



中华人民共和国国家标准

GB/T 36699—2018

锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术条件

Specification for liquid fuels and gaseous fuels burners of boilers

2018-09-17 发布

2019-04-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 分类和型号编制 5

5 组成与基本配置 7

6 基本要求 8

7 性能要求 9

8 设计与制造..... 16

9 特殊要求..... 19

10 检验、试验与检测..... 21

11 技术文件与标识 22

12 包装、运输和贮存..... 23

13 安装、调试与使用..... 23

附录 A（规范性附录） 燃烧器的基本配置 26

附录 B（规范性附录） 液体燃料燃烧器安全切断阀布置要求 32

附录 C（规范性附录） 主燃气安全切断阀开启要求 36

附录 D（规范性附录） 排放物的测量与修正 38

附录 E（资料性附录） 烟气黑度测量 40

附录 F（规范性附录） 液体和气体燃料燃烧器控制时序表 41

附录 G（规范性附录） 型式试验条件 42

附录 H（规范性附录） 型式试验、出厂检验、改造后检验和在用检测项目 50

附录 I（规范性附录） 型式试验、出厂检验和在用检验方法 51

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国特种设备检测研究院提出。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)归口。

本标准起草单位：中国特种设备检测研究院、上海焱晶燃烧设备检测有限公司、中国船舶重工集团公司第七一一研究所、唐山冀东石油机械有限责任公司、上海凌云瑞升燃烧设备有限公司、无锡龙泉燃烧器制造有限公司、深圳市佳运通电子有限公司、上海理工大学、南京理工大学、广东省特种设备检测研究院东莞检测院、上海工业锅炉研究所有限公司、中国石油天然气股份有限公司、上海华之邦科技股份有限公司、沧州市天龙燃烧设备有限公司、北京市环境保护科学研究院。

本标准主要起草人：郭元亮、黎亚洲、李军、窦文宇、傅军、陈尚彬、王爱洁、陈关海、邵福南、廖晓炜、徐洪涛、刘心志、何泾渭、何心良、张瑞、王玉辉、单洪翔、陈宝明、肖芳、刘峰、宋光武。

引 言

燃烧器是热能装置的核心设备,是一种集成了燃烧、热工、流体、控制与监测等技术的机电一体化产品,由燃料供给系统、供风系统、点火系统、燃烧系统、自动调节系统和安全与控制系统组成,广泛应用于石油化工、建材、电力等工业领域和民用领域。近年来,我国燃烧器行业发展迅速,燃料呈多样性发展,为规范燃烧器的设计、制造、试验和使用,使燃烧器能够达到安全、节能和环保的基本要求,特制定本标准。

锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术条件

1 范围

本标准规定了锅炉用液体和气体燃料燃烧器的分类与型号编制、组成与基本配置、基本要求、性能要求、设计与制造、检验、试验与检测、技术文件与标识、包装、运输和贮存、安装、调试与使用等方面的技术要求。

本标准适用于锅炉用液体和气体燃料的强制鼓风燃烧器和自然通风燃烧器。电站锅炉启动燃烧器、各类工业窑炉与工业加热炉及其他用途燃烧器可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 1184 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 6414 铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 13611 城镇燃气分类和基本特性
- GB/T 14486—2008 塑料模塑件尺寸公差
- GB/T 14536.1 家用和类似用途电自动控制器 第1部分:通用要求
- GB/T 14536.6 家用和类似用途电自动控制器 燃烧器电自动控制系统的特殊要求
- GB/T 14536.7 家用和类似用途电自动控制器 压力敏感电自动控制器的特殊要求,包括机械要求
- GB 16663 醇基液体燃料
- GB 18613 中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级
- GB/T 19212.4 变压器、电抗器、电源装置及其组合的安全 第4部分:燃气和燃油燃烧器点火变压器的特殊要求和试验
- GB 19517 国家电气设备安全技术规范
- GB/T 19804 焊接结构的一般尺寸公差和形位公差
- GB/T 24146 用于油燃烧器的橡胶软管和软管组合件 规范
- GB 25989 炉用燃料油
- GB/T 30597 燃气燃烧器和燃烧器具用安全和控制装置通用要求
- JB/T 10562 一般用途轴流通风机技术条件
- JB/T 10563 一般用途离心通风机技术条件
- TSG G0001 锅炉安全技术监察规程
- ISO 23551-1 燃气燃烧器和燃气器具的安全和控制装置 特殊要求 第1部分:自动和半自动阀(Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances—Particular requirements—Part 1: Automatic and semi-automatic valves)

ISO 23551-2 燃气燃烧器和燃气器具的安全和控制装置 特殊要求 第2部分:调压器(Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances—Particular requirements—Part 2: Pressure regulators)

ISO 23551-3 燃气燃烧器和燃气器具的安全和控制装置 特殊要求 第3部分:燃气/空气比控制(气动型)(Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances—Particular requirements—Part 3: Gas/air ratio controls, pneumatic type)

ISO 23551-4 燃气燃烧器和燃气器具的安全和控制装置 特殊要求 第4部分:自动切断阀的阀门检验系统(Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances—Particular requirements—Part 4: Valve-proving systems for automatic shut-off valves)

ISO 23552-1 燃气和/或油燃烧器及器具用安全和控制装置 特殊要求 第1部分:燃料/空气比控制(电子型)(Safety and control devices for gas and/or oil burners and gas and/or oil appliances—Particular requirements—Part 1: Fuel/air ratio controls, electronic type)

ISO 23553-1 燃油燃烧器和燃油器具的安全与控制装置 特殊要求 第1部分:燃油燃烧器的切断装置(Safety and control devices for oil burners and oil-burning appliances—Particular requirements—Part 1: Automatic and semi-automatic valves)

IEC 60335-2-102 家用和类似用途电器 安全性 第2-102部分:有电气连接的气体、油和固体燃料燃烧器具的特殊要求(Household and similar electrical appliances—Safety—Part 2-102: Particular requirements for gas, oil and solid-fuel burning appliances having electrical connections)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

强制鼓风燃烧器 **forced draught burner**

燃烧所需空气全部由鼓风机提供的燃烧器。

3.2

自然通风燃烧器 **natural ventilation burner**

燃烧所需空气全部依靠炉膛负压吸入的燃烧器。

3.3

液体燃料 **liquid fuel**

燃烧时能够产生热能的液态可燃物质。

注:本标准所指液体燃料包括轻油、重油、醇基燃料和生物质油等燃料。

3.4

生物质油 **bio-oil**

以生物质为原料提炼的液体燃料。

3.5

气体燃料 **gaseous fuel**

燃烧时能够产生热能的气态可燃物质。

注:本标准所指气体燃料包括天然气、液化石油气、焦炉煤气、混合城市煤气、生物质气、低热值气、可燃工业尾气、氢气和沼气等。

3.6

生物质热解气 **biomass pyrolysis gas**

生物质固体燃料经热解过程产生的低热值可燃气体。

3.7

双燃料燃烧器 dual fuel burner

能够同时或单独燃烧液体和/或气体燃料的燃烧器。

3.8

表面燃烧器 surface burner

燃料在多孔介质表面进行燃烧的全预混燃烧器。

3.9

输出热功率 heat output

燃烧器在单位时间内所释放的热量。

注：本标准所指输出热功率是以燃料的净热值为计算依据，单位为千瓦(kW)。

3.10

额定输出热功率 nominal heat output

燃烧器在额定工况下，单位时间内连续稳定燃烧所释放的热量。

注：额定输出热功率以 Q_F 表示，单位为千瓦(kW)。

3.11

最大输出热功率 maximum heat output

燃烧器在设计条件下，单位时间内连续稳定燃烧释放的最大热量。

注：最大输出热功率以 Q_{max} 表示，单位为千瓦(kW)。

3.12

最小输出热功率 minimum heat output

燃烧器在设计条件下，单位时间内连续稳定燃烧释放的最小热量。

注：最小输出热功率以 Q_{min} 表示，单位为千瓦(kW)。

3.13

启动热功率 start heat output

燃烧器在启动时段的输出热功率。

注：启动热功率以 Q_s 表示，单位为千瓦(kW)。

3.14

单级调节 single stage control

燃烧器正常运行过程中，输出热功率不可调节。

3.15

多级调节 two and multi-stage control

燃烧器正常运行过程中，输出热功率阶跃式变化的调节方式。

3.16

连续调节 modulating control

燃烧器正常运行过程中，输出热功率连续、平滑变化的调节方式。

3.17

负荷调节比 turndown ratio of load

燃烧器最大输出热功率与最小输出热功率之比。

3.18

火焰监测装置 flame detector device

用于监测火焰是否存在的装置。

3.19

主火焰 main flame

在主燃烧喷嘴上燃烧的火焰。

3.20

点火火焰 ignition flame

为点燃主火焰而首先点燃的火焰。

3.21

受控停机 controlled shut-down

在燃烧器无需供热时,自动切断燃料供应,实现停机的过程。

3.22

安全停机 safety shut-down

在安全装置响应或自动控制系统发生故障后,自动切断燃料供应,实现停机的过程。

3.23

预点火时间 pre-ignition time

点火电极开始放电到燃料阀开启之间的时间间隔。

注:预点火时间以 t_y 表示,单位为秒(s)。

3.24

点火安全时间 ignition safety time

燃烧器点火火焰点燃的安全时间,即无点火火焰形成时,点火燃料控制阀得到开启信号与关闭信号之间的时间间隔。

注:点火安全时间以 t_s 表示,单位为秒(s)。

3.25

主火安全时间 main flame safety time

燃烧器主火焰点燃的安全时间,即无主火焰形成时,主燃料控制阀得到开启信号与关闭信号之间的时间间隔。

注:主火安全时间以 t_{zs} 表示,单位为秒(s)。

3.26

熄火安全时间 extinction safety time

燃烧器运行时,从火焰检测装置发出火焰熄灭的信号到安全切断阀开始关闭的时间间隔。

注:熄火安全时间以 t_e 表示,单位为秒(s)。

3.27

前吹扫时间 pre-purge time

燃烧器在点火前,风门处于吹扫位置的持续吹扫时间。

注:前吹扫时间以 t_q 表示,单位为秒(s)。

3.28

后吹扫时间 post-purge time

燃烧器在停机后,风门处于吹扫位置的持续吹扫时间。

注:后吹扫时间以 t_h 表示,单位为秒(s)。

3.29

前吹扫风量 pre-purge air flow rate

燃烧器点火前,风机的吹扫空气流量。

注:前吹扫风量以 f_q 表示,单位为立方米每小时(m^3/h)。

3.30

过量空气系数 excess air ratio

燃烧实际供给空气量与理论空气量的比值。

3.31

工作曲线 working diagram

表示燃烧室压力与输出热功率的关系曲线,其包覆区域为燃烧器所设计的工作范围。

3.32

原始排放浓度 original emission

在型式试验条件下测定的未经任何处理的燃烧产物的排放浓度。

注:原始排放浓度按照烟气中氧含量为 3.5% 进行折算,单位为毫克每立方米(mg/m³)。

3.33

在用燃烧器改造 in service burner modification

对在用燃烧器的燃料种类、内部结构、燃烧方式进行重大改变的行为。

4 分类和型号编制

4.1 分类

燃烧器按照使用的燃料种类、调节方式、供风方式、雾化方式和结构型式不同分类如下:

- a) 按使用的燃料种类分为液体燃料燃烧器、气体燃料燃烧器和双(多)燃料燃烧器;
- b) 按输出热功率调节方式分为单级调节燃烧器、多级调节燃烧器和连续调节燃烧器;
- c) 按助燃空气的供风方式分为强制鼓风燃烧器和自然通风燃烧器;
- d) 按液体燃料的雾化方式,液体燃料燃烧器分为机械雾化燃烧器和介质雾化燃烧器;
- e) 按结构型式分为一体式燃烧器和分体式燃烧器。

4.2 型号编制

4.2.1 燃烧器产品型号一般由四部分组成,各部分之间用短横线相连,见图 1。

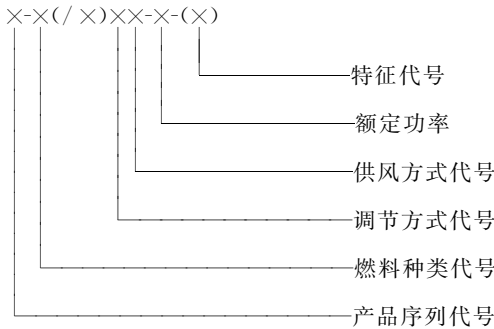


图 1 燃烧器产品型号组成示意图

4.2.2 燃烧器产品型号的各部分组成代号应符合下列规定:

- a) 产品序列代号:代表不同厂商、不同品牌的产品系列,由制造单位根据其产品的结构或性能特征确定,用大写汉语拼音字母表示;
- b) 燃料种类代号:代表燃烧器适用的燃料种类,单燃料用 1 个大写字母表示,双燃料或多燃料以两个字母或多个字母表示,字母之间用“/”分隔,燃料种类代号见表 1;
- c) 调节方式代号:代表燃烧器输出热功率的调节方式,用 1 个大写字母表示,见表 2;
- d) 供风方式代号:表示助燃空气的供风方式,用 1 个大写字母表示,见表 3;
- e) 额定功率:表示燃烧器在设计工况下的额定输出热功率,以阿拉伯数字表示,单位为兆瓦(MW);
- f) 特征代号:用于区别在常规产品基础上的改进型号,或有特殊设计的专用产品,用 1 个~2 个

字母或数字表示,特征代号可缺省。

表 1 燃料种类代号

燃料种类		燃料代号
液体燃料	轻油	Y
	重油	Z
	醇基燃料	C
	生物质油	S
气体燃料	天然气	Q
	液化石油气	P
	焦炉煤气	J
	混合城市煤气	R
	低热值气 ^a	L
	可燃工业尾气	W
	氢气	H
	沼气	B
^a 低热值气包括高炉煤气、转炉煤气、发生炉煤气和生物质热解气。		

表 2 调节方式代号

输出热功率调节方式	代号
单级调节	K
多级调节	D
机械连续调节	M
电子连续调节	E

表 3 供风方式代号

供风方式	代号
强制鼓风	F
自然通风	N

4.2.3 型号示例：

- a) 某公司的 H 系列、燃料为天然气、机械连续调节方式、自然通风、额定输出热功率为 2.0 MW 的气体燃料燃烧器,型号标记为:H-QMN-2.0;
- b) 某公司的 LN 系列、燃料为天然气和重油、电子连续调节、强制鼓风、额定输出热功率为 28 MW 的油气两用燃烧器,在原设计基础上的第二次设计,型号标记为:LN-Q/ZEF-28.0-2。

5 组成与基本配置

5.1 组成

5.1.1 燃烧器由燃烧器本体、供风系统、燃料供给系统、点火装置、安全保护系统和负荷调节系统组成。

5.1.2 燃烧器本体由燃烧头和壳体等部件组成。

5.1.3 供风系统由风机、风道和空气流量调节装置等组成。

5.1.4 燃料供给系统包括：

- a) 液体燃料燃烧器由过滤器、燃料泵、燃料流量调节装置和自动安全切断阀等组成。燃用高黏度的液体燃料燃烧器的燃料供给系统还应包括燃料预热装置和温度控制装置。
- b) 气体燃料燃烧器由过滤器、燃气压力调节器、燃气流量调节装置和自动安全切断阀等组成。

5.1.5 点火装置由点火变压器和点火电极等组成。

5.1.6 安全保护系统包括：

- a) 液体燃料燃烧器由自动控制器、火焰监测装置、空气压力监测装置、燃料压力监测装置和燃料/空气流量调节装置的驱动元件等组成；
- b) 气体燃料燃烧器由自动控制器、阀门检漏装置、火焰监测装置、空气压力监测装置、燃气高低压保护装置和燃料/空气流量调节装置的驱动元件等组成。

5.1.7 负荷调节系统由伺服电机、机械联动装置或电子比例调节装置等组成。

5.2 基本配置

5.2.1 基本要求

燃烧器的配置与燃料种类和燃烧方式等因素有关,其基本配置见附录 A。

5.2.2 液体燃料自动安全切断阀

5.2.2.1 对于额定输出热功率 ≤ 400 kW 的液体燃料燃烧器,自动安全切断阀应按照附录 B 中图 B.1~图 B.4 的要求布置,具体要求如下：

- a) 单级调节燃烧器应设置一只安全切断阀,见图 B.1；
- b) 多级调节燃烧器每一个喷嘴应设置一只安全切断阀,见图 B.2；
- c) 采用回流喷嘴的燃烧器应在燃料供应管道和燃料回流管道上分别设置一只安全切断阀且联动,可用喷嘴切断阀代替安全切断阀,见图 B.3、图 B.4。

5.2.2.2 对于额定输出热功率 > 400 kW 的液体燃料燃烧器,应在燃料管道上安装两只串联的自动安全切断阀,上游的安全切断阀应是快速关闭型,下游的安全切断阀可同时作为流量调节阀,其关闭时间不应超过 5 s。自动安全切断阀应按照图 B.5~图 B.7 的要求布置,具体要求如下：

- a) 多级调节燃烧器应为每只喷嘴配置两个安全切断阀,见图 B.5；
- b) 采用回流式喷嘴的燃烧器应在燃料供应管道和燃料回流管道上分别安装两只安全切断阀,其中一只安全切断阀可用喷嘴切断阀代替,喷嘴切断阀应符合 ISO 23553-1 的要求。回流管道上应安装一只压力监测装置,见图 B.6 和图 B.7。安全切断阀应联动,燃料供应管道上的安全切断阀开启时,回流管道上的安全切断阀不能关闭,可通过以下两种方法实现：
 - 1) 供应管道与回流管道上的安全切断阀之间由执行机构控制的机械连接；
 - 2) 供应管道与回流管道上的安全切断阀之间由电动或气动联锁。

如燃烧器带有循环预热喷嘴头,应使燃料循环至喷嘴头,当只有一只喷嘴切断阀时,喷嘴切断阀应符合 ISO 23553-1 的要求,否则应采取其他措施保证循环加热时燃料不喷出。同时,还应保证回流压力

