

中华人民共和国国家标准

GB/T 36699—2025
代替 GB/T 36699—2018

锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术规范

Specification for liquid fuels and gaseous fuels burners of boilers

“在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。”

征求意见稿

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
引 言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类和型号编制	5
5 组成与基本配置	6
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 试验、检验与检测	22
11 技术文件与标识	24
12 包装、运输和贮存	25
13 安装、调试与维护	25
附 录 A（规范性） 燃烧器的基本配置	28
附 录 B（规范性） 自动安全切断阀技术要求	35
附 录 C（规范性） 控制器技术要求	47
附 录 D（规范性） 阀门检漏装置技术要求	59
附 录 E（规范性） 燃气压力调节器技术要求	63
附 录 F（规范性） 燃烧器试验、检验及检测	69

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 36699-2018《锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术条件》，与GB/T 36699-2018相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将文件名称《锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术条件》更改为《锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术规范》；
- b) 更改了文件适用范围（见第1章，2018年版的第1章）；
- c) 删除了“GB/T 14536. 1、GB/T 14536. 6、GB/T 4536. 7、GB/T 30597、TSG G0001、ISO 23551-1、ISO 23551-2、ISO 23551-3、ISO 23551-4、ISO 23552-1、ISO 23553-1、IEC 60335-2-102”等规范性引用文件，增加了“GB/T 16855. 1、GB/T 20438. 5”等规范性引用文件（见第2章，2018年版的第2章）；
- d) 增加了“水冷预混燃烧器、多孔介质燃烧器、控制器、可编程控制器、喷嘴切断阀、联锁保护”的定义，更改了“气体燃料、生物质热解气、表面燃烧器、点火火焰、工作曲线、原始排放浓度”的定义（见第3章，2018年版的第3章）；
- e) 增加了“氨气”的种类代号（见表1，2018年版的表 1）；
- f) 更改了“喷嘴切断阀”的部分要求（见5.2.2.2，2018年版的5.2.2.2）；
- g) 更改了“自动安全切断阀配置”的要求（见表4，2018年版的表4）；
- h) 删除了“符合性声明”的要求（见第6章，2018年版的6.1）；
- i) 更改了“专业人员”的相关要求（见6.2，2018年版的6.3）；
- j) 更改了“前吹扫”中的相关要求（见7.1.2，2018年版的7.1.2）；
- k) 更改了“后吹扫”的要求（见7.1.3，2018年版的7.1.3）；
- l) 更改了“点火安全时间图解”的要求（见7.1.4.1、7.1.4.2，2018年版的7.1.4.1、7.1.4.2）；
- m) 增加了“ Q_s/Q_f ”的补充要求（见7.1.4.2，2018年版的7.1.4.2）；
- n) 更改了“直接启动”中的相关要求[见7.1.7.1 a)，2018年版的7.1.7.1 a)]；
- o) 增加了“点火火焰持续运行和点火火焰与主火焰交替运行启动”的要求（见7.1.7.3）；
- p) 更改了“主燃气安全切断阀”的通电时间要求（见7.1.7.4，2018年版的7.1.7.3）；
- q) 删除了“重新启动”中有关安全停机的要求（见7.1.8.，2018年版的7.1.8）；
- r) 更改了“安全停机”中燃料压力低的相关要求[见7.1.9.2 c)，2018年版的7.1.9.2 c)]；
- s) 更改了“联锁保护”中的相关要求（见7.1.9.3，2018年版的7.1.9.3）；
- t) 增加了“紧急停机”的相关要求（见7.1.9.4）；
- u) 更改了“电气安全”中的相关要求（见7.2.6，2018年版的7.2.6）；
- v) 更改了“过量空气系数”中的相关要求（见7.3.3，2018年版的7.3.3）；
- w) 更改了“燃烧产物的原始排放浓度”中的相关要求（见7.4.1.1、表 11、7.4.1.2、表 12，2018年版的7.4.1.1、表 12、7.4.1.2、表13）；
- x) 更改并增加了“通用要求”中的相关要求[见8.1 f)、8.1 h)，2018年版的8.1 f)]；
- y) 更改了“控制器”中的相关要求（见8.3.1，2018年版的8.3.1）；
- z) 更改了“风机、电机及可运动部件”中关于防护等级的要求[见8.3.2 a)，2018年版的8.3.2 a)]；

