有害物质RoHS和PAHS、EMC和安全的要求。

7.6. 尼日利亚

7.6.1. 排放

尼日利亚对小汽油机排放无单独法规要求。

7.6.2. 安全

尼日利亚对小汽油机安全无单独法规要求。

7.6.3. 噪音

尼日利亚对小汽油机噪音无单独法规要求。

7.6.4. 有害物质

尼日利亚对小汽油机有害物质无单独法规要求。

7.6.5. 其它

小汽油机驱动的终端机械出口到尼日利亚，需要做SONCAP认证。

8. 小柴油机其它市场的技术法规、标准和合格评定程序

美国在1994年发布非道路移动机械柴油机排放控制标准，紧随其后的是欧盟在1997年发布。为避免对柴油机的销售造成影响，双方各阶段标准的技术要求几乎等同。美国及欧盟排放标准体系指导了世界上大部分国家非道路移动机械排放标准的制修订，如表47、图8.1所示。

表47 全球非道路移动机械排放法规

国家	排放标准	功率范围(kW)	实施时间	等同标准
				EPA Tier3
巴西	MAR-I	19-560	2015-19	/ EU Stage IIIA
加拿大	Tier 2、Tier 3	0-P>560	2006-2007	EPA Tier 2/3
	Tier 4i	56-560	2012-2014	EPA Tier4i

	Tier 4	0-P>560	2015	EPA Tier 4f
	I	0-560	2007	EU Stage I
中国	II	0-560	2009	EU Stage II
	III	0-P>560	2014	EU Stage IIIA
	BS-I (农业机械)	0-560	1999	-
	BS-II(农业机械)	0-560	2003	-
	BS-III (农业机 械)	0-560	2005	EPA Tier 1
印度	BS-II(工程机械)	0-560	2007	EU Stage 1
	BS-III (工程机 械)	0-560	2011	EPA Tier 2/3
	BS-IIIA (农业机 械)	0-560	2011	EPA Tier 2/3
	2006-08	19-560	2006-2008	EPA Tier 3
日本	2011-13	19-560	2011-13	EPA Tier 4i
	2015-16	19-560	2015-16	EPA Tier 4f
	Tier 1	19-560	2004	EPA Tier 1
	Tier 2	19-560	2005	EPA Tier 2
韩国	Tier 3	19-560	2009	EPA Tier 3
	Tier 4	0-560	2015	EPA Tier 4f

可以看出,多数国家对非道路移动机械用柴油机的排放控制标准一直参照欧盟及美国体系,加拿大、日本和韩国现阶段实施的标准等同于美国Tier 4,印度参照美国Tier 3阶段标准,我国四阶段标准相当于欧盟IIIB阶段。

