



中国特种设备检测研究院



# 中国工业锅炉能效指标及评价体系 研究项目报告

**Research on China industrial boiler energy  
efficiency indicators and evaluation system  
Project Report**

中国特种设备检测研究院  
2017 年 6 月

# 项目信息

项目资助号: G-1507-23555

Grant Number: G-1507-23555

项目期: 2015 年 9 月—2017 年 1 月

Grant period: September 1, 2015—January 31, 2017

所属领域:工业节能

Sector: Industry

项目概述:

Project Description:

引入国际先进地区（欧盟、美国、日本等）有关工业锅炉能效指标的政策、法规、标准等文件资料进行解读、研究，同时与国内现行标准进行比对，找出国内标准尚需完善的地方。分析研究国外先进国家有关锅炉节能机制、能效指标及评价方法，对相关规定进行分析，研究影响提升工业锅炉系统能效的问题，学习先进的做法。

在对国内外现有锅炉产品能效指标标准研究的基础上，分析研究排烟温度、过量空气系数等因素对锅炉热效率的影响及变化规律；提出适合中国工业锅炉产品能效指标与评价体系。

根据调研和研究结果进行分析提出工业锅炉能效指标及评价体系研究报告。Introduced international advanced regions (the European Union, the United States, Japan, etc.) related policies, regulations, standards and other documents of industrial boiler energy efficiency indicators for interpretation, research and compare to the domestic current standards at the same time to find out the what national standard content need to be improved. Analysis and study the foreign advanced countries boiler energy-saving mechanism, the energy efficiency indexes and evaluation methods to analyze and research problems affecting improve energy efficiency in industrial boiler system, learn about the advanced practice.

After studying the existing boiler product indicators of energy efficiency standards domestic and abroad, analysis of the flue temperature, excess air coefficient on the boiler thermal efficiency and the influence of the change rule. Propose suitable energy efficiency indicators and evaluation system for China's industrial boiler

Based on research result to analysis and propose industrial boiler energy efficiency indicators and evaluation system research report.

项目成员: 中国特种设备检测研究院、中国标准化研究院、劳伦斯伯克利国家实验室

Project team:

China Special Equipment Inspection and Research Institute  
China National Institute of Standardization  
Lawrence Berkeley National Laboratory

关键词:工业锅炉 能效指标 评价体系 研究

Key Word: industrial boiler energy efficiency indicators evaluation system

本报告由能源基金会资助。

报告内容不代表能源基金会观点。

This report is funded by Energy Foundation.

It does not represent the views of Energy Foundation.

## 摘要

锅炉是一种重要的能源转换设备，既能用于发电，又能提供工业生产使用的蒸汽，还能为居民群众提供供暖或使用的热水，用途广泛。根据《质检总局关于 2015 年全国特种设备安全状况情况的通报》数据，截至 2015 年底，全国共有锅炉 57.92 万台，其中绝大多数为工业锅炉。

由于中国工业锅炉数量多、分布广、能耗高、污染重，自中国政府 2007 年年修订《节约能源法》以来，锅炉等高耗能特种设备的节能监管越来越被人重视，2014 年中国政府又颁布实施了新修订的《大气污染防治法》，又增加了对锅炉排放的管理要求。但由于中国锅炉节能环保工作起步晚，相关工作基础薄弱，对于锅炉有关能效、排放的指标并不完善，在一定程度上制约了我国锅炉节能环保工作进展。

本项目拟研究美国、欧盟主要国家、日本等工业发达国家或地区的锅炉能效指标及评价体系，提出适合中国国情的工业锅炉能效指标体系完善建议，希望为国家有关部门制定工业锅炉节能工作规划及相关政策、标准，推广先进节能技术、加强节能管理提供相关参考依据，使得政府能够制定更加合理的政策措施，促进有关地区和行业提高锅炉经济运行水平。

## **Summary**

Boiler is an important energy conversion device which can be used to generate electricity, provide steam for industrial use, or provide heat or hot water for civil use. At the end of 2015, there were 579,000 boilers nationwide according to “AQSIQ Report on the state of national special equipment safety condition in 2015”, and most of them industrial boilers.

Due to China's industrial boiler huge total amount, wide distribution, high energy consumption and heavy pollution, since the Chinese government revised the energy conservation law in 2007, boiler and other high energy consuming special equipment energy conservation supervision was more and more concerned, and in 2014 the Chinese government has enacted the new revision “atmospheric pollution prevention and control law” in which boiler emissions management requirement was increased. But because of boiler energy conservation and environmental protection work started late in China, relevant working basis is weak and the indicators for boiler efficiency, emissions are not perfect, to a certain extent, it restricted the progress of boiler energy conservation and environmental protection work in China.

This project intends to research the United States, the European Union countries, Japan and other developed countries or regions' boiler efficiency indicators and evaluation system to put forward perfecting suggestion for China industrial boiler energy efficiency index system, and expect to provide relevant reference basis for national relevant departments when formulating industrial boiler energy conservation planning, related policies, standards, or popularize advanced energy conservation technology and strengthening energy conservation management which allowing the government to formulate more reasonable policies and measures to promote the improvement of the economic operation level of the boiler in the region and industry.

# 目 录

一、前言 .....	8
(一) 研究背景 .....	8
(二) 研究内容 .....	8
二、美国工业锅炉能效指标法规标准研究 .....	9
(一) 美国锅炉能效法规标准体系分级 .....	9
(二) 美国锅炉领域法规标准 .....	10
(三) 美国锅炉排放法规标准 .....	11
1. 清洁空气法 .....	11
2. 联邦排放法规 .....	11
3. MACT 标准 .....	12
3.1 MACT 的主要做法意义 .....	13
3.2 工业锅炉排放标准 .....	13
3.3 锅炉工作实践程序 .....	15
(四) 美国锅炉能效法规标准 .....	15
1. DOE 锅炉节能标准 .....	16
2. 能源之星 .....	17
3. DOE 卓越能效蒸汽系统节能评估标准 .....	18
(五) 美国各州对锅炉节能环保的要求 .....	19
(六) 美国工业锅炉能效指标法规标准体系思路与特点 .....	20
三、欧盟工业锅炉能效指标法规标准研究 .....	20
(一) 基本情况 .....	21
(二) 欧盟层面节能环保法规标准层级及管理模式 .....	21
(三) 欧盟层面锅炉能效相关指令及标准 .....	21
1. 欧盟指令中的能效环保指标类别 .....	21
2. 欧盟指令中的锅炉能效环保指标 .....	22
2.1 锅炉能效指标 .....	22
2.2 锅炉排放指标 .....	23
2.3 其他涉及锅炉能效环保的欧盟指令 .....	24
2.4 锅炉节能减排领域协调标准 .....	25
(三) 欧盟层面对工业锅炉节能政策实施 .....	25
(四) 欧盟成员工业锅炉能效相关指令及标准 .....	25
1 英国 .....	26
2 德国 .....	26
2.1 政策及标准相关要求 .....	26
2.2 政策及标准的实施 .....	29
3 法国 .....	29
3.1 政策及标准相关要求 .....	29
3.2 政策及标准实施 .....	30
4 荷兰 .....	31
4.1 政策及标准相关要求 .....	31
4.2 政策及标准实施 .....	32
5. 欧盟其它 .....	32
(五) 欧盟工业锅炉能效指标法规标准体系思路 .....	32
四、日本工业锅炉节能减排法律法规及标准研究 .....	33
(一) 日本节能环保管理模式及相关法律 .....	34
(二) 日本工业锅炉能效节能政策实施 .....	34
(三) 日本工业锅炉能效环保相关要求 .....	35

1. 工业锅炉管理内容 .....	35
2. 日本工业锅炉能效指标要求 .....	35
3. 日本锅炉排放指标 .....	37
(四) 日本锅炉节能减排法规标准体系分析 .....	38
五、中国工业锅炉现状与能效指标制修订执行情况 .....	39
(一) 中国工业锅炉能效标准情况 .....	39
1. 中国法规标准管理机构 .....	39
2. 我国锅炉节能标准体系 .....	40
3. 测试方法评价方法 .....	43
4.1 测试方法 .....	43
4.2 评价方法 .....	43
(二) 中国工业锅炉环保标准情况 .....	43
(三) 实施最新中国能效标准后中国工业锅炉能效状况 .....	44
1. 我国工业锅炉基本情况 .....	44
2. 锅炉制造销售情况 .....	45
3. 锅炉新产品的能效状况 .....	46
3.1 锅炉新产品基本能效状况 .....	46
3.2 锅炉新产品过量空气系数、排烟温度数据分析 .....	47
4. 在用工业锅炉的能效状况 .....	47
4.1 在用工业锅炉能效基本状况 .....	47
4.2 在用工业锅炉过量空气系数、排烟温度数据分析 .....	48
(四) 中国工业锅炉能效状况分析 .....	48
(五) 中国工业锅炉能效环保指标分析 .....	50
六、中外锅炉能效法规体系与锅炉指标对比分析 .....	50
(一) 法规体系对比分析 .....	50
(二) 锅炉能效指标类型、数值对比 .....	51
(三) 测试方法的对比 .....	52
(四) 国外工业锅炉节能环保先进做法思考 .....	53
七、结论 .....	53
(一) 我国工业锅炉能效指标及系统评价方法完善建议 .....	53
对于锅炉新产品能效指标： .....	54
对于在用工业锅炉能效指标： .....	54
对于锅炉系统能效指标： .....	54
对于锅炉环保指标： .....	55
优化测试与评价方法： .....	55
(二) 中国工业锅炉能效指标与评价体系建设建议 .....	55

# 正 文

## 一、 前言

### (一) 研究背景

工业锅炉被广泛应用于工厂动力、建筑采暖、人民生活等各个方面，在我国国民经济各部门和人民生活中起到十分重要的作用。工业锅炉主要为工业生产提供工艺蒸汽，为社会大众提供热水供应，是工业和社会的必须消耗品。

目前，随着我国经济的高速发展，工业锅炉被越来越多的使用，其能源消耗和污染排放均位居全国工业行业第二，仅次于电站锅炉，煤炭消耗量远高于钢铁、石化、建材等高耗能工业行业，给全国重点城市造成的污染排放已经超过了电站锅炉。

自 2007 年《节约能源法》修订后，锅炉节能减排工作越来越受到重视，取得了一定效果。但我国燃煤工业锅炉数量多、分布广、能耗高、污染重的现状仍未得到改变，其中主要的原因之一就是我国节能减排工作起步晚，锅炉能效指标与实际运行状况脱节，仅对锅炉热效率做出规定指标单一。为促进中国节能减排工作进展，本项目得到能源基金会支持，开展相应的工业锅炉能效指标研究，旨在研究节能减排工作新方向，并弥补相应研究领域的空白，为政府开展工业锅炉节能减排工作，特别是能效指标制修订提供意见建议。

### (二) 研究内容

1. 国外政策及标准文件的引进、解读、研究：引入国际先进地区（欧盟、美国、日本等）有关工业锅炉能效指标的政策、法规、标准等文件资料进行解读、研究，分析研究国外先进国家有关锅炉节能机制、能效指标及评价方法，对相关规定进行分析，研究影响提升工业锅炉系统能效的问题，研究可借鉴的有关先进的做法。

2. 国内外政策及标准文件的比对研究：对收集的国际先进地区（欧盟、美国、日本等）有关工业锅炉能效指标的政策、法规、标准等文件与国内现行标准进行比对，筛选出适合中国国情的，可供中国标准予以完善的内容。

3. 分析中国工业锅炉能效指标标准的得失，在提出改进建议：比对国外做法，对中国不同燃料、不同炉型、不同容量的工业锅炉及不同管理水平的锅炉使用单位进行调研，分析目前工业锅炉运行节能现状、存在问题及原因，预测节能潜力，并结合工业锅炉行业现状及前人所做工作的相关成果，借鉴国外工业锅炉节能管理经验，提出适合中国国情的完善工业锅炉能效指标及评价方法体系的建议。分析研究排烟温度、过量空气系数等因素对锅炉热效率的影响及变化规律，提出适合中国工业锅炉产品能效指标建议。

## 二、美国工业锅炉能效指标法规标准研究

### (一) 美国锅炉能效法规标准体系分级

美国法规标准体系，除最高等级的美国宪法外，自上而下分为五个级别，分别为法律、条例、法规、标准、指南，具体涉及的内容见图 2.1。

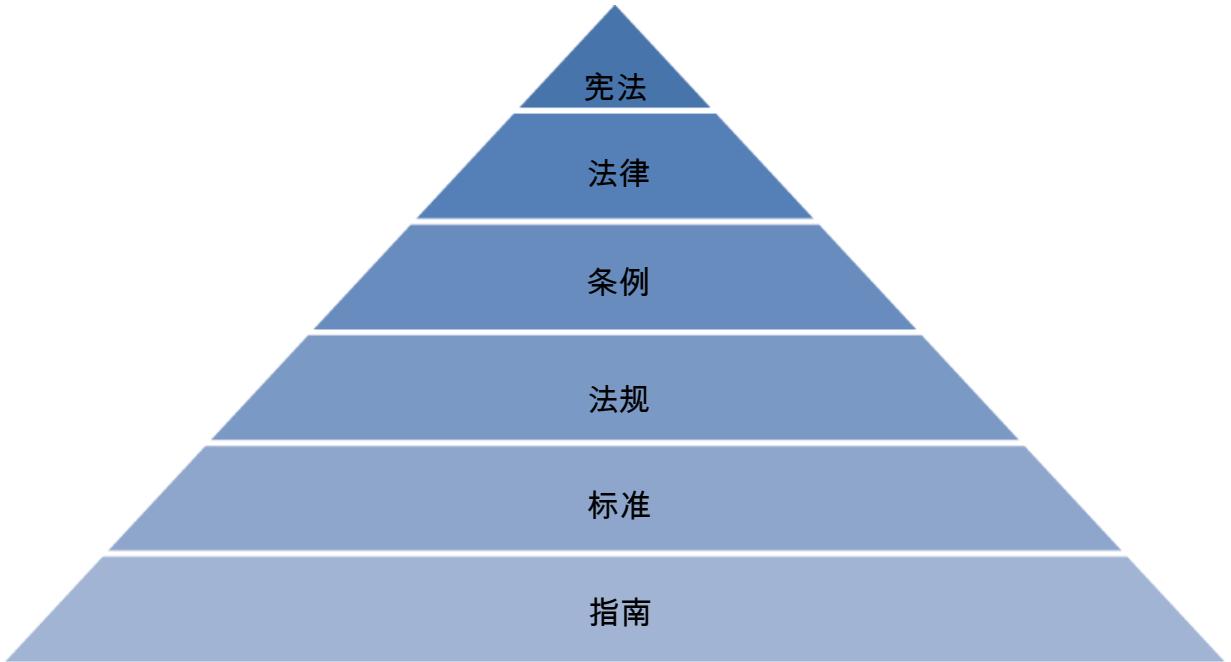


图2.1 美国联邦立法和监管体系的简化结构图

宪法：美国联邦宪法第 29 篇劳动 ( Labor ) 对于锅炉、锅炉组件、产品和材料的测试和认证进行基础性规定；

法律：在美国，法律是由立法机构颁布的，由众议院和参议院组成的美国国会是联邦一级的立法机构。自 1970 年起，美国针对锅炉能效环保领域陆续颁布实施了《清洁空气法》 ( Clean Air Act, CAA ) 及其修正案，《能源政策和节约法》 ( Energy Policy and Conservation Act, EPCA ) 等法律，重点针对有关能源使用、效率及排放提出了越来越严格的规定；

条例：行政法是由政府部门制定的法律。此类部门包括美国国家环境保护署、美国能源部和美国职业安全与健康署等机构、部门或委员会。与法律相比，条例一般较为详细，而法律通常规定框架，并要求行政机构发布实施细则。联邦条例的正式文件汇编于《美国联邦法规》 ( Code of Federal Regulations, CFR ) 中，每年定期进行更新。

法规：在美国，标准被政府采纳后制定成法律时，便成为了法规，且强制执行。例如美国机械工程师学会 ( American Society of Mechanical Engineers, ASME ) 的《锅炉及压力容器规范》 ( Boiler and Pressure Vessel Code, BPVC ) 就被美国政府采纳为国家强制的法规，所有美国境内锅炉的材料、设计、安装等都要按照其要求进行；

**标准**：美国标准的内容包括产品或相关工艺的定义、技术程序、指南或特性。其旨在为行业、制造商、工程师和政府的采购制定标准或协议，标准的制定是对全社会开放的。除前文所述 ASME，美国材料与试验协会（American Society for Testing and Materials），美国锅炉制造厂商协会（American Boiler Manufacturers Association, ABMA）等都标准化组织都会制定标准。

**指南**：指南通常由私营公司编制，规定有关材料、组件或服务的特定要求。指南规范通常用于采购协议或合同，说明超出法规或标准要求范围的附加要求。此外，政府机构和行业通过推荐做法为操作提供指南。

## （二）美国锅炉领域法规标准

美国锅炉标准可分为六大部分（如图 2.2 所示）。

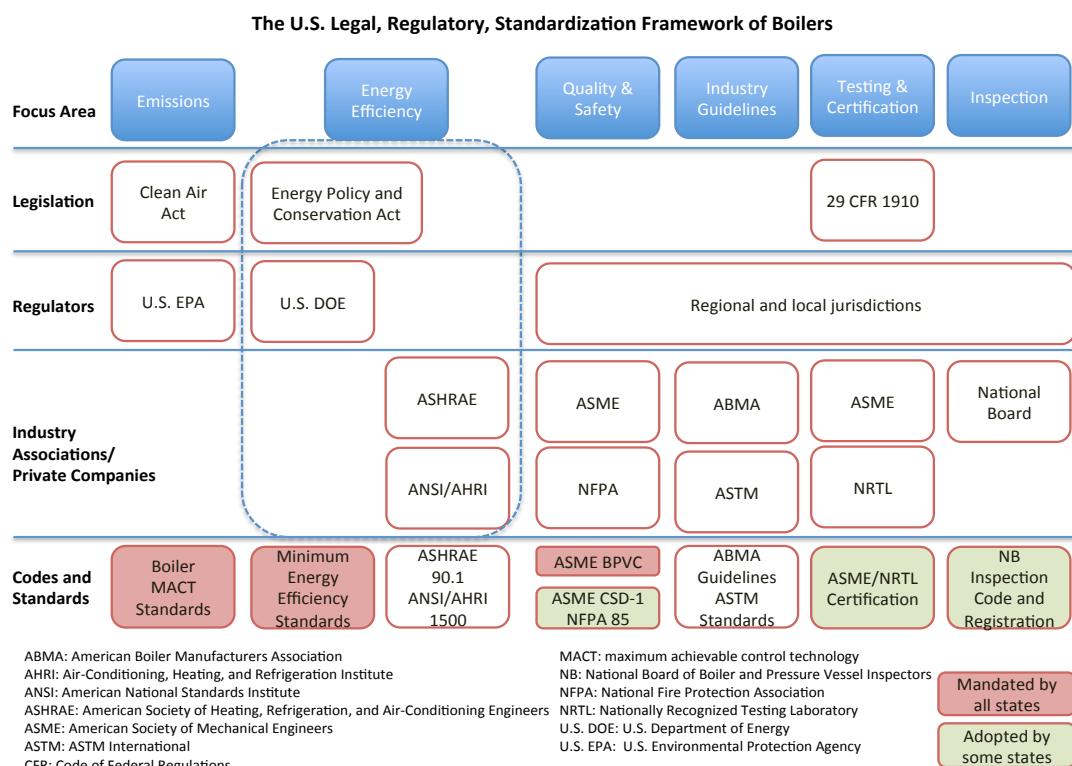


图 2.2 美国锅炉相关法律、法规和标准框架和体系

其中第一个领域集中于环境保护与排放，受《清洁空气法》的管辖。美国国家环境保护署（EPA）基于“最大可行控制技术（MACT）”建立锅炉 MACT 标准，即国家有害空气污染物排放标准，确定排放限制水平，强制实施法律规定。第二个重点领域是节能管理。能源政策与节能法案要求美国能源部（DOE）制定锅炉最低能源效率标准和测试程序，并在相关行业标准更新时（如 ASHRAE 标准 90.1 和 ANSI/AHRI 标准 1500）予以修订。其他四个领域更关注安全、材料、认证与检测等内容。