- aa) 更改了“空气/燃料比例调节装置”中的相关要求（见8.3.6，2018年版的8.3.6）；
 - ab) 更改并增加了“点火装置”中的相关要求（见8.3.7.1、8.3.7.2，2018年版的8.3.7）；
 - ac) 增加了“火焰监测装置”的相关要求[见8.3.8 d)]；
 - ad) 更改了“液体燃料自动安全切断阀”中的相关要求（见8.3.9，2018年版的8.3.9）；
 - ae) 更改了“气体燃料自动安全切断阀”中的相关要求（见8.3.11，2018年版的8.3.11）；
 - af) 更改了“阀门检漏装置”中的相关要求（见8.3.12，2018年版的8.3.12）；
 - ag) 更改了“燃气低压保护装置”中的相关要求（见8.3.13，2018年版的8.3.13）；
 - ah) 更改了“燃气高压保护装置”中的相关要求（见8.3.14，2018年版的8.3.14）；
 - ai) 更改了“燃气压力调节器”中的相关要求（见8.3.15，2018年版的8.3.15）；
 - aj) 更改并增加了“表面燃烧器”中的设计要求[见9.3.1 a) ~k)，2018年版的9.3.1 a) ~j)]；
 - ak) 删除了“表面燃烧器”中使用维护的部分要求[见9.3.2 a) ~c)，2018年版的9.3.2 b)]；
 - al) 增加了“多孔介质燃烧器、水冷预混燃烧器、氢气/天然气掺氢燃烧器、补燃用燃烧器”的要求（见9.4，9.5，9.7，9.8）；
 - am) 更改了“通用要求”中型式试验的功率的相关要求[见10.1 a) ，2018年版的10.1 a)]；
 - an) 增加了“通用要求”中在用检测的项目要求[见10.1 c) 4)]；
 - ao) 更改了“试验条件和项目”中的相关要求（见10.2.3，2018年版的10.2.3）；
 - ap) 更改了“附录 A”中的相关内容（见图 A.1、图 A.2、图 A.5、图 A.6，2018年版的图 A.1、图 A.2、图 A.5、图 A.6）；
 - aq) 增加了“生物质热解气燃烧器”的相关要求（见A.2.3）；
 - ar) 增加了“附录 B 自动安全切断阀技术要求”的相关要求，并将2018年版的附录B 液体燃料燃烧器安全切断阀布置要求和2018年版的附录C 主燃气安全切断阀开启要求整合至附录B中（见附录 B，2018年版的附录B、附录C）；
 - as) 删除了“排放物的测量与修正”的相关要求（见2018年版的附录 D）；
 - at) 删除了“烟气黑度测量”的相关要求（见2018年版的附录 E）；
 - au) 增加并整合完成了“附录C 控制器技术要求”的相关要求，并将2018年版的附录F 液体和气体燃料燃烧器控制时序表整合至附录C中（见附录 C，2018年版的附录F）；
 - av) 增加了“附录 D 阀门检漏装置技术要求”的相关要求（见附录 D）；
 - aw) 增加了“附录 E 燃气压力调节器技术要求”的相关要求（见附录 E）；
 - ax) 整合完成了“附录 F 燃烧器试验、检验及检测”，将2018年版的附录G、附录H和附录I整合至附录F中（见附录F，2018年版的附录G、附录H、附录I）；
 - ay) 更改了“测试结果修正参考条件”中的相关项目要求（见F.2.2.2，2018年版的G.2.2）；
 - az) 更改并增加了“测试精度”中的相关项目要求（见表F.2、表F.3，2018年版的表G.1、表G.2）；
 - ba) 更改了“型式试验、出厂检验、在用检测和改造后检测项目”的相关要求（见F.1，2018年版的附录 H）；
 - bb) 更改了“型式试验方法”中的相关要求（见表 F.4、表 F.5、F.3.10.1、F.3.10.2、F.3.12、F.3.18.2、F.3.18.3、F.3.19，2018年版的表 I.1、表 I.2、I.10.1、I.10.2、I.12、I.18.2、I.18.3、I.19）；
 - bc) 增加了“输出热功率范围测试”中现场测试的相关要求（见F.3.17.3、F.3.17.4）；
 - bd) 增加了“安全停机、紧急停机”的项目测试方法的相关要求（见F.3.21.1，2018年版的I.21.1）；
 - be) 增加了“出厂检验方法、在用检测方法、改造后检测方法”的相关要求（见F.4、F.5、F.6）。
- 请注意本文件的某些内容可能涉及到专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。
- 本文件由全国锅炉压力容器标准化技术委员会（SAC/TC 262）提出并归口。

本文件起草单位：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、中国船舶集团有限公司第七一一研究所、西门子（中国）有限公司、上海元鼎瑞科技有限公司、唐山亿昌热能科技有限公司、浙江力聚热能装备有限公司、三浦（中国）有限公司、南京理工大学能源与动力工程学院、大庆油田有限责任公司、欧保（中国）环境工程有限公司、深圳市佳运通电子有限公司、中科卓异环境科技有限公司、卡尔冬斯贸易（上海）有限公司、上海理工大学能源与动力工程学院、宜宾信通电子器材厂、柘科（上海）燃烧设备有限公司、利雅路热能设备有限公司。

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2018年首次发布为GB/T 36699—2018；

——本次为第一次修订。

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，特制定本文件。

GB/T 36699《锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术规范》是锅炉/加热炉用燃烧器产品标准，旨在规范锅炉/加热炉用液体和气体燃料燃烧器的型号编制、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、安装、调试与维护。在满足TSG 11《锅炉安全技术规程》的基本安全要求的前提下，对于本文件未囊括的液体和气体燃料燃烧器，鼓励采用先进的技术方法。

锅炉用液体和气体燃料燃烧器技术规范

1 范围

本文件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要求。

本文件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。各类工业窑炉与工业加热炉及其他用途燃烧器可按本文件相关要求执行。

2 规范性引用文件

下列文件的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 塑料模塑件尺寸公差
- GB 16663 醇基液体燃料
- GB/T 16855.1 机械安全 控制系统安全相关部件 第1部分：设计通则
- GB 18613 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 20438.5 电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全 第5部分：确定安全完整性等级的方法示例
- 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
- 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

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：本文件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：本文件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、生物质热解气、低热值气、可燃工业尾气、氢气、氨气和沼气等。