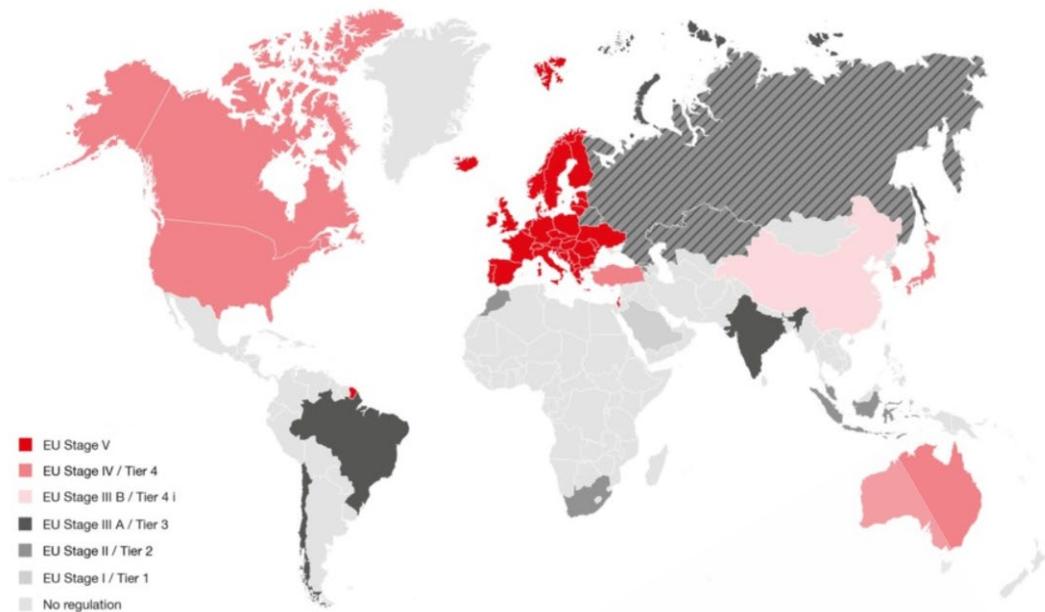


图 11 全球非道路移动机械排放法规实施情况

如表8.2所示，一些国家和地区采取了一些措施控制在用非道路移动机械污染物排放，进一步促使低排放柴油机和先进排放控制技术使用。

表48 其他国家或地区排放控制政策法规

地区	法规	简介
瑞士	空气污染管制条例	18kW以上的工程机械必须颗粒物排放必须满足最低标准，或安装经验证颗粒物过滤系统
加利福尼亚州	在用非道路柴油机械条例	淘汰、更换、改造老旧发动机，或安装经批准的后处理装置以降低发动机排放
纽约	地方法规 77	使用超低硫含量柴油和最佳可行技术（BAT），减少城市建设使用的37kW以上的非道路移动机械排放，符合Tier 4标准的发动机可被认为符

伦敦	NRMM低排区	合BAT规定 从2015年始，在大伦敦及 伦敦市内使用的 37-560kW非道路移动机 械分别达到IIIA、IIIB阶 段，2020年将需分别满足 IIIB、IV阶段
----	---------	---

9. 我国小汽油机排放标准与欧美国家的差异分析

9.1. 标准内容对比

9.1.1. 发动机分类

我国现行的GB26133-2010标准第二阶段的发动机分类方式与美国和欧盟第二阶段本质上是一致的，只是根据各国的习惯，表达方式不同。

但美国EPA第三阶段排放标准的分类方式与EPA第二阶段分类方式相比，将发动机类别从7类简化成5类，特别是针对非手持式发动机变成80cc和225cc两个排量分界点。对于欧洲V阶段排放标准而言，将发动机类别从7类简化成6类，其中手持式发动机只以50cc为界分成两个类别，非手持式发动机增加速度模式的分档要素。发动机分类出现不协调。

9.1.2. 尾气排放限值

我国现行的GB26133-2010标准第二阶段的发动机排放限值与欧盟一致，与美国的唯一区别在于，对于所有类别的发动机，针对NO_x排放有单独不超过10g/kW·h小时的要求。

对于美国EPA第三阶段排放限值和欧洲第V阶段排放限值而言，双方是一致的，便于我国制定第三阶段排放标准时协调。

9.1.3. 测试循环

我国现行的GB26133-2010标准第二阶段的发动机排放测试循环与美国EPA第二阶段一致，与欧盟第二阶段有一点小的区别，即国内排放测试循环第一点为最大功率点，而欧盟第二阶段排放测试循环第一点为额定功率点。

美国EPA第三阶段的排放测试循环与第二阶段的测试循环一致，欧盟第V阶段的排放测试循环与第二阶段有一点小的区别，将排放测试第一工况点由最大功率点替换原第二阶段标准所规定的额定功率点，与美国EPA第三阶段的排放测试循环一致。

9.1.4. 排放耐久性要求

我国现行的GB26133-2010标准第二阶段的发动机排放耐久性要求与美国EPA第二阶段、欧盟第二阶段一致。

美国EPA第三阶段标准的发动机排放耐久性要求与第二阶段标准没有本质区别，只是将每类发动机各档的排放耐久性要求进行了更清晰的界定。欧盟第V阶段标准的排放耐久性要求与第二阶段一致。