### (三) 美国锅炉排放法规标准

#### 1. 清洁空气法

清洁空气法是美国涉及空气污染的最有影响力和最重要的法律，其旨在保护人类健康和环境免受空气中有害排放的影响。作为一项综合联邦法律，清洁空气法授权美国国家环境保护署（EPA）监管该法律的执行，同时该法还要求EPA制订空气质量的最低国家标准，并规定各州确保遵守此类标准的主要责任。

清洁空气法于1963年开始制定，在1970年至1990年的清洁空气法制定过程中，清洁空气法确立了基于风险的计划，仅制定了一些关于有害空气污染物的标准。但是，随着公众对于有害空气污染物的科学和意识的增强，1990年《清洁空气法修正案》要求EPA监管187种有害空气污染物清单，并进一步要求EPA制定有害空气污染物减排技术标准。法律规定，在颁布技术标准的八年后，EPA应对标准进行审查，确定是否存在任何剩余风险，如果存在，EPA应修订相关标准以解决此类风险。

#### 2. 联邦排放法规

首先，根据清洁空气法的授权，EPA首先根据排放源对排放的有毒空气污染物进行了分类，包括：

移动源，包含陆地、海上和空中运输；

固定源，工厂、炼油厂、发电厂和建筑物；

室内源，如建筑材料和其他室内活动（如清洁）。

对应不同源排放的划分，EPA依据《清洁空气法》的要求，设立了国家环境空气质量标准（National Ambient Air Quality Standard, NAAQS），该标准历经多次的修订与更新，目前最新的NAAQS标准对于二氧化硫、颗粒物、臭氧、二氧化氮、一氧化碳、铅六种基准污染物的排放限值进行了规定，具体规定如下：

表2.1 NAAQS排放限值指标

污染物	平均时间	浓度限值
二氧化硫	年平均	0.02 ppmv
	24小时	0.14 ppmv
	3小时	0.5 ppmv
	1小时	75 ppbv
颗粒物PM-10	24小时	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
颗粒物PM-2.5	年平均	12.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24小时	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

臭氧	/	0.070 ppm
二氧化氮	年平均	53 ppbv
	1小时	100 ppbv
一氧化碳	8小时	9 ppmv
	1小时	35 ppmv
铅	每三个月平均	0.15 $\mu$ g/m <sup>3</sup>

为实现 NAAQS 标准，EPA 对排放基准污染物的固定源采用合理可控制技术（RACT，Reasonable Available Control Technology），对于达标区域新源采用最佳可得控制技术（Best Available Control Technology, BACT），未达标地区的新源采用最低可实现排放率（Lowest Achievable Emission Rate, LAE）。

### 3. MACT 标准

随着美国对于环境保护与公众健康的关注度的不断提升，EPA 依据美国排放的强度与污染物排放控制情况，EPA 进一步将对排放污染源分为以下两类：

主要污染源，每年排放 10 吨或更多的有害空气污染物或每年 25 吨或更多的危险空气污染物组合的“任何固定源或固定源组合”；

区域污染源，任何非主要污染源的 HAP“固定源”，即每年排放少于 10 吨特定空气污染物和每年少于 25 吨空气污染物组合，虽然来自区域污染源的排放量较低，但是在人口稠密地区，大量的区域污染源也可能令人担忧。

EPA 建立了国家有害空气污染物排放标准（National Emissions Standard for Hazardous Air Pollutants, NESHAP）。由于此类标准根据《清洁空气法》1990 年修正案所要求的技术方法开发，所以这些标准被统称为“最大可行控制技术”或“MACT 标准”。

最大可行控制技术（Maximum Achievable Control Technology, MACT）是指通过清洁程序、控制设备和工作实践等各种控制方法使锅炉等排放源能够实现能效较高的锅炉或类似来源的排放值，实现排放控制水平提高。MACT 基准值等于类似的能效最高排放来源所实现的排放控制水平，根据《清洁空气法》1990 年修正案的第 112 节（j）款，当前来源的 MACT 排放限制必须等价于“现有来源中，能效最高的 12% 所实现的平均排放限制”或更加严格的限制。MACT 标准必须在整个行业内实现不低于 MACT 基准值的排放控制水平。根据《清洁空气法》1990 年修正案，EPA 可以建立更严格的标准，从而实现更经济、更环保并改善公众的健康意识。

锅炉 MACT 的制定主要针对主要和区域污染源锅炉。主要污染源锅炉和区域污染源锅炉都需要符合相应的锅炉 MACT 标准。主要污染源涉及行业见表 2.2，区域污染源锅炉是有毒空气排放量较低的系统。其通常用于轻工业，例如，食品制造和农业；以及商业或公共部门，例如，酒店、医院、学校、公共或商业建筑物。

表2.2 MACT标准适用的潜在监管行业

类别	NAICS法规*	潜在监管实体示例
采用新规则中所述锅炉或工艺加热炉的任何行业	211 321 322 325 324 316,326, 339 331 332 336 221 622 611	原油和天然气开采 木材和木制品制造商 纸浆和造纸厂 化学品制造商 石油炼厂和煤产品制造商 橡胶和其他塑料制品制造商 钢铁厂、高炉 电镀、镀层、抛光、阳极氧化和着色 汽车零件和配件制造商 电气、燃气和卫生服务 健康服务 教育服务

\* NAICS：北美行业分类系统。

\*\*工艺加热炉是指燃烧气体不直接与工艺材料或燃烧室中的气体接触的机组。

在经过数轮公共评论、行业申诉和修订之后，最新的锅炉 MACT 标准于 2013 年颁布实施。2015 年 11 月 5 日，EPA 根据重新审议程序，修订了 2013 年锅炉 MACT 规则，使 EPA 能够解决公共审核过程中出现的其他技术问题，并使公众审查其他最初未包括在排放限制中的措施。有关受影响锅炉的实际性能和操作条件的附加信息，EPA 调整和修改了锅炉 MACT 标准，不仅提出排放标准，对于难以提出排放标准的提出年度调整等实践程序，予以约束。

### 3.1 MACT 的主要做法意义

MACT 的做法是通过 DOE 提供的技术和花费信息，给那些主要污染来源设备是使用煤或油的企业，在一定时间的过渡期内（一般为三年，如果使用单位努力进行了技术改造或采取措施的实施时间长，可以延长一年），使用节能环保技术进行改造或自我升级从而实现能效排放达标。

MACT 的核心及主要意义在于企业主动，企业可以自己选择不合格设备是关停还是改造，给予用户充足时间执行规定，以便用户寻找最成本有效的措施

### 3.2 工业锅炉排放标准

锅炉 MACT 根据机组类型和燃料类型将锅炉和工艺加热炉划分为天然气和提炼气体机组、其他气体机组、轻液机组、重液和燃烧固体燃料（煤和生物质）

的机组。根据锅炉的容量，分为小于或等于 5 MMBtu/h，大于 5 MMBtu /h 但小于 10 MMBtu /h，以及大于或等于 10 MMBtu /h。

EPA 制定了锅炉和工艺加热炉的 EPA 排放限制，用于控制五种污染物的排放，包括一氧化碳 ( CO )、氯化氢 ( 酸性气体，HCl )、汞 ( Hg )、颗粒物 ( PM ) 和选定金属总量 ( TSM )。

EPA 根据燃料的热量投入设置了受影响锅炉和工艺加热炉的排放限制。表 2.3 所示为各类大型主要污染源锅炉和工艺加热炉的排放限值。

表 2.3 锅炉和工艺加热炉的 EPA 排放限制 ( 基于输入 )

子类 10 MMBtu/h 或更高的机组	PM 或 TSM a	lb/MMBtu 热量输入		ppm @ 3% 氧 CEMS	
		HCl b	Mercury a	CO a	CEMS b
现有 - 燃煤锅炉	0.040	0.022	5.7E-06	160	340
现有 - 燃煤流化床	0.040	0.022	5.7E-06	130	230
现有 - 燃煤流化床，带FB热交换	0.040	0.022	5.7E-06	140	150
现有 - 燃煤粉煤灰	0.040	0.022	5.7E-06	130	320
现有 - 湿生物质锅炉/倾斜炉排/其他	0.037	0.022	5.7E-06	1,500	720
现有 - 生物质烘干锅炉/倾斜炉排/其他	0.32	0.022	5.7E-06	460	ND
现有 - 生物质流化床	0.11	0.022	5.7E-06	470	310
现有 - 生物质悬浮燃烧器	0.051	0.022	5.7E-06	2,400	2,000 c
现有 - 生物质荷兰炉/柱式燃烧器	0.28	0.022	5.7E-06	770	520 c
现有 - 生物质燃料电池	0.020	0.022	5.7E-06	1,100	ND
现有 - 生物质混合悬浮炉排	0.44	0.022	5.7E-06	2,800	900
现有 - 重液	0.062	0.0011	2.0E-06	130	ND
现有 - 轻液	0.0079	0.0011	2.0E-06	130	ND
现有 - 非大陆液体	0.27	0.0011	2.0E-06	130	ND
现有 - 气体 ( 其他工艺气体 )	0.0067	0.0017	7.9E-06	130	ND
新 - 燃煤锅炉	0.0011	0.022	8.0E-07	130	340
新 - 燃煤流化床	0.0011	0.022	8.0E-07	130	230
新 - 燃煤流化床，带FB热交换	0.0011	0.022	8.0E-07	140	150
新 - 燃煤粉煤灰	0.0011	0.022	8.0E-07	130	320
新 - 湿生物质锅炉/倾斜炉排/其他	0.030	0.022	8.0E-07	620	390
新 - 生物质烘干锅炉/倾斜炉排/其他	0.030	0.022	8.0E-07	460	ND
新 - 生物质流化床	0.0098	0.022	8.0E-07	230	310
新 - 生物质悬浮燃烧器	0.030	0.022	8.0E-07	2,400	2,000 c
新 - 生物质荷兰炉/柱式燃烧器	0.0032	0.022	8.0E-07	330	520 c
新 - 生物质燃料电池	0.020	0.022	8.0E-07	910	ND
新 - 生物质混合悬浮炉排	0.026	0.022	8.0E-07	1100	900
新 - 重液	0.013	4.4E-04	4.8E-07	130	ND
新 - 轻液	0.0011	4.4E-04	4.8E-07	130	ND
新 - 非大陆液体	0.023	4.4E-04	4.8E-07	130	ND
新 - 气体 ( 其他工艺气体 )	0.0067	0.0017	7.9E-06	130	ND

注：除非另有说明，单位为 lb / MMBtu ( 热量投入 )；

上表中未显示基于替代产出的限制；

CEMS - 连续排放监测系统；

NA - 不适用，ND - 无数据；

a 3 次平均，除非另有说明，b 30 天滚动平均，除非另有说明，c 10 天滚动平均。

EPA 锅炉 MACT 规则还开发了一种确定排放水平的灵活机制。尽管表 2.3 中所示的排放限制基于燃料的热量投入，但 EPA 还确立了基于锅炉和工艺加热炉热量产出的替代排放限制。例如，对于产生蒸汽的锅炉，基于产出的排放限

制以 lb/MMBtu ( 蒸汽产出 ) 为单位。对于也产生电力的锅炉 , 排放限制以 lb/MWh 表示。

### 3.3 锅炉工作实践程序

当无法规定或强制执行数值标准时 , 清洁空气法第 112 章 ( h ) 节允许 EPA 制定标准化工作实践程序 , 取代排放限值。工作实践程序要求锅炉使用单位要定期调整并根据燃料类型和锅炉尺寸定期向 EPA 报告。

配备有大型主要污染源锅炉 ( 热量投入量大于或等于 10 MMBtu/h ) 的设施将用于对相关能源使用系统进行一次性能效评估。对于不受排放限值约束的特殊机组而言 , 如天然气、炼厂气和有限用途锅炉 , 需要进行定期调整。某些机组需要每五年调整一次 , 而其他机组需要每两年调整一次。对于大于或等于 10 MMBtu /h 的锅炉 , 必须每年进行调整。

### 3.4 锅炉调整指南

作为锅炉 MACT 工作实践程序的核心部分 , 主要污染源和区域污染源锅炉的所有者或操作者需要根据燃料源、设备和锅炉进行年度、 2 年度或 5 年度锅炉基本调整。EPA 已颁布锅炉调整指南 , 适当指导锅炉所有者和操作者开展必要的锅炉调节。调整活动将在锅炉的操作范围内重新建立空气 - 燃料混合物。重新调节氧气和未燃烧的燃料 ( 一氧化碳通常为指示性指标 ) 的比例 , 确保安全和有效的燃烧。测量一氧化碳 ( CO ) 浓度以确保燃烧器的正常工作。锅炉调节的主要目标是改善锅炉的燃烧效率。

锅炉调整指南由两个主要部分组成。第一部分阐述了基本的锅炉调节及最低要求 , 第二部分提供了关于在没有制造商规范以及可使用什么工具或方法以测量氧气和一氧化碳的额外指南 , 另外 , 如果锅炉所有者或操作者需要有关执行锅炉调整 ( 美国 EPA , 2013c ) 的更详细信息 , 则 EPA 调整指南将提供其他必要的资料来源。

#### ( 四 ) 美国锅炉能效法规标准

美国在能源管理方面非常重视法制建设 , 注重用法律手段来加强节能管理。美国 1975 年起就颁布实施了《能源政策和节约法》 ( Energy Policy and Conservation Act, EPCA ) , 核心是能源安全、节能及提高能效 , 根据能源政策与节能法 ( EPCA ) 的规定 , 美国联邦能源效率标准需要符合行业标准中设定的水平 , 即美国供暖制冷空调工程师学会 ASHRAE 标准 90.1 , 美国能源部 ( DOE ) 必须建立节能标准以符合 ASHRAE 标准 90.1 中规定的水平。一旦

ASHRAE 修改标准 90.1 中的能效水平之时，EPCA 要求 DOE 修改现有的联邦节能标准。DOE 必须采用具有新的 ASHRAE 能效水平的修订标准，或若此类标准在技术上可行并且在经济上合理，则应建立更严格的水平。

### 1. DOE 锅炉节能标准

2007 年 11 月 19 日，美国能源部颁布锅炉节能标准 ( Energy Conservation Program for Consumer Products: Energy Conservation Standards for Residential Furnaces and Boilers , 10 CFR Part 430 )，其中对锅炉的能效指标以年度燃料利用效率 ( Annual Fuel Utilization Efficiency, AFUE ) 体现，具体指标见表 2.4。

表2.4 DOE锅炉节能标准

TABLE I.1.—STANDARD LEVELS FOR FURNACES AND BOILERS

Product class	AFUE* (%)
Non-weatherized gas furnaces .....	80
Weatherized gas furnaces .....	81
Mobile home gas furnaces .....	80
Oil-fired furnaces .....	82
Gas boilers .....	82
Oil-fired boilers .....	83

\*AFUE = annual fuel utilization efficiency.