不会开启喷嘴切断阀。

5.2.3 气体燃料自动安全切断阀

气体燃料自动安全切断阀的配置应符合以下要求：

- a) 气体燃料燃烧器应串联安装两只自动安全切断阀；
- b) 气体燃料自动安全切断阀的配置见表 4。

表 4 自动安全切断阀配置

主燃烧器额定输出热功率 Q_F kW	主燃气	启动燃气	
		$\leq 0.1Q_F$	$> 0.1Q_F$
≤ 70	$2 \times B$	B ^a	$2 \times B$
$> 70 \sim 1\,200$	$2 \times A$	$2 \times A$	$2 \times A$
$> 1\,200$	$2 \times A + VP$	$2 \times A^b$	$2 \times A^b$
注 1: VP 为阀门检漏装置。			
注 2: A/B 是阀门的分级, 见 ISO 23551-1 的相关要求。			
^a 对于液化石油气点火, 需采用两个 B 级阀；			
^b 如果启动燃气热功率 $> 1\,200$ kW, 需采用 VP。			

5.2.4 火焰监测装置

火焰监测装置的布置应符合以下要求：

- a) 火焰监测装置的安装位置应确保传感器不受任何无关信号的干扰。
- b) 点火燃烧器和主燃烧器各自安装火焰监测装置时, 主火焰的火焰监测装置应不能监测到点火火焰。对于主燃烧器运行时点火燃烧器仍然在运行的系统, 应安装相互独立的火焰监测装置, 分别用以监测点火火焰和主火焰。
- c) 对于主燃烧器运行时点火燃烧器已经熄灭的燃烧器, 可只安装一只监测到点火火焰和主火焰的火焰监测装置。

5.2.5 空气监测装置

燃烧器应安装空气监测装置, 空气监测装置可通过压力监测、流量监测和其他能反映供风状态的测量方法监测空气流量。

5.2.6 阀门检漏装置

额定输出热功率大于 1 200 kW 的气体燃料燃烧器应设置阀门检漏装置。

6 基本要求

6.1 符合性声明

本标准的制定遵循了 TSG G0001 有关液体和气体燃烧器的安全基本要求。

6.2 制造单位

燃烧器的制造单位应同时具备以下条件：

- a) 与生产规模相适应的生产设备和生产场地；
- b) 燃烧器基本试验与检测装置；
- c) 与热能和电气控制专业相关的技术人员及专业调试人员；
- d) 健全的质量管理体系和相应的管理制度。

6.3 专业人员

燃烧器制造、安装、调试、维修与改造等相关专业人员应具备与热能和电气控制相关的专业知识，熟悉操作和调试流程。

6.4 型式试验

6.4.1 具有下列情况之一的燃烧器，应进行型式试验：

- a) 新设计的燃烧器；
- b) 燃烧器使用燃料类别或燃烧器结构及程序控制方式发生变化时；
- c) 燃烧器型式试验超过 4 年的。

6.4.2 型式试验应由经过国家特种设备安全监管部门核准具有燃烧器型式试验资质的检验检测机构进行。

6.5 在用燃烧器改造后检验

在用燃烧器改造后应进行检验，检验机构应具有相应的计量认证资质。

7 性能要求

7.1 安全要求

7.1.1 启动

燃烧器的启动应满足下列条件：

- a) 安装联锁装置位置正确；
- b) 燃料和空气的调节装置位置正确；
- c) 火焰监测装置功能验证正确；
- d) 空气监测装置功能验证正确；
- e) 阀门检测功能验证正确；
- f) 燃料预热温度已满足要求；
- g) 雾化介质压力已满足要求；
- h) 锅炉启动条件满足要求。

7.1.2 前吹扫

7.1.2.1 点火装置通电前应对炉膛进行吹扫。

7.1.2.2 前吹扫时间和前吹扫风量应符合以下要求：

- a) 前吹扫风量应为额定输出热功率下的所需风量，并进行额定输出热功率下风门位置验证；
- b) 前吹扫时间与前吹扫风量还应满足 TSG G0001 的有关要求；
- c) 液体燃料燃烧器前吹扫时间应符合表 5 的要求；
- d) 气体燃料燃烧器前吹扫时间应符合表 6 的要求。

表 5 液体燃料燃烧器前吹扫时间

额定输出热功率 Q_F kW	前吹扫时间 t_q s	
	强制鼓风燃烧器	自然通风燃烧器
≤ 400	≥ 10	≥ 30
> 400	≥ 20	≥ 90

表 6 气体燃料燃烧器前吹扫时间

前吹扫时间 t_q/s	强制鼓风燃烧器	自然通风燃烧器
	≥ 20	≥ 300

7.1.2.3 双燃料燃烧器前吹扫时间应按照 7.1.2.2 d) 气体燃料燃烧器的要求规定。

7.1.3 后吹扫

燃烧器受控停机后,应立即进行吹扫,吹扫时间应符合表 7 的要求。

表 7 后吹扫时间

额定输出热功率 Q_F kW	后吹扫时间 t_h s
≤ 400	≥ 10
> 400	≥ 20

7.1.4 安全时间

7.1.4.1 液体燃料燃烧器

醇基燃料燃烧器的点火安全时间应小于或等于 3 s,其他液体燃料燃烧器的点火安全时间及熄火安全时间应符合表 8 的规定,点火安全时间图解见附录 C。

表 8 液体燃料燃烧器安全时间

主燃烧器额定输出 热功率 Q_F kW	主燃烧器在额定功率下 直接点火安全时间 t_{zs} s	主燃烧器在降低功率下 直接点火安全时间 t_{zs} s	主燃烧器通过点火燃烧器点火		熄火安全 时间 t_e s
			点火燃烧器的点 火安全时间 t_s s	主燃烧器的主火 安全时间 t_{zs} s	
≤ 400	≤ 10		≤ 10	≤ 10	≤ 1
$> 400 \sim 1200$	≤ 5		≤ 5	≤ 5	≤ 1
$> 1200 \sim 6000$	不准许	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 1
> 6000	不准许	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 1

7.1.4.2 气体燃料燃烧器

气体燃料燃烧器的点火安全时间应根据 $t_s \times Q_s / Q_F \leq 100$ 计算,但在任何情况下均不应超过 5 s。点火安全时间和熄火安全时间应符合表 9 的规定,点火安全时间图解见附录 C。

表 9 气体燃料燃烧器安全时间

主燃烧器额定输出热功率 Q_F kW	主燃烧器在额定功率下直接点火安全时间 t_{zs} s	主燃烧器在降低功率下直接点火安全时间 t_{zs} s	带有旁路启动燃气的主燃烧器降低功率直接点火安全时间 t_s s	主燃烧器通过点火燃烧器点火		熄火安全时间 t_e s
				点火燃烧器的点火安全时间 t_s s	主燃烧器的主火安全时间 t_{zs} s	
$Q_F \leq 70$		≤ 5		≤ 5	≤ 5	≤ 1
$70 < Q_F \leq 120$		≤ 3		≤ 5	≤ 3	≤ 1
$Q_F > 120$	不允许	≤ 3		≤ 3	≤ 3	≤ 1

7.1.5 启动热功率

7.1.5.1 液体燃料燃烧器启动热功率的要求见表 10。

表 10 液体燃料燃烧器启动热功率 单位为千瓦

燃烧器额定输出热功率 Q_F	额定功率下直接点火的启动热功率 Q_s	降低功率下直接点火的启动热功率 Q_s	通过点火燃烧器点火的启动热功率 Q_s
≤ 400	$\leq Q_F (t_{smax} = 10 \text{ s})$		
$400 < Q_F \leq 1\,200$	$\leq Q_F (t_{smax} = 5 \text{ s})$		
$1\,200 < Q_F \leq 6\,000$	不允许	$\leq 1\,200 (t_{smax} = 5 \text{ s})$ 或 $\leq 0.7 Q_F$	$\leq 1\,200 (t_{smax} = 5 \text{ s})$
$> 6\,000$	不允许	$\leq 0.35 Q_F (t_{smax} = 5 \text{ s})$	$\leq 0.5 Q_F (t_{smax} = 5 \text{ s})$

7.1.5.2 气体燃料燃烧器启动热功率的要求见表 11。

表 11 气体燃料燃烧器启动热功率 单位为千瓦

主燃烧器额定输出热功率 Q_F	额定功率下直接点火的启动热功率 Q_s	降低功率下直接点火的启动热功率 Q_s	通过点火燃烧器点火	
			点火燃烧器的启动热功率 Q_s	主燃烧器的启动热功率 Q_s
$Q_F \leq 70$	$\leq Q_F$	$\leq Q_F (t_{smax} = 5 \text{ s})$	$\leq 0.1 Q_F (t_{smax} = 5 \text{ s})$	$\leq Q_F (t_{smax} = 5 \text{ s})$
$70 < Q_F \leq 120$	$\leq Q_F$	$\leq Q_F (t_{smax} = 3 \text{ s})$	$\leq 0.1 Q_F (t_{smax} = 5 \text{ s})$	$\leq Q_F (t_{smax} = 3 \text{ s})$
$Q_F > 120$	不允许	120 或 $t_s \times Q_s / Q_F$ $\leq 100 (t_{smax} = 3 \text{ s})$	$\leq 0.1 Q_F (t_{smax} = 3 \text{ s})$	120 或 $t_s \times Q_s / Q_F$ $\leq 150 (t_{smax} = 5 \text{ s})$
注: Q_s / Q_F 以百分数表示。				

7.1.5.3 双燃料燃烧器的启动热功率应按照 7.1.5.2 气体燃料燃烧器的要求规定。

7.1.6 点火燃烧器点火

7.1.6.1 液体燃料点火应符合以下要求：

- a) 点火燃烧器用电火花点火时,若点火燃烧器的燃料切断阀与主燃烧器燃料切断阀开启的时间间隔超过 5 s,应对点火火焰进行监控;
- b) 在液体燃料的火焰未被点燃时,若在安全时间内能切断主燃料供应同时关闭点火阀的情况下,则无需在 5 s 的预点火时间内单独监控点火火焰,在这种情况下,点火燃料最多允许供应 10 s (5 s 为预点火时间,5 s 为安全时间)。

7.1.6.2 气体燃料点火应符合以下要求：

- a) 除阀门检漏以外,在电火花点火装置或其他点火装置通电前点火燃气阀不应通电;
- b) 对于输出热功率大于或等于 120 kW 的燃烧器,点火燃气从两个主燃气安全切断阀之间引出,在启动前,下游主燃气安全切断阀不应通电;
- c) 点火燃气由下游主燃气安全切断阀的位置控制时,应安装调压装置使点火燃气量达到本标准要求,且燃气压力应大于系统阻力;
- d) 出现点火火焰故障时,系统应按 7.1.8 的规定执行。

7.1.7 主燃烧器启动

7.1.7.1 直接启动

直接点燃主火焰时应符合以下要求：

- a) 采用电火花点火时,在吹扫结束前点火源不应通电,并应在安全时间结束前断电;
- b) 采用热表面点火装置时,点火装置应先通电,在点火源的温度达到燃气的着火温度后,主燃气阀方可开启。

7.1.7.2 通过点火燃烧器启动

点火火焰确认后方可开启主燃料安全切断阀,主火焰应建立并通过验证,否则应联锁保护,主火安全时间应符合表 8 与表 9 中的规定值。

7.1.7.3 主燃气安全切断阀

除阀门检漏过程外,燃烧器上游的主燃气安全切断阀通电要求见附录 C。

7.1.8 重新启动

7.1.8.1 前吹扫期间故障

气体燃料燃烧器前吹扫阶段发生空气流量故障时,应安全停机并联锁保护。但对输出热功率小于或等于 120 kW 的燃烧器,允许安全停机后进行一次重启,如果重启失败应安全停机并联锁保护。

7.1.8.2 点火期间火焰故障

燃烧器点火期间发生火焰故障应安全停机并联锁保护。但对强制鼓风燃烧器,可按照完整启动程序重启,最多允许重启 2 次,如果 2 次重启均失败,应安全停机并联锁保护。

7.1.8.3 运行期间火焰故障

燃烧器运行期间发生火焰故障应安全停机并联锁保护。但对输出热功率小于或等于 400 kW 的液体燃料(醇基燃料除外)燃烧器,允许安全停机后按完整启动程序进行一次重启,如果重启失败应安全停

机并联锁保护。

7.1.9 停机

7.1.9.1 受控停机

锅炉正常运行状态下,温度、压力等调节装置发出停机信号时,燃烧器应受控停机。

7.1.9.2 安全停机

在启动或运行过程中,出现以下任何一种情况时燃烧器应安全停机:

- a) 电源、动力气源中断或异常;
- b) 燃气压力低于设定值;
- c) 液体燃料燃烧器出现雾化介质故障、燃料压力低、燃料温度低、带有回流式喷嘴的燃烧器回流压力高、采用旋转雾化器时转杯速度低等。

7.1.9.3 联锁保护

在启动和运行过程中,出现以下任何一种情况时(7.1.8 所列情况除外)应能安全停机并联锁保护:

- a) 火焰故障信号;
- b) 燃气高压保护信号;
- c) 空气流量故障信号;
- d) 设有位置验证的燃烧器,位置验证异常;
- e) 燃气阀门检漏报警信号;
- f) 液体燃料温度超限信号;
- g) 与锅炉有关的控制,如压力、水位、温度等参数超限。

7.2 电气安全

7.2.1 电气设备安全应满足 GB 19517 的规定,电气安全以直接安全措施、间接安全措施、提示性安全措施的顺序实现。

7.2.2 为保证正常运行和防止电流的直接作用造成的危险,电气设备应有足够的绝缘电阻、介质强度、耐热能力、防潮湿、防污秽、阻燃性、耐漏电起痕等性能。

7.2.3 所有由于工作电压、故障电流、漏电电流或类似作用而会发生危害的部位应留有足够的电气间隙和爬电距离。

7.2.4 电气设备应具有足够的机械强度、良好的外壳防护和相应的稳定性,以及适应运输的结构。外部导电部件应可靠保护接地,接地电阻小于或等于 $4\ \Omega$ 。

7.2.5 基本特性、接线、执行标准应清楚持久地标记在产品上。若不能标记在产品上,应在包装上标记或在使用说明书中说明。

7.2.6 燃烧器及控制装置之间的连接的电气安全应符合 GB/T 14536.1、IEC 60335-2-102 和 GB/T 30597 的相关要求,燃烧器制造单位应提供电气接线图和连接图。

7.3 运行要求

7.3.1 点火、运行及火焰稳定性

燃烧器的点火、运行及火焰的稳定性应符合以下要求:

- a) 燃烧器点火应可靠、迅速,主火焰无脱火、回火现象,火焰根部应无飘动,且不会产生异常噪声,在负荷可调节范围内燃烧均匀、充分;

- b) 燃烧器在额定电压、设计燃料和输出热功率调节范围内应保证连续正常燃烧；
- c) 液体燃料燃烧器在燃料设计压力正常波动范围内运行时，火焰应稳定可靠；
- d) 气体燃料燃烧器的燃气压力在设计值的±5%范围内波动时，火焰应稳定可靠。

7.3.2 部件表面温度

燃烧器部件表面温度，应符合以下要求：

- a) 燃烧器元器件实际工作温度在其允许范围内；
- b) 燃烧器部件可触及但不准许触碰部分的表面温度不高于环境温度加 60℃。

7.3.3 过量空气系数

燃烧器在最小输出热功率下运行时，液体燃料燃烧器过量空气系数应不大于 1.5，气体燃料燃烧器过量空气系数应不大于 1.3；其他输出热功率下，过量空气系数应不大于 1.2。表面燃烧器和自然通风气体燃烧器要求见 9.3.2 和 9.4。

7.3.4 输出热功率

燃烧器的最大输出热功率和最小输出热功率均应在其设计值的±5%范围内。

7.3.5 电压适应性

燃烧器应能在其额定电压 85%~110%的范围内安全运行。电压波动超过上述范围时，燃烧器应能继续正常运行或安全停机。

7.3.6 耐热性

燃烧器运行时，其所有部件不应产生过热、变形或开裂。

7.3.7 自振动

燃烧器在最大输出热功率下运行时，其自振动速度应小于或等于 6.3 mm/s。

7.4 环保要求

7.4.1 燃烧产物的原始排放浓度

7.4.1.1 液体燃料燃烧器

在型式试验条件下、正常工况稳定运行时，液体燃料燃烧器的燃烧产物的原始排放浓度应符合表 12 的要求，排放物的测量与修正按照附录 D，烟气黑度测量参照附录 E。

表 12 液体燃料燃烧器燃烧产物原始排放浓度

液体燃料种类	NO _x ^{a,b} mg/m ³	CO ^b mg/m ³	烟气黑度 林格曼级
轻油	≤250	≤125	≤I
重油	≤550	≤125	≤I
醇基燃料	≤110	≤85	≤I

表 12（续）

液体燃料种类	$\text{NO}_x^{\text{a},\text{b}}$ mg/m^3	CO^{b} mg/m^3	烟气黑度 林格曼级
其他 ^c	— ^d	≤ 125	$\leq \text{I}$
^a 燃烧器的 NO_x 排放浓度评价见附录 D。 ^b 原始排放浓度按照 3.5% 的氧量折算。 ^c 指其他液体燃料,如渣油、棕榈油等。 ^d NO_x 的原始排放浓度不做限值规定。			

7.4.1.2 气体燃料燃烧器

在型式试验条件下、正常工况稳定运行时,气体燃料燃烧器的燃烧产物的原始排放浓度应符合表 13 要求。

表 13 气体燃料燃烧器燃烧产物原始排放浓度

气体种类	$\text{NO}_x^{\text{a},\text{b}}$ mg/m^3	CO^{b} mg/m^3	烟气黑度 林格曼级
天然气	≤ 170	≤ 95	$\leq \text{I}$
液化石油气	≤ 230	≤ 95	$\leq \text{I}$
其他 ^c	— ^d	≤ 95	$\leq \text{I}$
^a 燃烧器的 NO_x 排放浓度评价见附录 D。 ^b 原始排放浓度按照 3.5% 的氧量折算。 ^c 指除天然气和液化石油气之外的其他气体燃料。 ^d NO_x 的原始排放浓度不做限值规定。			

7.4.2 噪声

额定输出热功率小于或等于 400 kW 的燃烧器,其运行噪声应不超过 80 dB(A);额定输出热功率大于 400 kW 的燃烧器,其运行噪声应不超过 85 dB(A)。