9.1.5. 测试燃油

我国现行的GB26133-2010标准所要求的基准燃油与美国EPA和欧盟都不一致。

9.1.6. 排放计算

我国现行的GB26133-2010标准第二阶段的发动机排放计算与欧盟第二阶段是一致的，与美国EPA标准第二阶段的发动机排放计算有小的差异，体现在四个方面：干/湿修正系数、湿基浓度、废气质量流量和湿度对于NO_x影响因数，但对试验的结果影响很小。

美国EPA第三阶段标准的排放计算与第二阶段相比，差异体现在：明确了饱和蒸汽压力和进气中水含量的计算公式，对湿度对NO_x的修正系数进行了修正。

9.1.7. 不同海拔高度的符合性要求

我国现行的GB26133-2010标准、欧盟第二阶段排放标准都没有针对不同海拔高度的排放符合性要求。美国EPA第二阶段排放标准有对不同海拔高度排放符合性的定性要求。

美国EPA第三阶段排放标准有满足不同海拔高度的排放符合性的明确要求。欧盟第V阶段排放标准没有相关要求。

9.1.8. 蒸发排放要求

我国现行的GB26133-2010标准、欧盟第二阶段排放标准以及美国EPA第二阶段排放标准都没有蒸发排放要求。

美国EPA第三阶段排放标准有蒸发排放要求，欧盟第V阶段排放标准没有相关要求。

9.1.9. 实施时间

我国现行的GB26133-2010标准第二阶段要求是从2013年1月1日开始实施的，非手持式发动机是2013年1月1日开始实施，手持式发动机是2015年1月1日开始实施。美国EPA第二阶段排放标准，非手持式设备是2001至2007年间逐步导入实施的，手持式设备是2002至2007年间逐步导入实施的。欧盟的第二阶段排放标准是2004年到2008年逐步导入实施的。

美国EPA第三阶段排放标准是2008年到2012年逐步导入实施的，欧盟第V阶段排放标准是从2018年1月1日开始实施。

9.1.10. 温室气体排放物

我国现行的GB26133-2010标准、欧盟第二阶段排放标准以及美国EPA第二阶段排放标准都没有温室气体排放要求。

美国EPA第三阶段标准需要申报CO₂、CH₄、N₂O排放数据，欧盟第V阶段标准需要申报CO₂排放数据。

9.1.11. 排放标签

美国、欧盟和我国对于排放标签的具体内容有不同要求：

美国EPA对于排放标签有明确的要求，排放标签必须包括以下内容：标题、公司名称和商标、系族名称、耐久时间、发动机排量、制造日期、排放控制系统和符合声明。

欧盟对于排放标签没有明确要求，只需要打刻或粘贴以下内容：制造商名称、商标、发动机型号、发动机编码、批准号码以及生产日期。

GB26133-2010标准以及环保信息公开对环保信息标签内容的综合要求是：环保信息标签、符合声明、环保信息公开编号、生产日期、发动机型号、名称、商标、机械类型、生产厂名称、发动机机型和生产厂名称、燃料喷射系统型式、ECU、氧传感器、化油器、空气喷射器、催化转化器、EGR、曲轴箱、增压器、中冷器、排气消声器。

9.2. 管理制度对比

9.2.1. 认证管理

美国EPA实施的是第一方自我认证，EPA将认证的相关要求向制造商公开，由制造商负责认证工作的实施，包括认证文件的准备以及认证测试等，如制造商愿意，制造商也可以委托第三方进行认证文件的准备以及认证测试。制造商开展EPA认证需要交纳认证费用，认证费用是以发动机系族为单位，每年单一系族认证费用会根据EPA相应工作费用支出预算以及认证工作量动态调整。EPA负责对制造商提交的认证申请文件进行审核和颁发证书。