DOE 在 2009 年发布了一份规则，修订了商业总装式锅炉的能源效率标准，以便与最新的 ASHRAE 标准 ( ASHRAE 标准 90.1-2007 ) 所述水平保持一致。修订的商业总装式锅炉当前标准涵盖了产生低压蒸汽的燃气和燃油总装式锅炉，以及用于建筑物加热或空调和提供用水但不符合“热水供应锅炉”定义的热水锅炉，这些锅炉的容量为 300,000Btu /h 或更高。一般而言，商业总装式锅炉的当前的最低效率标准为 77%-84%，取决于燃料类型、设备和锅炉容量。

DOE 商业总装式锅炉能效标准将于 2016 年进行修订，新标准建议将最低效率水平提高到 81%-88%。目前，DOE 正在征求公众对拟议规则制定的意见。当标准定稿时，制造商和分销商可在最终规则公布后的三年内，采取措施达到新的效率水平。

表2.5 DOE蒸汽总装式锅炉当前和拟议节能标准

设备类型	子类	规模 ( 投入 )	能效水平 : 生效日期 : 2012年3月2日	拟议能效水平 : 2016年3月24日	合规日期
水蒸汽总装式锅炉	燃气	>300,000 Btu/h 和 ≤2,500,000 Btu/h	80.0% ET	85.0% ET	最终法规颁布后3年

水蒸汽总装式 锅炉	燃气	>2,500,000 Btu/h 和≤10,000,000 Btu/h	82.0% Ec	85.0% Ec	最终法规颁布后3年
水蒸汽总装式 锅炉	燃气	> 10,000,000 btu/h	82.0% Ec	82.0% Ec	2012年3月 2日
水蒸汽总装式 锅炉	燃油	>300,000 Btu/h和 ≤2,500,000 Btu/h	82.0% ET	87.0% ET	最终法规颁布后3年
水蒸汽总装式 锅炉	燃油	>2,500,000 Btu/h 和≤10,000,000 Btu/h	84.0% ET	88.0% ET	最终法规颁布后3年
水蒸汽总装式 锅炉	燃油	> 10,000,000 btu/h	84.0% Ec	84.0% Ec	2012年3月 2日
商业蒸汽总装 式锅炉	燃气——除 自然通风外 所有	>300,000 Btu/h和 ≤2,500,000 Btu/h	79.0% ET	81.0% ET	最终法规颁布后3年
商业蒸汽总装 式锅炉	燃气——除 自然通风外 所有	>2,500,000 Btu/h 和≤10,000,000 Btu/h	79.0% ET	82.0% ET	最终法规颁布后3年
商业蒸汽总装 式锅炉	燃气—自然 通风*	> 10,000,000 btu/h	77.0% ET	79.0% ET	2012年3月 2日
商业蒸汽总装 式锅炉	燃油	>300,000 Btu/h和 ≤2,500,000 Btu/h	81.0% ET	84.0% ET	最终法规颁布后3年
商业蒸汽总装 式锅炉	燃油	>2,500,000 Btu/h 和≤10,000,000 Btu/h	81.0% ET	85.0% ET	最终法规颁布后3年
商业蒸汽总装 式锅炉	燃油	> 10,000,000 btu/h	81.0% ET	81.0% ET	2012年3月 2日

注 : ET : 热效率 ; Ec : 燃烧效率。

\*在2022年3月2日之前 ,对于自然通风的大型燃气商业蒸汽总装式锅炉 ,最低热效率水平为77% ,并符合联邦商业总装式锅炉节能标准。

## 2. 能源之星

能源之星 ( Energy Star ) , 是一项由美国政府主导 , 美国能源部和美国环保署共同推行的一项政府计划主要针对消费产品的能源节约计划。能源之星计划于 1992 年由美国环保署 ( EPA ) 和美国能源部 ( DOE) 所启动 , 目的是为了降低能源消耗及减少温室气体排放。

美国能源之星针对锅炉的评级是以锅炉年度燃料利用效率(Annual Fuel Utilization Efficiency , AFUE)为指标的 , 2015 年 , 美国能源之星锅炉年度燃料

利用效率(AFUE)评级为燃油锅炉的 AFUE 为 87% 及以上，燃气锅炉的 AFUE 为 90% 级以上。

表2.6 美国能源之星锅炉指标

**Table 1: Performance Criteria for ENERGY STAR Certified Boilers**

Fuel Type	AFUE
Gas	90%
Oil	87%

需要注意的是能源之星是一个自愿标签制度，但联邦政府会优先采购通过能源之星的产品，《国家节能政策法令》中也明确规定，各水、电、气公用事业单位必须以资金、实物或服务等形式开展现金补贴等经济激励项目，鼓励能源之星认证产品的推广和应用，美国联邦和各州政府、以及公用事业单位分别开展了针对“能源之星”认证产品现金补贴项目。大多数制造商发现如果他们的产品通过能源之星认证合格可以在产品上拥有这个标志会对产品的销售带来商业益处，通过补贴政策，更多的用户也能以能够选用高效的产品。

### 3. DOE 卓越能效蒸汽系统节能评估标准

在 2010 年，美国能源部 (DOE) 启动了卓越能效 (SEP) 计划，SEP 计划由美国国家标准化组织 (ANSI) 认证，并由美国制造能效委员会管理，该委员会是美国工业、政府和其他组织的合作伙伴。作为 SEP 计划框架的一部分，美国机械工程师协会已经制定了四大新标准，此类标准已经被美国能源部的 SEP 计划采用，用于确定对工业设施中工业系统进行能效评估的要求。

2010 年初发布的四大系统能效评估标准为：

ASME EA-1-2009 程序加热系统能效评估

ASME EA-2-2009 泵送系统能效评估

ASME EA-3-2009 蒸汽系统能效评估

ASME EA-4-2010 压缩空气系统能效评估

此类能效评估标准旨在通过组织和开展特定工业系统中的能效改善评估，分析所收集的涉及此类系统的数据，以及生成适当的报告和文件，协助工厂人员确定具有成本效益的改善机遇。

工业系统效率的提高比单个设备效率的提高更为重要，这是因为某台设备效率提高所节省的能源可能因工业系统中另一台设备的低效率而受到影响，从而影响整个系统。许多工业设施的系统效率都具有提高潜力，ASME 制定的评

估标准基于 DOE 工业技术计划在过去 10 年所完成的工作，其中包括开展节能评估、开发评估软件和工具（ Steam System Assessment Tool, SSAT 与 Steam System Modeler Tool, SSMT 以及决策树）、提供培训和资源，评估锅炉系统的能效状况，进而发现节能机会，以便确定和获得工业能效改进方向。

蒸汽系统能效评估（ ASME EA-3-2009 ）是涵盖包含蒸汽发生器或其他蒸汽源、蒸汽分配网络和终端设备之蒸汽系统的具体标准系统。热电联产和发电组件也可构成系统组件（燃气涡轮、背压式汽轮机、冷凝蒸汽轮机）。若对蒸汽冷凝物进行收集和再循环，则冷凝物再循环子系统也是蒸汽系统的一部分。 ASME EA-3-2009 规定了开展蒸汽系统能效评估并报告结果的具体要求，评估将涉及整个蒸汽系统，从能源投入到最终蒸汽系统热量产生，对于蒸汽系统的整体设计、运行、能源利用、运行数据等过程的信息资料进行收集和分析，工业锅炉系统的能源人工输入与系统热量输出比，进而识别系统能效改进机会，优化系统能源使用和性能。

作为此项工作的一部分， ASME 还制定了相应的指南文件，其中提供了利用四大系统评估标准（包括 ASME EA-3-2009 ）的技术背景和应用细节。满足该标准的评估不涉及各单独的系统组件，但是，已经足够全面，能够用于确定改进蒸汽系统总体能效的主要机会。

#### （五）美国各州对锅炉节能环保的要求

美国节能环保的管理主体分为政府与非政府两个层次。美国负责能源管理的政府机构分为国家（联邦）和地方（州政府）两个主要层次，包括美国能源部（DOE）、美国环保署（EPA）等。

除去上述国家（联邦）层级，阿拉斯加、特拉华、印第安纳、路易斯安那、缅因、马萨诸塞、密苏里、蒙大纳、内华达、新罕布什尔、新泽西、俄亥俄、俄勒冈、宾夕法尼亚、罗德岛、南达科他、田纳西、佛蒙特、弗吉尼亚、威斯康辛、科罗拉多、佛罗里达、乔治亚、爱达荷、伊利诺斯、密西西比、内布拉斯加、新墨西哥、俄克拉荷马、南卡罗来纳、犹他、西弗吉尼亚等 32 个州，并未制定专门锅炉地方法规，而是直接执行国家规定或被联邦采用的标准。

阿拉巴马（未能收集到）、亚利桑那、阿肯色、康涅狄格、加利福尼亚、夏威夷、爱荷华、堪萨斯、肯塔基、马里兰、密歇根、明尼苏达、纽约、北卡罗来纳、北达科他、德克萨斯、华盛顿（未能收集到）等 17 个州，除国家（联邦）层面法规标准外，还制定了州政府有关锅炉的管理办法，例如加利福尼亚

州、明尼苏达州实施州计划（State Implementation Plan，SIP），对固定源和移动源分别进行控制，有效地保证了整个大气环境质量；而肯塔基、堪萨斯则针对能源之星制订了能源之星补贴计划与政策。

爱荷华州的政策未能查询到。

#### （六）美国工业锅炉能效指标法规标准体系思路与特点

1. 美国工业锅炉节能减排政策由美国联邦政府、州政府和地方政府制定，对锅炉节能减排管理的具体工作进行规定。而对于具体的技术指标则引用技术机构或标准化组织的标准，转化为强制执行的法规。从而形成了根据关注的节能环保内容不同，自法规到标准紧密结合，自上而下，逐步细致，法律体现基本规定，法规明确监督要求和管理办法，标准则具体体现各类技术细节与方法、模式。

2. 美国能源效率标准分为强制性和自愿性两类。能源部和环保署在制定强制能效标准时会审慎考虑，充分考虑了实际运行状况与提升能效的成本，避免出现节能不省钱的现象，而对于自愿性的指标，如能源之星计划则是用来设立全国性标杆，采用认证宣传的方式能够引导制造企业投入节能技术研发，采用补贴或减税等政策引导消费者购买高能效产品，不断完善市场机制，使得政府、制造企业、使用单位都能从节能减排工作中获益。从而形成锅炉能效标杆水平与运行不断提升，标准要求不断提升的良性循环。

3. 对于能效环保指标的设立，美国主要体现了节能环保统一的原则，对于CO这一主要影响锅炉能效的参数列入排放限制中进行规定，同时MACT标准以整体能效排名前12%作为标杆，体现了锅炉节能环保一体的思路。此外对于能效指标，不以锅炉热效率为主，DOE最低能效标准和能源之星都是以企业或行业年度燃料效率AFUE的概念出现，更加贴近设备的运行与企业的生产，能够更加真实科学的反映能效水平。

4. 美国重视系统能源利用的概念，特别是通过对于锅炉运行状况的评估主要以系统能源评估，以能源人工投入与热量产出比作为依据，评价系统的运行状况并发现系统运行的问题，识别出整个系统或企业存在的潜在节能机会，运用DOE开发的SSAT，SSMT，决策树等分析软件分析实现节能机会的资金投入产出比，最终选择最优方案实现能源利益最大化，从而促进落后能够科学的提升自身水平。

### 三、欧盟工业锅炉能效指标法规标准研究

## (一) 基本情况

欧盟作为世界工业发达国家，对于工业供热系统特别是锅炉也有其独特的管理模式，首先从欧盟层面分析法律、规定、指令、标准框架体系，对其中锅炉相关的部分进行梳理，并探索欧盟对锅炉能效政策及措施的实施模式及执行方法。对欧盟各个成员国欧盟指令的规定、标准进行分析，讨论各成员国工业锅炉节能减排指标及实施模式。总结各国执行特点并分析其原因。对欧盟采用自上而下的方法进行分析，对欧盟及成员国首先分析欧盟层面的节能减排指令及对应的框架性协议和要求，然后挑选出有特色的成员国进行分析。

## (二) 欧盟层面节能环保法规标准层级及管理模式

欧盟层面节能环保管理文件，为欧盟主要机构特别是欧盟委员会和欧盟理事会制订的各种规范性的法律文件，主要包括条例(Regulations)、指令(Directives)、决定(Decisions)、建议(Recommendation, Suggestions)与意见(Opinions)等，其中条例、指令均具有法律强制效力。指令是欧盟特有的立法形式，其作用低于法律但是高于标准，对成员国在一定期限内必须达到的结果和目标进行了限定，至于采取何种形式及何种方法将其转化为自己国内的法律，则由各成员国根据本国具体情况自行决定。根据指令，在具有普遍意义的技术问题上，欧盟委员会还委托欧洲标准化组织(CEN)等技术组织，制定协调标准。

协调标准是一种特殊的标准，欧盟及成员国的标准制定均为自愿行为，唯有协调标准是欧盟委员会要求的制定的标准。此外，还有决议、意见、建议等不具有普遍约束力、不具有强制效力的文件。除上述具体规定之外，欧盟还规定大方向目标的欧盟节能政策，包括以能源战略、政策的方式来促进整个欧盟地区的节能工作。

## (三) 欧盟层面锅炉能效相关指令及标准

### 1. 欧盟指令中的能效环保指标类别

根据 MEErP 及欧盟 PRODCOM 分类，欧盟委员会 European Community (NACE)以锅炉容量将不同燃烧类型的锅炉分为不同类别，在指令中要求的锅炉能效性能指标根据类别不同提出燃烧效率(Combustion efficiency)、热效率(Thermal efficiency)、燃料流动效率(Fuel to fluid efficiency)、蒸汽热效率(Heat content of generated vapour)4类要求。对效率的计算在不同的标准中有不同的定义，但是反映出的内容一致。在 EN 12953-11:2003 中计算方式为：

$$\eta_b = \frac{Q_{out}}{Q_f}$$

按照 EN 12952-15:2003 计算效率的方式为 ,

$$\eta_b = \frac{Q_f - Q_{loss}}{Q_f}$$

此外 , 欧盟在重视节能效果的同时也非常重视锅炉的环保特性 , 并规定了污染物排放系数 , 该值也被用于工业锅炉的评价。这个值相对客观的考虑了各种污染物的排放系数 ( NOx 、 SO<sub>2</sub> 、颗粒物排放等 ) 与能效的相互影响。污染物排放系数可以表示为一种排放污染物 ( 以质量或体积为单位 ) 和锅炉产生能量 / 蒸汽量的比值。污染物排放系数会直接影响烟气温度和燃烧 , 从而间接对锅炉效率产生影响。该值还受到其它因素的影响 , 如燃烧器类型、燃料类型及污染物控制设备。另外 , 还与燃烧温度和 NOx 排放存在关系。

从欧盟指令及标准层面上看 , 锅炉能效 ( 如有 ) 就是第一层级考核要求 , 容量、蒸汽排放、污染物排放系数都是作为第二层级考核要求 , 对工业锅炉的能效进行限制。

## 2. 欧盟指令中的锅炉能效环保指标

欧盟指令中与锅炉指标直接相关的有能效指令 ( Energy Efficiency Directive ) 和排放交易指令 ( Emission Trading Directive ) , 上述指令均针对功率大于 40kW 的为工业提供蒸汽及热水的工业锅炉制定。

能效指令 2012/27/EU 是在能源服务 ( Energy Services Directive (2006/32/EC) ) 指令框架下 , 基于欧盟各成员国资能效活动计划 ( NEEAP ) 进行 , 该指令对新建设备及相关附件的能源使用和能耗进行了框架性的要求 , 规定了各成员国的节能义务计划。在本指令的第 7 条中规定 , 各国应该以生态设计指令中的节能环保要求作为强制性基线 , 以每年 1.5% 的减幅为目标 , 实现指令覆盖范围内产品低于最小规定值。尽管该指令要求对企业进行能源审计以使企业采用更先进的节能技术 , 但是在本指令中并未将能效指标作为规定值。

排放交易指令 ( Emission Trading Directive (2003/87/EC) ) 在欧盟内部建立起温室排放交易计划 , 同样也是框架性指令 , 目的是减少温室气体排放 , 该指令中对覆盖产品有相关的能效指标要求 , 这类指标结合了排放的要求 , 对产品的要求更加严格。该指令中将工业锅炉按照工业生产活动分为 6 个大类 27 个子类 , 新建 ( 小于 20MW ) 及在用锅炉 ( 日蒸汽量 20 吨 ) 锅炉均覆盖在此指令产品内。

### 2.1 锅炉能效指标

欧盟指令 2009-125-EC\_Directive 对欧盟锅炉能效指标进行了基本分类，按照 2009-125-EC\_Directive，欧盟锅炉分为标准锅炉、低温锅炉、冷凝式锅炉。测试方法选择 30% 负荷下的锅炉效率加权平均为标准效率，即欧盟标准效率。根据测试，将不同类型的锅炉分为三个标准效率等级（按低位发热值计算），标准锅炉的欧盟标准效率为 82%-88%，低温锅炉为 88.5%-91.5%，冷凝式锅炉为 97.5%-99.5%。

此外，欧盟 DIRECTIVE 92 / 42 on efficiency requirements for new hot-water boilers fired with liquid or gaseous fuels ( Guideline 92/42/EU Council )，其中定义了锅炉的分类，规定了 400kW 以下的生活和商业供热锅炉的最低效率要求（Minimum Efficiency），详见图 3.1。

Type of boiler	Range of power output kW	Efficiency at rated output		Efficiency at partload	
		Average boiler-water temperature (in °C)	Efficiency requirement expressed (in %)	Average boiler-water temperature (in °C)	Efficiency requirement expressed (in %)
Standard boilers	4 to 400	70	$\geq 84 + 2 \log P_n$	$\geq 50$	$\geq 80 + 3 \log P_n$
Low-temperature boilers (*)	4 to 400	70	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$	40	$\geq 87,5 + 1,5 \log P_n$
Gas condensing boilers	4 to 400	70	$\geq 91 + 1 \log P_n$	30 (**)	$\geq 97 + 1 \log P_n$

(\*) Including condensing boilers using liquid fuels.  
(\*\*) Temperature of boiler water-supply.

图3.1 DIRECTIVE 92 / 42 锅炉能效指标

生态设计指令（Ecodesign Directive）Directive 2009/125/EC，是一个框架性的指令，规定了设计工业产品设计原则，对环境的要求条件和标准，以及产品类型，它没有直接规定具体的强制性要求，并只对特定产品进行相应措施，并对产品及使用者的关系进行影响分析。该指令涉及 7 大类别，锅炉产品在此指令规定下在 heat supply 类别下的 ENER 1 类，规定的锅炉产品为 40kW 下的产品，这类产品制定相应指令是由欧盟居民生活消费条件决定的，其居住环境大多属于自采暖或者社区采暖，所以该指令仅针对小型燃油、燃气锅炉（40kW）及其附件等，根据锅炉容量的不同其效率要求最高达到 86%。

## 2.2 锅炉排放指标

工业排放指令（Industrial Emissions Directive，2010/75/EU）根据之前的 Directive 78/176/EEC、Directive 82/883/EEC、Directive 92/112/EEC、Directive 1999/13/EC、Directive 2000/76/EC、Directive 2008/1/EC、

Directive 2001/80/EC 等 7 个指令整合得到，该指令覆盖更广范围的锅炉产品。该指令对不同容量的锅炉排放进行了详细规定，并在第 11 条款中要求为实现排放指标要求而需要使用可循环利用、可再生的技术，而且要求满足能效指标以及避免任何导致环境污染的风险等。该指令基于生态设计指令第 9 条款而来并且弥补了其产品覆盖范围的空缺，主要针对中、大型锅炉设备及各类燃烧物质，目的是限制锅炉产品的排放，能效指标仅与其配合。该指令提出了工业排放指标包括：SO<sub>2</sub>（二氧化硫），NO<sub>x</sub>（氮氧化物），CO（一氧化碳），Dust（尘），根据不同燃料以及不同设备功率对应不同限值，详见图 3.2、3.3。

2. Emission limit values (mg/Nm<sup>3</sup>) for SO<sub>2</sub> for combustion plants using solid or liquid fuels with the exception of gas turbines and gas engines

Total rated thermal input (MW)	Coal and lignite and other solid fuels	Biomass	Peat	Liquid fuels
50-100	400	200	300	350
100-300	250	200	300	250
> 300	200	200	200	200

Combustion plants, using solid fuels which were granted a permit before 27 November 2002 or the operators of which had submitted a complete application for a permit before that date, provided that the plant was put into operation no later than 27 November 2003, and which do not operate more than 1 500 operating hours per year as a rolling average over a period of 5 years, shall be subject to an emission limit value for SO<sub>2</sub> of 800 mg/Nm<sup>3</sup>.