3.6

生物质热解气 biomass pyrolysis gas

生物质固体燃料炭化和灰化过程中产生的可燃气体。

3.7

双燃料燃烧器 dual fuel burner

能同时或者单独燃烧液体和/或气体燃料的燃烧器。

3.8

表面燃烧器 surface burner

燃气和助燃空气预混后，在多孔材料表面进行燃烧的全预混燃烧器。

3.9

水冷预混燃烧器 water-cooled premixed low NO_x burner

燃气和助燃空气预混后，通过水为介质的间壁式换热管束后燃烧的全预混燃烧器。

3.10

多孔介质燃烧器 porous media burner

燃气和助燃空气预混后，在多孔介质孔隙中燃烧的全预混燃烧器。

3.11

控制器 automatic controller

具备燃烧自动控制功能，按控制程序发出指令，使燃烧器自动启动，并根据接收的相关监测信号，实现燃烧系统的正常运行、受控停机、安全停机或联锁保护的装置。

3.12

可编程控制器 programmable automation controller

具有开放或不开放的编程接口，不具有最终完成形态的，可实现燃烧控制功能的控制器。

3.13

喷嘴切断阀 nozzle shut-off valve

与液体燃料喷嘴组合使用，用于自动开启或切断燃料供应的装置。

3.14

输出热功率 heat output

燃烧器在单位时间内所释放的热量。

注：本文件所指输出热功率是以燃料的低位发热量为计算依据,单位为千瓦(kW)。

3.15

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)。

3.16

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)。

3.17

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)。

3.18

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)。

3.19

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。

3.20

多级调节 two and multi-stage control

燃烧器正常运行过程中,输出热功率阶梯式变化的调节方式。

3.21

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。

3.22

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。

3.23

火焰监测装置 flame detector device

用于监测火焰是否存在的装置。

3.24

主火焰 main flame

在主燃烧喷嘴上燃烧的火焰。

3.25

点火火焰 ignition flame

为点燃主火焰而首先点燃的火焰,可间断运行或持续运行。

3.26

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。

3.27

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。

3.28

联锁保护 safety interlock-down

故障停机后，燃烧控制系统关闭并锁定，只能通过人工复位才能重新启动。

3.29

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）。

3.30

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）。

3.31

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）。

3.32

熄火安全时间 extinction safety time

燃烧器运行时，从火焰监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）。

3.33

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）。

3.34

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）。

3.35

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 q_q 表示，单位为立方米每小时（ m^3/h ）。

3.36

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。

3.37

工作曲线 working diagram

表示燃烧室压力与输出热功率的关系曲线。

注：其覆盖区域为燃烧器设计的工作范围。

3.38

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。

3.39

在用燃烧器改造 modification of burner in service

对在用燃烧器的燃料种类、内部结构、燃烧方式或控制功能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。

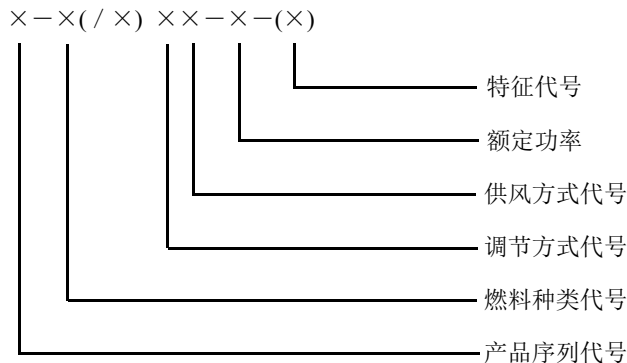


图 1 燃烧器产品型号组成示意图

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 1~2 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
	氨气	A
	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。燃用高粘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，其基本配置按附录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，按图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，按图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，按图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只安全切断阀，按图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B.2的相关要求。回流管道上应安装一只压力监测装置，按图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B.2的相关要求，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

气体燃料燃烧器自动安全切断阀的配置要求如下：

- 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按表 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×B	B ^a	2×B
$70 < Q_F \leq 1200$	2×A	2×A	2×A
> 1200	2×A+VP	2×A ^b	2×A ^b
注1：VP为阀门检漏装置；			
注2：A/B是B. 3. 2. 3. 5中的阀门分级。			
^a 对于液化石油气点火采用两个 B 级阀；			
^b 如果启动燃气热功率 > 1200 kW 采用 2×A +VP。			

5.2.4 火焰监测装置

火焰监测装置的布置要求如下：

- 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1200 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 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。

6.2 专业人员

6.2.1 燃烧器设计、制造、安装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。

6.2.2 燃烧器调试和维修人员应熟悉操作和调试流程，且经过严格的专业培训。

6.3 型式试验

6.3.1 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者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。

6.3.2 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。

6.4 在用燃烧器改造后检测

在用燃烧器改造后应进行检测，检验检测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，在点火程序控制中，点火前的总通风量应不小于 3 倍的炉膛到烟囱进口烟道总容积。

7.1.2.2 前吹扫时间和前吹扫风量的要求如下：

- 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) 液体燃料燃烧器前吹扫时间应符合表 5 的要求；
- c) 气体燃料燃烧器前吹扫时间应符合表 6 的要求；
- d) 根据不同的炉型，燃烧器前吹扫时间与前吹扫风量还应满足以下要求：
 - 1) 0.5 t/h (350 kW) 以下的液体燃料锅炉通风时间至少持续 10 s，锅壳锅炉、贯流锅炉和非发电用直流锅炉的通风时间至少持续 20 s，水管锅炉的通风时间至少持续 60 s；
 - 2) 单位时间通风量一般保持额定负荷下的燃烧空气量，对额定功率较大的燃烧器，可适当降低但不能低于额定负荷下燃烧空气量的 50 %。

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 7.1.2.2 c) 气体燃料燃烧器的要求。

7.1.3 后吹扫

额定输出功率大于等于1400 kW的燃气燃烧器受控停机后，应立即进行吹扫，后吹扫时间应大于等于20 s。对于点火火焰持续运行的系统和点火火焰与主火焰交替运行的系统，可不进行后吹扫。

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7的规定，点火安全时间图解按B.3.3的要求。

表 7 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	≤ 10	≤ 1
$400 < Q_F \leq 1200$	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 1
$1200 < Q_F \leq 6000$	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 (Q_s / Q_F 以百分数的数值表示)，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 8 的规定，点火安全时间图解按 B.3.3 的要求。

表 8 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	
≤ 70		≤ 5		≤ 5	≤ 5	≤ 1
$70 < Q_F \leq 120$		≤ 3		≤ 5	≤ 3	≤ 1
> 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按表 9。

表 9 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	$\leq Q_F (t_{smax}=10 \text{ s})$		
$400 < Q_F \leq 1200$	$\leq Q_F (t_{smax}=5 \text{ s})$		
$1200 < Q_F \leq 6000$	不允许	$\leq 1200 (t_{smax}=5 \text{ s})$ 或 $\leq 0.7Q_F$	$\leq 1200 (t_{smax}=5 \text{ s})$
> 6000	不允许	$\leq 0.35Q_F (t_{smax}=5 \text{ s})$	$\leq 0.5Q_F (t_{smax}=5 \text{ s})$