欧盟实施的是第三方认证，每一欧盟成员国都有相应的发证机关，认证申请和测试是需要通过欧盟认可的技术服务机构如TUV等来实施的。认证测试可以在制造商的实验室进行，但该实验室需要经过TUV等技术服务机构的审核，并且需要有技术服务机构的工程师进行现场目击。证书由成员国发证机关认可的签证官来签发。

在2017年7月1日以前，我国实施的认证管理方式与欧盟类似，认证测试需要在环保部认可的测试机构完成，认证申请可以由制造商自己独立完成，也可以委托第三方。对于制造商而言，需要在生态环境部下属的机动车排污监控中心开设账户，账户开设需要交纳费用，但认证申请不需要交费。机动车排污监控中心负责对制造商提交的申请进行审核，并颁发型式核准证书。

2017年7月1日以后，我国开始实施环保信息公开制度。认证申请仍然由制造商自己独立完成，也可以委托第三方。认证测试不需要在环保部认可的测试机构完成，但相应的测试机构需要取得中国计量认证并与机动车排污监控中心实现联网。机动车排污监控中心不再负责对制造商提交的认证申请进行审核，而由制造商自己完成内部审核并在机动车排污监控中心的环保信息公开系统进行环保信息公开，取得环保信息公开编号。

9.2.2. 小批量发动机制造商

美国EPA排放标准有小批量发动机制造商的条款，小批量发动机制造商的定义是，对于手持式发动机，发动机生产商在任何型号年手持式发动机的美国直接产量不超过25000台；对于非手持式发动机，发动机生产商在任何型号年非手持式发动机的美国直接产量不超过10000台。对于小批量发动机制造商而言，有一些可以选用的特殊条款，如：可以不进行实际的排放耐久测试以得到排放劣化系

数，而是选用EPA给定的固定排放劣化系数；可以不进行生产线排放测试等。

欧盟第二阶段排放标准也有小批量发动机制造商的条款，但对小批量发动机制造商的定义与美国EPA有所不同，欧盟对于小批量发动机制造商的定义是无论是手持式还是非手持式发动机，发动机生产商年产量不超过25000台即可。对应的特殊条款有：可以推迟三年实施排放标准，可以选用标准中指定的排放劣化系数。在欧盟第V阶段排放标准中，取消了小批量发动机制造商的相应条款。

我国现行的GB26133-2010标准没有设定小批量发动机制造商的定义和相应条款。

9.2.3. 小批量排放系族

美国EPA排放标准有小批量排放系族的条款，小批量排放系族的定义是，对于非手持式发动机的尾气排放以及手持式发动机的尾气排放和蒸发排放，在给定的型号年，美国直接产量不超过5000台。对于非手持式设备的蒸发排放相关要求，小批量排放系族是指任何设备生产商认证时，对于相同的燃油箱的产品美国直接产量不超过5000台。对于小批量排放系族而言，有一些可以选用的特殊条款，如：可以不进行实际的排放耐久测试以得到排放劣化系数，而是选用EPA给定的固定排放劣化系数；经批准可以不进行生产线排放测试等。

欧盟第二阶段排放标准也有小批量排放系族的条款，对小批量排放系族的定义是：无论是手持式还是非手持式发动机，该系族年产量不超过5000台。对应的特殊条款有：可以推迟三年实施排放标准，可以选用标准中指定的排放劣化系数。在欧盟第V阶段排放标准中，取消了小批量排放系族的相应条款。

我国现行的GB26133-2010标准没有设定小批量排放系族的定义和相应条款。

9.2.4. 排放保函（EPA Bonds）

美国EPA通机第三阶段排放标准规定，从2010年起，进入美国市场销售的通机，必须先取得数额相当的保函或是保函豁免。最低的保函金额为50万美元；销售的发动机数量越多，需要缴纳的保函金额越高，保函金额的上限是1000万美圆。