图3.2 Directive 2010/75/EU锅炉SO<sub>2</sub>排放指标

6. Emission limit values (mg/Nm<sup>3</sup>) for NO<sub>x</sub> and CO for gas fired combustion plants

	NO <sub>x</sub>	CO
Combustion plants firing natural gas with the exception of gas turbines and gas engines	100	100
Combustion plants firing blast furnace gas, coke oven gas or low calorific gases from gasification of refinery residues, with the exception of gas turbines and gas engines	200 (*)	—
Combustion plants firing other gases, with the exception of gas turbines and gas engines	200 (*)	—
Gas turbines (including CCGT), using natural gas (¹) as fuel	50 (²) (³)	100
Gas turbines (including CCGT), using other gases as fuel	120	—
Gas engines	100	100

Notes:

(¹) Natural gas is naturally occurring methane with not more than 20 % (by volume) of inert and other constituents.

(²) 75 mg/Nm<sup>3</sup> in the following cases, where the efficiency of the gas turbine is determined at ISO base load conditions:

- (i) gas turbines, used in combined heat and power systems having an overall efficiency greater than 75 %;
- (ii) gas turbines used in combined cycle plants having an annual average overall electrical efficiency greater than 55 %;
- (iii) gas turbines for mechanical drives.

(³) For single cycle gas turbines not falling into any of the categories mentioned under note (2), but having an efficiency greater than 35 % – determined at ISO base load conditions – the emission limit value for NO<sub>x</sub> shall be  $50\eta/35$  where  $\eta$  is the gas turbine efficiency at ISO base load conditions expressed as a percentage.

(\*) 300 mg/Nm<sup>3</sup> for such combustion plants with a total rated thermal input not exceeding 500 MW which were granted a permit before 27 November 2002 or the operators of which had submitted a complete application for a permit before that date, provided that the plant was put into operation no later than 27 November 2003.

图3.3 Directive 2010/75/EU锅炉NO<sub>x</sub>、CO排放指标

## 2.3 其他涉及锅炉能效环保的欧盟指令

除了上述指令外，涉及锅炉、压力容器产品的指令 Gas Appliance

Directive (2009/142/EC)、Pressure Equipment Directive (97/23/EC)、Simple

Pressure Vessels Directive (2009/105/EC) 等均在对应条款呼应上面的生态设计指令、能效及排放指令。由于对应协调标准较多，并未一一列出。

#### 2.4 锅炉节能减排领域协调标准

标准方面，最新的欧盟委员会关于锅炉的最新文件 2015/1189 于 2016 年 11 月发布，该标准基于 2009/125/EU 指令 进行，其中对固体燃料的锅炉产品提出了能效方面的要求，并给出了协调标准的编制时间。见下表：

表3.1 协调标准及编制时间

Reference information	Deadline for adoption <sup>2</sup>
1. Harmonised standard: Efficiency of solid fuel boilers Adaptation of standard EN 303-5:2012 or any other relevant standard.	03/2017
2. Harmonised standard: Emissions of solid fuel boilers Adaptation of standard EN 303-5:2012 or any other relevant standard.	12/2018
3. Harmonised standard <sup>3</sup> : Solid fuel boilers of 500-1000 kW New standard.	6/2021
4. Harmonised standard <sup>3</sup> : Non-woody biomass boilers Adaptation of standard EN 303-5:2012 or any other relevant standard.	6/2021
5. Harmonised standard <sup>4</sup> : Water heating efficiency of solid fuel combination boilers Adaptation of standard EN 303-5:2012, EN 13203-2:2015 or any other relevant standard.	6/2021

#### (三) 欧盟层面对工业锅炉节能政策实施

1986 年欧盟通过了《欧盟能源政策》奠定了欧洲能源政策的法律基础，明确了到 20 世纪末欧洲能源政策的目标。2000 年底，欧洲能源战略的初步方案，即《绿皮书》获得通过，新政策的构想和目标以报告形式制定并计划在该报告的基础上制定和通过单独的“能源”章节作为对法律的补充。

欧盟层面及欧盟成员国在工业锅炉节能政策、标准的实施方面采用的方式类似，以上述体系化方式为线索，法律、指令、规定、标准为保障，建立专门的能源管理部门统一安排节能减排执行工作，以强制性规定构成发展节能减排的法律基础，配合具体的政策措施保障法律的实施，通过这些形成一套综合的节能减排政策法律运行机制。既有原则性的法律框架，又配备具体的政策条款，并且根据形势变化进行不断的修订和完善。

#### (四) 欧盟成员工业锅炉能效相关指令及标准

通过前文的欧盟节能环保管理模式可知，指令具有法律意义，各国将遵照其中要求制定适用于自身的标准及指标要求。下面介绍欧盟主要成员国在工业锅炉生产、使用方面能源效率方面的要求，所有的要求均对应于欧盟指令，并对欧盟战略做出回应，各国也有不同做法。本文列举的国家有：英国、德国、法国、荷兰。

## 1 英国

英国燃油、燃气生活和商业供热锅炉的标准效率，通过选取满负荷效率和30%负荷效率通过计算得到。相应的效率导则规定家用锅炉不论是比例调节方式的锅炉还是开关调节方式的锅炉，也不论是常规锅炉还是冷凝锅炉，标准效率分成7级，所有国家的家用锅炉产品要进入英国市场，必须进行测试分级。

英国的燃油、燃气生活和商业供热锅炉的标准效率被称为 SEDBUK Efficiency(Seasonal Efficiency of Domestic Boiler in the UK，按高位发热值计算)，通过选取满负荷效率和30%负荷效率进行计算得到。标准效率都分成7级，即A、B、C、D、E、F、G，其中A~C为冷凝式锅炉，D级是最好的非冷凝式锅炉。其中A级锅炉效率90%及以上，B级锅炉效率86%~90%，C级锅炉效率82%~86%，D级锅炉效率78%~82%，E级锅炉效率74%~78%，F级锅炉效率70%~74%，G级锅炉效率70%以下。

### 🔥 SEDBUK (Seasonal Efficiency of Domestic Boilers in the UK) Rating

#### What is SEDBUK?

The Seasonal Efficiency of Domestic Boilers in the UK rating scheme was developed in conjunction with boiler manufacturers and the government and provides a fair comparison of average boiler efficiency.

The model was developed to be a more accurate method than laboratory tests alone as the theoretical data from test on 20 boilers in the labs was compared against field trials in 99 homes over a 3 year period.

A clear rating system is now applied to all boilers from A-G, A being the best and most efficient. If you want to find out how efficient your boiler is try our [boiler efficiency lookup](#).



图 3.4 英国锅炉能效指标及分级

## 2. 德国

### 2.1 政策及标准相关要求

德国规定了非常细致而且严格的标准效率值，通过选取五个不同负荷下的锅炉效率进行加权平均，确定锅炉的标准效率，该标准效率称为德国标准效率。如DIN 4702-8 规定了锅炉负荷分别为13%，30%，39%，48%，63%。根据测试结果计算将锅炉分为7个等级，分别为：1975年制造的恒定供热温度锅炉

(标准效率为 65%-80%)，标准锅炉(标准效率为 82%-88%)，低温锅炉(标准效率为 88.5%-91.5%)，现代型低温锅炉(标准效率为 92%-95%)，冷凝式锅炉(标准效率为 97.5%-99.5%)，改进型冷凝式锅炉(标准效率为 101%-105%)。

德国在 1998 年通过了 Bundesemissionsschutzgesetz (BImSchG) 中的三个条例对工业锅炉进行要求。三个条例分别对应了不同容量、不同燃烧物质的锅炉。分类如下表：

表 3.2 德国工业锅炉分类

Fuel	1.BImSchV (small and medium sized firing places)	4.BImSchV (firing places with official approval procedure)	IED implementation-> 13.BImSchV (large-scale combustion plants)
Heating oil (type EL), vegetable oil, ethanol, methanol, etc.	< 20 MW	≥ 20 MW < 50 MW	≥ 50 MW
Natural gas, liquid gas, gases from public grid, etc.	< 20 MW	≥ 20 MW < 50 MW	≥ 50 MW
Biogas, digester gas, mine gas, etc.	-	≥ 10 MW < 50 MW	≥ 50 MW
Heating oil (except type EL), etc.	-	≥ 1 MW < 50 MW	≥ 50 MW
Coal, coke, wood, etc.	-	≥ 1 MW < 50 MW	≥ 50 MW

对应不同条例中给出了排放及节能的指标。条例中给出对应的排放指标及限制污染物，见条例第 7-9 节，同时在条例中交叉引用第 10 节，其中限制烟气损失值从而考虑锅炉能效指标。

表 3.3 < 10MW 锅炉德国指标

Technology (classified according used technology, 1.BImSchV §§7– 9)	Oil-fired firing places with vaporizing burner (§7) <sup>(1)</sup>	Oil-fired firing places with forced draught burner (§8) <sup>(1)</sup>	Gas- fired firing places (§9) <sup>(1)</sup>
net rated thermal input [MW]		< 10 (as ≥ 10 in §11)	
carbon monoxide CO [mg/kWh]	1300	1300	<sup>(2)</sup>
Nitrogen Oxides NOx [mg/kWh]	<sup>(2)</sup>	<sup>(2)</sup>	250
smoke spot number	≤ 2	≤ 1	-
For dual fuel steam boiler the NOx limit is 250 [mg/kWh] for all boiler operating temperatures, if the operating hour with heating oil is lower than 300 h per year and they are usually fired with gas.			
<sup>(1)</sup> Flue gas losses according §10 has to be fulfilled.			
<sup>(2)</sup> Not specified in this paragraph, therefore standard values from section 4 apply:			
• nitrogen oxides NOx for plants erected after 22nd of March 2010: 0,6 [g/m³]			
• nitrogen oxides NOx for plants erected after 31st of December 2014: 0,5 [g/m³]			
• carbon monoxide CO: 0,25 [g/m³]			
• dioxins and dibenzofurans (PCDFs): 0,1 [ng/m³]			

表 3.4 ≥10MW < 20MW 锅炉德国指标

Fuel (classified according used fuel, 1.BImSchV §11)	Heating oil, vegetable oil, ethanol, methanol, vegetable oil methyl esters*	Natural gas, liquid gas <sup>(1)</sup>	Other gases <sup>(1)</sup>	
net rated thermal input [MW]	≥ 10 < 20	≥ 10 < 20	≥ 10 < 20	
<sup>(2)</sup> carbon monoxide CO [mg/m³]	80	80	80	
<sup>(2)</sup> boiler operating temperature [°C]				
<sup>(2)</sup> nitrogen oxides NOx [mg/m³]	< 110 ≥ 110 ≤ 210 > 210	180 200 250	100 110 150	200 200 200
smoke spot number		≤ 1	-	-
For dual fuel steam boiler the NOx limit is 250 [mg/m³] for all boiler operating temperature, if the operating hour with heating oil is lower than 300 h per year.				

<sup>(1)</sup> Flue gas losses according §10 has to be fulfilled.

<sup>(2)</sup> CO- and NOx are referred to 3% O2-contents.

#### Flue gas losses according §10 for different below:

Nominal thermal capacity in kilowatt	Limiting value for flue gas losses in percent
≥ 4 ≤ 25	11
> 25 ≤ 50	10
> 50	9

德国规定功率大于 50kW 的燃油、燃气系列锅炉排烟热损失不高于 9%，对于已经安装的使用燃油及燃气的工业锅炉且指标超标的系统提出了整改过渡期，同时规定，在 2004 年 11 月 1 日后淘汰掉所有的不达标燃油、燃气锅炉。该规定不仅对工业锅炉的排放产生了影响，还间接的对工业锅炉的能效产生了

影响。除此之外，德国还有“TA-Luft”管理条例 对锅炉运转温度对应的排放量作了要求。

## 2.2 政策及标准的实施

德国非常重视节约能源和环境保护。为了节约能源问题，德国政府十分重视节能减排，除重视提高民众的整体节能减排素质外，德国还提出了较高的节能目标，即：到 2020 年能源利用率比 2006 年提高 20%。为实现这一目标，德国政府采取了一系列积极的措施。1998 年 4 月，德国通过《能源经济法修正案》，其扩大可再生能源的利用，进而取代对煤炭和石油的进口依赖；2000 年制定的《可再生能源促进法》从法律上保证经营者可获利，调动人们对可再生能源利用的积极性；2000 年 3 月德国实施了《可再生能源法》（可再生能源优先法），制定该法的目的是保护气候和环境，保证能源供应的可持续发展，提高可再生能源对电力的贡献，从而实现德国的既定目标，即到 2020 年将可再生能源在整个能源消耗中的比重至少翻一番。根据相应的政策，政府向实施该措施的能源公司，尤其是小型能源公司提供补助，帮助他们置办相应设备。此外，国家在财政上安排资金，在信贷物价税收上对节能的部门、产业、产品实行优惠政策，推动、鼓励节能工作的开展。

企业方面主要是通过资源协议，在工业贸易协会方面形成承诺，并能够获得国家的能源税政策扶持，如果工业协会未达到自愿协议中的预定目标，政府会制约或增加税收。鲁尔-威斯特伐利亚经济研究院负责监督德国工业气候保护宣言实施效果，并每年提交报告。

## 3. 法国

### 3.1 政策及标准相关要求

法国根据欧盟指令 2001/81/EU 提出了对应本国的法律，针对的锅炉为大于 20MW 容量的现存锅炉及新建/改造锅炉。其中对大于 20MW 的现存锅炉遵守 NOR : DEVP320297A，对应的新建/改造锅炉遵守 NOR : DEVP0210222A22。其中明确规定了在该范围内锅炉排放指标如下：

表 3.5 法国法律对锅炉的排放规定

Fuel	Boiler Rating [MWth]	Emission Limit Values (mg/m3)			Remarks
		SO2	NO <sub>x</sub> as NO <sub>2</sub>	CO	
Coal-fired	20 ≤ P < 50	2000	600	300	Existing Boilers
	50 ≤ P < 100	2000	600	300	
Coal-fired	20 ≤ P < 50	850 <sup>(1)</sup> (Area A <sup>(2)</sup> )	550	200 <sup>(3)</sup>	New, modified or Extended Boilers
		1700 (Area B <sup>(2)</sup> )			
	50 ≤ P < 100	850	400	200 <sup>(3)</sup>	

相对德国，法国对锅炉有具体化的能效指标。1975 年就对锅炉产品规定了能效指标值，并在 2007 更新了大量能效指标值后将其升级为法律。目前产品覆盖范围 400kW 至 50MW，为了保证准确计量，要求在 1998 年 9 月 14 号之后使用的锅炉必须在每次重启或者每连续运行三个月后，操作员要对能效进行考核。并且每两年就要进行一次审计并需要满足对应的操作规程指标，对应的能效统计结果需要提交至法国环境及能源管理部（French environment and energy management agency）备案。

表 3.6 法国法律对锅炉的能效规定

Fuel type	Output (%)
Domestic fuel	89
Heavy fuel	88
Gaseous fuel	90
Coal or lignite	86

法国在燃料类型上尤其重视，究其原因，法国能源状况的特点是初级能源资源匮乏，对能源进口的依赖不断增加。为了改善能源依耐性，提升能效，提出针对燃料类型的节能环保指标。

### 3.2 政策及标准实施

法国是经济合作与发展组织（Organisation de coopération et de développement économiques, OECD）的重要成员国。对 OECD 成员国均要求根据《京都议定书》制定环境目标，法国政府鼓励企业采用自愿手段实现该目标。实施过程中，法国主要针对高耗能行业，而且有明确的目标，这些目标是由企业与政府经过周密对话和讨论确定。法国通过环境许可证制度设置排放上限，同时通过补贴激励污染者自愿削减污染排放，同时也限制高能耗产品的效率，几个方面共同作用下，保证了法国高耗能行业的节能环保指标的实现。

## 4. 荷兰

### 4.1 政策及标准相关要求

荷兰工业锅炉能效指标同样与排放指标紧密联系。首先基于欧盟 NEC 指令 ( 2001/812/EC ) 制订了对应的环保法案，并根据荷兰的 NEC 报告制订了一系列的规定。对于工业锅炉而言，最重要的法律及规定为 BEMS。荷兰考察性能标准率 ( performance standard rate, PSR ) 并在法案中体现该值。该值定义为每单位能量 ( GJ ) 对应的 NOx 排放 ( grams of NOx per unit of energy (GJ) used within a facility )。年度 NOx 排放量就是 PSR 与当年度的总能量输入的乘积，所以在规定排放指标的同时就自然规定了锅炉的耗能量，从而促使企业适用高效、低排放的锅炉设备。从数据上看每年的 PSR 指标值逐渐的减低，说明荷兰对排放要求越来越低，同时也促使锅炉能效越来越高。

表 3.7 荷兰 BEMS 对锅炉排放的要求

Fuel	Boiler Rating	Emission Limit Values [mg/m³]			Oxygen in Flue
		NOx	PM	SO2	
Solid (s), Liquid (l)	≥ 1 MWn	100	5	200	6 vol% (s), 3 vol% (l)
Biomass	< 5 MWth	200	20	200	6 vol%
	≥ 5 MWth	145	5	200	
Gas	≥ 1 MWn	70		200	3 vol%

MWn: Nominal heat output in MW; MWth: Thermal input rate in MW

表 3.8 荷兰锅炉要求

Sector	Substance	Policy
Industry, energy and refineries; waste treatment	NOx	<ul style="list-style-type: none"> <li>NOx emissions trading for companies larger than 20 MWth (combustion emissions: 40g/GJ by 2010, process emissions: 46% reduction by 2010 relative to 1995 level),</li> <li>BEES for companies smaller than 20 MWth</li> <li>Dutch Emissions Guidelines (NER) (ovens and dryers)</li> <li>IPPC-BAT</li> </ul>
Industry, energy and refineries; waste treatment	SO2	<ul style="list-style-type: none"> <li>IPPC-BAT</li> <li>BEES for combustion plants and refineries NeR for non-BEES plants (iron and steel production)</li> </ul>
Chemicals and base metal	SO2	Integrated Environmental Target (IMT): 90% reduction by 2010 relative to 1985 level
Refineries	SO2	Transition from oil fired to gas fired in 2007
Refineries	PM10	Transition from oil fired to gas fired in 2007 (with SO2)
Industry, energy and	NMVOC	All measures – save those for refineries – from the National NMVOC Reduction Plan