7.1.5.2 气体燃料燃烧器启动热功率的要求按表 10。

表 10 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
≤ 70	$\leq Q_F$	$\leq Q_F (t_{smax}=5 \text{ s})$	$\leq 0.1Q_F (t_{smax}=5 \text{ s})$	$\leq Q_F (t_{smax}=5 \text{ s})$
$70 < Q_F \leq 120$	$\leq Q_F$	$\leq Q_F (t_{smax}=3 \text{ s})$	$\leq 0.1Q_F (t_{smax}=5 \text{ s})$	$\leq Q_F (t_{smax}=3 \text{ s})$
> 120	不允许	120 或 $t_s \times Q_s / Q_F \leq 100 (t_{smax}=3 \text{ s})$	$\leq 0.1Q_F (t_{smax}=3 \text{ s})$	120 或 $t_s \times Q_s / Q_F \leq 150 (t_{smax}=5 \text{ s})$

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

7.1.6 点火燃烧器点火

7.1.6.1 液体燃料点火的要求如下：

- 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 气体燃料点火的要求如下：

- 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文件要求，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

直接点燃主火焰时的要求如下：

- a) 对于气体燃料燃烧器和醇基燃料燃烧器，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7与表8中的规定值。

7.1.7.3 点火火焰持续运行和点火火焰与主火焰交替运行启动

对于点火火焰持续运行和点火火焰与主火焰交替运行的系统，再次启动时，可直接点燃主火焰。

7.1.7.4 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按B.3.3的要求。

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，应联锁保护。但对输出热功率小于或等于120 kW 的燃烧器，允许停机后进行一次重启，如果重启失败应联锁保护。

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联锁保护。但对强制鼓风机燃烧器，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，允许停机后按完整启动程序进行一次重启，如果重启失败应联锁保护。

7.1.9 停机

7.1.9.1 受控停机

锅炉正常运行状态下，温度、压力等监测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、机械压力雾化燃烧器的燃料压力低、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）应联锁保护：

- a) 燃烧器联锁保护：
 - 1) 火焰故障信号；
 - 2) 燃气高压保护信号；
 - 3) 空气流量故障信号；
 - 4) 设有位置验证的燃烧器，位置验证异常；
 - 5) 燃气阀门检漏报警信号；
 - 6) 液体燃料温度超温信号。
- b) 与供热装置有关的联锁保护：
 - 1) 低液位保护；
 - 2) 超温保护；
 - 3) 超压保护；
 - 4) 低压差保护；
 - 5) 炉膛超温保护；
 - 6) 排烟温度高保护；
 - 7) 介质流量低保护；
 - 8) 炉膛压力高保护；
 - 9) 循环泵进出口压差低保护；
 - 10) 循环泵电机内部水超温保护；
 - 11) 循环泵水泵停运保护。

7.1.9.4 紧急停机

燃烧器系统应设置紧急停机功能，当现场发生任何紧急情况时，应能一键停止燃烧器运行。紧急停机功能应易于操作并有防止误操作的措施。

7.2 电气安全

7.2.1 电气设备安全应满足 GB 19517 规定，电气安全以直接安全措施、间接安全措施和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、介电强度、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、接线和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电气相关标准要求，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要求如下：

- 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 $\pm 5\%$ 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要求如下：

- 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允许触碰部分的表面温度不高于环境温度加 $60\ ^\circ\text{C}$ 。

7.3.3 过量空气系数

燃烧器在最小输出热功率下运行时，液体燃料燃烧器的过量空气系数应不大于1.5，气体燃料燃烧器的过量空气系数应不大于1.3，多级或连续调节的气体燃料燃烧器负荷调节比大于4时过量空气系数应不大于1.5；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、水冷预混燃烧器和自然通风气体燃烧器要求按9.3.2、9.5.2和9.6。

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 $\pm 5\%$ 范围内。

7.3.5 电压适应性

燃烧器应能在其额定电压85%至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 $6.3\ \text{mm/s}$ 。

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11的要求，排放浓度应换算到干烟气，标准状态下（温度为273.15 K，压力为101.325 kPa）的数值，同时应扣除燃料中氮含量的影响。

表 11 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 mg/m ³	CO ^a mg/m ³	烟气黑度 林格曼级
轻油	≤250	≤125	≤1
重油	≤550	≤125	≤1
醇基燃料	≤110	≤85	≤1
其他 ^b	— ^c	≤125	≤1

^a 按基准氧含量 3.5 %（体积分数）进行折算；
^b 指其他液体燃料，如渣油、棕榈油等；
^c 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12要求，排放浓度应换算到干烟气，标准状态下（温度为273.15 K，压力为101.325 kPa）的数值。

表 12 气体燃料燃烧器燃烧产物原始排放浓度

气体种类	NO _x ^a mg/m ³	CO ^a mg/m ³	烟气黑度 林格曼级
天然气	≤170	≤95	≤1
液化石油气	≤230	≤95	≤1
氢气	≤170	— ^c	≤1
生物质热解气	— ^c	≤200	≤1
其他 ^b	— ^c	≤95	≤1

^a 按基准氧含量 3.5 %（体积分数）进行折算；
^b 指除天然气、液化石油气、氢气和生物质热解气之外的其他气体燃料；
^c 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統。

7.5.4 燃烧器的选型及配套要求如下：

- 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

燃烧器的设计要求如下：

- 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) 接触腐蚀性燃料的零部件应具有抗腐蚀能力；
- c) 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、变形或者开裂等现象；
- d) 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；
- e) 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；
- f) 电气设备应按照相关设备使用环境危险区域划分的规定，具备相应的防爆等级；
- g) 用于寒冷环境下的燃烧器应采取必要的防冻措施；
- h) 运行时应无啸叫、喘振等异常状况。