7.5 节能要求

- 7.5.1 在满足使用要求的前提下,宜采用高效电机或变频调速电机。
- 7.5.2 在满足使用要求的前提下,宜采用电子比例调节方式且燃烧器的负荷调节比应尽可能大。
- 7.5.3 在满足使用要求的前提下,宜使用低能耗的控制系统。
- 7.5.4 燃烧器的选型及配套,应符合以下要求:
- a) 燃烧器的火焰直径和长度应与锅炉的炉膛尺寸相匹配;
 - b) 燃烧器额定输出热功率应与锅炉的额定出力相匹配;
 - c) 宜使用在线氧量监测,提高空燃比调节精度。

8 设计与制造

8.1 通用要求

燃烧器的设计应满足以下要求：

- a) 各部件所用材料应能承受工作环境下的机械载荷、热负荷和化学负荷；
- b) 各部件结构的设计，应保证燃烧器安全、经济运行，不发生失稳、变形或开裂等现象；
- c) 设置火焰观测孔的燃烧器，其火焰观测孔配件结构设计应具有足够的强度且可靠密封；
- d) 接触腐蚀性燃料的零部件应具有抗腐蚀能力；
- e) 用于寒冷环境下的燃烧器应采取必要的防冻措施；
- f) 燃用易爆的气体燃料时，所有电气元件设置应按照相关设备危险区划分的规定，具备相应的防爆等级；
- g) 燃烧器及燃料管线应设置燃料供应压力、燃料调节压力、燃烧器头部的燃料压力及空气压力测点。

8.2 连接与密封

燃烧器部件之间及燃烧器与锅炉之间的连接应符合以下要求：

- a) 燃烧器应可靠地固定在锅炉上，燃烧器与锅炉之间应设置具有隔热功能的密封垫；
- b) 需要定期维护的零部件应便于拆装；
- c) 燃烧器中的电气设备及其连接电线、电缆应采取可靠的固定措施，确保不接触运动部件和高温部件；
- d) 燃烧器的燃气管路应进行气压试验，试验压力为设计压力的 1.5 倍且不低于 4 kPa，应无泄漏或变形。

8.3 主要部件

8.3.1 自动控制器

自动控制器应符合 GB/T 14536.6 的相关要求，并满足以下要求：

- a) 应与燃烧器的不同输出功率相匹配；
- b) 应与燃烧器的工作模式相适应；
- c) 控制时序设计应按照燃烧器从启动时序开始到停机结束的控制时序进行，见附录 F。

8.3.2 电机、风机及可运动部件

电机、风机及可运动部件应设置防护罩或防护网。电机和风机的性能应满足以下要求：

- a) 电机外壳的防护等级应不低于 GB/T 4208 中规定的 IP40；
- b) 电机的能效等级应符合 GB 18613 的相关要求；
- c) 风机性能应符合 JB/T 10562 或 JB/T 10563 的相关要求。

8.3.3 空气监测装置

空气监测装置应满足以下要求：

- a) 其安装位置应能准确监测空气流量；
- b) 风机启动前，应验证空气监测装置有效，若验证失败，则不能启动；
- c) 空气监测装置的参数设定应与最小输出热功率匹配，燃烧产物中一氧化碳的体积含量极限不

应超过 1%。

8.3.4 空气流量调节装置

空气流量调节装置应符合以下要求：

- a) 燃烧器应安装风门挡板调节装置或类似装置用于调节空气流量,风门挡板的位置应有清晰标识;
- b) 手动空气流量调节装置应有防止误操作的固定措施;
- c) 调节装置上行和下行过程中的同一工作点上的风量应具有可重复性。

8.3.5 燃料流量调节装置

燃料流量调节装置应能在设计压力范围内精确调节,燃料流量稳定可靠。流量调节装置的上行和下行过程中的同一工作点上,燃料流量应具有可重复性。

8.3.6 空气/燃料比例调节装置

空气/燃料比例调节装置应符合 ISO 23551-3、ISO 23552-1 的相关规定,且应满足以下要求:

- a) 空气流量和燃料流量应联动控制,且保证燃烧器的工作点具有可重复性;
- b) 采用双伺服调节系统,要实时监测燃料流量调节阀和空气流量调节阀的阀位;
- c) 对于多级调节燃烧器,增加负荷时应先增加风量,减少负荷时应先减少燃料;
- d) 燃烧器在点火时应进行燃料和空气点火位置验证,点火位设置应满足 7.1.5 中的启动热功率要求;
- e) 空气/燃料比例调节装置故障情况下,仍能接受控制信号,保证系统供应足够空气或安全停机。

8.3.7 点火装置

电火花点火装置应具有以下性能:

- a) 变压器的输出电压宜高于 6 kV,在连续工作时间为 30 s、工作间断时间为 3 min 的周期性工作状态下,变压器应工作可靠和无绝缘损坏;
- b) 高压输出端至电极放电处的非放电位置应保证足够的绝缘间隙和爬电距离,以保证电极尖端放电;
- c) 电极绝缘层及其接线绝缘层的介电强度不应低于 20 kV/mm;
- d) 点火变压器应符合 GB/T 19212.4 的相关规定。

8.3.8 火焰监测装置

火焰监测装置应符合 GB/T 14536.6 的相关规定,且满足以下要求:

- a) 火焰监测装置应能适应燃烧器的间歇或连续运行模式,防护等级不应低于 IP 40,如果露天安装,防护等级不应低于 IP 54;
- b) 燃烧器启动过程中,应对火焰监测装置进行自检,自检应在启动点火前 5 s 内完成,如果在前吹扫过程中火焰监测装置监测到火焰信号,则应连锁保护;
- c) 在正常运行过程中,火焰故障响应时间不应超过 1 s;如果出现火焰故障时火焰监测装置正在进行自检,则响应时间不应超过 2 s。

8.3.9 液体燃料自动安全切断阀

液体燃料自动安全切断阀应符合 ISO 23553-1 的相关要求,自动安全切断阀应为常闭阀,在失去驱动力时应快速自动关闭,自动安全切断阀应设置在燃料泵和喷嘴之间,自动安全切断阀可以与燃料泵集成在一起。

8.3.10 燃料预热装置

8.3.10.1 燃用高黏度的液体燃料燃烧器应进行燃料预热。

8.3.10.2 液体燃料预热热源应满足以下要求：

- a) 热量输出应能自动控制,需要时应能立即切断;
- b) 不应使用明火加热。

8.3.10.3 液体燃料的预热温度应满足以下要求：

- a) 常压下,液体燃料的最高预热温度应低于其开口闪点,且不应超过 90 °C ;
- b) 承压式预热器的最高预热温度应比相应压力下水的饱和温度至少低 5 °C 。

8.3.11 气体燃料自动安全切断阀

气体燃料自动安全切断阀应符合 ISO 23551-1 和 ISO 23551-4 的相关要求,且满足：

- a) 自动安全切断阀为常闭阀,在失去驱动力时应快速自动关闭;
- b) 阀门公称直径小于或等于 200 mm 的,在不超过 1 s 的时间内安全关闭;阀门公称直径大于 200 mm 但小于或等于 300 mm 的,在不超过 3 s 的时间内能够安全关闭;阀门公称直径大于 300 mm 的,在不超过 5 s 的时间内安全关闭。

8.3.12 阀门检漏装置

阀门检漏装置应符合 ISO 23551-4 的相关要求,并保证在检漏过程中两个串联安装的燃气阀中的下游阀开启时间不超过 3 s。阀门检漏应在前吹扫期间或之前进行。

8.3.13 燃气低压保护装置

燃气低压保护装置应符合 GB/T 14536.7 和 ISO 23551-2 的相关要求,并应在燃气压力低于设定值时燃烧器能够安全停机。

8.3.14 燃气高压保护装置

燃气高压保护装置应符合 GB/T 14536.7 和 ISO 23551-2 的相关要求,并应在燃气压力超过设计值的 1.3 倍时能联锁保护。

8.3.15 燃气压力调节器

燃气压力调节器应符合 ISO 23551-2 的相关要求,并保证燃气压力波动范围不超过设计值的 $\pm 5\%$ 。

8.3.16 燃料管线

燃料管线应符合以下要求：

- a) 气体燃料燃烧器所有燃气管线部件都应根据燃烧器供气压力进行设计,并应有防止燃气压力突然升高的安全装置或措施;
- b) 液体燃料燃烧器用橡胶软管和软管组件应符合 GB/T 24146 的相关要求;
- c) 设计和布置应能满足其工作环境下的耐腐蚀性要求。

8.4 零部件制造技术要求

8.4.1 焊接件

焊接件尺寸公差应符合 GB/T 19804 中的相关要求,焊缝不应有裂纹、夹渣、过烧、未熔合以及熔穿

等缺陷。

8.4.2 冲压件

冲压件未注尺寸公差应符合 GB/T 1804 的相关要求,锐边去毛刺,冲压切口粗糙度不应超过 $Ra12.5$,冲压件表面应防腐处理。

8.4.3 注塑件

注塑件未注尺寸公差应符合 GB/T 14486—2008 中表 2 的规定,未注形位公差按照 GB/T 1184 的相关规定。应满足以下要求:

- a) 注塑件不应有明显可见的流动痕、熔合痕、气孔、剥层以及碳化烧焦等表面缺陷;
- b) 注塑件整体应饱满,不应有凹陷、裂纹、翘曲、飞边等缺陷;
- c) 注塑件外观不应有影响外观的缩痕;
- d) 结构尺寸应符合技术图纸或封样样品要求。

8.4.4 机械加工件

机械加工件尺寸公差应符合 GB/T 1804 中的相关级别的要求。

8.4.5 铸造件

铸造件尺寸公差应符合 GB/T 6414 中的相关规定,且应满足以下要求:

- a) 铸造件不应有裂纹。铸件表面的型砂、芯砂、浇口、冒口、多肉、结垢及夹渣等均应清除干净。
- b) 铸造件上有密封要求的加工面上不应有气孔、砂眼或夹渣等缺陷。其他表面上的气孔、砂眼或夹渣等缺陷的直径应小于或等于 3 mm,深度应小于或等于该处厚度的 10% 且小于或等于 3 mm,在 100 cm² 的表面上缺陷数应小于或等于 2 处,缺陷之间的间距应大于或等于 20 mm。单个铸件的全部缺陷总数应小于或等于 10 个。
- c) 除设计文件注明者外,铸件上所有转角均应为圆角,其内圆角半径应大于或等于 6 mm,外圆角半径应大于或等于 4 mm,铸件上不应有锐角及急剧过渡区。
- d) 铸件均应进行消除残余应力热处理,当铸件需进行机械加工时,热处理应在机械加工前进行。

8.5 组装

燃烧器的组装应符合技术文件的要求,燃烧器的所有连接与联动机构应动作灵活、可靠到位,不应有卡死现象,各部件安装位置应正确可靠。

8.6 外观

燃烧器壳体表面防护装饰面漆应完整、均匀、光洁,不应有划伤和脱落。

9 特殊要求

9.1 醇基燃料燃烧器

9.1.1 设计与安装要求

醇基燃料燃烧器的设计除应遵守液体燃料燃烧器的通用要求以外,还应满足以下要求:

- a) 雾化喷嘴、燃料输送管路、安全切断阀等零部件的材料应选用耐腐蚀的材质;
- b) 燃料泵应适应醇基燃料特性,宜采用柱塞泵或叶片泵;

- c) 燃料泵应由独立电机驱动,泵的启停应与安全切断阀开闭保持同步;
- d) 燃料泵的电机和安全切断阀应满足防爆安全要求;
- e) 燃料输送管路的终端宜采用耐腐蚀的金属软管连接;
- f) 燃料泵的管路上应设置排空装置;
- g) 燃烧器本体的燃料输送管路应进行耐压试验,耐压试验压力为设计压力的 1.5 倍,应无泄漏。

9.1.2 使用要求

醇基燃料燃烧器应使用符合 GB 16663 要求的醇基燃料。应调节适当的空燃比,确保醇基燃料充分燃烧,原始排放浓度满足表 12 中的规定,并防止产生醛类等污染物。

9.2 生物质热解气燃烧器

生物质热解气燃烧器的设计除了满足气体燃料燃烧器的通用要求外,还应满足以下附加要求:

- a) 设置可靠的点火燃烧器,以轻油、天然气或液化石油气等高热值的燃料点火;
- b) 结构设计上应设置焦油清洗口。

9.3 表面燃烧器

9.3.1 设计要求

表面燃烧器的设计除应遵守气体燃料燃烧器的通用要求以外,还应满足以下要求:

- a) 预混段应确保燃气与空气混合均匀,预混段应严格保证气密性,防止预混气体泄漏。
- b) 额定输出功率大于 2 100 kW 时,预混段应设于风机出口。当预混段设于风机入口处时,风机应为防爆风机。
- c) 应设置燃气和空气过滤装置,过滤装置孔隙应不大于燃烧头孔隙,保证安全运行。
- d) 空气过滤器出口应设置负压监测、流量监测或其他能反映实际供风状态的装置,过滤器堵塞时应联锁保护。
- e) 火焰筒内部应设置预防回火监测装置,如温度监测、光监测、离子监测等。如预防回火监测装置检测到信号,应能立即切断燃料供应。
- f) 燃烧器后吹扫时间应大于或等于 30 s。
- g) 额定输出热功率大于 400 kW 的燃烧器应采用点火火焰引燃。
- h) 额定输出热功率大于 400 kW 的燃烧器主火安全时间应小于或等于 5 s。
- i) 预混段的燃气入口段应安装阻火器。
- j) 预混段应良好接地。

9.3.2 使用维护

表面燃烧器在使用时应满足以下要求:

- a) 在额定输出热功率状态下运行时,过量空气系数应不大于 1.6;
- b) 运行时不应有啸叫、喘振等异常状况;
- c) 金属纤维燃烧头应定期维护,维护周期应不超过 6 个月,金属纤维不应有任何损坏;
- d) 空气过滤器应定期清洗。

9.4 自然通风燃烧器

自然通风燃烧器除应符合气体燃料燃烧器的通用要求以外,在具有封闭燃烧室的锅炉上使用时,还应满足以下要求:

- a) 运行中保持适宜的炉膛负压,并实现炉膛负压联锁保护;
- b) 应安装一台吹扫风机;
- c) 停机后,风门应处于全开位置;
- d) 在最小输出热功率下运行时,过量空气系数应不大于 1.4;在其他输出热功率下运行时,过量空气系数应不大于 1.3。

10 检验、试验与检测

10.1 通用要求

燃烧器的型式试验、出厂检验和在用检测应符合以下要求:

- a) 型式试验
 - 1) 输出热功率小于或等于 7 000 kW 的一体式燃烧器原则上应在测试炉上进行型式试验;
 - 2) 对于分体式燃烧器以及输出热功率大于 7 000 kW 的燃烧器,可以在配套锅炉上进行试验,但应在试验报告中说明锅炉的型号、参数以及制造单位;
 - 3) 对燃烧器的结构、功能和运行特性进行测试,且测试所有指定的运行工况。
- b) 出厂检验
 - 1) 由燃烧器制造单位进行检验,并出具相应报告;
 - 2) 进行冷态功能流程检验和热态安全控制功能验证检验;
 - 3) 产品检验合格方可出厂。
- c) 在用检测
 - 1) 由燃烧器使用单位或委托有能力的机构进行,并出具相应报告;
 - 2) 在用燃烧器的检验周期为 1 年;
 - 3) 检查控制与安全装置的性能是否可靠。

10.2 型式试验

10.2.1 样机数量

型式试验的样机数量为每个型号 1 台。

10.2.2 覆盖原则

10.2.2.1 燃烧器型式试验的覆盖原则,是同一系列中同一功率等级的不同型号的燃烧器型式试验相互覆盖。

10.2.2.2 对于被覆盖的燃烧器,型式试验机构对制造商提供的产品安全性声明资料及出厂技术文件等资料审查后,在已通过型式试验的燃烧器型式试验证书与报告中注明其可覆盖的燃烧器型号。

10.2.3 试验条件和项目

型式试验条件见附录 G,型式试验项目见附录 H。

10.2.4 试验方法

型式试验方法按照附录 I 的规定进行。

10.2.5 结果判定

在规定的检验项目中,每个检验项目均符合要求,则判定型式试验合格。

10.3 出厂检验

10.3.1 检验数量

每台产品出厂前均应进行出厂检验。

10.3.2 检验项目

出厂检验项目见附录 H。

10.3.3 检验方法

出厂检验方法按照附录 I 的规定进行。

10.3.4 结果判定

在规定的检验项目中,若有任何一项不符合要求,允许在采取措施后重新进行检验;若重新检验时该项目仍不符合要求,则判该产品不合格。

10.4 在用检测

10.4.1 检测项目

在用检测项目见附录 H。

10.4.2 检测方法

在用检测方法按照附录 I 的规定进行。

10.5 在用燃烧器改造后的检验

在用燃烧器改造后的检验项目按照附录 H,并根据实际改造情况进行相关内容的测试,测试结果应符合本标准的相关要求。

11 技术文件与标识

11.1 产品出厂技术文件

燃烧器出厂时,应至少附有以下出厂技术文件(用中文表示,并且采用国际单位制):

- a) 产品外形及安装尺寸图;
- b) 电气接线图;
- c) 产品使用说明书;
- d) 产品合格证书;
- e) 产品型式试验合格证书或检验抽查合格证明(复印件);
- f) 产品装箱清单。

11.2 产品使用说明书

产品使用说明书应包括以下内容:

- a) 产品结构和工作原理;
- b) 产品性能说明(含燃烧器工作曲线或输出热功率范围);

- c) 安装要求；
- d) 操作方法的详细说明；
- e) 维护保养说明；
- f) 警示和注意事项。

11.3 铭牌

应在燃烧器显著位置安装铭牌,标明以下内容(用中文表示,并且采用国际单位制):

- a) 产品型号；
- b) 产品编号；
- c) 型式试验证书编号；
- d) 燃烧器额定输出热功率；
- e) 燃料品种；
- f) 燃料压力；
- g) 电源参数；
- h) 制造单位名称；
- i) 制造日期。

11.4 其他产品标识

产品安全标识应符合以下要求:

- a) 风机外壳上应有旋转方向标识；
- b) 在设有高压点火装置的部位,应设置“高压、危险!”的警示标识；
- c) 应在燃烧器显著位置黏贴型式试验合格标识。

12 包装、运输和贮存

12.1 包装

产品的包装应符合以下要求:

- a) 包装一般为木板箱,箱体应采取加固措施,其牢固程度应能保证在运输过程中箱体不发生破损；
- b) 包装箱内壁应敷设完整的防水油毡,箱内产品应罩以塑料薄膜；
- c) 产品装箱应符合 GB/T 13384 的相关规定,装箱件的名称、编号和数量应与装箱单的内容一致。

12.2 运输

产品运输过程中,应对包装箱采取可靠的固定措施和防淋雨、溅水措施。

12.3 贮存

产品应贮存于通风、干燥,无腐蚀气体的室内场所。

13 安装、调试与使用

13.1 安装

13.1.1 燃烧器安装

燃烧器的安装应满足以下要求:

- a) 燃烧器应由专业人员按照制造单位提供的技术文件进行安装；
- b) 外部接线应按照制造单位提供的接线图施工；
- c) 燃烧器及其部件的搬运和安装过程应平稳，避免冲击和碰撞；
- d) 燃烧器各部件应正确安装和固定，所有部件在拆卸、重装后应能够恢复到原来位置。

13.1.2 燃料管道安装

燃料管道的安装应符合以下要求：

- a) 燃料管线上的元件安装位置应易于操作维护；
- b) 需要定期检验的燃气管线上的元件，可以通过机械连接来保证其稳固性；
- c) 燃烧器与燃料供应管宜采用硬管或金属软管连接，如果采用非金属软管，则在其外部包裹耐腐蚀的金属编织层，并且长度尽可能短、弯曲半径符合硬管连接的最小弯曲半径要求，还应满足燃料管线耐压要求。

13.1.3 其他

其他安装要求应符合以下规定：

- a) 燃烧器的安装法兰与锅炉的安装法兰之间，应设置由隔热材料制作的密封垫，密封垫的厚度应不小于 5 mm，并且具有足够的强度；
- b) 采用可退出、铰链旋转或其他方式打开的燃烧器，安装位置应留有足够的燃烧器退出或旋转空间；
- c) 燃烧器风机入口处，不应有影响空气流通的障碍物；
- d) 主燃气控制阀系统应尽可能靠近燃烧器安装，且便于维修；
- e) 燃气控制阀系统带放散阀的，其排空管出口应通向室外安全地方且高于建筑物 2 m；
- f) 在主燃气控制阀系统的所有自动控制阀的上游，应设有一个手动快速切断阀；
- g) 应在液体燃料供给母管上设有一只手动快速切断阀，为防止超压，燃料供给系统应设置超压泄压装置，泄压燃料应安全泄放到燃料箱或泵入口管道；
- h) 手动快速切断阀的安装位置应便于操作，并能防止误操作；
- i) 燃气压力调节器的安装位置应与安全切断阀保持一定距离，便于操作。

13.2 现场调试

13.2.1 冷态调试

在不点火燃烧的情况下，对燃烧器进行功能性能测试和调整。测试过程中可使用模拟控制信号。冷态调试应符合以下要求：

- a) 确认燃烧器各部分的安装、连接正确、牢固；
- b) 锅炉、燃烧器各控制点的设定参数正确，模拟信号源等专用设备状态正常；
- c) 冷态调试的主要内容包括：
 - 1) 验证燃烧器各组成部分的功能状态；
 - 2) 验证燃烧器系统的运行程序符合设计要求；
 - 3) 验证安全联锁保护装置动作正确、可靠；
- d) 调试中出现异常情况时，应查明原因并进行调整或更换，直至合格；
- e) 记录调试结果。

13.2.2 热态调试

在锅炉（或测试炉）上点火运行，对燃烧器的燃烧性能进行测试和调整，以满足设计要求。热态调试

应符合以下要求：

- a) 应在冷态调试合格的基础上进行；
- b) 热态调试的主要内容包括：
 - 1) 点火的可靠性；
 - 2) 正常运行时的燃烧性能：火焰监测可靠；火焰形态符合设计要求；负荷调节灵活，燃烧稳定；烟气排放符合设计要求；
 - 3) 确认安全联锁保护功能正常可靠；
- c) 调试中出现异常情况时，应能安全停机，查明原因并进行调整或更换，重新试验直到符合设计要求；
- d) 记录调试过程和结果。

13.3 维护

13.3.1 故障处理

故障处理应符合以下要求：

- a) 产品技术文件中应列出常见故障现象、原因分析及排除方法；
- b) 产品调试或运行中出现故障时，应立即停机，进行故障排除；
- c) 发生联锁报警故障后，在查明原因并予以排除之前，不应进行复位操作；
- d) 对于影响燃烧器安全运行的元器件，如自动控制器、火焰监测器、安全切断阀、阀门检测装置等，损坏后不应修理，应以原型号或功能相同的元器件直接更换；
- e) 燃烧器发生点火故障时，连续启动点火不应超过 2 次。

13.3.2 定期维护

定期维护应符合以下要求：

- a) 产品技术文件中应列出定期维护保养的易损件清单，注明维护周期和方法。
- b) 维护保养时燃烧器应处于停机状态，并切断燃料和电源。对于气体燃料燃烧器，还应打开燃气放散管。
- c) 燃烧器维护保养过程中拆卸的零部件，重新装配后应完全恢复其原有状态。
- d) 定期维护保养中，若更换了自动控制器、火焰监测器、燃气阀门检漏装置等安全元器件，应对相关部件的功能性能进行必要的冷态、热态调试，合格后燃烧器方能投入运行。

附 录 A
(规范性附录)
燃烧器的基本配置

A.1 液体燃料燃烧器

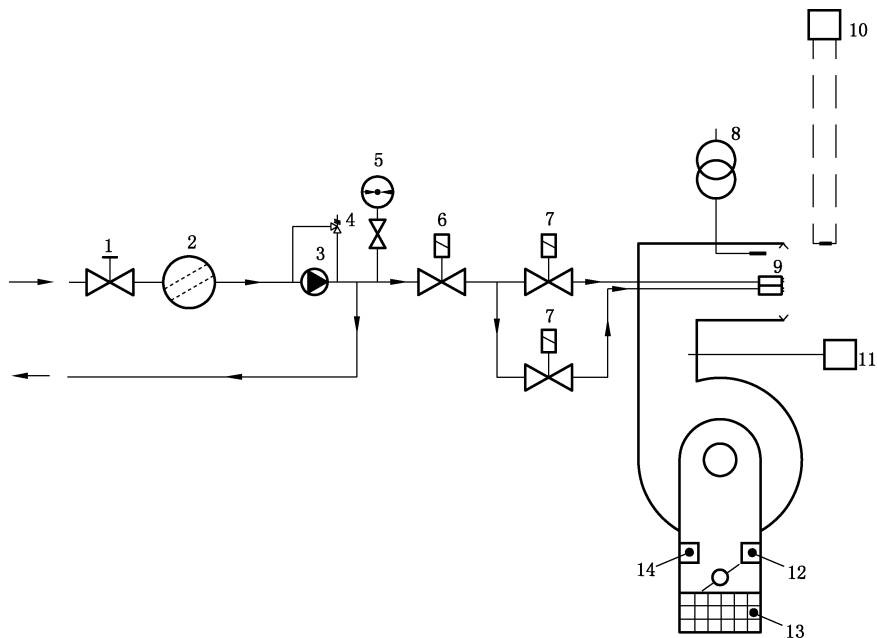
A.1.1 通用要求

液体燃料燃烧器的主要部件有:过滤器、燃料压力监测装置、燃料泵、燃料流量调节装置、安全切断阀、燃料雾化装置、点火装置、火焰监测装置、风机、空气压力监测装置、空气流量调节装置、空气/燃料联动调节装置、自动控制器和控制箱等。燃用高黏度的液体燃料燃烧器,还应包括燃料预热装置和温度控制装置。液体燃料燃烧器按照雾化方式分为机械压力雾化燃烧器、介质雾化燃烧器(包括机械压力和介质联合雾化燃烧器)和转杯雾化燃烧器。

A.1.2 机械压力雾化燃烧器

A.1.2.1 不带回流的机械压力雾化燃烧器

图 A.1 为不带回流的机械压力雾化燃烧器基本配置图。



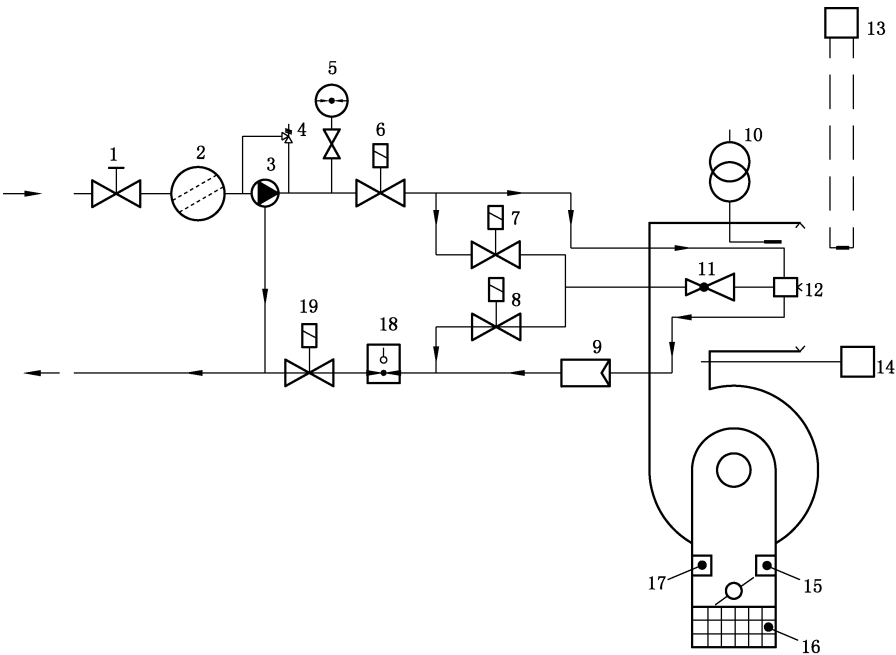
说明:

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1——手动快速切断阀; | 8 —— 点火装置; |
| 2——过滤器; | 9 —— 喷嘴; |
| 3——燃料泵; | 10——火焰监测装置; |
| 4——压力调节器(泵可自带); | 11——空气压力监测装置; |
| 5——压力测量装置; | 12——低空气流量位置开关; |
| 6——第一安全切断阀; | 13——运动件的防护装置; |
| 7——第二安全切断阀; | 14——高空气流量位置开关。 |

图 A.1 不带回流的机械压力雾化燃烧器基本配置图

A.1.2.2 带回流的机械压力雾化燃烧器

图 A.2 为带回流的机械压力雾化燃烧器基本配置图。



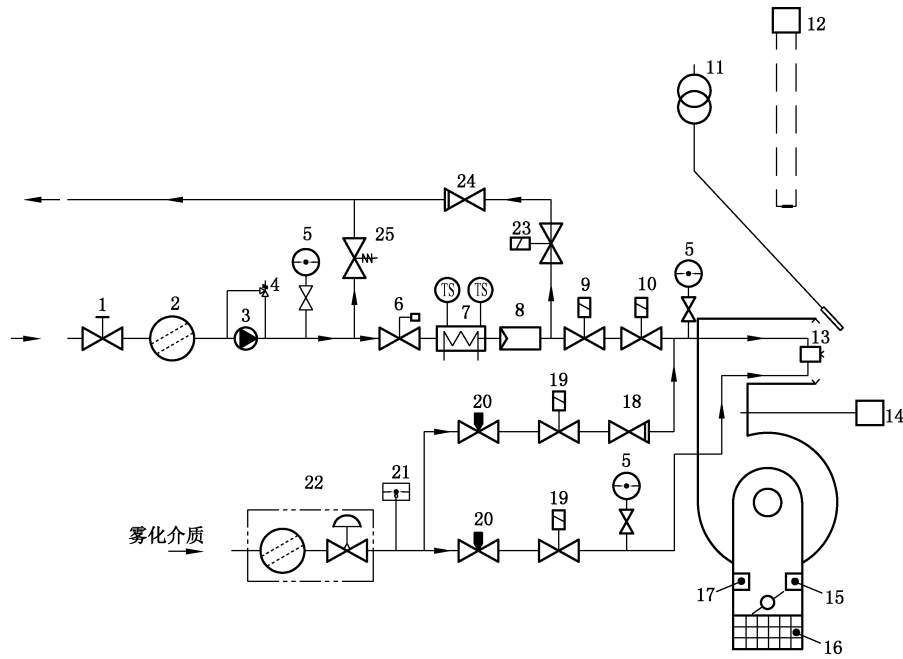
说明：

- 1 ——手动快速切断阀；
- 2 ——过滤器；
- 3 ——燃料泵；
- 4 ——压力调节器(泵可自带)；
- 5 ——压力测量装置；
- 6 ——安全切断阀；
- 7 ——进流控制切断阀(常闭)；
- 8 ——进流控制切断阀(常开)；
- 9 ——回流流量调节阀；
- 10——点火装置；
- 11——喷嘴切断装置；
- 12——喷嘴；
- 13——火焰监测装置；
- 14——空气压力监测装置；
- 15——低空气流量位置开关；
- 16——运动件的防护装置；
- 17——高空气流量位置开关；
- 18——回流压力监测装置；
- 19——回流安全切断阀。

图 A.2 带回流的机械压力雾化燃烧器基本配置图

A.1.3 介质雾化燃烧器

图 A.3 为介质雾化燃烧器基本配置图。



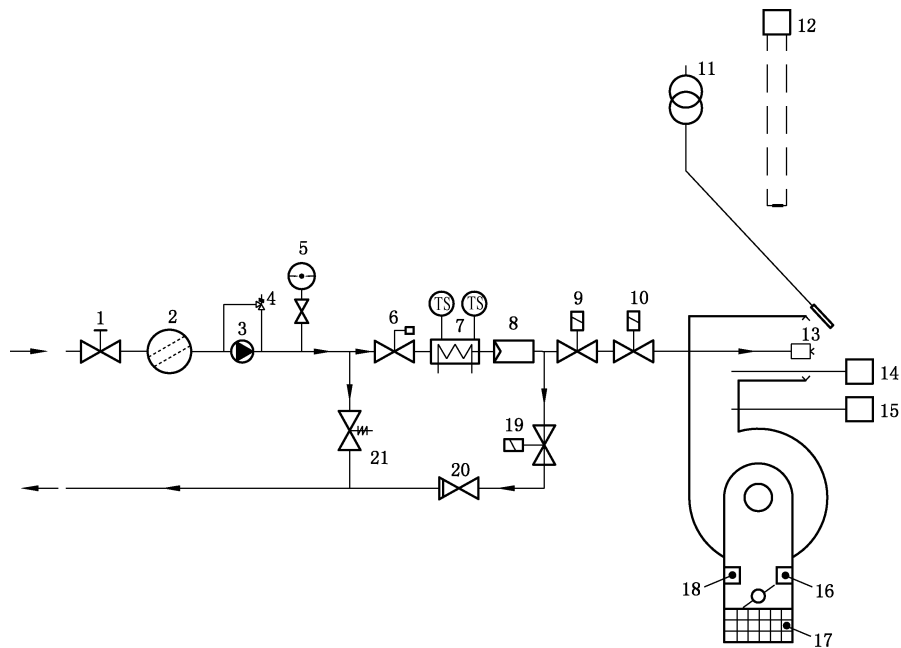
说明：

- | | |
|-------------------|---------------------|
| 1 —— 手动快速切断阀； | 14 —— 空气压力监测装置； |
| 2 —— 过滤器； | 15 —— 低空气流量位置开关； |
| 3 —— 燃料泵； | 16 —— 运动件的防护装置； |
| 4 —— 压力调节器(泵可自带)； | 17 —— 高空气流量位置开关； |
| 5 —— 压力测量装置； | 18 —— (雾化介质)止回阀； |
| 6 —— 快关阀； | 19 —— 切断阀(雾化介质)； |
| 7 —— 预热装置； | 20 —— 针型阀； |
| 8 —— 流量调节装置； | 21 —— (雾化介质)压力检测装置； |
| 9 —— 第一安全切断阀； | 22 —— 过滤稳压组合件； |
| 10 —— 第二安全切断阀； | 23 —— 回流安全切断阀； |
| 11 —— 点火装置； | 24 —— 止回阀； |
| 12 —— 火焰监测装置； | 25 —— 压力调节装置。 |
| 13 —— 喷嘴； | |

图 A.3 介质雾化燃烧器基本配置图

A.1.4 转杯雾化燃烧器

图 A.4 为转杯雾化燃烧器基本配置图。



说明：

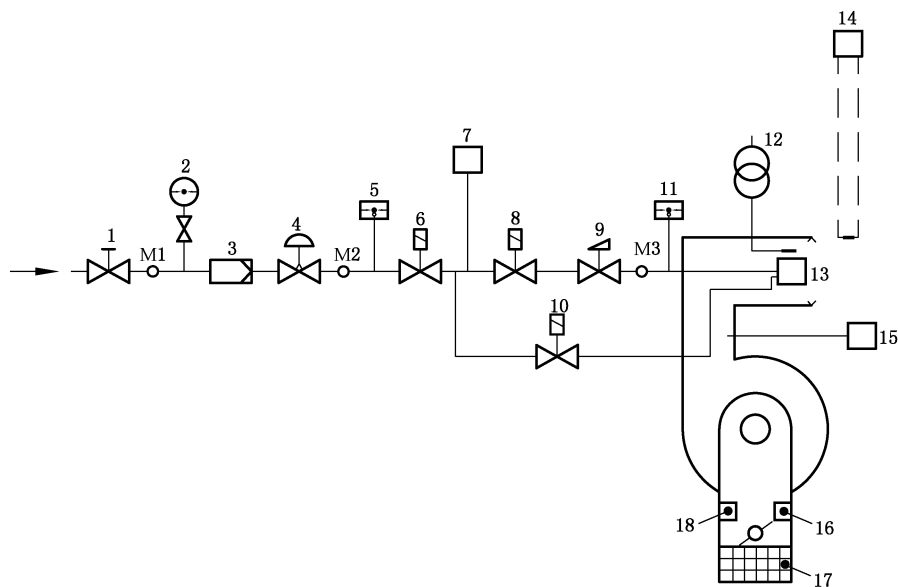
- 1 ——手动快速切断阀；
- 2 ——过滤器；
- 3 ——燃料泵；
- 4 ——压力调节器(泵可自带)；
- 5 ——压力测量装置；
- 6 ——快关阀；
- 7 ——预热装置；
- 8 ——流量调节装置；
- 9 ——第一安全切断阀；
- 10 ——第二安全切断阀；
- 11 ——点火装置；
- 12 ——火焰监测装置；
- 13 ——转杯；
- 14 ——空气压力监测装置；
- 15 ——转杯转速监测装置；
- 16 ——低空气流量位置开关；
- 17 ——运动件的防护装置；
- 18 ——高空气流量位置开关；
- 19 ——回流安全切断阀；
- 20 ——止回阀；
- 21 ——压力调节装置。