在荷兰的工业锅炉节能减排指令执行及标准制定中，与德国和法国不同，以行业、产业为分类依据，将不同行业的排放指标作为依据，利用该限值和性能标准率 ( PSR ) 作用于工业锅炉能效。

## 4.2 政策及标准实施

荷兰在 20 世纪 90 年代出现经济的非预期高速增长，为实现第一期能效自愿协议，即在 2000 年全国碳排放量比 1994 年减少 3%-5%，荷兰经济事务部与各个行业协会签订了协议，承诺行业到 2000 年实现的节能目标。能效资源协议第二期是 2001 至 2012 年。能效自愿协议有助于企业更加重视提高能效，也有助于工业部门在普遍采用的投资标准范围内寻找低成本的节能方法。政府提供政策(税收)、财政、能源审计等方面的支持，工业协会编写提高能效意向书，制定长期协议的全面计划并实施，自愿参加的各公司必须制定节能计划，编写年度检查报告，能源与环境署负责制定能效长远规划等。荷兰的经济事务部对签订能效自愿协议的企业给予很大的支持，包括节能投资减税政策、补贴、工业设备的详细审计(含能耗设备目录、用能评估、对能够产生效益的节能投资的认证)和工业法规的协调等。

同时，企业需要提供节能计划和年度节能评审报告，行业也需要提出合理的计划以完成能效协议要求。否则回收到相关标准及条例的惩罚，并在税收等方面收到制约，所以尽管荷兰的能效协议为自愿性协议，但是已经具有了强制符合的法律约束力。

## 5. 欧盟其它

欧盟其它国家对工业锅炉的要求大都类似，主要限于对欧盟要求的现行污染物排放、能效指令进行执行，对能效并未有直接规定。如意大利、波兰、西班牙针对污染物排放指令对锅炉排放污染物做了限量，瑞典则基于 2001/80/EU 指令下对本国的锅炉污染物排放作要求。对能效的要求通常体现在在排放指标的要求中，直接或者间接的作用于锅炉能效。

### (五) 欧盟工业锅炉能效指标法规标准体系思路

通过对欧盟及主要成员国的分析，欧盟节能环保管理明晰，成员国根据各国经济及工业锅炉使用不同，制订了对应的标准或者指标。具体分析如下：

1. 欧盟除了制定框架性指令及节能减排的基本规划，欧盟委员会还呼吁欧盟各国采取共同的能源战略，建立共同的能源法律、法规，从而形成以欧盟指令、协调标准为基本要求，各国具体节能减排规定与法规为具体指标的模式，加强对能源产业与市场，供应与消费的管理，应对欧盟各国面临的共同挑战。

2. 根据欧盟指令文件的要求，各成员国根据本国情况制定本国的节能减排规划和具体的工业锅炉能效与排放指标，各国计划并非一成不变，但是目标非

常明确。欧盟各主要国家都为能源行业制定了专门的法律和法规，各国政府根据这些法律和法规制定行业发展政策，并对行业实行管理。

3. 成员国的节能减排指标实现通过强制加自愿手段实现。国家对工业锅炉提出最基础的指标与要求，强制要求工业锅炉排放及能效方面的审计并上报，对不符合要求的企业或行业进行处罚，但所有针对企业或者行业的指标具体完成的方式都是通过协商进行的。

4. 成员国对工业锅炉使用企业有财税等方面的补贴，从而对节能环保进行推广完善，极力提升民众意识，鼓励自愿淘汰高耗能、高污染的设备，更换高效节能环保设备。

5. 欧盟各国工业锅炉能效指标与美国有相同的内容，都是节能环保指标相辅相成，特别是荷兰以每 MJ 热量排放的 NOx 作为锅炉的指标，对节能环保做统一的要求，达到一举双得的效果；另外对于以锅炉热效率为指标的锅炉，也都考虑也不同运行负荷进行加权，综合衡量锅炉不同运行条件下的运行状况。

6. 由于欧盟各国使用的天然气等气体燃料较多，对于冷凝锅炉也都有所考虑并予以划分，由于冷凝锅炉对于材料的特殊防腐蚀要求限制，这样将冷凝锅炉与非冷凝锅炉区别对比更加公平合理。

7. 欧盟对于工业锅炉系统没有明确的要求，但是对企业有每年 1.5% 的节能限制，在客观上还是实现了对企业整体能源利用效率提升的督促。

此外，考虑到欧盟各国经济发展进展等情况，德国、法国经济较好的欧盟国家对工业锅炉环保和节能指标都有要求，并根据自身能源使用情况将指标对应的场景细化，还有如荷兰、意大利经济处于中游，但对于大量在用工业锅炉或者自身有发展空间，对应的指标主要是根据欧盟制定排放指标要求，通过排放指标反过来对节能及能效产生间接影响。还有其他的欧盟小国家主要就是根据指令要求执行，本国不对行业或者产业提出更多要求。

#### 四、日本工业锅炉节能减排法律法规及标准研究

日本对工业锅炉及相关设备能耗及能效要求均基于日本《节约能源法》开展，通过对《节约能源法》做了仔细分析并对工业锅炉相关条例、规定也进行了梳理，提取工业锅炉性能参数及指标要求进行分析。从国家层面及对应的部委规定进行梳理涉及工业锅炉能效管理的内容及指标。力求从宏观政策到微观实施均能有全面了解。

## (一) 日本节能环保管理模式及相关法律

日本现行的锅炉压力容器方面有 4 个法律，这 4 个法律是 2001 年行政改革后的经济产业省(METI)和厚生劳动省制定的。4 个法律的管辖范围是：电力事业法管辖常规火电站和核电站的锅炉和压力容器；高压气体安全法管辖石油和石化工业系统的压力容器；气体事业法管辖燃气供应系统的承压设备；工业安全卫生法管辖采暖锅炉之类的小型锅炉和其他承压设备。

在法律规定下还有施行令 (Ordinance)、通告 (Notification)、施行细则 (Guidelines) 以及并行的解释 (Interpretations)。解释是对法规各个层次技术内容的细化。除法规外，都是非政府机构编写的自愿性施行细则和规则，例如 JIS 标准和 JSME 标准。这些标准尽管是自愿性的，但是一旦被法规采纳，就变成了强制性的。因此 JIS 和 JSME 实际上分为强制性和非强制性两类。

在工业锅炉节能环保方面，通过《节约能源法》、《可再生能源法》，用法律手段提高利用效率采用法律手段促进企业开发节能技术、提高能源利用效率，是日本政府能源综合保障战略的一大支柱。日本政府通过这两部法律，大力促进企业提高能源适用效率，取得了良好的效果，单位能源消耗的经济产出大幅度提高。

## (二) 日本工业锅炉能效节能政策实施

涉及工业锅炉节能和能效方面要求的主要有《节约能源法》和《可再生能源法》，其中《节约能源法》直接提出了对工业耗能产品的要求，其中包括工业锅炉。2008 年日本推出了新的《节约能源法》，其中给出了能源使用合理化目标及必须有计划的采取措施的规定，要求在企业层面有能源管理需要包括中长期 (3-5 年) 并努力实现能耗在原单位年均值上改善 1% 的目标。另外为了实现该目标，企事业单位必须对各种利用热能的设备和空调设备进行改造，指出工业锅炉的 4 个重要性能参数 (空气比，排烟温度，废热回收率，锅炉外壁表面温度)，并要求企业对其给出指标。同时，各企事业单位必须根据“判断标准”，对实际使用的工业锅炉设备制定有关运行管理、计量和记录、维护和检修的方法等管理类企业标准，以利于合理使用能源，另外还规定了实行能效领跑者制度。

日本对于锅炉效率的提高不仅通过日常检查评估，更看重的是如何解决。发现了锅炉效率有偏低的情况，如何从日常运营管理，从开发和使用新的节能技术出发，来考虑提高锅炉的效率。同时，日本节能中心也采用监督管理的模

式来监管企业的锅炉运行状况，不仅能更好的了解企业锅炉运行的情况，也为提高锅炉效率提供了实践依据。日本对工业锅炉指标不达标企业的行政监察内容包括“工厂现场检查”、“征收报告书”和“现场见证检查”，从而确定企业遵守标准并采集能耗数据，目的是判断企业是否合理使用能源及是否满足节能法的要求。如果出现了能源使用情况不合理，能耗及排放超标的情况，首先通过行政部门要求“指示其制定合理计划”，如不遵守，将会公布或命令该企业进行整改，再不整改的情况下，会处以 100 万日元以下的罚款。

除了惩罚和相关硬性规定，日本还通过改革税制，鼓励企业节约能源，大力开发和使用节能新产品。如果企业达到节能标准就在一定的时期内享受到税收优惠和其他政策的补贴。为了鼓励企业和社会节能，政府还实施了多项财税政策。

### （三）日本工业锅炉能效环保相关要求

#### 1. 工业锅炉管理内容

日本规定只要设备运转，就需要在生产活动中控制能源的使用并对如表 4.1 内容进行管理。

表 4.1 生产活动能源控制检查内容

管理项目	规定内容
运转标准值设定	过量空气系数、废弃温度、废热回收率、炉外壁温度
测量和记录	运转时间、耗能量、温度等的定期测量与记录
检查与维修	维持高效率儿进行的定期检查与维修的记录
新设备标准	为改进或促进更新达到标准值的判断

除了上述规定外，还对工业锅炉的空气比、热回收、废气体温度做了详细要求，与欧盟及成员国不同，日本的指标制定是由经济产业省数据制定并强制要求执行。为了实现节能减排目标，根据节能法的要求，制订了详细的管理要求。

#### 2. 日本工业锅炉能效指标要求

在经济产业省公告第 65 号对各类能耗产品做了限制及要求，其中针对工业锅炉的条款有第 2 ( 第 2-1 款 )、3、5 ( 第 5-1 ) 条。在合理化目标及计划中，对工业锅炉的空气比 ( 过量空气系数 )、热回收、废气体温度都做了要求具体见下列表格 4.2 至 4.6。

表 4.2 锅炉标准空气比 (按蒸汽量)

分类	负荷率 (%)	标准空气比				
		固体燃料 固定床	液体 燃料	气体 燃料	其它	
电气事业单位用 <sup>1</sup>	75~100	--	--	1.05-1.2	1.05-1.1	1.2
蒸发量每小时 30 吨以上	50~100	1.3-1.45	1.2-1.45	1.1-1.25	1.1-1.2	
蒸发量每小时 10 吨以上 30 吨以下	50~100	1.3-1.45	1.2-1.45	1.15-1.3	1.15-1.3	--
蒸发量每小时 5 吨以上 10 吨以下	50~100	--	--	1.2-1.3	1.2-1.3	--
蒸发量每小时 5 吨以下	50~100	--	--	1.2-1.3	1.2-1.3	--

表 4.3 锅炉标准空气比 (按工业行业)

锅炉形式	气体燃料		液体燃料		备注
	连续式	间歇式	连续式	间歇式	
金属铸造用熔炉	1.25	1.35	1.30	1.4	
连续钢片加热炉	1.2	--	1.25	--	
连续钢片加热炉以外的金属加热炉	1.25	1.35	1.25	1.35	
金属热处理炉	1.2	1.25	1.25	1.3	
石油加热炉	1.2	--	1.25	--	
热分解炉及改质炉	1.2	--	1.25	--	
水泥烧成炉	1.3	--	1.3	--	专门燃烧粉末煤时液体燃料的值
石灰烧成炉	1.3	1.35	1.3	1.35	专门燃烧粉末煤时液体燃料的值
干燥炉	1.25	1.45	1.3	1.5	仅限于燃烧炉燃烧部

表 4.4 锅炉标准废气温度

分类	固体燃料		液体燃料	气体燃料	其它
	固定床	流化床			
电气事业单位用 <sup>2</sup>	--	--	135	110	190
每小时 30 吨以上	180	170	160	140	190
蒸发量每小时 10 吨以上 30 吨以下	180	170	160	140	--
每小时 5 吨以上 10 吨以下	--	300	180	160	--
为每小时 5 吨以下	--	320	200	180	--

表 4.5 锅炉标准废气回收率

排气温度 (°C)	容量分类	目标废热回收率		参考 预热空气温度 (°C)
		(%)	废气温度 (°C)	
500 以下	A B	35	275	190
500--600	A B	35	335	230
	A	40	365	305
600—700	B	35	400	270
	C	40	435	230
	A	40	420	350
700--800	B	35	460	310
	C	40	505	265
	A	45	435	440
800--900	B	40	480	395
	C	35	525	345

<sup>1</sup> 电气业务法第 2 条第 1 项第 10 号中所规定的电气事业单位。

注 1：排气温度指，从锅炉室排气的锅炉出口以及能量回收器入口处的温度。

注 2：容量定义如下：A，额定容量在每小时 84000 兆焦耳以上的锅炉；B，额定容量在每小时 21000 兆焦耳以上，84000 兆焦耳以下；C，额定容量在每小时 840 兆焦耳以上，21000 兆焦耳以下。

	A	55	385	595
900--1000	B	45	485	490
	C	40	535	440
	A	55		
1000 以上	B	45	--	--
	C	40		

表 4.6 锅炉标准外壁温度

炉内温度 ( °C )	标准炉外壁温度 ( °C )		
	顶棚	侧壁	以外部空气接触的底面
1300 以上	140	120	180
1100--1300	125	110	145
900--1100	110	95	120
900 以下	90	80	100

通过上述指标对工业锅炉相关的能效及排放进行限制。

### 3. 日本锅炉排放指标

日本适用于锅炉排放的相关标准包括：1) 煤烟的排放标准；2) 一般排放标准，即国家对各个煤烟发生设施规定的标准；3) 特别排放标准，即针对大气污染严重的地区，适用于新设煤烟发生设施的更加严格的标准（硫氧化物、煤尘）；4) 严格排放标准，即针对适用一般排放标准和特别排放标准不能充分地防止大气污染的地区，都道府县根据条例规定的更加严格的标准（粉尘、有害物质）；5) 总量控制标准，仅实施上述适用于各种设施的标准难以确保环境标准达成的地区，适用于大型工厂的工厂标准（硫氧化物及氮氧化物）。日本具体排放指标见表 4.7

表 4.7 大气污染相关的环境标准

	环境标准	达成期间
二氧化硫	1 天内的平均 1 小时值在 0.04ppm 以下，且 1 小时值在 0.1ppm 以下。	维持或者原则上 5 年内努力达成目标。
一氧化碳	1 天内平均 1 小时值在 10ppm 以下，且 8 小时内的平均 1 小时值在 20ppm 以下。	维持或者努力早日达成目标。
悬浮颗粒物	1 天内的平均 1 小时值在 0.10mg/m <sup>3</sup> 以下，且 1 小时值在 0.20mg/m <sup>3</sup> 以下。	维持或者努力早日达成目标。
光化学氧化剂	1 小时值在 0.06ppm 以下。	维持或者努力早日达成目标。
二氧化氮	1 天内的平均 1 小时值在 0.04ppm 至 0.06ppm 范围内或以下。	1 天内的平均 1 小时值超过 0.06ppm 的地区要努力达成 1 小时的平均值为 0.06ppm 的目标，原则上达成期间为 7 年以内。·1 天内的平均 1 小时值在 0.04ppm 至 0.06ppm 范围内的地区原则上要在此范围内维持现状或者努力不让其大大超过此范围。
苯	1 年平均值在 0.003mg/m <sup>3</sup> 以下。	鉴于持续摄入这些物质可能会危害到人体健康，为防患于未然以致于将来不会对人体健康造成损害，应维持或努力早日达成目标。
氯仿	1 年平均值在 0.2mg/m <sup>3</sup> 以下。	
四氯乙烯	1 年平均值在 0.003mg/m <sup>3</sup> 以下。	
二氯甲烷	1 年平均值在 0.15mg/m <sup>3</sup> 以下。	
二恶英	1 年平均值在 0.6pg-TEQ/m <sup>3</sup> 以下。	维持或者努力达成接近的目标或上述目标。

日本锅炉的烟尘排放标准如表 4.8 所示。其中适用烟尘特别排放标准的地区包括如下所示的 9 个地区：东京都特别区、横滨/川崎/横须贺、名古屋等、大阪/堺等、尼崎、仓敷、北九州、大牟田。

表 4.8 日本锅炉烟尘排放标准

命令附件第 1 件的编号	规则附件 第 2 的编 号	设施名称	规模 万 m <sup>3</sup> /h	排放标准		
				一般 [g/m <sup>3</sup> N]	特别 [g/m <sup>3</sup> N]	On [%]
1	1	专烧天然气锅炉	4 以上	0.05	0.03	5
			4 以下	0.10	0.05	5
			20 以上	0.05	0.04	4
2	2	重油燃烧锅炉及液体混 合燃烧锅炉	4 ~ 20	0.15	0.05	4
			1 ~ 4	0.25	0.15	4
			1 以下	0.30	0.15	Os
			20 以上	0.15	0.10	Os
1	3	黑液燃烧锅炉	4 ~ 20	0.25	0.15	Os
			4 以下	0.30	0.15	Os
			20 以上	0.10	0.05	6
4	4	烧煤锅炉	4 ~ 20	0.20	0.10	6
			4 以下	0.30	0.15	6
5		附设催化剂再生塔的锅 炉	-	0.20	0.15	4
6	6	其他锅炉	4 以上	0.30	0.15	6
			4 以下	0.30	0.20	6

#### ( 四 ) 日本锅炉节能减排法规标准体系分析

通过对于日本法规标准体系中有关工业锅炉节能环保指标等内容的分析发现，日本采用更多的是带有法律强制色彩的要求及命令，根据自身条件及国际环境积极修订工业锅炉主管法律并制定相应的指标要求，同时还配备了相关的政策推动及奖惩制度。综上，其特点可总结为：

- 日本对于锅炉节能环保有统一的法律法规及指标要求，且主管部门明确，并设立单一的、独立的监管机构，实施能源管理的范围和力度与市场发育程度紧密相关。
- 日本对于锅炉节能减排政策与计划的制定是工业管理部门直接制定的，且覆盖范围广，几乎针对所有企业，并对企业进行分类，对各类大中型企业均有节能减排指标要求，企业需要根据对应指标制定自己的中长期计划，并提交定期报告。与美国、欧盟不同的是日本对于达到节能减排要求并不设立政策支持与补贴，但企业出于企业形象的考虑或较高的节能减排意识也会努力达到国家设立的要求。
- 日本锅炉能效指标与其他国家都不同，不是以热效率或年平均效率的形式体现，而是以锅炉过量空气系数、排烟温度、表面散热温度等主要运行参数