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要求如下：

- 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 控制器

控制器应与燃烧器的不同输出功率相匹配，并应与燃烧器的工作模式相适应，其性能要求应符合附录C的要求。

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。电机和风机的性能要求如下：

- a) 电机外壳的防护等级应不低于 GB/T 4208 中规定的 IP44，具有外壳防护罩的应不低于 IP20；
- 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

空气监测装置要求如下：

- 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不应超过 1 %。

8.3.4 空气流量调节装置

空气流量调节装置要求如下：

- 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地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地点上，燃料流量应具有可重复性。

8.3.6 空气/燃料比例调节装置

气动空气/燃料比例调节装置，使用电子元件的符合C.1中C类要求，电子空气/燃料比例调节装置符合C.3.6的相关要求，且满足以下要求：

- 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

8.3.7.1 电火花点火装置性能要求如下：

- a) 变压器的输出电压应高于 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) 使用时外壳及接地线应可靠接地；
- e) 点火变压器应符合 GB/T 19212.4 的相关规定。

8.3.7.2 高能点火器性能要求如下：

- a) 高能电火花的功率一般不小于 200 W，一次连续打火时间应不超过 30 s；
- b) 高能点火器的维修必须在切断电源 5 min 后进行，确保储能电容的剩余电荷泄放完毕；
- c) 其他电气性能要求与高压电火花点火装置一致。

8.3.8 火焰监测装置

火焰监测装置满足以下要求：

- 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，则应联锁保护；
- 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；
- d) 对于使用不带自检功能的独立火焰监测装置时，火焰故障响应时间、切断阀响应时间和切断阀关闭时间总和不应超过 2 s。

8.3.9 液体燃料自动安全切断阀

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，其性能要求应符合B.1的相关要求。

8.3.10 燃料预热装置

8.3.10.1 燃用高粘度的液体燃料燃烧器应进行燃料预热。

8.3.10.2 液体燃料预热器源要求如下：

- 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要求如下：

- 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

自动安全切断阀应采用常闭阀，在失去驱动力时快速自动关闭，其性能要求应符合B.3的要求。

8.3.12 阀门检漏装置

阀门检漏应在前吹扫期间或之前进行，阀门检漏装置应符合附录D的相关要求。

8.3.13 燃气低压保护装置

燃气低压保护装置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附录E的相关要求，并应选用E.2.2中要求的A级。

8.3.16 燃料管线

燃料管线要求如下：

- 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的相关要求，焊缝应无裂纹、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

注塑件除了未注尺寸公差符合GB/T 14486的相关规定，未注形位公差符合GB/T 1184的相关规定外，还满足以下要求：

- a) 注塑件应无明显可见的流动痕、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，应无凹陷、裂纹、翘曲、飞边等缺陷；
- c) 注塑件外观应无影响外观的缩痕。

8.4.4 机械加工件

机械加工件尺寸公差应符合GB/T 1804的相关级别的要求。

8.4.5 铸造件

铸造件除了尺寸公差符合GB/T 6414的相关规定外，还满足以下要求：

- a) 铸造件应无裂纹。铸件表面的型砂、芯砂、浇口、冒口、多肉、结垢及夹渣等均应清理干净；
- b) 铸造件上有密封要求的加工面上应无气孔、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，铸件上应无锐角及急剧过渡区；
- 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，应无卡死现象，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，应无划伤和脱落。

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了遵守液体燃料燃烧器的通用要求以外，还满足以下要求：

- 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11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遵守气体燃料燃烧器的通用要求外，还满足以下要求：

- 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了遵守气体燃料燃烧器的通用要求以外，还满足以下要求：

- 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) 当预混段设于风机入口处时，风机应采用防止内部产生火花的有效措施，各密封面应有效密封；
- 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不小于 20 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或其他安全可靠的点火方式；
- 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或预混段应采取阻火设计；
- j) 预混段应良好接地；
- k) 表面燃烧器控制系统应设置炉膛高压联锁保护。

9.3.2 使用维护

表面燃烧器在使用时要求如下：

- 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) 金属纤维燃烧头应定期维护，维护周期应不超过 6 个月，金属纤维应无任何损坏；
- c) 空气过滤器应定期清洗。

9.4 多孔介质燃烧器

9.4.1 设计要求

多孔介质燃烧器的设计除了遵守气体燃料燃烧器的通用要求和表面燃烧器的要求外,还满足以下要求:

- a) 多孔介质材料应具有良好的耐高温(1500 °C以上高温)、耐腐蚀、抗氧化性能以及足够的机械强度和热稳定性能,应具有高导热率和高辐射率;
- b) 多孔介质材料的孔隙率、孔径大小应确保燃气和空气能够充分混合和燃烧,外观无破损、无裂痕,其中孔隙率应不小于20%,以保证混合气体流动时压力损失小;
- c) 多孔介质材料应具备良好的耐热震性能,应满足循环启停10000次以上,在燃烧启停过程中能承受热应力,不易损坏;
- d) 多孔介质材料侧壁应设置隔热保温层,隔热保温层应采用隔热耐高温材料且能承受正常的热应力和机械应力;
- e) 多孔介质材料与预混腔之间应设置隔热多孔隔板,隔热多孔隔板应采用隔热耐高温材料且能承受正常的热应力和机械应力,隔热多孔隔板的孔隙率比多孔介质材料的孔隙率小,且孔径小于等于1.5 mm。在最小功率运行时,预混气体流经隔热多孔隔板的流速应大于火焰传播速度的2倍;
- f) 燃烧器头部应能牢固安装多孔介质材料,保证多孔介质在高温、震动等条件下不会发生位移或者损坏,同时要便于多孔介质材料的更换和维护。

9.4.2 使用维护

多孔介质燃烧器在使用时要求如下:

- a) 在额定输出热功率状态运行时,过量空气系数应不大于1.3;
- b) 多孔介质材料应定期检查维护,维护周期不超过6个月,如材料出现破损裂缝应及时更换;
- c) 空气过滤器应定期清洗。