图 A.4 转杯雾化燃烧器基本配置图

A.2 气体燃料燃烧器

A.2.1 强制鼓风燃气燃烧器

强制鼓风燃气燃烧器的主要部件有：过滤器、燃气压力调节器、燃气低压开关(燃气高压开关)、第一安全切断阀、阀门检漏装置、第二安全切断阀、点火装置、燃气流量调节阀、火焰监测装置、风机、空气压力监测装置、空气流量调节装置、空气/燃气联动调节装置、自动控制器和控制箱等，见图 A.5。



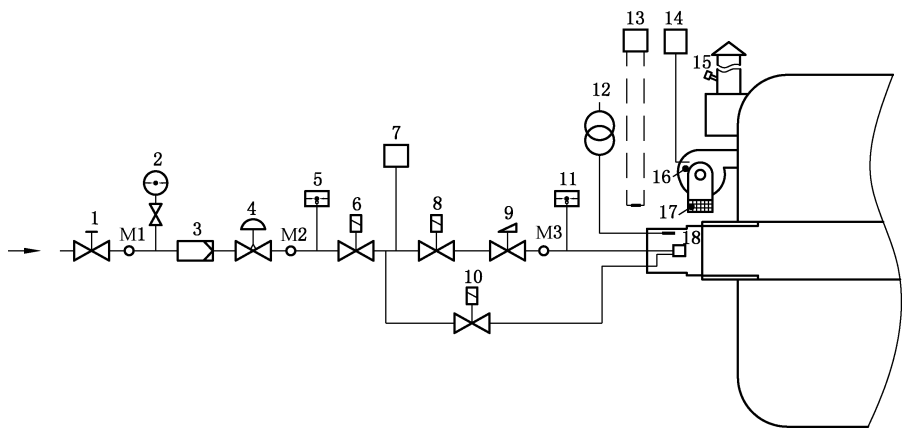
说明：

- | | |
|----------------------------|------------------|
| 1 —— 手动快速切断阀； | 12 —— 点火装置； |
| 2 —— 压力测量装置； | 13 —— 燃气喷嘴； |
| 3 —— 过滤器； | 14 —— 火焰监测装置； |
| 4 —— 燃气压力调节器； | 15 —— 空气压力监测装置； |
| 5 —— 燃气低压保护装置； | 16 —— 低空气流量位置开关； |
| 6 —— 第一安全切断阀； | 17 —— 运动件的防护装置； |
| 7 —— 阀门检漏装置(>1.2 MW)； | 18 —— 高空气流量位置开关； |
| 8 —— 第二安全切断阀； | M1 —— 第一测压点； |
| 9 —— 流量调节装置； | M2 —— 第二测压点； |
| 10 —— 点火安全切断阀； | M3 —— 第三测压点。 |
| 11 —— 燃气高压保护装置(未安装序号 4 时)； | |

图 A.5 强制鼓风燃气燃烧器基本配置图

A.2.2 自然通风燃气燃烧器

自然通风燃气燃烧器的主要部件有：压力表、过滤器、燃气低压开关、第一安全切断阀、阀门检漏装置、第二安全切断阀、燃气流量调节阀、燃气流量变送器、燃烧头、点火变压器、空气调节装置、火焰监测装置、空气压力监测装置、风机(吹扫用)、烟气氧含量传感器(空气/燃气联动调节装置)、燃气压力监测装置、自动控制器和控制箱等，见图 A.6。



说明：

- | | |
|---------------------------|----------------|
| 1 ——手动快速切断阀； | 12 ——点火装置； |
| 2 ——压力测量装置； | 13 ——火焰监测装置； |
| 3 ——过滤器； | 14 ——空气压力监测装置； |
| 4 ——燃气压力调节器； | 15 ——烟气氧含量传感器； |
| 5 ——燃气低压保护装置； | 16 ——吹扫风机； |
| 6 ——第一安全切断阀； | 17 ——运动件的防护装置； |
| 7 ——阀门检漏装置(>1.2 MW)； | 18 ——燃气喷嘴； |
| 8 ——第二安全切断阀； | M1 ——第一测压点； |
| 9 ——流量调节装置； | M2 ——第二测压点； |
| 10 ——点火安全切断阀； | M3 ——第三测压点。 |
| 11 ——燃气高压保护装置(未安装序号 4 时)； | |

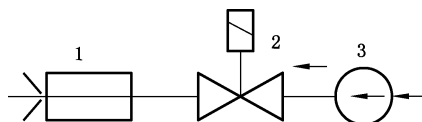
图 A.6 自然通风燃气燃烧器基本配置图

附 录 B (规范性附录)

液体燃料燃烧器安全切断阀布置要求

B.1 单级调节液体燃料燃烧器安全切断阀布置

图 B.1 为适用于额定输出热功率 ≤ 400 kW 的单级调节液体燃料燃烧器安全切断阀布置图。



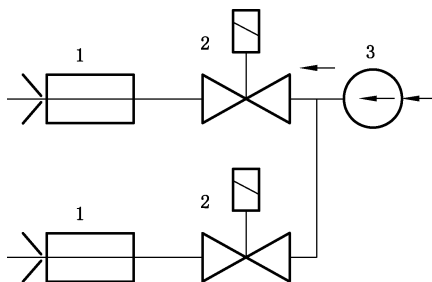
说明：

- 1——喷嘴；
- 2——安全切断阀；
- 3——泵。

图 B.1 单级调节液体燃料燃烧器安全切断阀布置图

B.2 带有两个喷嘴的两级调节液体燃料燃烧器安全切断阀布置

图 B.2 为适用于额定输出热功率 ≤ 400 kW 的带有两个喷嘴的两级调节液体燃料燃烧器安全切断阀布置图。



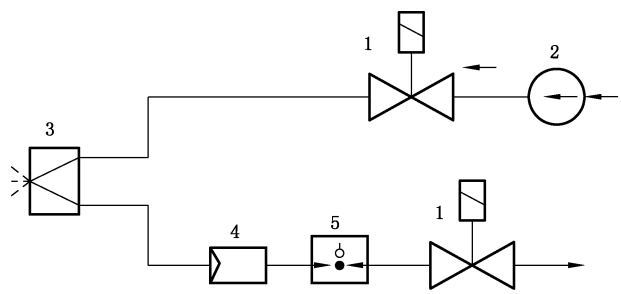
说明：

- 1——喷嘴；
- 2——安全切断阀；
- 3——泵。

图 B.2 带有两个喷嘴的两级调节液体燃料燃烧器安全切断阀布置图

B.3 带有燃料回流喷嘴且没有喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置

图 B.3 为适用于额定输出热功率 ≤ 400 kW 的带有燃料回流喷嘴且没有喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图。



说明：

1——安全切断阀；

2——泵；

3——燃料回流喷嘴；

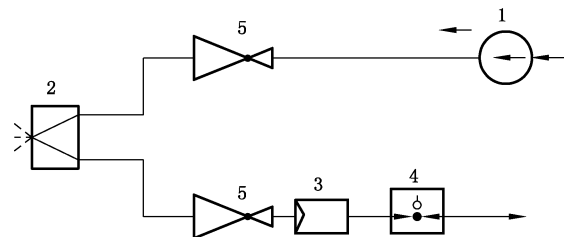
4——输出调节器；

5——压力监测装置(>400 kW)。

图 B.3 带有燃料回流喷嘴且没有喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图

B.4 带有燃料回流喷嘴及喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置

图 B.4 为适用于额定输出热功率 ≤ 400 kW 的带有燃料回流喷嘴及喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图。



说明：

1——泵；

2——燃料回流喷嘴；

3——输出调节器；

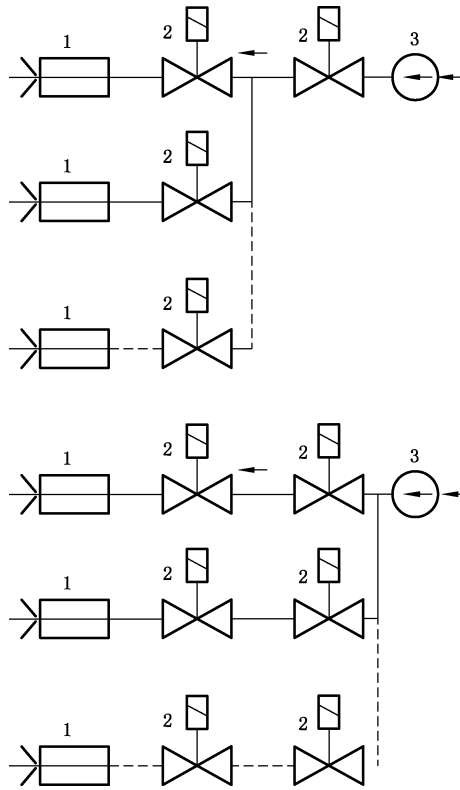
4——压力监测装置(>400 kW)；

5——喷嘴切断阀。

图 B.4 带有燃料回流喷嘴及喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图

B.5 带有两个喷嘴的两级调节或多个喷嘴的多级调节的液体燃料燃烧器安全切断阀布置

图 B.5 为适用于额定输出热功率 > 400 kW 的带有两个喷嘴的两级调节或多个喷嘴的多级调节的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图。



说明：

1——喷嘴；

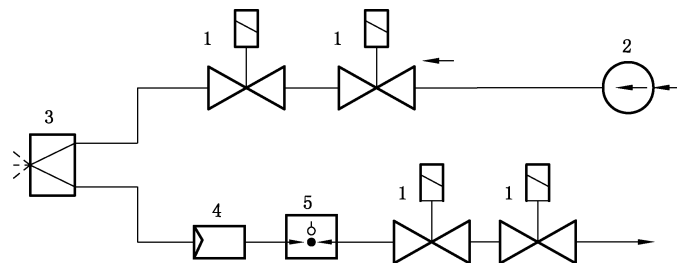
2——安全切断阀；

3——泵。

图 B.5 带有两个喷嘴的两级调节或多个喷嘴的多级调节的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图

B.6 带有燃料回流喷嘴且没有喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置

图 B.6 为适用于额定输出热功率 >400 kW 的带有燃料回流喷嘴且没有喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图。



说明：

1——安全切断阀；

2——泵；

3——燃料回流喷嘴；

4——输出调节器；

5——压力监测装置。

图 B.6 带有燃料回流喷嘴且没有喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图

B.7 带有燃料回流喷嘴及喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置

图 B.7 为适用于额定输出热功率 $>400\text{ kW}$ 的带有燃料回流喷嘴及喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图。

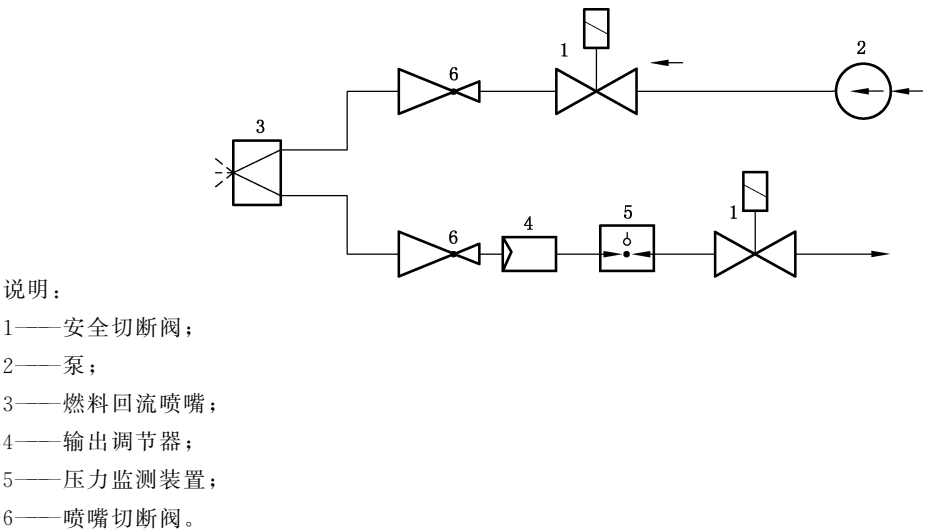
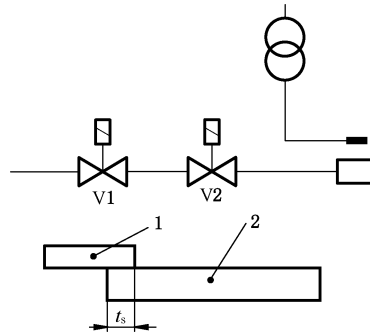


图 B.7 带有燃料回流喷嘴及喷嘴切断阀的液体燃料燃烧器安全切断阀布置图

附 录 C
(规范性附录)
主燃气安全切断阀开启要求

C.1 主燃烧器在额定功率下直接点火主燃气安全切断阀开启要求

主燃烧器在额定功率下直接点火时,点火装置通电前主燃气安全切断阀不应开启,时序图见图 C.1。



说明:

V1, V2——主燃气安全切断阀;

1 ——点火时间;

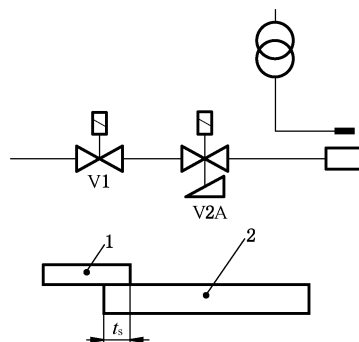
2 ——主燃气阀开启时间;

t_s ——安全时间。

图 C.1 主燃烧器在额定功率下直接点火时序图

C.2 主燃烧器在降低功率下直接点火主燃气安全切断阀开启要求

主燃烧器在降低功率下直接点火时,当 V2A 达到启动燃气流量的设定位置前,主燃气安全切断阀 V1 不应开启,时序图见图 C.2。



说明:

V1 ——主燃气安全切断阀;

V2A ——主燃气慢速开启或两步安全切断阀;

1 ——点火时间;

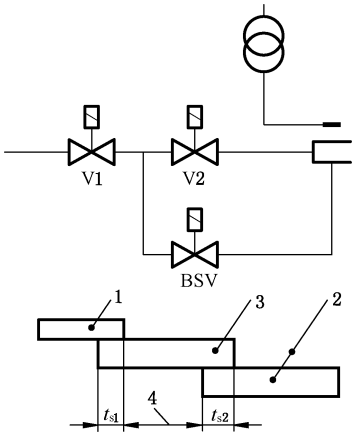
2 ——主燃气阀开启时间;

t_s ——安全时间。

图 C.2 主燃烧器在降低功率下直接点火时序图

C.3 主燃烧器带有旁路启动燃气的主燃气安全切断阀开启要求

图 C.3 适用于带有旁路启动燃气的主燃烧器降低功率直接点火,点火火焰建立前主燃气安全切断阀 V2 不应开启,时序图见图 C.3。

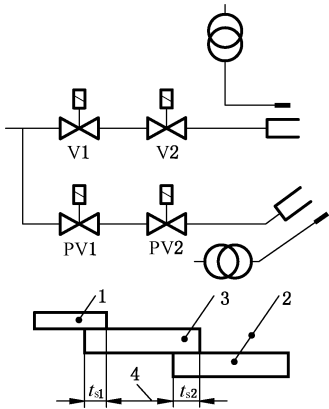


- 说明:
- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| V1, V2 —— 主燃气安全切断阀; | 3 —— 旁路启动燃气阀(BSV+V1)开启时间; |
| BSV —— 旁路启动燃气阀; | 4 —— 点火火焰监测时期; |
| 1 —— 点火时间; | t_{s1} —— 点火安全时间; |
| 2 —— 主燃气阀(V1+V2)开启时间; | t_{s2} —— 主火安全时间。 |

图 C.3 带有旁路启动燃气的主燃烧器降低功率直接点火时序图

C.4 主燃烧器通过点火燃烧器点火的主燃气安全切断阀开启要求

主燃烧器通过点火燃烧器点火,点火火焰建立前主燃气安全切断阀不应开启,时序图见图 C.4。



- 说明:
- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| V1, V2 —— 主燃气安全切断阀; | 3 —— 启动燃气阀(PV1+PV2)开启时间; |
| PV1, PV2 —— 点火燃烧器安全切断阀(启动燃气阀); | 4 —— 点火火焰监测时期; |
| 1 —— 点火时间; | t_{s1} —— 点火安全时间; |
| 2 —— 主燃气阀(V1+V2)开启时间; | t_{s2} —— 主火安全时间。 |

图 C.4 主燃烧器通过点火燃烧器点火时序图

附 录 D

(规范性附录)

排放物的测量与修正

D.1 排放物的测量

测点应位于燃烧室出口与烟囱之间,测点布置要求见 G.3.5。应通过组合测量的方法在烟气流动方向选择具有代表性的准确的取样点,在测试报告中应给出测量方法,在 NO_x 测量时,应检查仪器换算(修正)方法。

D.2 CO 与 NO_x 的排放浓度从 mL/m^3 转换为 $\text{mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 和 mg/m^3

CO 与 NO_x 的排放浓度从 mL/m^3 转换为 $\text{mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 和 mg/m^3 按照式(D.1)~式(D.4)进行:

$$\text{CO}_f = \text{CO}_{\text{meas}} \times 1.25 \times \left(\frac{21}{21 - \text{O}_{2\text{meas}}} \right) \times \left(\frac{V_{\text{A,th,tr,min}}}{H_i} \right) \quad \dots\dots\dots (\text{D.1})$$

$$\text{CO}_g = \text{CO}_{\text{meas}} \times 1.25 \times \left(\frac{21 - \text{O}_{2\text{ref}}}{21 - \text{O}_{2\text{meas}}} \right) \quad \dots\dots\dots (\text{D.2})$$

$$\text{NO}_{xf} = \text{NO}_{x\text{ppm}} \times 2.056 \times \left(\frac{21}{21 - \text{O}_{2\text{meas}}} \right) \times \left(\frac{V_{\text{A,th,tr,min}}}{H_i} \right) \quad \dots\dots\dots (\text{D.3})$$

$$\text{NO}_{xg} = \text{NO}_{x\text{ppm}} \times 2.056 \times \left(\frac{21 - \text{O}_{2\text{ref}}}{21 - \text{O}_{2\text{meas}}} \right) \quad \dots\dots\dots (\text{D.4})$$