指标体现，虽然没有对热效率进行明确的要求，但是能够达到主要运行参数的要求的锅炉，热效率也能达到较高的水平。且通过运行参数能够更有效的调整锅炉的运行状况，通过日常数据的记录分析，使用单位日程运行过程中就能够发现运行存在的并及时调整。

4. 日本的工业锅炉排放指标设置在考虑 CO、PM、氮氧化物、硫化物的同时，更明确的设立了二噁英等指标，还针对特殊区域进行了尘特别限值。

## 五、中国工业锅炉现状与能效指标制修订执行情况

### (一) 中国工业锅炉能效标准情况

#### 1. 中国法规标准管理机构

按照中国法规标准体系，自上至下一般为“法律-行政法规-部门规章-安全技术规范-相关标准”的结构层次。

法律：中国立法包括全国人大及其常委会立法、国务院及其部门立法、一般地方立法、民族自治地方立法、经济特区和特别行政区立法。锅炉有关的如《节约能源法》、《特种设备安全法》、《大气污染防治法》等，确定了高耗能特种设备节能监管的依据。

行政法规：行政法规的制定主体是国务院，它的效力次于法律、高于部门规章和地方法规。与锅炉有关为《特种设备安全监察条例》，2009年新修订的《特种设备安全监察条例》明确对锅炉节能工作提出了要求。

部门规章：部门规章是国务院各部门在本部门的权限范围内制定和发布的调整本部门范围内的行政管理关系的、并不得与宪法、法律和行政法规相抵触的规范性文件。主要形式是命令、指示、规定等。如国家质检总局制定的《高耗能特种设备节能监管办法》，质检总局会同环保部、发改委共同制定的《锅炉节能环保监督管理办法》，都属部门规章。

安全技术规范：特种设备安全技术规范由特种设备的管理机构国家质检总局依据相关法规制订，主要包括特种设备安全性能、能效指标、生产、经营、使用和检验检测等活动的强制性基本安全要求，如《锅炉节能技术监督管理规程》等。

标准：按照我国《标准化法》规定，我国标准分为四类。国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

国家标准，对需要在全国范围内统一的技术要求，应当制定国家标准，国家标准由于内容不同，有强制性标准与推荐性标准两类。国家标准由国务院标

准化行政主管部门国家标准化管理委员会编制计划和组织草拟，并统一审批、编号、发布。我国现行的《工业锅炉能效限定值及能效等级》(GB 24500-2009)、工业《锅炉热工性能试验规程》(GB/T 10180-2003)、《锅炉大气污染物排放标准》(GB 13271-2014)等都属于国家标准。

行业标准，对没有国家标准又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求，可以制定行业标准，作为对国家标准的补充，当相应的国家标准实施后，该行业标准应自行废止。例如针对循环流化床锅炉的能效测试标准，《循环流化床锅炉性能试验规程》(DL/T 964-2005)。

地方标准，对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的下列要求，可以制定地方标准。

企业标准，企业标准是对企业范围内需要协调、统一的技术要求，管理要求和工作要求所制定的标准。企业标准由企业制定，由企业法人代表或法人代表授权的主管领导批准、发布。

## 2. 我国锅炉节能标准体系

自2007年新修订的《节约能源法》和2009年新修订的《特种设备安全监察条例》增加对高耗能特种设备节能监管的内容后，国家质检总局2009年颁布了《高耗能特种设备节能监督管理办法》(116号令)，明确了高耗能特种设备节能监管的机制和内容，对高耗能特种设备生产、使用等环节的节能工作提出了具体要求；2010年颁布了《锅炉节能技术监督管理规程》和《工业锅炉能效测试与评价规则》两项节能技术规范，主要对工业锅炉能效测试制度、测试方法、能效指标等作出了规定；2011年发布了《锅炉设计文件节能审查办法》(试行)，对锅炉设计文件节能审查、锅炉定型产品能效测试、在用锅炉定期能效测试以及锅炉的使用管理等提出了一系列具体要求。同时，相关标准化技术委员会对《锅壳式锅炉建造规范》、《水管式锅炉建造规范》等20多个相关标准进行制修订，以体现节能、节材的要求，从而初步确立了以《节约能源法》、《特种设备安全监察条例》为法律依据，以《高耗能特种设备节能监督管理办法》为工作要求，以《锅炉节能技术监管规程》等节能技术规范和相关标准为工作基础的高耗能特种设备节能法规标准体系框架，具体见图5.1。

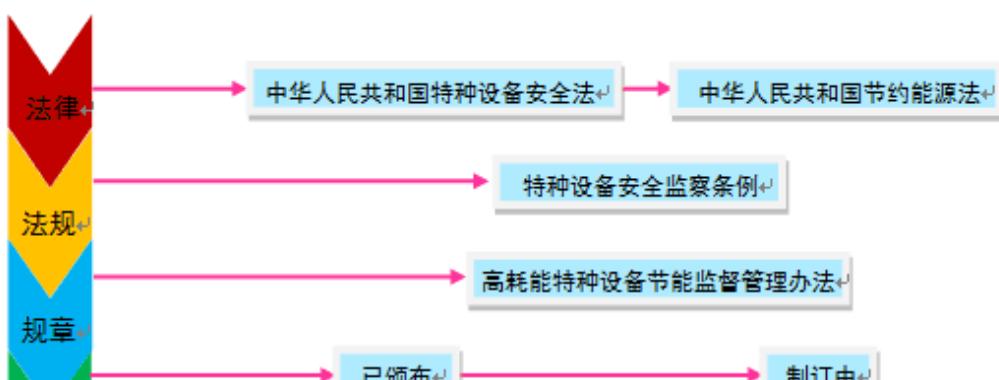


图 5.1 工业锅炉节能法规标准体系框架

### 3. 工业锅炉能效指标

中国工业锅炉产品能效方面的标准主要有《工业锅炉通用技术条件》(JB/T10094-2002)、《生活锅炉热效率及热工试验方法》(GB/T 10820-2011)、《工业锅炉能效限定值及能效等级》(GB24500-2009)等。

2002 年以前的标准虽然对热效率值有要求，但由于工业锅炉产品单台容量最近 10 年发生了很大的变化，使用以前的能效标准要求现在所生产的锅炉已经不合适。而且这些锅炉产品的能效标准只规定了效率的考核方法，对影响锅炉能效的其它指标没有规定。

燃料品种	$Q_{net,v,ar}$ kJ/kg	锅炉容量 $D$					
		t/h或MW					
		$D < 1$ 或 $D < 0.7$	$1 \leq D \leq 2$ 或 $0.7 \leq D \leq 1.4$	$2 < D \leq 8$ 或 $1.4 < D \leq 5.6$	$8 < D \leq 20$ 或 $5.6 < D \leq 14$	$D > 20$ 或 $D > 14$	
锅炉热效率 %							
烟 煤	II	$17\ 700 \leq Q_{net,v,ar} \leq 21\ 000$	71	74	76	77	78
	III	$Q_{net,v,ar} > 21\ 000$	73	76	78	79	80
贫 煤		$Q_{net,v,ar} \geq 17\ 700$	69	72	74	76	77
无烟煤	II	$Q_{net,v,ar} \geq 21\ 000$	58	61	64	66	69
	III	$Q_{net,v,ar} \geq 21\ 000$	63	68	72	74	77
褐 煤		$Q_{net,v,ar} \geq 11\ 500$	69	72	74	76	78

注1：小于1t/h或小于0.7MW燃煤手烧锅炉的热效率允许比表中相应的规定值降低3个百分点。  
 注2：表中未列燃料的锅炉热效率指标由供需双方商定。  
 注3：各燃料品种的干燥无灰基挥发分( $V_{daf}$ )范围为：烟煤， $V_{daf} > 20\%$ ；贫煤， $10\% < V_{daf} \leq 20\%$ ；II类无烟煤， $V_{daf} < 6.5\%$ ；III类无烟煤， $6.5\% \leq V_{daf} \leq 10\%$ ；褐煤， $V_{daf} > 37\%$ 。

图 5.2 《工业锅炉通用技术条件》中的部分燃煤锅炉能效指标

燃料品种	$Q_{net,v,ar}$ kJ/kg	锅炉容量 $D$				
		锅炉热效率 %		t/h或MW		
		不带省煤器的蒸汽锅炉	热水锅炉和带省煤器的蒸汽锅炉	$D \leq 2$	$D > 2$	$D \leq 2$ 或 $D \leq 1.4$
		$D \leq 2$	$D > 2$	$D \leq 2$ 或 $D \leq 1.4$	$D > 2$ 或 $D > 1.4$	
重油	—	84	86	86	88	
轻油	—	86	88	88	90	
气	—	86	88	88	90	

注1：表中未列燃料的锅炉热效率指标由供需双方商定。  
 注2：“气”是指天然气、城市煤气和液化石油气。

图 5.3 《工业锅炉通用技术条件》中的燃油气能效指标

锅炉额定蒸发量 $D/(t/h)$ 或锅炉额定热功率 $N/MW$	褐煤	烟煤			贫煤	无烟煤	
		I	II	III		II	III
	锅炉热效率						
$D \leq 0.143$ $N \leq 0.1$	65	62	65	68	65	58	63
$0.143 < D < 0.5$ $0.1 < N < 0.35$	67	65	68	72	69		
$0.5 \leq D < 1$ $0.35 \leq N < 0.7$	71	68	72	74	71	60	65
$0.7 \leq N \leq 1.4$	73	70	74	76	73	63	70
$N > 1.4$	75	72	76	78	75	66	74

注：表中所列为锅炉达到额定蒸发量或额定热功率时的热效率。

图 5.4 《生活锅炉热效率及热工试验方法》中燃煤锅炉能效指标

锅炉额定蒸发量 $D/(t/h)$ 或额定热功率 $N/MW$	燃油 <sup>a</sup>	燃气 <sup>b</sup>	电加热
$D < 1$ $N < 0.7$	86	86	97
$0.7 \leq N \leq 1.4$	88	88	
$N > 1.4$	90	90	

<sup>a</sup> 燃油应符合 GB 252 或 SH/T 0356 的规定。

<sup>b</sup> 燃气指城市煤气、天然气、液化石油气。

图 5.5 《生活锅炉热效率及热工试验方法》中燃油气锅炉能效指标

《工业锅炉能效限定值及能效等级》(GB24500-2009) 规定了工业锅炉的能效等级，该标准的最大优点是对锅炉产品的热效率提出了限定值与目标值并进行了分级。在标准规定测试条件下，工业锅炉在额定工况下所允许的热效率最低值。例如燃煤层燃工业锅炉在额定工况下的热效率值均应不低于图 5.6 中能效等级“3 级”规定。《锅炉节能技术监督管理规程》中对锅炉热效率限定值与目标值也与之对应。热效率限定值对应 GB 24500 三级，目标值对应 GB 24500 一级。

GB 24500—2009

表 1 层状燃烧锅炉热效率

能效 等级	燃料 品种	燃料收到基低位发热量 $Q_{net,v,r}$ kJ/kg	锅炉容量 $D$ t/h(或 MW)				
			$D < 1$ (或 $D < 0.7$ )	$1 \leq D \leq 2$ (或 $0.7 \leq D \leq 1.4$ )	$2 < D \leq 8$ (或 $1.4 < D \leq 5.6$ )	$8 < D \leq 20$ (或 $5.6 < D \leq 14$ )	$D > 20$ (或 $D > 14$ )
			锅炉热效率/%				
1 级	烟 煤	II $17 700 \leq Q_{net,v,r} \leq 21 000$	79	82	84	85	86
		III $Q_{net,v,r} > 21 000$	81	84	86	87	88
2 级	烟 煤	II $17 700 \leq Q_{net,v,r} \leq 21 000$	76	79	81	82	83
		III $Q_{net,v,r} > 21 000$	78	81	83	84	85
3 级	烟 煤	II $17 700 \leq Q_{net,v,r} \leq 21 000$	73	76	78	79	80
		III $Q_{net,v,r} > 21 000$	75	78	80	81	82
1 级	贫 煤	$Q_{net,v,r} \geq 17 700$	77	80	82	84	85
2 级		$Q_{net,v,r} \geq 17 700$	74	77	79	81	82
3 级		$Q_{net,v,r} \geq 17 700$	71	74	76	78	79

图 5.6 《工业锅炉能效限定值及能效等级》中燃煤层燃锅炉能效指标

但《工业锅炉能效限定值及能效等级》标准存在不少问题，例如所规定的节能评价值设置过低，特别是燃油气锅炉的热效率值明显偏低，且该标准依然用效率作为唯一的能效指标，虽然效率指标值较以前的标准有所提高，但对影

响锅炉能效的其它指标未进行规定，不利于工业锅炉产品进一步提升设计和制造技术的水平。

#### 4. 测试方法评价方法

目前我国实施中的测试与评价方法主要有，《工业锅炉热工性能试验规程》(GB/T 10180-2003)；《电站锅炉性能试验规程》(GB/T 10184-2015)；《循环流化床锅炉性能试验规程》(DL/T 964-2005)；《工业锅炉能效测试与评价规则》(TSG G0003-2010)；《工业锅炉系统能效评价导则》(NB/T47035-2013)等。

##### 4.1 测试方法

目前针对工业锅炉能效测试，我国主要采用《工业锅炉热工性能试验规程》(GB/T 10180-2003)，《工业锅炉能效测试与评价规则》(TSG G0003-2010)测试方法主要引用了《工业锅炉热工性能试验规程》中的规定，与其区别在于主要增加了对锅炉能效测试类型的规定。

##### 4.2 评价方法

由于国内锅炉能效测试与评价工作刚刚起步，针对评价的法规标准现行的仅有《工业锅炉系统能效评价导则》(NB/T47035-2013)，其适用范围包括：额定蒸汽压力 $\leq 3.8\text{ MPa}$ 的蒸汽锅炉系统；热水锅炉系统；有机热载体锅炉系统能效评价等，余热锅炉、热电联产锅炉系统能效评价可参照执行，其评价方法与美国 ASME EA-1 标准大体相同，主要通过收集和分析系统整体设计、运行、能源利用、运行数据等过程的信息资料，从而识别系统能效改进机会，提出优化系统能源使用和性能的方案达到节能减排的效果。

#### (二) 中国工业锅炉环保标准情况

目前中国现行的工业锅炉环保标准为《锅炉大气污染物排放标准》，该标准由环境保护部、国家质量监督检验检疫总局共同发布，标准中对于在用锅炉、新建锅炉、特别区域排放的限定指标如图 5.7 至图 5.9 所示：

表1 在用锅炉大气污染物排放浓度限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

污染物项目	限值			污染物排放 监控位置
	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	
颗粒物	80	60	30	烟囱或烟道
二氧化硫	400 550 <sup>(1)</sup>	300	100	
氮氧化物	400	400	400	
汞及其化合物	0.05	-	-	
烟气黑度(林格曼黑度, 级)	$\leq 1$			烟囱排放口

图 5.7 中国在用锅炉大气污染物排放限值

表2 新建锅炉大气污染物排放浓度限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

污染物项目	限值			污染物排放 监控位置
	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	
颗粒物	50	30	20	烟囱或烟道
二氧化硫	300	200	50	
氮氧化物	300	250	200	
汞及其化合物	0.05	-	-	
烟气黑度(林格曼黑度, 级)	$\leq 1$			烟囱排放口

图 5.8 中国新建锅炉大气污染物排放限值

表3 大气污染物特别排放限值

单位: mg/m<sup>3</sup>

污染物项目	限值			污染物排放 监控位置
	燃煤锅炉	燃油锅炉	燃气锅炉	
颗粒物	30	30	20	烟囱或烟道
二氧化硫	200	100	50	
氮氧化物	200	200	150	
汞及其化合物	0.05	-	-	
烟气黑度(林格曼黑度, 级)	$\leq 1$			烟囱排放口

图 5.9 中国锅炉大气污染物特别排放限值

目前该标准为国内最新有关锅炉大气污染物排放领域的标准，由于中国各地方政府对于环保工作的日渐重视，京津冀地区、山东、广东等石油石化企业相对集中的区域也依据该标准出台了更加严格的地方标准。

### (三) 实施最新中国能效标准后中国工业锅炉能效状况

#### 1. 我国工业锅炉基本情况

按照锅炉输出介质的不同，主要分为蒸汽锅炉、热水锅炉、有机热载体锅炉三类，数量分布如图 5.10 所示。

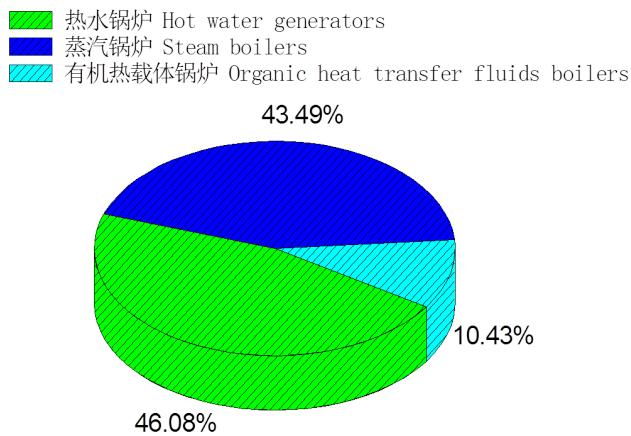


图 5.10 工业锅炉输出介质数量分布

我国工业锅炉量大面广，且以燃煤为主。燃煤工业锅炉占工业锅炉总量的 65%以上，燃油气锅炉占 25%以上，电加热锅炉占 1%左右，其余的是以沼气、黑液、生物质等为燃料的锅炉，分布见图 5.11。

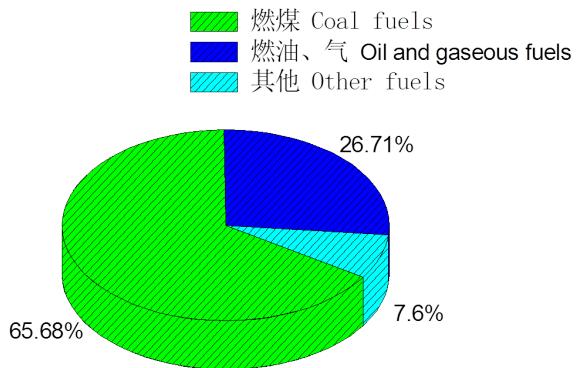


图 5.11 工业锅炉燃料分类数量分布

我国工业锅炉平均容量小，锅炉容量小于 35 t/h 的约占工业锅炉总量的 90% 以上，其中 2~10t/h 的约占 70%（随着近年来国家逐步淘汰 10t/h 以下燃煤锅炉政策的实施，这一数字还在逐渐下降），锅炉平均容量不到 4t/h。