9.5 水冷预混燃烧器

9.5.1 设计要求

水冷预混燃烧器的设计除了遵守气体燃料燃烧器的通用要求外,还满足以下要求:

- a) 预混段应确保燃气与空气混合均匀,预混段应保证气密性,防止预混气体泄漏;
- b) 当预混段设于风机入口处时,风机应采用防止内部产生火花的有效措施,各密封面应有效密封;
- c) 间壁式换热管束(水冷管束)应具备防回火功能,在燃烧器最低功率条件下,通过间壁式换热管束(水冷管束)的气流速度大于混合气火焰传播速度的2倍;
- d) 燃烧器功率大于2 MW时,间壁式换热管束(水冷管束)预混气出口横截面圆形喷嘴内径或矩形狭缝宽度不大于1.2 mm,长度不小于18 mm;
- e) 燃烧器应采用点火燃烧器引燃,当燃烧器功率大于5.6 MW时,应采用多面或分块燃烧等方法逐步点燃主火焰,且每面或每块燃烧启动热功率应小于2 MW;
- f) 预混室出口截面预混气体压力应分布均匀,单个预混室容积与功率比值应不大于 $0.3 \text{ m}^3/\text{MW}$,且最大容积不大于 1.5 m^3 ;
- g) 间壁式换热管束(水冷管束)应采用防锈材料或经防锈处理。

9.5.2 使用维护

水冷预混燃烧器在使用时要求如下：

- 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 1.4；
- b) 定期检测燃烧情况，检测周期不超过 6 个月。

9.6 自然通风燃烧器

自然通风燃烧器除了符合气体燃料燃烧器的通用要求外，在具有封闭燃烧室的锅炉上使用时，还满足以下要求：

- 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。

9.7 氢气/天然气掺氢燃烧器

9.7.1 设计要求

氢气/天然气掺氢燃烧器的设计要求如下：

- a) 天然气掺混氢气含氢量小于 23 % 时，燃烧器的设计遵守气体燃料燃烧器的通用要求。
- b) 燃烧氢气及天然气中掺混氢气含氢量大于等于 23 % 的燃料时，锅炉宜露天布置，燃烧器的设计除了遵守气体燃料燃烧器的通用要求外，还满足以下要求：
 - 1) 燃烧器本体上的燃气管路连接部件应采用可靠密封设计，以防止氢气泄漏；
 - 2) 燃气安全切断阀应尽量布置在靠近燃烧器本体的燃气供气连接部位；
 - 3) 燃气管线应设置氢气专用阻火器，阻火器应尽量靠近燃烧器本体的燃气供气连接部位；
 - 4) 燃气安全切断阀的密封件和阀体应采用适用氢气的材料；
 - 5) 火焰监测装置宜采用蓝焰、紫外线检测等可靠的检测方式；
 - 6) 启动前、停机后应对燃气安全切断阀后的燃气管线进行氮气吹扫；
 - 7) 燃气输送管道应设置静电接地装置；
 - 8) 燃料系统应按照相应的防爆要求配置。

9.7.2 使用维护

对于 9.7.1 b) 条所述的燃烧器，日常使用和维护的要求如下：

- a) 应制定明确的维护周期，定期检查供气管路和燃烧器的状态，一般检修维护周期不应超过 6 个月；
- b) 燃烧头应保持完好，应无机械损伤和变形；
- c) 燃气管路密封件应保持状态良好，定期更换。

9.8 补燃用燃烧器

特殊用途的补燃用燃烧器，可按照实际使用工况确定相应的配置和要求。

10 试验、检验与检测

10.1 通用要求

燃烧器的型式试验、出厂检验和在用检测要求如下：

- a) 型式试验
 - 1) 输出热功率小于或等于 14 MW 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 14 MW 的燃烧器，可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) 在用燃烧器的检测周期为 1 年；
 - 3) 检查控制与安全装置的性能是否可靠；
 - 4) 检查燃烧器配套供热装置安全连锁是否可靠。

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

型式试验条件按F.2，型式试验项目按F.1。

现场型式试验时，可不进行电压改变、工作曲线和耐热性三个项目的测试，输出热功率范围测试项目为运行工况下的最大和最小热负荷测试，其他环保性能参数均对应为运行工况下最大和最小热负荷参数时的测试数据。

10.2.4 试验方法

型式试验方法按F.3中的规定进行。

10.2.5 结果判定

在规定的检测项目中，每个检测项目均符合要求，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

出厂检验项目按F.1。

10.3.3 检验方法

出厂检验方法按F.4中的规定进行。

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

在用检测项目按F.1。

10.4.2 检测方法

在用检测方法按F.5中的规定进行。

10.5 在用燃烧器改造后的检测

在用燃烧器改造后的检测项目按F.1，并根据实际改造情况进行相关内容的测试，测试结果应符合本文件的相关要求。

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者检验抽查合格证明（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

产品安全标识要求如下：

- 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粘贴型式试验合格标识。

12 包装、运输和贮存

12.1 包装

产品的包装要求如下：

- 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、调试与维护

13.1 安装

13.1.1 燃烧器安装

燃烧器的安装要求如下：

- 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

燃料管道的安装要求如下：

- 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

其他安装要求以下：

- 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，应无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，应设有一只手动快速切断阀；
- 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。冷态调试要求如下：

- 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。热态调试要求如下：

- 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

故障处理要求如下：

- 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

定期维护要求如下：

- 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，还应打开燃气放散阀；
- 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)
燃烧器的基本配置