欧洲没有保函方面的相关要求。

我国现行的GB26133-2010标准没有排放保函的相关要求。

9.2.5. 平均、储蓄和交易（ABT）

美国EPA有ABT认证制度，使用ABT认证不需要制造商的每一个发动机系族都满足排放标准的要求，这种认证方式给制造商更大的自由度和灵活性，并且储蓄的排放积分还可以用于未来使用，可以鼓励制造商更早采用减排技术。

平均是Averaging，FEL高于标准限值的发动机系族所产生的负积分被FEL低于标准限值的发动机系族所产生的正积分抵消；储蓄是Banking，FEL低于标准限值的发动机系族所产生的积分可以存储用于平均和交易；交易是Trading，一个发动机制造商可以与其他制造商交易排放积分。

排放积分的计算公式是：

$$\text{Credits} = (\text{Standard} - \text{FEL}) \times \text{Sales} \times \text{Power} \times \text{EDP} \times \text{Load Factor}$$

其中：Standard = 标准限值；FEL = 认证时采用的系族排放限值；Sales = 销量，预计年销量用于计算最初认证时的预计可用积分，实际销量用于计算年终的实际积分；Power = 功率，排放数据发动机的最大工况功率（EPA）；EDP = 耐久时间；Load Factor = A循环和B循环，0.47；C循环，0.85。

欧盟没有ABT认证制度。

我国现行的GB26133-2010标准没有ABT认证制度。

9.2.6. 生产线排放测试（PLT）

美国EPA对于已取得认证的发动机系族都需要进行生产线排放测试，生产线排放测试以发动机系族为单位，以季度为单位进行抽样，抽样需要随机进行，生产线排放测试的要求与排放认证测试完全一致，根据排放测试结果动态得到下一个季度需要进行生产线排放测试的数量，每个季度测试结束后需要提交季度报告，年度结束后需要提交年度报告，该工作的目的是让企业做好批量产品的排放控制。开展生产线排放测试，需要制造商以排放为核心控制要求建立一整套体系文件，当在进行生产线排放测试过程中，如发现排放超标需要及时通知EPA，并按照体系文件的规定做相应的分析、整改和确认，有必要时，企业需主动进行召回。

欧盟第二阶段排放标准没有生产线排放测试的明确要求。欧盟第V阶段的排放标准要求制造商提交年报，年报只需要提交发动机序列号清单。

我国现行的GB26133-2010标准对制造商有一致性计划保证书的要求，要求企业在进行环保信息公开前提交该保证书，内容包括：质量控制文件、外购件采购过程质量控制、自制件生产过程质量控制、装配过程质量控制、检验设备管理文

件、排放检测文件管理文件、纠正措施文件和附加说明。并且在年度结束后提交年度生产一致性自检报告。该自检报告主要包括车型（发动机）达到环保标准的情况、车型（发动机）与排放有关的关键部件、控制要求、检测方法和文件等的变更和增补情况、关键部件外购件采购过程质量控制实施情况、关键部件自制件生产过程质量控制实施情况、整车（发动机）装配过程质量控制实施情况、关键部件在线检验和定期抽样检验实施情况、不合格品控制情况、人员管理情况、生产过程中出现的生产一致性不符合情况及为恢复产品生产一致性采取的措施、企业对于本年度内一致性检查的情况说明、生产企业试验室地址、设备检定/校准情况、人员培训和考核情况和标准物质使用情况。

9.2.7. 排放确认测试 (Confirmatory Testing)

美国EPA每年都会在已认证的发动机排放系族和计划申请的发动机排放系族中随机抽取一些发动机系族进行排放确认测试，EPA会向制造商发出抽查令，抽查令会明确制造商需要提交的发动机系族，需要在什么时间将发动机送到指定的测试地点进行测试。针对被抽查到的发动机系族，通常EPA要求企业准备一台样机，企业可以准备两台，当其中一台机器在运输过程中，测试前或测试过程中发现有小时问题时，可以及时更换另一台进行测试。确认测试的排放结果作为该系族最终的排放认证数据。排放确认测试的样机往返寄送费用是由制造商自己来承担，排放测试的费用由美国EPA来承担。排放确认测试前，制造商可以安排人员到测试现场进行相关确认。