从用煤情况看，10t/h 以下的锅炉用煤量约占用煤总量的 50%，10t/h 以上由于单台容量大，用煤量约占工业锅炉用煤量的 50%。对燃油气工业锅炉来讲，约 5 万台燃油气工业锅炉年消耗标准油约 0.22 亿吨。随着我国对节能环保日益重视，以生物质为燃料的锅炉也越来越多被使用。

## 2. 锅炉制造销售情况

根据国家质检总局的统计数据，截止 2015 年底，质检总局登记在案的取得锅炉制造许可证的境内锅炉制造企业有 968 家，境外锅炉制造企业有 103 家。随着经济的发展，我国在用锅炉数量近年来不断上升，但进入 2015 年，受经

济影响以及国家淘汰 10t/h 以下燃煤锅炉的政策要求，近两年锅炉新增数量有所降低。

### 3. 锅炉新产品的能效状况

#### 3.1 锅炉新产品基本能效状况

自 2011 年我国实施锅炉定型产品能效测试制度以及能效指标以来，锅炉制造企业新设计的锅炉产品均需通过测试方可批量生产，2012—2015 年锅炉定型产品测试情况按照燃料分类进行对比，如图 5.12 所示：

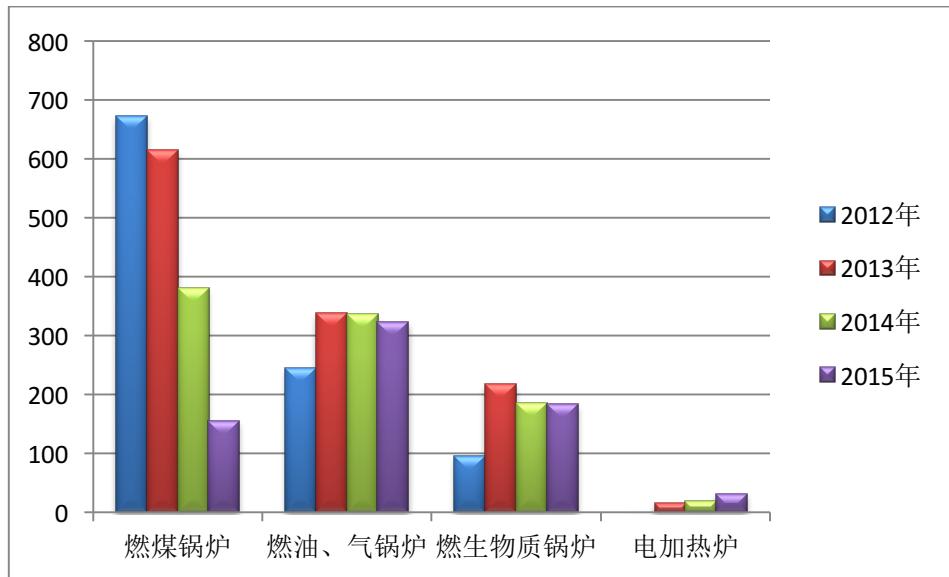


图 5.12 2012—2015 年锅炉定型产品测试情况按照燃料分类对比

从上图可以看出四年的定型产品测试中，燃煤锅炉定型产品测试数量逐年递减；燃油、气锅炉和燃生物质锅炉在 2013 年有较大增幅，之后便趋于平稳；电加热炉数量少。上述变化的原因是，近年来我国在工业锅炉节能环保方面提出了淘汰小型燃煤锅炉，发展高效锅炉，以及工业锅炉“煤改气”的政策。小容量燃煤锅炉在节能环保性能上很难达到要求，尤其是《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37 号）文中明确提出全面整治燃煤小锅炉等多项举措，并规定了到 2017 年，除必要保留的以外，地级及以上城市建成区基本淘汰每小时 10 蒸吨及以下的燃煤锅炉，禁止生产新建每小时 20 蒸吨以下的燃煤锅炉。

通过对美国、欧盟、日本的锅炉能效指标的研究发现，国外对于锅炉能效状况的评估标准不仅仅以锅炉热效率为准，特别是日本对于锅炉主要以锅炉排烟温度、过量空气系数为指标，目前现行的中国能效标准并未提出热效率以外的能效指标，为了衡量国外做法在中国的可行性，针对 2015 年底锅炉定型产品测试情况，不同出力锅炉的热效率，排烟温度及过量空气系数等数据进行了统计，2015 年各种燃料工业锅炉定型产品测试锅炉热效率算术平均为 87.62%，

加权平均值为 87.67%；排烟温度算术平均值为 146.60°C，加权平均值为 135.18°C；过量空气系数平均值为 1.29。

### 3.2 锅炉新产品过量空气系数、排烟温度数据分析

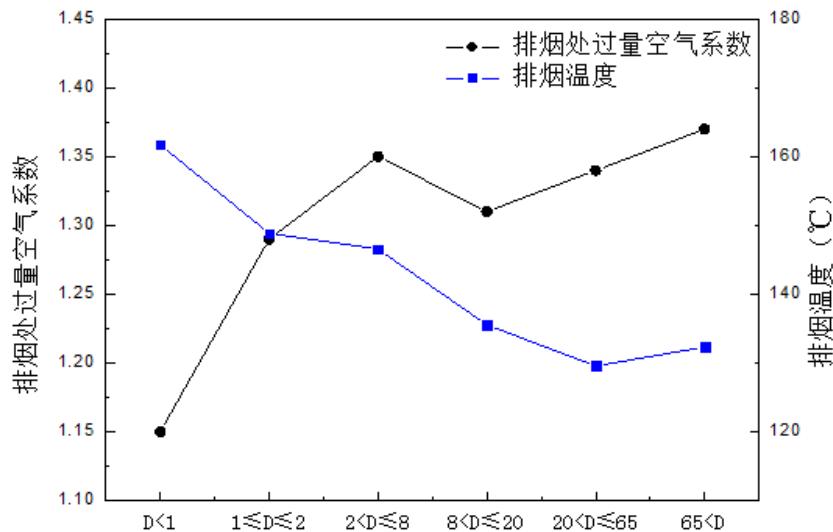


图 5.13 工业锅炉新产品部分参数统计图

由图 5.13 可知，锅炉出力小于 1t/h 的时候，锅炉排烟温度平均值达 161.73°C，但是随着锅炉出力的增大，锅炉的排烟温度逐渐降低。说明自 TSG G0002-2010《锅炉节能技术监督管理规程》颁布以来，工业锅炉制造企业新产品设计已经完全按照规程要求，使用相关节能技术降低排烟温度。锅炉出力小于 1t/h 的范围内，工业锅炉平均排烟温度明显高于其他锅炉，由于排烟损失是锅炉热损失中最主要的热损失之一，一般排烟温度每超过 15°C，排烟损失增加 1%，耗能增加 1.4%，根据额定蒸发量小于 1t/h 蒸汽锅炉的整体分析情况及目前节能技术的应用情况，对于额定蒸发量小于 1t/h 的蒸汽锅炉，可采用节能技术适当降低排烟温度减少排烟损失，提高锅炉热效率仍有一定空间。

## 4. 在用工业锅炉的能效状况

### 4.1 在用工业锅炉能效基本状况

在用工业锅炉按照《锅炉节能技术监管规程》的规定，特种设备检验机构以及有资质的节能服务机构，根据当地质量技术监督局的计划安排，结合安全定期检验同时，每 2 年进行运行一次效率测试，达不到热效率限定值的应进行节能改造。工业锅炉在用锅炉热效率统计分析见图 5.14。

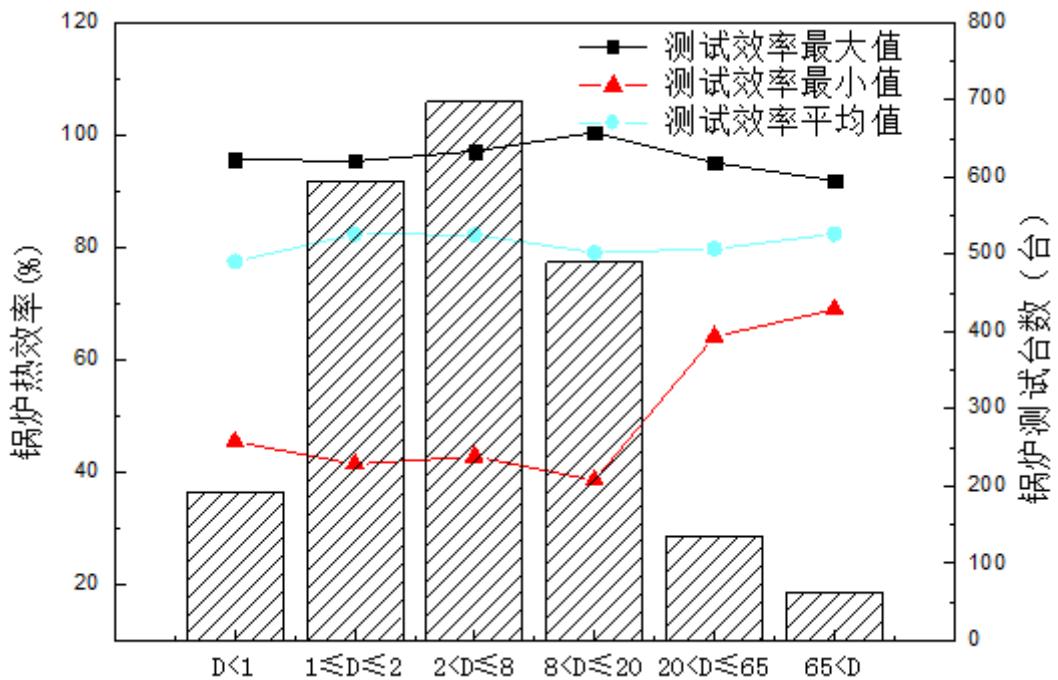


图 5.14 工业锅炉在用能效测试热效率统计图

#### 4.2 在用工业锅炉过量空气系数、排烟温度数据分析

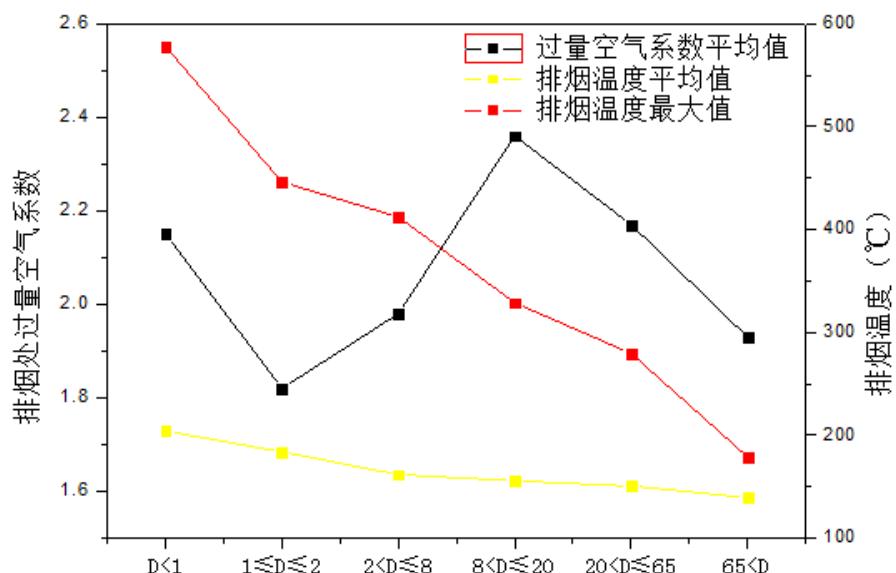


图 5.15 工业锅炉在用能效测试排烟参数统计图

由图 5.14 和图 5.15 可知，在用工业锅炉整体热效率、排烟温度、以及过量空气系数与同容量的工业锅炉新产品测试数据均有一定的降低，其中的主要原因有两点：一是在用锅炉运行过程中，负荷变化大，且多数情况下处于低负荷运行，影响锅炉热效率；二是在用老旧锅炉自控水平低，而日常司炉人员运行操作水平不能保证确保锅炉处于最佳运行状况；三是不能满足锅炉运行条件，如燃料与炉型不相适应等。

#### (四) 中国工业锅炉能效状况分析

自国家质检总局开展锅炉节能监管工作以来，对工业锅炉实施能效测试制度，这一制度的实施，有效提升了锅炉新产品的能效，特别是 2016 年国家质检总局发布了《锅炉节能技术监督管理规程》（第 1 号修改单），按照国家政策大幅提升了小型燃煤锅炉、循环流化床锅炉、燃油气锅炉的能效指标，未来中国对于工业锅炉新产品的热效率将会高于 80%，有利于提升锅炉使用效率，引导用户使用节能新产品。

尽管取得了一定的进步与成效，但是中国锅炉还存在以下问题：

1. 制造厂数量多、规模小，市场占有率低。

中国锅炉制造业是在新中国成立后建立并发展起来的，改革开放以来，随着国民经济的蓬勃发展，我国锅炉制造业取得了长足的进步。中国锅炉制造企业实行许可证制度，自锅炉制造企业实行许可证以来，锅炉制造业得到了规范并壮大，部分锅炉制造企业生产能力不断提高，但行业发展极不平衡，制造企业数量多，但个性产品少，企业生产能力一般。

2. 在用锅炉能效水平低，与设计能效差距较大。

我国工业锅炉长期以来一直存在所谓的“大马拉小车”的现象，就是说绝大多数锅炉处于低负荷运行状态，一方面是由于在锅炉设计时选定数据放了一定的裕量，显得比较保守；另一方面，设计院和用户在选用锅炉时，考虑到今后的发展需要等因素，所选锅炉的容量及台数往往超过实际需求量很多；再一方面，由于受到生产状况的限制，锅炉实际运行中负荷常随用汽、用热负荷变化在较大范围内波动，造成很多锅炉长期在低负荷下运行。目前全国工业锅炉运行单位所选锅炉的容量及台数往往超过实际需求量很多，日常平均运行负荷只有额定负荷的 50%~60% 左右，从而造成实际运行效率往往要比锅炉设计热效率低 10~15 个百分点，造成一次能源的浪费很大。

3. 热水锅炉数量多，用途单一，不考虑梯级利用。

近几年来，由于中国各地的房地产市场迅猛发展的拉动，以及集中供暖政策要求，大容量热水锅炉的需求量逐年增加，热水锅炉占工业锅炉总需求量的比例有所上升。70MW、91MW、116MW 的热水锅炉，甚至 168MW 的热水锅炉都有所使用。尽管以大容量高参数锅炉逐步替代小容量低参数、量大面广的燃煤工业、商业和生活锅炉能顺应我国社会工业化、人口城市化和生活优质化的发展，但由于热水锅炉用途单一，且每年仅在供暖季运行 4 个月左右的时间，不符合能源梯级利用的新方向。

## (五) 中国工业锅炉能效环保指标分析

### 1. 工业锅炉产品的能效指标和实际运行脱节

目前现行的锅炉产品能效指标都是基于锅炉额定负荷状况下制定的，而锅炉在实际运行过程中经常处于非额定负荷，我国工业锅炉一般平均负荷率在50%~70%之间，以瞬态的锅炉热效率作为工业锅炉能效唯一指标，没有考虑锅炉负荷变化、燃料变化、管理因素、操作因素对锅炉运行能效的影响，不利于锅炉使用单位了解锅炉运行能效水平在同行业、同地区的位置，也不利于政府掌握不同行业、不同地区工业锅炉运行能效水平，督促不达标企业进行整改。另外，前述这两个标准都是锅炉本体的能效标准，对于锅炉系统能耗状况不能做出评价。

### 2. 工业锅炉产品能效指标不健全，高耗能低效锅炉混迹市场

目前缺少生物质锅炉、煤粉工业锅炉、高炉/焦炉煤气锅炉、电热锅炉产品能效指标，天然气锅炉、燃煤锅炉能效指标多年未修订。不少高耗能低效锅炉以低价格流入市场，有些锅炉热效率指标只有60%~70%。

### 3. 缺少系统能效指标，在用锅炉指标仅仅用瞬态的热效率评价不科学

由于我国锅炉安全监管范围的原因，锅炉制造企业、检验或测试机构、使用单位大部分安全节能环保工作都是针对锅炉本体开展，并没有从锅炉系统的角度制定指标来约束管理运行的状态。且我国工业锅炉，特别是燃煤工业锅炉自动控制水平低自动控制水平低，依靠操作人员经验调节锅炉运行参数，由于作业人员技术素质参差不齐，以及管理人员和操作人员的节能意识和技术水平欠缺，使得锅炉的运行效率远远达不到经济运行的指标。

### 4. 低位发热量用于热效率计算，不适用于发生冷凝的燃天然气锅炉

由于我国锅炉设计制造计算时习惯性采用燃料低位热值进行热力计算，现行的能效测试方法中热效率计算也采用低位发热量。目前国内锅炉制造企业与使用单位对于锅炉节能环保愈发重视，使用燃天然气锅炉并加装烟气回收装置的越来越普遍，排烟温度降低后依据现行标准对于部分燃天然气锅炉计算热效率超过100%，数据显得不科学，也不利于对于冷凝锅炉和非冷凝锅炉的比较。

## 六、中外锅炉能效法规体系与锅炉指标对比分析

### (一) 法规体系对比分析

对比美国、欧盟及其主要成员国、日本、中国的锅炉能效法规体系，在法规标准体系方面，国内外相同点都是按照不同的层级，由法律法规提出基础的

要求，政府主管部门出台法规对节能减排进行管理规定并提出最低的指标，而具体的技术方法及内容由标准或指南补充完整；在政府监管的层面上，专职政府机构会提出基于法律的法规来执行细节与最低指标，地方政府或成员国会提出更加细致的计划针对行业或企业进行监管，从而起到：法规逐层递进更加细致，监管分级进行更加明确。

## （二）锅炉能效指标类型、数值对比

	中国 GB24500	中国 TSG G0002	美国	欧盟	日本
锅炉新产品能效指标	额定负荷热效率	额定负荷热效率	/	不同负荷热效率平均值	/
在用工业锅炉能效指标	/	一般大于新产品热效率限定值的90%	年平均热效率	不同负荷热效率	/
锅炉系统能效指标	/	/	单位热输出能源消耗	/	/
热效率曲线	/	/	/	要求	/
排烟温度指标	/	限定值	/	/	限定值目标值
过量空气系数	/	限定值	/	/	限定值目标值