A.1 液体燃料燃烧器

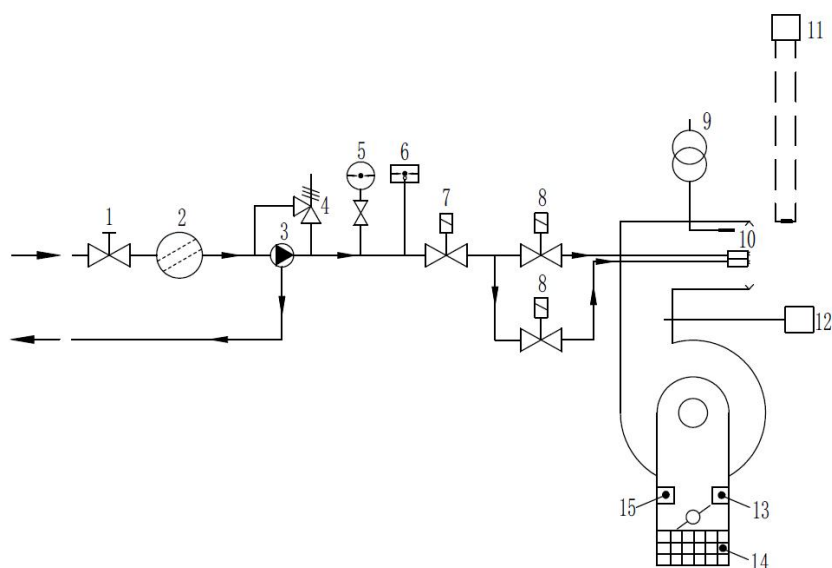
A.1.1 通用要求

液体燃料燃烧器的主要部件有：手动快速切断阀、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、控制器和控制箱等。燃用高粘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。



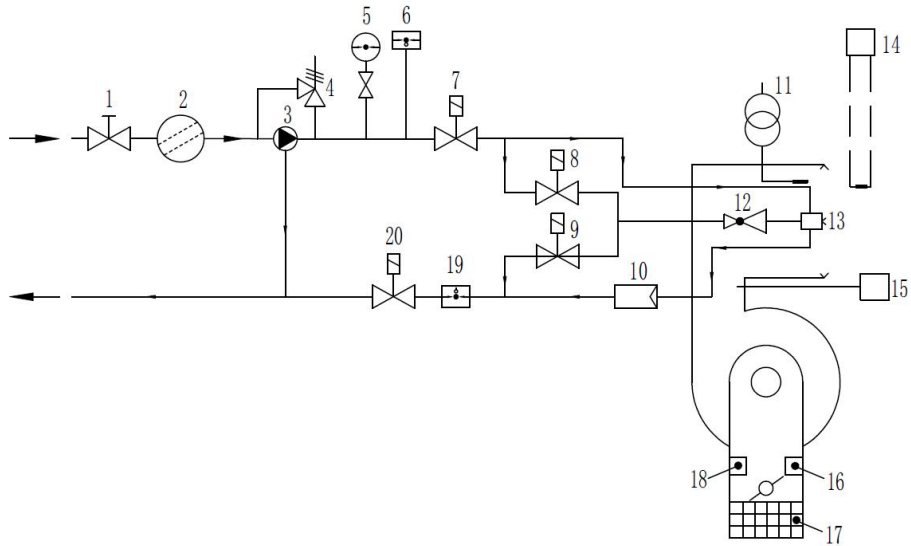
标引序号说明：

- | | |
|---------------|----------------|
| 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——压力监测装置 |
| 7——第一安全切断阀 | 8——第二安全切断阀 |
| 9——点火装置 | 10——喷嘴 |
| 11——火焰监测装置 | 12——空气压力监测装置 |
| 13——低空气流量位置开关 | 14——运动件的防护装置 |
| 15——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。