欧盟没有排放确认测试的相关要求。

我国现行的GB26133-2010标准没有排放确认的相关要求。

9.2.8. 选择性抽样测试 (SEA)

美国EPA有选择性抽样测试的要求。选择性抽样测试是指美国EPA会发给制造商一个测试令，该测试令会告诉制造商准备一个或多个发动机系族进行排放测试，排放测试的地点会指定，测试也可能在制造商自己的实验室进行，如果在企业自己的实验室进行，EPA会在测试前一天确定现场目击的人员。制造商需要提前确认相关发动机系族的装配工厂、贮存仓库或口岸仓库。美国EPA规定了基于预计发动机销售量最少测试台数和最多测试台数，以及测试通过与失败的判定标准。

欧盟没有选择性抽样测试的相关要求，但在欧盟第二阶段排放标准中有提及

相关市场监管机构有权利对市场上销售的产品进行相关检查,但具体检查的方法以及判定准则在标准中没有明确描述。

我国现行的GB26133-2010标准中有生产一致性检查方法以及判定准则的规定。

9.2.9. 在用测试 (In-use testing)

美国通机EPA排放标准中有在用测试的条款,在用测试的目的是为了验证制造商所申报的排放劣化系数,以及在制造商所声明的排放耐久期内排放是否符合标准的要求。

欧盟通机排放标准中没有在用测试的相关条款。

我国现行的GB26133-2010标准也没有在用测试的特别条款。

9.2.10. 逐步导入 (Phase-in)

美国EPA通机排放标准有逐步导入的理念 (phase-in),主要涉及两部分内容:一是在同一标准阶段,有排放限值随实施年份的逐步加严的情况;二是针对同一标准阶段,产量的达标比例随着实施年份逐步提高。这种逐步导入的理念可以给制造商一个更大的灵活性将排放标准实施到位。

欧盟的通机排放标准没有逐步导入的内容。

我国现行的GB26133-2010标准也没有逐步导入的内容。

9.2.11. 豁免条款

美国EPA通机排放标准中有专门的章节来介绍豁免条款,比如针对参展用的发动机、新开发试用的发动机都可以向EPA提出申请来获得不实施EPA排放认证的豁免。相关豁免条款对于各个发动机制造商在实际运营过程中解决一些个性化的问题非常有效,既保证标准的权威和严肃性,同时也创造了标准实施的灵活性和可操作性。

欧盟通机排放标准也有豁免条款。

我国现行的GB26133-2010标准没有豁免条款。

10. 总结与建议

10.1. 总结

出口市场对于小型内燃机而言依然非常重要,欧美市场仍然是小型汽油机的

重要出口市场,但小汽油机行业已加大力度对非欧美市场特别是“一带一路”沿线国家市场的拓展,同时为积极有效应对与美国的贸易摩擦,一些行业企业已开始在海外建厂。小柴油机出口仍然以东南亚市场为主,欧美市场特别是美国市场,还需要认真分析,找准症结,寻求突破。

排放标准仍然是影响小型内燃机出口的最主要技术壁垒,且排放标准限值不断加严,排放标准涵盖的内容不断丰富,排放监管力度不断加大,有排放要求的国家和地区不断增多。

全球在小型内燃机的排放法规方面总体上是协调一致的,且我们小型内燃机的排放标准水平总体上与欧美等发达国家接近。

10.2. 建议

在继续保持对欧美等发达国家技术贸易壁垒密切跟踪的基础上,需加大力度对“一带一路”沿线国家相关标准法规的跟踪分析,并结合中国标准走出去,加强与相关国家的合作,努力实现标准法规的协调统一,为小型内燃机出口提供尽可能的便利。

要密切跟踪和分析碳排放相关政策对小型内燃机出口的影响。

加大对小柴油机行业的相关政策支持,将中国这一特色产品做好,更好服务国内外高端市场。