式中:

- CO_f —— CO 排放浓度,单位为毫克每千瓦时 $[\text{mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$;
- CO_{meas} ——烟气中 CO 实测浓度,单位为毫升每立方米(mL/m^3);
- 1.25 —— CO 密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)(0°C , 101.325 kPa);
- $\text{O}_{2\text{meas}}$ ——烟气中实测氧含量, %;
- $V_{\text{A,th,tr,min}}$ ——干烟气理论参考体积,柴油: $10.46 \text{ m}^3/\text{kg}$;天然气: $8.52 \text{ m}^3/\text{m}^3$;
- H_i ——液体燃料净热值,柴油: $11.86 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{kg}$;
气体燃料净热值(0°C , 101.325 kPa),天然气($100\% \text{CH}_4$): $9.97 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$;
- CO_g —— CO 折算排放浓度,单位为毫克每立方米(mg/m^3),按含氧量为 3.5% 的干烟气折算;
- $\text{O}_{2\text{ref}}$ ——参照氧量(按含氧量为 3.5% 的干烟气折算), %;
- NO_{xf} —— NO_x 排放浓度,单位为毫克每千瓦时 $[\text{mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$;
- $\text{NO}_{x\text{ppm}}$ ——烟气中 NO_x 实测浓度,单位为毫升每立方米(mL/m^3);
- 2.056 —— NO_2 密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)(0°C , 101.325 kPa);
- NO_{xg} —— NO_x 折算排放浓度,单位为毫克每立方米(mg/m^3),按含氧量为 3.5% 的干烟气折算,以 NO_2 计。

D.3 NO_x 测量时,空气温度与湿度影响的修正

考虑到空气温度与湿度的影响,可将测量值修正到参考条件(湿度: $10 \text{ g}/\text{kg}$, 温度: 20°C),按式(D.5)进行:

$$\text{NO}_{x\text{ref}} = \text{NO}_x + (h_{\text{meas}} - 10) \times \left[\frac{0.02 \times \text{NO}_x - 0.34}{1 - 0.02 \times (h_{\text{meas}} - 10)} \right] + 0.85 \times (20 - t_{\text{meas}}) \dots\dots\dots (\text{D.5})$$

式中：
 $\text{NO}_{x\text{ref}}$ ——修正到参考条件下的值，单位为毫克每千瓦时[$\text{mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$]；
 NO_x ——在湿度 h_{meas} 和温度 t_{meas} 下的测量值[范围 $50 \text{ mg}/(\text{kW} \cdot \text{h}) \sim 300 \text{ mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$]，单位为毫克每千瓦时[$\text{mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$]；
 h_{meas} ——测量时的空气湿度(范围 $5 \text{ g}/\text{kg} \sim 15 \text{ g}/\text{kg}$)，单位为克每千克(g/kg)；
 t_{meas} ——测量时的空气温度(范围 $15 \text{ }^\circ\text{C} \sim 30 \text{ }^\circ\text{C}$)，单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

D.4 NO_x测量时，燃料中氮含量影响的修正

应对液体燃料中氮含量进行测定，氮含量的范围是小于或等于 $200 \text{ mg}/\text{kg}$ ，7.4.1 中要求的 NO_x 排放限制值是参照氮含量为 $0 \text{ mg}/\text{kg}$ 时的测试值，当燃料中氮含量为其他值时，可按式(D.6)折算：

$$\text{NO}_x = \text{NO}_{xf} - N_{\text{meas}} \times 0.2 \dots\dots\dots (\text{D.6})$$

式中：
 NO_x ——按照燃料中氮含量为 $0 \text{ mg}/\text{kg}$ 的进行修正后的 NO_x 折算值，单位为毫克每千瓦时[$\text{mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$]；
 NO_{xf} ——根据式(D.3)的要求得到的 NO_x 测试值，单位为毫克每千瓦时[$\text{mg}/(\text{kW} \cdot \text{h})$]；
 N_{meas} ——燃料中实测氮含量，单位为毫克每千克(mg/kg)。

D.5 NO_x排放浓度评价

D.5.1 实验室测试 NO_x排放浓度

实验室测试 NO_x 的排放浓度取工作曲线中各个测试点 NO_x 排放浓度的修正值的算术平均值，按照式(D.7)计算：

$$\overline{\varphi_{\text{NO}_x\text{M}}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{\text{NO}_x, \text{R}, i}}{n} \right) \dots\dots\dots (\text{D.7})$$

式中：
 $\overline{\varphi_{\text{NO}_x\text{M}}}$ ——工作曲线中各个测试点 NO_x 排放浓度的修正值，单位为毫克每立方米(mg/m^3)；
 $Q_{\text{NO}_x, \text{R}, i}$ ——工作曲线中从测试点 $i=1$ 到测试点 n 的 NO_x 排放浓度的修正值，单位为毫克每立方米(mg/m^3)；
 n ——工作曲线中各个测试点的编号。

D.5.2 现场测试 NO_x排放浓度

现场测试 NO_x 的排放浓度取最大输出热功率、额定输出热功率和最小输出热功率下 NO_x 排放浓度的修正值的算术平均值，单位为 mg/m^3 。

附 录 E
(资料性附录)
烟气黑度测量

E.1 设备

E.1.1 抽吸泵(手动)

手动抽吸泵应能过一个有效过滤面积(直径为 0.6 cm)单次抽吸烟气体积 $(160 \pm 8) \text{ cm}^3$ [大约每 cm^2 有效过滤面积上通过的烟气体积为 $(570 \pm 28.5) \text{ cm}^3$];泵的活塞冲程大约为 20 cm。

为防止抽吸泵在第一次运行时产生凝结水以及增温现象,固定滤纸的部件应保证不漏水。

从取样点到过滤纸的距离不应超过 40 cm。当采用特殊结构的烟道而使该距离大于 40 cm 时,应在测试报告中给予说明。

E.1.2 取样管

取样管内径为 6 mm,且应满足 E.1.1 的要求。

E.1.3 过滤纸

过滤纸对光的反射率为 $(85 \pm 2.5)\%$,且应置于反射率大于或等于 75%的白色表面上。

当空气以每分钟 $3 \text{ dm}^3/\text{cm}^2$ 的流量通过滤纸时,其压降应在 2 kPa~10 kPa(20 mbar~100 mbar)之间。

E.1.4 烟气黑度标值

烟气黑度标尺由对光的反射率为 $(85 \pm 2.5)\%$ 的材料组成,上面印有 10 个从白色到暗灰色规则排列的色块。黑度值对应相应的光衰减系数,例如,黑度值为 6,表示光衰减率为 60%。对每一个色块,其反射率的误差不应超过 3%。

E.2 烟气黑度测量方法

可按照 E.1.1~E.1.4 的要求通过电子取样装置来进行黑度测量。测量结果既可以通过人工比较烟气黑度标尺得到,也可以通过 E.1.1 的方法用仪器直接显示黑度值。

E.3 烟气黑度值的测定

松开固定滤纸的部件,将滤纸插入凹槽中,然后拧紧。

将取样探针置于与烟气流动垂直的方向。取样过程中,应保证探针到管壁之间密封可靠。采样既可通过手动泵抽吸得到,也可通过机械泵抽吸得到。

如果采用手动泵(如 E.1.1 所述)取样,则布置 10 个抽吸装置,每一个抽吸装置能持续工作 2 s~3 s。

将取样管从烟道中退出,松开拧紧装置,小心地将滤纸取出。

附 录 F
(规范性附录)

液体和气体燃料燃烧器控制时序表

液体和气体燃料燃烧器控制时序见表 F.1。

表 F.1 液体和气体燃料燃烧器控制时序表

供热开始				点火 燃烧 器		主燃 烧器	供热结束		结果			备注
				启动时序 点火			运行 位置					
项目	控制 器启 动	风机 启动	前吹 扫	点火 安全 时间	点火 火焰 确定 时间	主火 安全 时间	额定 运行	后吹 扫	受控 停机	安全 门机	连锁 保护	
无风状态检查 空气监测	■									●		
空气监测			■	■	■	■	■	□		●	●	
燃气低压保护		□	□	□	□	■	■			●		仅气体燃料适用
燃气高压保护						■	■			●	●	仅气体燃料适用
燃油压力监测额 定功率>400kW				■	■	■	■			●	●	仅液体燃料 带回流喷嘴适用
火焰监测器自校 (含火焰预检测)			■ ■			■	■			● ●	● ●	间歇性运行 持续性运行
火焰监测				■	■	■	■			●	●	
阀门检漏额 定功率>1200kW	□	□	■	■				□		●	●	仅气体燃料适用
安装位置验证		■	■	■	■	■	■	■		●		仅当有此项时适用
■	强制项											
□	可选项											

附 录 G
(规范性附录)
型式试验条件

G.1 试验燃料要求

G.1.1 燃料黏度和氮含量

测试用液体燃料应符合以下要求：

- a) 应使用在燃烧器入口处黏度为 $1.6 \text{ mm}^2/\text{s} \sim 6.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ (20 °C 时) 以及氮含量小于或等于 200 mg/kg 的燃料；
- b) 满足 GB 25989 要求的液体燃料可以作为测试燃料；
- c) 满足 GB 16663 要求的醇基燃料可以作为测试燃料；
- d) 使用其他液体燃料时, 应测定其黏度和氮含量。

G.1.2 气体燃料

气体燃料燃烧器进行试验时, 应使用符合 GB/T 13611 要求的燃气。现场测试时, 其他气体燃料也可使用。

G.1.3 燃料成分及其性能分析

燃烧器试验前应将燃料取样, 由具备化验资格的检测实验室对以下内容进行分析检测：

- a) 气体燃料, 分析项目为气体成分、相对密度、净热值、华白数；
- b) 液体燃料, 分析项目为元素分析、黏度 (20 °C)、密度、净热值。

G.2 试验环境条件与系统要求

G.2.1 试验环境条件应符合以下要求：

- a) 燃烧器应安装在通风良好的空间, 适宜的室内环境温度为 $5 \text{ °C} \sim 35 \text{ °C}$, 在不影响试验结果的情况下, 也允许其他环境温度；
- b) 适宜的大气压力为 $97.272 \text{ kPa} \sim 105.378 \text{ kPa}$ ；
- c) 适宜的空气湿度为含水量 $5 \text{ g/kg} \sim 30 \text{ g/kg}$ 。

G.2.2 测试结果(工作曲线)应按照以下参考条件修正：

- a) 环境温度为 20 °C ；
- b) 燃气温度为 0 °C ；
- c) 大气压力为 101.325 kPa ；
- d) 空气湿度为含水量 10 g/kg 。

G.2.3 试验系统应符合以下要求：

- a) 测试环境中的空气质量不影响测试参数的有效性；
- b) 燃烧器系统连接要求安全、牢固、密封性能好, 严格按照燃烧器制造单位提供的阀组、管路、电气元件的布线图和连接图等技术文件施工, 法兰及相关部件的连接应按照相关标准进行, 确保试验工作安全顺利进行；
- c) 实验室应提供燃烧器所需的稳定额定电压和额定频率的电源。

G.3 测试炉的要求

G.3.1 通用要求

测试可以在标准指定的测试炉内进行,在没有明确指定测试炉的情况下,测试应在符合下列规定的测试炉内进行:

- a) 输出热功率 $\leq 7\,000\text{ kW}$ 的测试炉;
- b) 输出热功率 $> 7\,000\text{ kW}$ 的测试炉。

G.3.2 输出热功率 $\leq 7\,000\text{ kW}$ 的测试炉结构

测试炉的结构见图 G.1,炉膛的设计要求如下:

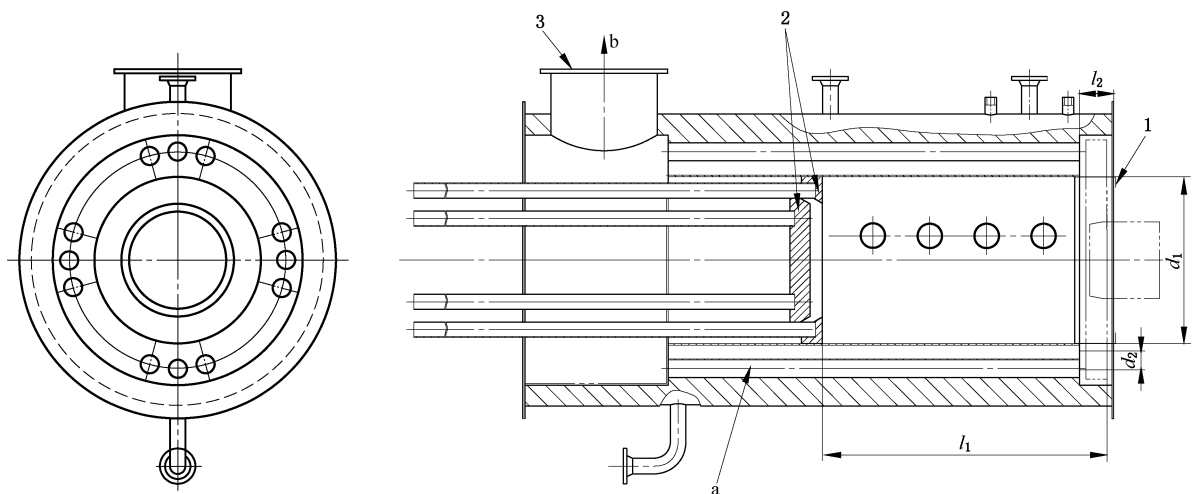
- a) 内径分为:0.225 m、0.300 m、0.400 m、0.500 m、0.600 m、0.800 m、1.00 m、1.200 m。
- b) 长度和相应的输出热功率见图 G.2。
- c) 测试炉的测试功率误差不应超过给定值的 $\pm 10\%$ 。
- d) 应明确标明测试炉适用的最大或最小输出热功率。
- e) 炉膛长度 l_1 应由式(G.1)计算得出:

$$l_1 = 0.23 \sqrt{\frac{Q_F}{10}} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

l_1 ——炉膛长度,单位为米(m);
 Q_F ——燃烧器输出热功率,单位为千瓦(kW)。

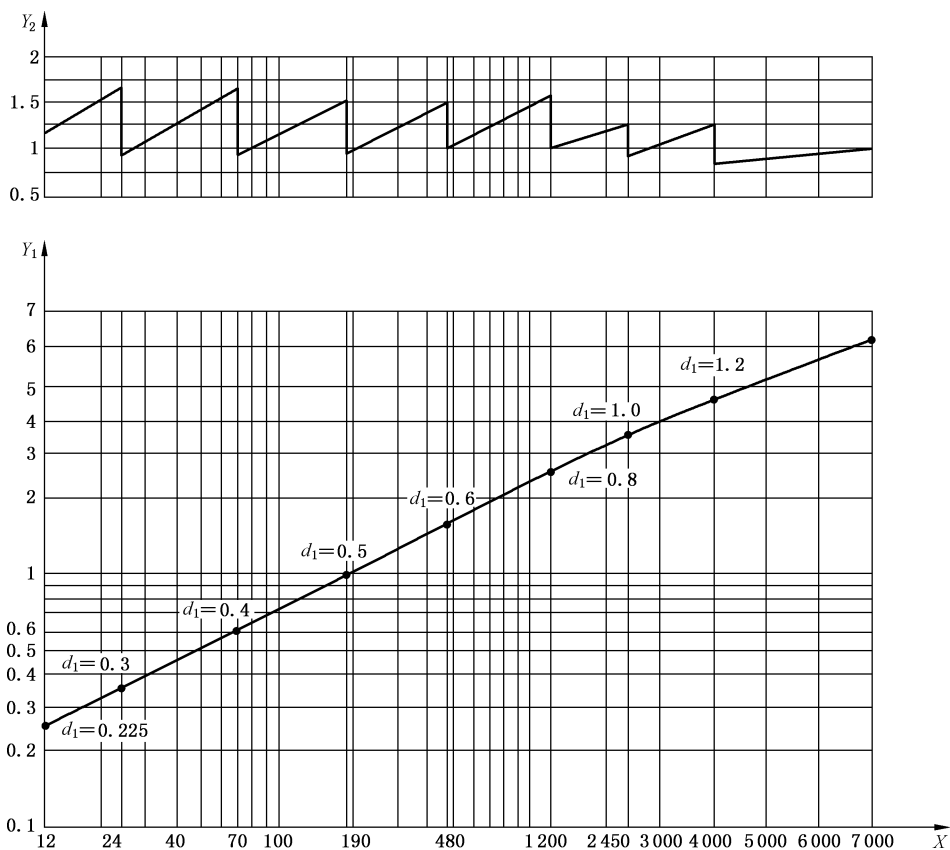
- f) 炉膛长度通过一个可滑动的后墙调节,后墙在炉膛内纵向移动。
- g) 燃烧器可以在正向燃烧的测试炉或在中心回焰的测试炉上进行测试。对于正向燃烧的测试炉,应将一只与炉膛内径相同、壁厚为3 mm的钢制圆形套筒(不用冷却)插在炉膛入口处以及密封烟管的入口。
- h) 测试炉应配备一只调节挡板,能够改变燃烧室出口或烟道中的压降,通过该装置调节燃烧室的压力。
- i) 除前墙和后墙外,所有的炉墙都应冷却。
- j) 测试炉应安装密封的观察孔,能够观察火焰,并且在观察孔上布置压力测点,测量燃烧室内压力。
- k) 允许火焰冲刷到水冷后墙上。
- l) 在负压条件下工作的燃烧器的测试,应在测试炉系统中的下游安装引风机,通过手动调节装置或自动控制系统来调节燃烧室的压力。



测试炉直径 d_1 m	烟管			l_2 mm
	d_2 mm		根数	
	内 径	外 径		
0.225	16	20	8	60
0.3	21	25	14	80
0.4	36.5	41.5	12	100
0.5	39.5	44.5	26	130
0.6	51.5	57	30	160
0.8	80.9	88.9	28	200
1.0	100	108	28	240
1.2	125	133	28	300