图 6.1 各国锅炉能效指标对比

通过对美国、欧盟、日本锅炉能效指标的收集研究，并且与中国锅炉能效指标的对比，可得：

**中国锅炉能效指标**：锅炉能效指标为额定负荷下热效率测试时值，能效等级分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级，按照层燃锅炉、循环流化床锅炉、燃油气锅炉等炉型以及燃煤、燃油气等燃料种类进行区分，燃料热值选用收到基低位热值；在用工业锅炉能效指标尚未制订，一般要求为不低于锅炉新产品能效指标的90%；锅炉系统能效指标未制订；对锅炉排烟温度、过量空气系数设立限定值。

**美国锅炉能效指标**：美国对于锅炉锅炉的要求为年平均燃料效率，突出反映使用单位运行状况；燃料分为燃油、燃气和其他燃料，燃料热值选用收到基高位热值；由于美国与中国不同，热水锅炉数量有限，对锅炉系统的要求主要依照 ASME 标准进行蒸汽系统评价，得出单位热输出和能耗量，识别节能机会，并进行节能改造；对锅炉排烟温度、过量空气系数未进行规定。

**欧盟锅炉能效指标**：欧盟主要国家锅炉新产品能效指标为不同负荷条件下热效率加权平均值，不分炉型，区分冷凝型锅炉和非冷凝型锅炉，不分燃料种类；燃料热值选用收到基低位热值、高位热值两种；其工业锅炉能效指标为不

同运行负荷下的锅炉能效热效率，用于评价锅炉运行状况；锅炉系统能效指标未制订，但是对于锅炉使用单位有年度的节能要求；对锅炉排烟温度、过量空气系数未进行规定；此外，欧盟还对锅炉排烟热损失进行了特殊规定，要求排烟热损失不能大于9%。

**日本锅炉能效指标：**日本锅炉能效指标与中国、美国、欧盟都不相同，其锅炉能效指标不是热效率标准，而是选用排烟温度和过量空气系数作为能效控制值，炉型按照燃料分为固体燃料（固体燃料炉型分为固定床和流化床）、液体燃料和气体燃料，排烟温度和过量空气系数分为基准值和目标值，也并没有按照锅炉新产品、在用锅炉、锅炉系统进行区分。

### （三）测试方法的对比

根据前文对美国、欧盟、日本、中国能效指标等资料的收集研究，对于锅炉能效测试方法主要对比见图 6.2。

测试方法及结果评定	内容	中国 GB/T 10180 GB/T10184		美国	欧盟	日本
	测试方法	1.正平衡法 2.正反平衡法 3.反平衡法	正平衡法或反平衡法	正平衡法或反平衡法	正平衡法或反平衡法	/
	热效率计算方法	正平衡和（或）反平衡热效率的平均值	推荐用反平衡法计算热效率	推荐用反平衡热效率	1反平衡热效率 2正平衡试验(需给出主要的热损失)	/
	燃料热值	低位发热量	低位发热量	高位发热量	高位发热量或低位发热量	/
	试验次数	2次	2次	至少1次	至少1次	/
	不确定度分析	/	误差分析	不确定度分析	不确定度分析	/

图 7.2 各国锅炉能效测试方法对比

除日本外，各国的锅炉热工性能试验原理基本相同，测试方法差异不大。国家标准与国外标准主要差异有两点：

1. 在计算采用低位发热量，对于冷凝锅炉或排烟温度低发生冷凝的燃天然气锅炉效率计算不准确；
2. 测试计算结果不进行不确定度分析。

理论上说，国家标准与 ASME 标准（2010 年版）应当是最精确的，ASME 标准（1964 年版）次之，欧盟标准模型最粗糙。但欧盟标准其测试结果却可以和 ASME 标准具有较好的一致性。其主要原因之一是，按照欧盟标准进行试验，

试验人员更容易与生产实践联系起来，且必须更关注燃料的性质等锅炉运行状况、参数。

#### (四) 国外工业锅炉节能环保先进做法思考

1. 国外政府部门（如美国能源部、环保署）对于节能环保提出具体的要求，就会配套相应的措施以及优惠政策，类似的欧盟各成员国依据欧盟指令制定本国法规也会出台相应的税收或补贴政策，这样法规与政策的衔接更加紧密，也更加容易执行；

2. 国外法规政策并非长时间一成不变，而是随着体现设备、技术水平的标准不断提升要求，同时对于相关的政策推动及奖惩制度也不断完善，保证激励制度能够取得应有的效果；

3. 对比国内外能效法规标准中的锅炉节能环保指标，中国仅存在强制性指标如能效、排放限值，而美国、欧盟的指标都分为自愿性与强制性，强制性的指标大部分使用单位能够达到或通过相关法规标准的制定方法或模式达到，而想要达到自愿性指标则相对困难，明确了落后与先进之间的差距，但也给落后者提供时间去缩小差距，从而实现全面进步的效果；

4. 国内法规标准中对于锅炉的管理与指标都是针对不同类型的锅炉设备，而美国、欧盟的管理更多针对行业范畴或企业本身，一方面是突出系统概念，通过投入产出比更好的衡量和提升运行水准，另一方面也能够根据行业特性发挥法规标准的引导作用，不会与实际脱节。

5. 锅炉能效环保指标紧密结合，美国、欧盟对于锅炉节能环保指标都结合紧密，这样的做法符合锅炉的运行特点，只有在规定条件下能效环保双达标才能证明锅炉的节能环保性能，否则单纯考虑节能或环保问题，就有可能造成以加大排放达到能效合格或以牺牲能效达到排放合格的局面。不能真实有效评价统计锅炉实际节能环保性能，不利于节能环保工作进展。

6. 针对具体的锅炉节能环保指标，国外特别注重使用侧发力，如美国规定了基于热量输入/输出的不同环保指标，引导使用单位在运行过程中解决关注排放。而日本对于锅炉节能针对日常运行中的排烟温度、过量空气系数等主要参数设定指标，并结合“领跑者”制度等模式规范企业的日常运营管理。

### 七、结论

#### (一) 我国工业锅炉能效指标及系统评价方法完善建议

通过对中外锅炉能效指标的对比，我们可以发现各国法规标准中对于锅炉能效指标的规定各不相同，由于我国锅炉节能监管工作起步较晚，相关节能法规体系也并不完善，目前现行的中国锅炉能效指标仅对新产品进行了明确规定，对于在用锅炉、锅炉系统能效指标还未做出明确的要求，参照国外做法，为推进中国工业锅炉能效指标发展，提出以下建议：

**对于锅炉新产品能效指标：**

1. 中国锅炉新产品的指标仅考虑额定负荷，而实际运行中大部分锅炉无法长时间在额定负荷下运行，从而造成指标值与现实情况不符，参照美国采用年平均燃料效率，欧盟采用不同负荷下热效率加权平均的做法，建议将锅炉能效指标完善为不同负荷下的热效率或加权平均值，同时形成锅炉能效曲线，充分反映锅炉不同运行负荷下运行的综合状况；
2. 目前中国标准中对于锅炉产品能效的指标过于单一，只有热效率指标，不利于综合评价锅炉运行状况，参考欧盟、日本等国家对排烟温度、热损失等参数给出详细要求，建议提出不同负荷下的排烟温度、过量空气系数限值，或将排烟温度、过量空气系数限值作为该负荷热效率达标的前置条件；
3. 对于燃气锅炉的热效率分级需进一步完善，对冷凝式和非冷凝式锅炉应明确区分。

**对于在用工业锅炉能效指标：**

1. 在用工业锅炉指标应当能够反映单位时间内，符合企业生产运行规定的消耗单位能源与输出热量产出的比值，设立年平均热效率指标，与企业生产进行有机结合；
2. 对于在用锅炉，排烟温度、过量空气系数等运行参数应当参照锅炉新产品能效指标，热效率根据锅炉新产品能效曲线，根据锅炉产品能效曲线评价锅炉的运行的状况；
3. 对于在用锅炉分类应进行优化调整，一是针对燃煤锅炉、燃油气锅炉的容量划分、燃料区分进行合并优化，鼓励小型锅炉能效向大型锅炉看齐；二是对于小型层燃燃煤锅炉、循环流化床锅炉、燃油气锅炉应根据实际情况对锅炉热效率指标予以提高，避免低效锅炉混迹市场。

**对于锅炉系统能效指标：**

1. 明确锅炉系统的概念与范围，制订明确的锅炉系统能效指标，应当以锅炉系统输出能量与锅炉系统燃料、水、电、人工消耗比值等作为能效指标，突

出单位热能输出能源消耗的概念，并设立区域能源优化概念，有效鼓励热电联产等能源梯级利用的概念，优化我国锅炉产能结构；

2. 借鉴国外经验针对不同行业、不同企业设立不同的投入产出比值作为指标；

3. 由于中国地域广泛，各地能效状况不同，可以考虑不同区域设立不同系统指标，根据不同区域的行业水平或企业水平进行比对修订。

#### **对于锅炉环保指标：**

参考美国、欧盟主要国家的能效指标可以发现，国外锅炉管理更加重视锅炉环保性能，对于锅炉排放的指标限制比能效指标还要严格。在我国当前环保问题日益突出，雾霾天气持续的情况下，作为主要的大气污染物排放源，对于锅炉的环保指标应与能效指标有机结合。建议在锅炉新产品、在用锅炉能效指标中同时考虑环保问题，增加一氧化碳、HCl、颗粒物、氮氧化物、硫化物、汞及其化合物等污染物排放指标，将其与锅炉设计、制造、运行等环节进行结合。杜绝以降低锅炉能效的方法达到排放达标，或增加污染物排放的手段达到能效达标。

#### **优化测试与评价方法：**

根据目前测试与评价工作显示的问题，一是建议修订现行标准中锅炉热效率测试计算方法或单独制定冷凝锅炉能效测试计算方法，避免由于使用低位发热量，造成冷凝式燃气锅炉效率偏差；二是修订现有能效测试方法，增加对于有机热载体锅炉内容；三是制订余热锅炉能效测试与计算方法，弥补空白；四是修订现行锅炉能效测试评价法规标准，增加锅炉能效评价方法。

### **(二) 中国工业锅炉能效指标与评价体系建设建议**

对比美国、欧盟主要国家、日本等国家工业锅炉能效指标与评价体系建设的情况，根据中国锅炉运行与发展状况，提出以下完善中国工业锅炉能效指标与评价体系建设建议：

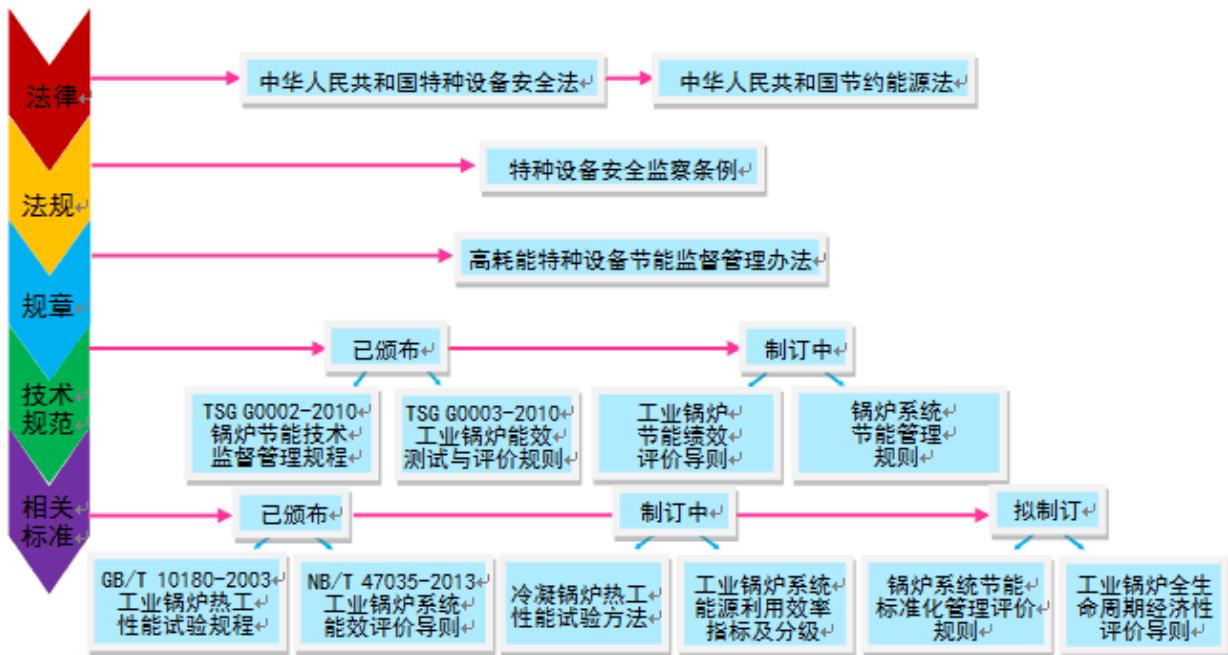


图 7.1 锅炉节能环保法规体系框架

一是对法律法规层面进行完善，加快制定锅炉节能环保监督管理办法，构建锅炉安全节能环保三位一体的监管机制，对锅炉节能环保工作进行统一规定；二是对法规整理修订，对锅炉节能技术监督管理规程等进行修订，完善补充涉及锅炉能效指标的内容，按照《大气污染防治法》的要求，补充有关锅炉大气污染物排放管理规定；三是对于技术规范总体按照监管类、检验测试评价类、指标类、运行管理类进行分类完善。监管类明确节能环保管理方式、要求及最低指标；评价类明确对于指标等的检验检测评价方法；指标类对监管类中的指标进行进一步完善，可按照节能水平提出分级概念，引入自愿性指标；运行管理类主要针对制造企业或使用单位，提出制造与日常运行管理的要求。具体建议见表 7.1。

表 7.1 特种设备节能法规完善目录

序号	名称	备注
<b>法律</b>		
1	特种设备安全法	
2	节约能源法	
3	大气污染防治法	
<b>法规</b>		
1	特种设备安全监察条例	
<b>部门规章</b>		
1	高耗能特种设备节能监管办法	
2	锅炉节能环保监督管理办法	制订中

3	锅炉压力容器制造许可办法	需修订
<b>安全技术规范 ( 监管类 )</b>		
1	锅炉节能技术监督管理规程	需修订
2	锅炉环保技术监督管理规程	需制订
3	燃油 ( 气 ) 燃烧器安全技术规则	需修订
4	锅炉安装改造单位监督管理规则	需修订
5	锅炉设计文件鉴定规则	修订中
6	锅炉水处理监督管理规则	需修订
<b>安全技术规范 ( 检验测试评价类 )</b>		
1	锅炉安装监督检验规则	需修订
2	锅炉定期检验规则	需修订
3	工业锅炉能效测试与评价规则	需修订
4	锅炉系统能效测试与评价规则	需制订
5	工业锅炉节能绩效评价导则	需制订
6	燃油 ( 气 ) 燃烧器型式试验规则	需修订
<b>安全技术规范 ( 指标类 )</b>		
1	锅炉系统能效指标与分级	需制订
2	锅炉能效指标与分级	需制订
3	锅炉大气污染物排放指标	需制订
<b>安全技术规范 ( 运行管理类 )</b>		
1	锅炉系统节能管理规则	需制订
2	锅炉安全管理人员和操作人员考核大纲	需修订
3	特种设备制造、安装、改造、维修许可鉴定评审细则	需修订
4	锅炉压力容器产品监督检验规则	需修订

对于国内标准，按照锅炉产品，在用锅炉，锅炉系统等分类制订不同运行负荷下包含锅炉热效率、过量空气系数、排烟温度、系统热输出能耗的锅炉能效指标标准，以及包含颗粒物、CO、HCl、NOx、SO<sub>2</sub>、汞及其化合物等锅炉大气污染物排放指标标准；制订冷凝锅炉热工性能试验方法、余热锅炉热工性能试验方法，整合修订工业锅炉热工性能试验规程与生活锅炉热效率及热工试验方法等锅炉测试评价类标准，同时对工业锅炉、电站锅炉运行管理标准进行制修订。通过三类标准的制修订达到重复标准整合的效果，同时对于美国、欧洲、日本锅炉标准中更加合理的地方要在标准制修订过程中纳入考虑，达到与国外标准接轨的目的。详细标准制修订分类建议详见表 7.2。

表 7.2 锅炉节能环保标准完善目录

锅炉能效与环保指标标准		
1	工业锅炉能效限定值及能效等级	修订中
2	余热锅炉能源利用效率指标及分级	需制订
3	冷凝锅炉能源利用效率指标及分级	需制订

4	工业锅炉系统能源利用效率指标及分级	制订中
5	工业锅炉系统能效指标及分级	需制订
6	热电联产锅炉系统能源利用效率指标及分级	需制订
7	锅炉系统节能标准化管理分等规定	需制订
8	锅炉大气污染物排放指标	需制订
<b>锅炉测试评价类标准</b>		
1	工业锅炉系统能效评价导则	
2	电站锅炉系统能效评价导则	需制订
3	工业锅炉热工性能试验规程	
4	生活锅炉热效率及热工试验方法	需合并修订
5	碱回收锅炉热工性能试验方法	
6	电站锅炉性能试验规范	需修订
7	烟道式余热锅炉热工试验方法	需修订
8	管壳式余热锅炉热工试验方法	需制订
9	冷凝式锅炉热工性能试验方法	制订中
10	热管锅炉热工性能试验方法	需制订
11	循环流化床锅炉性能试验规程	
12	工业锅炉全生命周期经济性评价导则	需制订
13	燃煤工业锅炉节能监测	需修订
14	蒸汽加热设备节能监测方法	需修订
15	工业锅炉及火焰加热炉烟气余热资源量计算方法与利用导则	需修订
16	节能量测量和验证技术要求 工业锅炉系统	需制订
17	燃煤锅炉能源统计实施办法	需制订
18	锅炉系统节能标准化管理评价规则	需制订
19	锅炉用空气预热器性能试验规程	
20	燃气锅炉冷凝器热工性能评价指南	
<b>锅炉运行管理标准</b>		
1	工业锅炉经济运行	需合并修订
2	工业锅炉运行规程	
3	生活锅炉经济运行	
4	电加热锅炉系统经济运行	
5	工业锅炉节能管理与评价规则	需制订
6	电站锅炉节能管理与评价规则	需制订