- 说明：
- 1 —— 钢制圆形套筒(正向燃烧) $l_2 + 30$ mm；
 - 2 —— 测试炉后墙(两部分)；
 - 3 —— 烟道法兰接口；
 - a —— 测试也可以在中心回焰状态下进行,采用中心回焰方式测试时,需在报告中注明；
 - b —— 烟气流动方向；
 - d_1 —— 测试炉直径；
 - l_1 —— 燃烧室长度；
 - d_2 —— 烟管直径；
 - l_2 —— 换热器入口体积长度。

图 G.1 测试炉示意图



说明：
 X ——输出热功率 Q_F ，单位为千瓦(kW)；
 Y_1 ——测试炉长度 l_1 ，单位为米(m)；
 Y_2 ——测试炉容积热负荷，单位为兆瓦每立方米(MW/m^3)；
 d_1 ——测试炉直径，单位为米(m)。

图 G.2 测试炉容积热负荷、直径、长度与输出热功率 Q_F 的关系

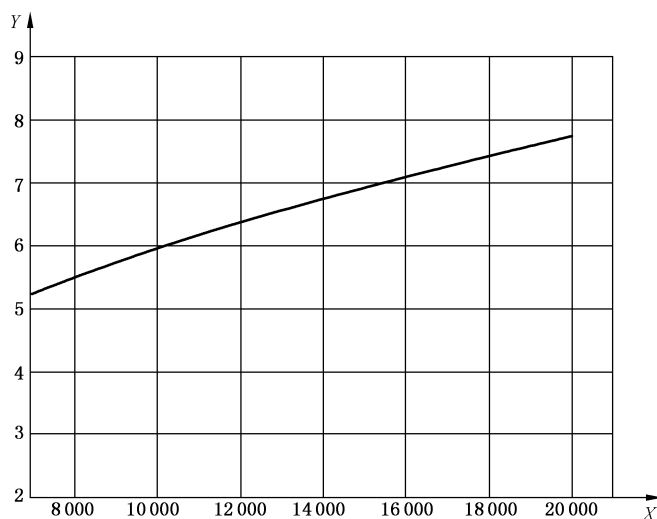
G.3.3 输出热功率 $> 7\,000\text{ kW}$ 的测试炉结构

输出热功率大于 $7\,000\text{ kW}$ 的燃烧器测试可以在现场进行，测试炉可以用锅炉或具有炉膛的石油设备代替，无需规定传热介质的温度和燃烧器的安装位置，但是应在测试报告中标明容积热负荷。炉膛的设计应符合以下要求：

- a) 最小炉膛长度应由式(G.2)计算得出，最小炉膛长度与输出热功率的关系见图 G.3；
- b) 最小炉膛直径应由式(G.3)计算得出，最小炉膛直径与输出热功率的关系见图 G.4；
- c) 相适应的输出热功率和容积热负荷；
- d) 测试炉的测试功率误差不应超过给定值的 $\pm 5\%$ ；
- e) 应明确标明测试炉适用的最大或最小输入功率；
- f) 炉膛长度 l_1 应由式(G.2)计算得出：

$$l_1 = 0.2 \times Q_F^{0.3682} \dots\dots\dots (G.2)$$

式中：
 l_1 ——炉膛长度，单位为米(m)；
 Q_F ——燃烧器输出热功率，单位为千瓦(kW)。



说明:

X —— 输出热功率 Q_F , 单位为千瓦(kW);

Y —— 炉膛长度 l_1 , 单位为米(m)。

图 G.3 最小炉膛长度与输出热功率关系曲线

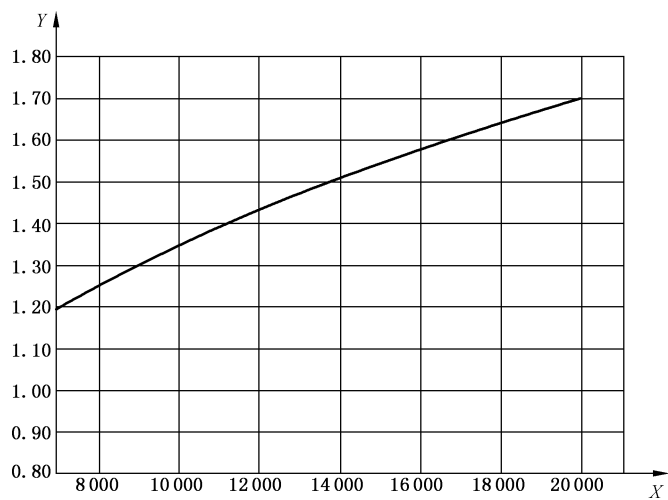
- g) 测试炉应配备一只调节挡板,能够改变燃烧室出口或烟道中的压降,通过该装置调节燃烧室的压力;
- h) 除前墙和后墙外,所有的炉墙都应冷却;
- i) 测试炉应安装密封的观察孔,能够观察火焰,并且在观察孔上布置压力测点,测量燃烧室内压力;
- j) 允许火焰冲刷到水冷后墙上;
- k) 在负压条件下工作的燃烧器的测试,应在测试炉系统中的下游安装引风机,通过手动调节装置或自动控制系统来调节燃烧室的压力;
- l) 炉膛直径 d_1 应由式(G.3)计算得出:

$$d_1 = 0.135 \sqrt[3]{\frac{Q_F}{10.1}} \quad \dots\dots\dots (G.3)$$

式中:

d_1 —— 炉膛直径,单位为米(m);

Q_F —— 燃烧器输出热功率,单位为千瓦(kW)。



说明：
 X —— 输出热功率 Q_F ，单位为千瓦(kW)；
 Y —— 炉膛直径 d_1 ，单位为米(m)。

图 G.4 最小炉膛直径与输出功率的关系曲线

G.3.4 冷却介质要求

- 冷却介质应符合以下要求：
- a) 冷却介质的温度应尽可能低，在下列情况下应保持在 15℃～60℃之间：
 - 1) 启动；
 - 2) 火焰稳定性和安全运行限值的确定；
 - 3) 火焰稳定性测试。
 - b) 在下列项目的测试中，冷却介质的温度应保持在 40℃～80℃之间，并且系统应维持热平衡：
 - 1) 火焰稳定性和安全运行范围测试；
 - 2) 燃烧特性测试；
 - 3) 输出热功率范围测试。

G.3.5 测点布置

- 测点布置应符合以下要求，见图 G.5：
- a) 烟气分析测量点，布置在烟道中，与烟气流动方向垂直，插入深度为烟道直径的 1/3 处，试验时不能有空气漏入；
 - b) 烟道压力测量点，布置在距离烟气分析测点 0.15 D ，距离测试炉后墙的距离为 2 D 处；
 - c) 烟气温度测量点，布置在距离烟道压力测点 0.15 D 。

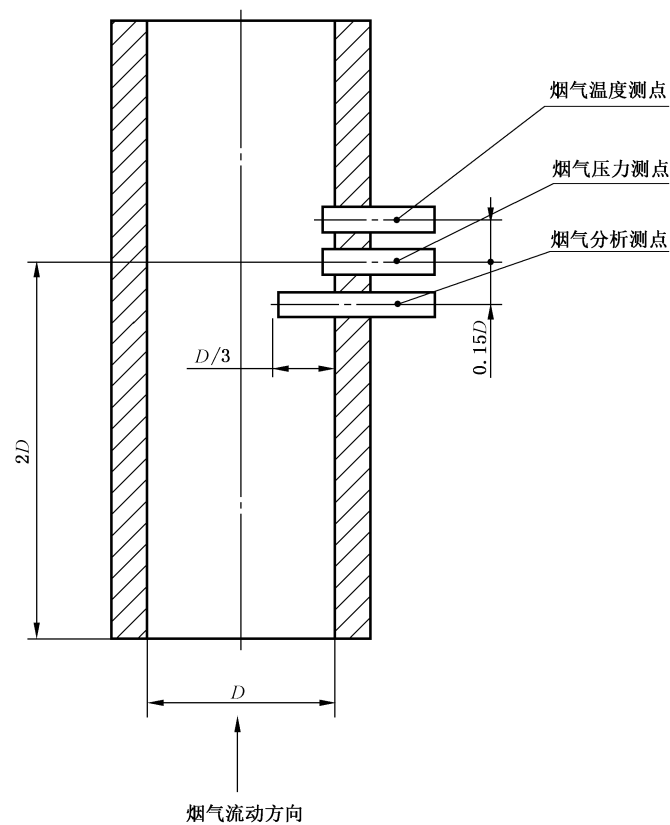


图 G.5 烟气测量部件简图

G.4 测试精度

G.4.1 测试设备精度

型式试验的测试设备应符合表 G.1 的精度要求。

表 G.1 型式试验测试设备精度要求

序号	试验仪器	精度
1	燃料热值	±0.5%
2	密度	±0.5%
3	质量(重量)	±0.5%
4	燃气温度	±0.2℃
5	燃气压力	±10 Pa
6	大气压力	±300 Pa
7	压力传感器	±1%满量程
8	测温仪器	±1℃
9	流量测量仪器	±0.5%满量程
10	长度测量仪器	±1%满量程

表 G.1 (续)

序号	试验仪器	精度
11	CO ₂ 含量	±0.2% 满量程
12	O ₂ 含量	±0.2% 满量程
13	CO 含量	±5 mL/m ³
14	NO _x 含量	±5 mL/m ³
15	计时器	±0.1 s
16	声级计	±0.5 dB(A)
17	振动检测仪	±0.2mm/s
18	接地电阻测试仪	±1.5%
注:在配套锅炉上对燃烧器进行的型式试验,流量测量仪器精度要求为±1.5%满量程。		

G.4.2 测试项目精度

型式试验测试项目的精度应符合表 G.2 的要求。

表 G.2 型式试验测试项目的精度要求

序号	测试项目	误差
1	燃烧室长度 l_1	±3%
2	燃烧器进风温度	±2 °C
3	燃烧室压力(运行时)	±5%
4	燃烧室压力(启动时)	±10%
5	燃料消耗量	±2.5 %
6	CO ₂ 含量	±0.3%(体积)
7	O ₂ 含量	±0.3%(体积)
8	CO 含量	±10 mL/m ³
9	NO _x 含量	±10 mL/m ³
10	燃料温度	±2.5 °C
11	噪声	±0.5 dB(A)
12	接地电阻	±1.5%
注:在配套锅炉上对燃烧器进行的型式试验,流量测量仪器精度要求为±1.5%满量程。		

附 录 H
(规范性附录)

型式试验、出厂检验、改造后检验和在用检测项目

型式试验、出厂检验、改造后检验和在用检测项目见表 H.1。

表 H.1 型式试验、出厂检验、改造后检验和在用检测项目

序号	检测检测项目	检验类别			
		型式试验	出厂检验	改造后检验	在用检测
1	结构与设计检查	●	●	●	●
2	安全与控制装置检查	●	●	●	●
3	技术文件与铭牌检查	●	●	●	●
4	泄漏测试	●	●	●	●
5	启动测试	●	●	●	—
6	前吹扫时间测试	●	—	●	●
7	点火安全时间测试	●	—	●	●
8	熄火安全时间测试	●	—	●	●
9	后吹扫时间测试	●	—	●	●
10	前吹扫风量测试	●	—	●	—
11	启动热功率测试	●	—	●	—
12	点火测试	●	●	●	●
13	火焰故障测试	●	●	●	●
14	火焰稳定性测试	●	—	●	—
15	电压改变测试	● ^a	—	—	—
16	耐热性测试	●	—	—	—
17	部件表面温度测试	●	—	●	—
18	输出热功率范围测试	●	—	—	—
19	燃烧产物测试	●	—	●	—
20	噪声测试	●	—	●	—
21	工作曲线测试	● ^a	—	—	—
22	联锁保护和报警试验	●	●	●	●
23	控制箱接地电阻试验	●	—	—	—
24	自振动测试	●	—	—	—
25	外壳防护等级检查	●	—	—	—
^a 锅炉现场型式试验时无此项。					

附 录 I
(规范性附录)
型式试验、出厂检验和在用检验方法

I.1 燃烧器试验方法

燃烧器的试验,包括符合性检查、安全性能试验和运行性能试验,其主要项目如下:

- a) 基本安全要求检查,包括结构与设计检查、安全与控制装置检查、外壳防护等级和技术文件与铭牌检查,主要通过目测、技术文件审查等方法来实现;
- b) 安全性能试验,包括密封性试验、前吹扫时间与风量、安全时间、启动热功率、火焰稳定性、电压改变、耐热性能、部件表面温度、接地电阻等项目,通过试验、测试和测量来实现;
- c) 运行性能试验,包括输出热功率范围测试以及运行状态下的燃烧产物排放、噪声测试、自振动和工作曲线等项目,通过测试来实现。

I.2 结构与设计检查

应检查燃烧器的结构与设计是否符合本标准的有关要求,具体检查项目见表 I.1。

表 I.1 结构与设计检查项目

序号	检查项目		序号	检查项目	
1	液体燃料 燃烧器	火焰观测孔	1	气体燃料 燃烧器	火焰观测孔
2		防护装置	2		防护装置
3		空气流量调节装置	3		空气流量调节装置
4		材料	4		燃气流量调节装置
5		燃烧器固定	5		过滤装置
6		螺纹与法兰连接	6		材料
7		电气设备及电缆固定	7		燃烧器固定
8		部件封装	8		螺纹与法兰连接
9		电器防护等级	9		电气设备及电缆固定
10		过滤装置	10		部件封装
			11		电器防护等级

I.3 安全与控制装置检查

检查燃烧器的安全与控制装置配置是否齐全,是否符合本标准的有关要求。具体检查项目见表 I.2。安全连锁保护功能的检查,应通过在实验室模拟各种异常情况的试验来实现。

表 I.2 安全与控制装置检查项目

序号	检查项目		序号	检查项目	
1	液体燃料 燃烧器	点火装置	1	气体燃料 燃烧器	点火装置
2		火焰监测装置	2		火焰监测装置
3		安全切断阀布置	3		主燃气控制阀系统
4		前吹扫功能	4		前吹扫功能
5		安全连锁	5		安全连锁
6		警示标志	6		空气、燃气控制
7		燃料预热	7		放散管直径
			8		系统关闭
			9		警示标志

I.4 技术文件与铭牌检查

检查出厂技术文件、产品使用说明书、铭牌等是否符合本标准的有关要求。

I.5 泄漏试验

气体燃料燃烧器在运行前,应对燃烧器及其燃气阀组进行工作压力下的泄漏检测,检测结果应无泄漏。

I.6 启动测试

燃烧器按照附录 H 型式试验条件的要求安装,检查启动条件,应符合 7.1.1 的要求。

I.7 前吹扫时间与风量测量

前吹扫时间和风量按照下列方法进行:

- a) 前吹扫时间测量:测量燃烧器在点火前风门处于吹扫位置的持续吹扫时间;
- b) 前吹扫风量测量:测量燃烧器点火前风机的吹扫空气流量。

上述前吹扫时间与吹扫风量测试次数各不少于 3 次,每次测试结果均应符合 7.1.2 的要求。

I.8 后吹扫时间测量

测量燃烧器的安全切断阀关闭后,空气吹扫过程持续的时间,测试结果应符合 7.1.3 的要求。

I.9 启动热功率测量

I.9.1 测量燃烧器在点火过程中的燃料输入量,计算出燃烧器的启动热功率,测试结果应符合 7.1.5 的

要求。

I.9.2 输出热功率计算方法如下：

- a) 气体燃料燃烧器的输出热功率可以通过式(I.1)或式(I.2)来计算：

$$Q_N = 0.278 M_N \times H_i \quad \dots\dots\dots (I.1)$$

$$Q_N = 0.278 V_N \times H_i \quad \dots\dots\dots (I.2)$$

式中：

Q_N ——输出热功率,单位为千瓦(kW)；

M_N ——在标准状态下(温度为 273.15 K,压力为 101.325 kPa)干燃气的质量(重量)流量,单位为千克每小时(kg/h)；

V_N ——在标准状态下(温度为 273.15 K,压力为 101.325 kPa)干燃气的体积流量,单位为立方米每小时(m³/h)；

H_i ——燃气净热值,在式(I.1)中单位为兆焦每千克(MJ/kg),式(I.2)中单位为兆焦每立方米(MJ/m³)。

燃气在测试期间并不处于标准状态,应将实际测量的结果进行修正。当燃气以质量(重量)为单位时,可以通过式(I.3)对质量(重量)流量进行修正;当燃气以体积为单位时,可以通过式(I.4)对体积流量进行修正。

$$M_o = M \sqrt{\frac{101.325 + p}{p_{at} + p} \frac{273.15 + t_g}{273.15} \frac{d_r}{d}} \quad \dots\dots\dots (I.3)$$

式中：

M_o ——标准状态下的质量(重量)流量,单位为千克每小时(kg/h)；

M ——测试状态下的质量(重量)流量,单位为千克每小时(kg/h)；

p ——燃气压力,单位为千帕(kPa)；

p_{at} ——大气压力,单位为千帕(kPa)；

t_g ——燃气温度,单位为摄氏度(℃)；

d_r ——干标准气体相对于干空气的密度；

d ——干燃气相对于干空气的密度。

$$V_o = V \sqrt{\frac{101.325 + p}{101.325} \frac{p_{at} + p}{101.325} \frac{273.15}{273.15 + t_g} \frac{d_r}{d}} \quad \dots\dots\dots (I.4)$$

式中：

V_o ——标准状态下的体积流量,单位为立方米每小时(m³/h)；

V ——测试状态下的体积流量,单位为立方米每小时(m³/h)。

M_o 与 V_o 可通过式(I.5)进行转换：

$$M_o = 1.226 \times V_o \times d \quad \dots\dots\dots (I.5)$$

- b) 液体燃料燃烧器输出热功率可通过式(I.6)计算：

$$Q_N = 0.278 B \times H_i \quad \dots\dots\dots (I.6)$$

式中：

Q_N ——输出热功率,单位为千瓦(kW)；

B ——燃料消耗量,单位为千克每小时(kg/h)；

H_i ——燃料净热值,单位为兆焦每千克(MJ/kg)。

I.10 点火测试

I.10.1 气体燃料燃烧器

在正常供气压力下,主燃烧器和点火燃烧器使用设计的燃气种类,以达到最大输出热功率,验证是否符合 7.1.5 和 7.3.1 的要求。

I.10.2 液体燃料燃烧器

在确保燃烧器的每次正确启动和点火测试后,除以下情况以外,还应遵守相关标准规定的安全条件:

- a) 冷却介质温度应在 40 °C ~ 80 °C 之间;
- b) 助燃空气温度和实验室温度在 5 °C ~ 35 °C 之间。

在此状态下,验证是否满足 7.3.4 的要求。

I.11 安全时间测量

安全时间按照下列方法进行:

- a) 点火安全时间测量:燃烧器启动时,用安全时间测试仪测量从燃料进入炉膛点火失败到燃料快速切断装置开始动作的时间间隔;
- b) 熄火安全时间测量:燃烧器运行时,用安全时间测试仪测量从火焰检测装置发出火焰熄灭的信号到安全切断阀开始关闭的时间间隔。

上述点火安全时间和熄火安全时间试验次数各不少于 3 次,每次试验结果均应符合 7.1.4 的要求。

I.12 点火故障测试

燃烧器启动后,将火焰监测装置从燃烧器中拔出,测试结果应满足 7.1.8.2 的要求。

I.13 火焰稳定性测试

I.13.1 火焰稳定性试验,在燃烧器处于以下运行状态时进行:

- a) 燃烧器处于最大输出热功率运行状态;
- b) 燃烧器处于最小输出热功率运行状态;
- c) 电压改变时(0.85 倍~1.1 倍额定电压)运行状态。

I.13.2 根据锅炉对燃烧器的要求,还应根据本标准工作曲线上相应测量点的要求,进行火焰稳定性试验。

I.13.3 试验期间,目测火焰稳定性应符合 7.3.1 的要求。

I.14 电压改变测试

I.14.1 液体燃料燃烧器

对于液体燃料燃烧器,在最大输出热功率下的测试即将结束时,应进行 0.85 倍额定电压的试验,检查燃烧器点火的可靠性,燃烧器应点火可靠。

I.14.2 气体燃料燃烧器

对于气体燃烧器,在用设计燃气以及额定电压下运行时,进行以下测试:

- a) 在图 I.1 和图 I.2 中测点 1 状态下,按照表 I.3 的规定,调节过量空气系数(α),同时调节电压至 0.85 倍额定电压,检测烟气中 CO 的含量,其含量不应超过 2 000 mg/m³;
- b) 在图 I.1 和图 I.2 中测点 1 状态下,按照表 I.3 的规定,调节过量空气系数(α),随后电压减至 0.7 倍额定电压,检测烟气中 CO 的含量,其结果不能超过 1%(体积分数),并且能保证连续安全运行,否则应安全停机。

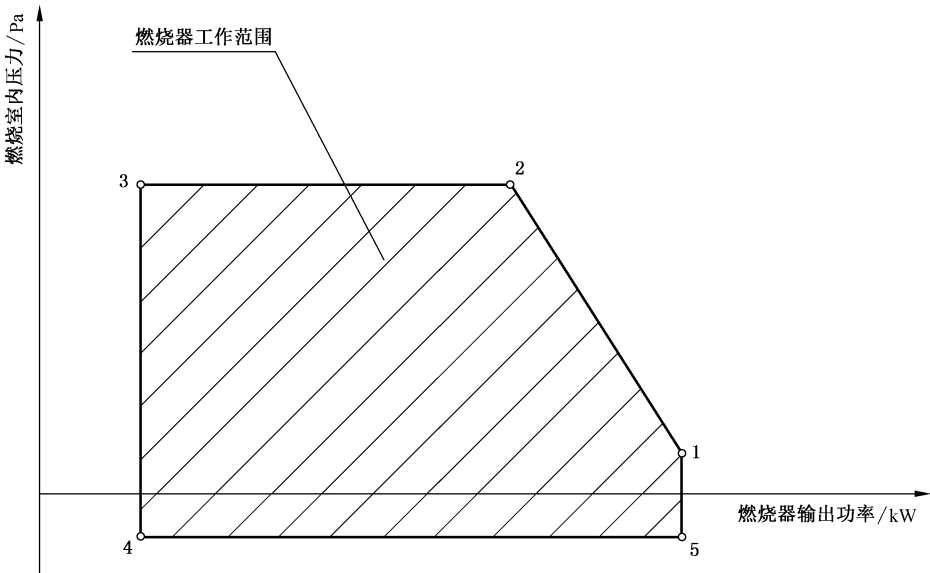


图 I.1 单级调节燃烧器工作曲线和测点图

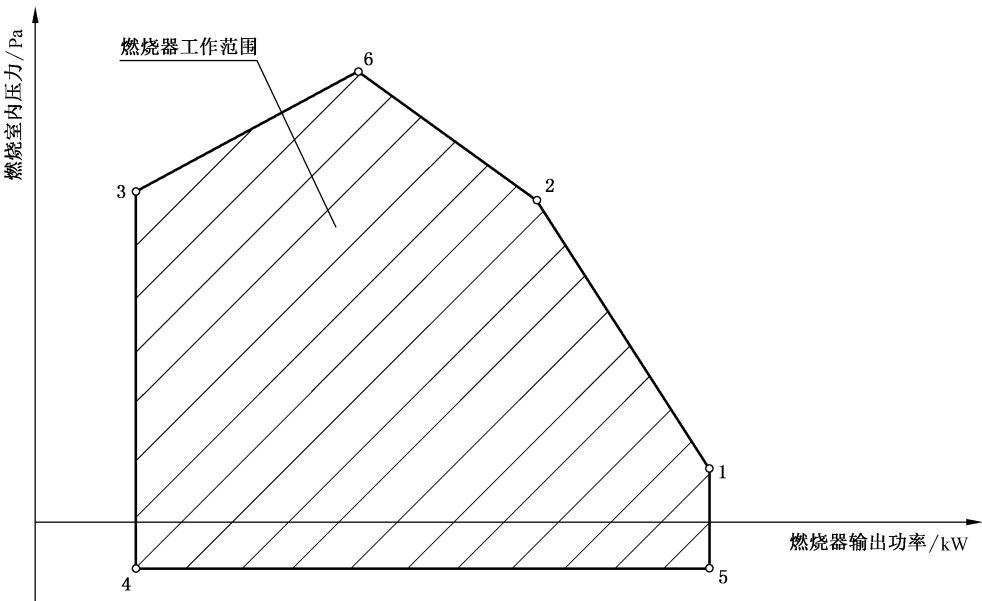


图 I.2 多级调节式或连续调节式燃烧器工作曲线和测点图

表 I.3 气体燃料燃烧器过量空气系数要求

燃烧器类型	负荷调节比	过量空气系数(α)					
		测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	测点 5	测点 6
单级	—	≤ 1.2	≤ 1.2	≤ 1.3	≤ 1.3	≤ 1.2	—
多级或连续调节	≤ 4	≤ 1.2	≤ 1.2	≤ 1.3	≤ 1.3	≤ 1.2	≤ 1.2
	> 4	≤ 1.2	≤ 1.2	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.2	≤ 1.2
对于表面燃烧器,测点 1~测点 6 的过量空气系数 ≤ 1.6 ;对于自然通风燃气燃烧器,测点 3 和测点 4 的过量空气系数 ≤ 1.4 ,其他测点的过量空气系数 ≤ 1.3 。							
注:测点 1~测点 6 见图 I.1 和图 I.2。							

I.15 耐热性能测试

耐热性测试按照下列方法进行:

- 液体燃料燃烧器耐热性能测试:将燃烧器的输出热功率调整至最大值,燃烧室内压调整至最小值、过量空气系数(α)调整至设计值,同时,供以额定电压,在燃烧器运行 10 min 后进行;
- 气体燃料燃烧器耐热性能测试:燃烧器被供给以 1.09 倍额定最大热功率的设计燃气,同时,将燃烧室压力调整至制造单位提供的最大热功率时的压力,在燃烧器运行 10 min 后进行。

上述燃烧器耐热性能的测试结果,应要求燃烧器上所有部件的材料除其固有的表面缺陷以外,不能有任何变形、开裂、过热等现象。

I.16 燃烧器部件表面温度测试

部件表面温度测试按照下列方法进行:

- 测量燃烧器在未运行时控制装置与安全装置的表面温度;
- 在额定电压下,将燃烧器的输出热功率调整至最大值,燃烧室内压调整至最小值、过量空气系数(α)调整至设计值;
- 在燃烧器运行 30 min 以后,测量燃烧器控制装置与安全装置的表面温度。

上述燃烧器部件表面温度测试结果,应符合 7.3.2 的要求。

I.17 输出热功率范围测试

I.17.1 最大输出热功率测试

最大输出热功率测试按照下列方法进行:

- 将燃烧器输出热功率调整至最大值,供电电压调整至额定电压,燃烧室压力调整至最小值,过量空气系数(α)调整至小于或等于 1.2;
- 检测烟气中 CO, NO_x 的含量、烟气黑度(仅对液体燃料燃烧器)和过量空气系数(α),测试结果应符合 7.4.1.1 和 7.4.1.2 的要求;
- 实时记录燃料输入量;
- 试验持续时间为 20 min,试验数据每隔 5 min 记录一次;
- 按照 I.9.2,计算出燃烧器的最大输出热功率。

I.17.2 最小输出热功率测试

最小输出热功率按照下列方法进行：

- a) 将燃烧器输出热功率调整至最小值,供电电压调整至额定电压,燃烧室压力调整至最大值,气体燃料燃烧器和液体燃料燃烧器的过量空气系数分别按照表 I.3 和表 I.4 中测点 3 的要求调整；
- b) 测试烟气中 CO,NO_x 的含量、烟气黑度(仅对燃油燃烧器)和过量空气系数(α),测试结果应符合 7.4.1.1 和 7.4.1.2 的要求；
- c) 实时记录燃料输入量；
- d) 测试持续时间为 20 min,测试数据每隔 5 min 记录一次；
- e) 按照 I.9.2,计算出燃烧器的最小输出热功率。

燃烧器制造单位提供的输出热功率范围与上述测试结果的误差不应超过±5%。

表 I.4 液体燃料燃烧器过量空气系数要求

燃烧器类型	过量空气系数(α)					
	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	测点 5	测点 6
单级、多级调节或连续调节	≤1.2	≤1.2	≤1.5	≤1.5	≤1.2	≤1.2
注:测点 1~测点 6 见图 I.1 和图 I.2。						

I.18 燃烧产物排放测试

I.18.1 烟气成分测试

在燃烧器工作曲线各测点(见图 I.1 和图 I.2)的测试中,用烟气分析仪对烟气成分进行分析,其中烟气分析测点按照图 G.5 布置。

I.18.2 烟气黑度测试

根据燃烧器工作曲线各点(见图 I.1 和图 I.2)的要求,用烟气黑度测量仪器,在与烟气流动垂直的方向进行取样测试,将测量结果与标准烟气黑度标尺进行比对,即可得到烟气黑度值。

I.18.3 排放物的测量与修正

排放物的测量与修正见附录 D 的规定,测试结果应符合 7.4.1 的要求。

I.19 噪声测试

噪声测试在燃烧器处于额定输出热功率运行状态下(即工作曲线上测点 2)进行。

测试时,在距离燃烧器 1 m 处选定前、左和右 3 个测点,用声级计分别测量该点在前、左和右 3 个方向上的噪声,各测量 3 次,取所有结果中最大的平均值作为测试结果,测试结果应符合 7.4.2 的要求。

I.20 工作曲线测试

I.20.1 测试持续时间

测试持续时间应满足下列要求：

- a) 正压运行区域的每个测点为 20 min;
- b) 负压运行区域的测点为 10 min;
- c) 每一个测点,测量数据每隔 5 min 记录一次。

I.20.2 测试要求

I.20.2.1 一般要求

测试要求应符合以下规定:

- a) 在每一个测点的测试过程中,应对燃料输入量和燃烧室压力进行实时记录;
- b) 在每一个测点的测试过程中,过量空气系数(α)和燃烧产物排放应满足本标准的规定。

I.20.2.2 燃烧器工作曲线和测点图

工作曲线中的各个测试点按照图 I.1 和图 I.2 进行。

I.20.2.3 过量空气系数要求

燃烧器在试验运行时,过量空气系数(α)应符合 7.3.3 的要求。需要测试燃烧器工作曲线时,对应工作曲线上各测点的过量空气系数还应满足表 I.3、表 I.4 的要求。

I.20.3 工作曲线测试方法

I.20.3.1 液体燃料燃烧器

I.20.3.1.1 测点 1 的测试

I.20.3.1.1.1 燃烧器应调节至以下状态:

- a) 输出热功率至最大值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至最小值;
- d) 过量空气系数, $\alpha \leq 1.2$ 。

I.20.3.1.1.2 测试项目如下:

- a) 烟气中 CO 和 NO_x 的含量、烟气黑度、过量空气系数(α);
- b) 部件表面温度;
- c) 部件耐热性;
- d) 0.85 倍额定电压(燃烧器点火是否可靠);
- e) 火焰稳定性。

I.20.3.1.2 测点 2 的测试

I.20.3.1.2.1 燃烧器应调节至以下状态:

- a) 输出热功率至额定值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至相应值(对于单级调节燃烧器的最大值);
- d) 过量空气系数, $\alpha \leq 1.2$ 。

I.20.3.1.2.2 测试项目包括:烟气中 CO 和 NO_x 含量、烟气黑度、过量空气系数(α)、噪声。

I.20.3.1.3 测点 3 的测试

I.20.3.1.3.1 燃烧器应调节至以下状态:

- a) 输出热功率至最小值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至最大值;
- d) 过量空气系数, $\alpha \leq 1.5$ 。

I.20.3.1.3.2 测试项目如下:

- a) 烟气中 CO 和 NO_x 含量、烟气黑度、过量空气系数(α);
- b) 火焰稳定性测试。

I.20.3.1.4 测点 4 的测试

I.20.3.1.4.1 燃烧器应调节至以下状态:

- a) 输出热功率至最小值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至最小值(可以为零或负压);
- d) 过量空气系数, $\alpha \leq 1.5$ 。

I.20.3.1.4.2 测试项目包括:烟气中 CO 和 NO_x 含量、烟气黑度、过量空气系数(α)。

I.20.3.1.5 测点 5 的测试

I.20.3.1.5.1 燃烧器应调节至以下状态:

- a) 输出热功率至最大值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至最小值(可以为零或负压);
- d) 过量空气系数, $\alpha \leq 1.2$ 。

I.20.3.1.5.2 测试项目包括:烟气中 CO 和 NO_x 含量、烟气黑度、过量空气系数(α)。

I.20.3.1.6 测点 6 的测试

I.20.3.1.6.1 燃烧器应调节至以下状态:

- a) 输出热功率至声明值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至最大值;
- d) 过量空气系数, $\alpha \leq 1.2$ 。

I.20.3.1.6.2 测试项目包括:烟气中 CO 和 NO_x 含量、烟气黑度、过量空气系数(α)。

I.20.3.2 气体燃料燃烧器

I.20.3.2.1 测点 1 的测试

I.20.3.2.1.1 燃烧器燃用额定压力的标准燃气,并且调节至以下状态:

- a) 输出热功率至最大值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至最小值;
- d) 过量空气系数, $\alpha \leq 1.2$ 。

I.20.3.2.1.2 测试项目如下:

- a) 烟气中 CO 和 NO_x 含量、过量空气系数(α);
- b) 部件表面温度;

- c) 将电压减小至 0.85 倍额定电压,检测烟气中 CO 含量,测试结果应满足 I.14.2a)的要求;
- d) 将电压减小至 0.7 倍额定电压,检测烟气中 CO 含量,测试结果应满足 I.14.2b)的要求;
- e) 火焰稳定性。

I.20.3.2.2 测点 2、测点 5 和测点 6 的测试

I.20.3.2.2.1 单级调节燃烧器测试测点 2 和测点 5;多级调节式或连续调节式燃烧器测试测点 6。

I.20.3.2.2.2 燃烧器燃用额定压力的标准燃气,并且调节至以下状态:

- a) 输出热功率至声明值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至最大值(测点 2 和测点 6 为正压,测点 5 为负压或零);
- d) 过量空气系数, $\alpha \leq 1.2$ 。

I.20.3.2.2.3 测试项目如下:

- a) 烟气中 CO 和 NO_x 的含量、过量空气系数(α)、烟气黑度、噪声;
- b) 火焰稳定性。

I.20.3.2.3 测点 3 的测试

I.20.3.2.3.1 燃烧器燃用额定压力的标准燃气,并且调节至以下状态:

- a) 输出热功率至最小值;
- b) 供电电压至额定电压;
- c) 燃烧室压力至最大值;
- d) 过量空气系数(α)按照表 I.3 的规定调节。

I.20.3.2.3.2 测试项目如下:

- a) 烟气中 CO 和 NO_x 的含量、过量空气系数(α);
- b) 火焰稳定性。

I.20.3.2.4 测点 4 的测试

按照 I.20.3.2.3.1 的要求调节燃烧器,并且将燃烧室压力调至最小值(为零或负压),然后进行以下项目测试:

- a) 烟气中 CO 和 NO_x 的含量、过量空气系数(α);
- b) 火焰稳定性。

I.21 其他测试项目

I.21.1 联锁保护和报警试验

I.21.1.1 在自动控制状态下,点火燃烧器运行至相应程序时,按燃烧器类别分别输入本标准中要求联锁保护的故障状态模拟信号,观察燃烧器是否进入锁定状态并发出声、光报警信号。

I.21.1.2 在一种故障状态下发生锁定和报警后,应进行复位、消声和撤除该故障状态模拟信号,再重新点火燃烧器,进行另一个故障状态的试验,测试结果应符合 7.1.9.3 的要求。

I.21.1.3 燃烧器进入锁定状态后,不经复位即点火燃烧器,观察燃烧器能否启动。

I.21.2 控制箱接地电阻测试

使用接地电阻测试仪测量控制箱外壳与大地之间的电阻,测试结果应符合 7.2.4 的要求。

I.21.3 自振动测试

I.21.3.1 自振动试验应在燃烧器最大输出热功率下进行,用振动检测仪测量其振动速度。

I.21.3.2 对于带风机的燃烧器,测试风机的电动机定子两端轴承部位垂直、水平和轴向 3 个方向机壳上的振动速度;对于不带风机的燃烧器,测试壳体上助燃空气入口、出口处的振动速度。

I.21.3.3 取各测量值中的最大值作为振动速度实测值,测试结果应符合 7.3.7 的要求。

I.21.4 外壳防护等级检查

按照 GB/T 4208 的相关规定进行检查,检查结果应符合本标准对各类部件的要求。