标引序号说明：

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——压力监测装置

7——安全切断阀

8——进流控制切断阀（常闭）

9——进流控制切断阀（常开）

10——回流流量调节阀

11——点火装置

12——喷嘴切断装置

13——喷嘴

14——火焰监测装置

15——空气压力监测装置

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——回流压力监测装置

20——回流安全切断阀

2——过滤器

4——压力调节器（泵可自带）

6——压力监测装置

8——进流控制切断阀（常闭）

10——回流流量调节阀

12——喷嘴切断装置

14——火焰监测装置

16——低空气流量位置开关

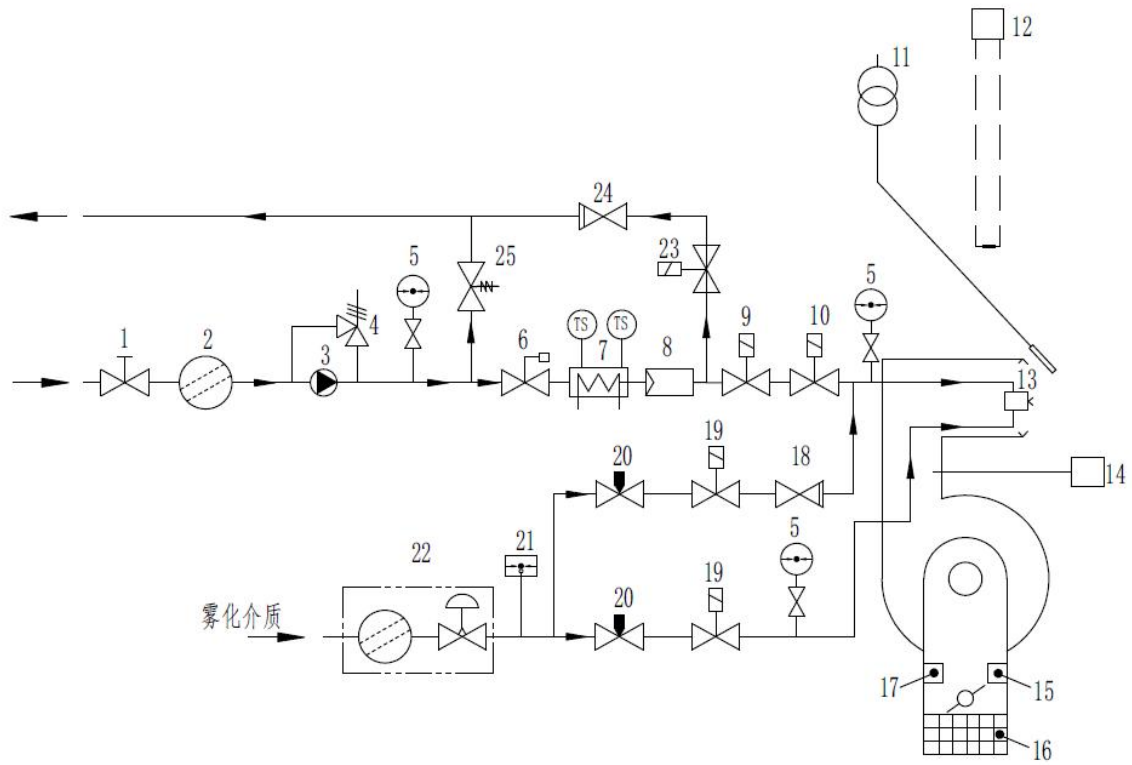
18——高空气流量位置开关

20——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。



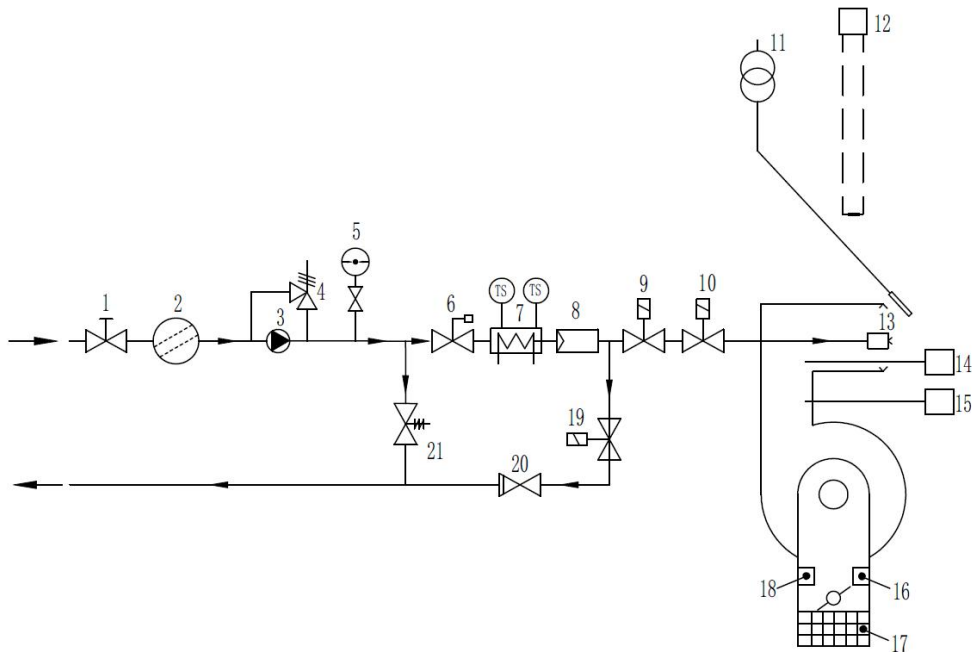
标引序号说明：

- | | |
|------------------|----------------|
| 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——喷嘴 | 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——止回阀（雾化介质） |
| 19——切断阀（雾化介质） | 20——针型阀 |
| 21——压力监测装置（雾化介质） | 22——过滤稳压组合件 |
| 23——回流安全切断阀 | 24——止回阀 |
| 25——压力调节装置 | |

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。



标引序号说明：

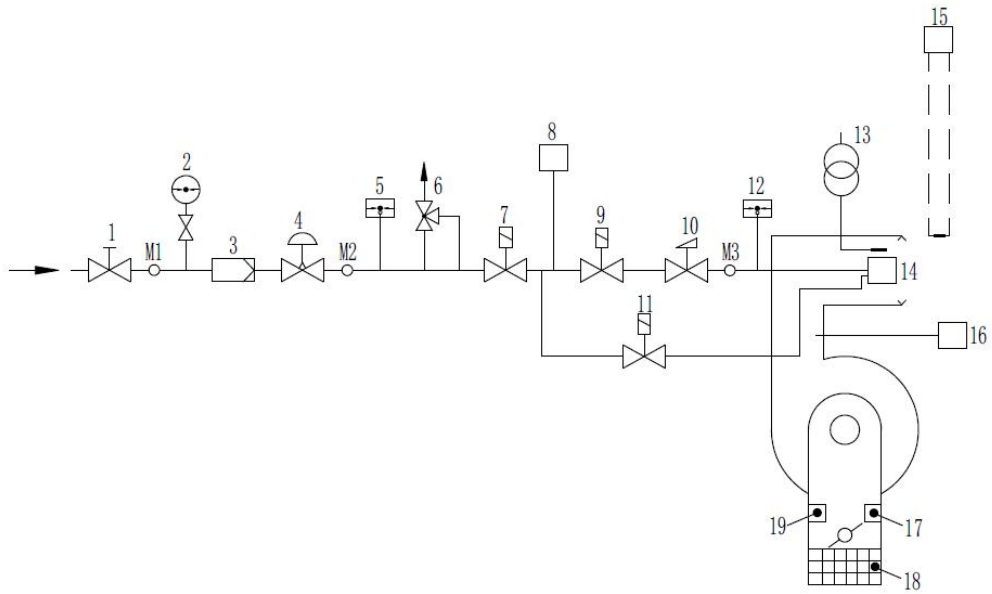
- | | |
|--------------|----------------|
| 1——手动快速切断阀 | 2——过滤器 |
| 3——燃料泵 | 4——压力调节器（泵可自带） |
| 5——压力测量装置 | 6——快关阀 |
| 7——预热装置 | 8——流量调节装置 |
| 9——第一安全切断阀 | 10——第二安全切断阀 |
| 11——点火装置 | 12——火焰监测装置 |
| 13——转杯 | 14——空气压力监测装置 |
| 15——转杯转速监测装置 | 16——低空气流量位置开关 |
| 17——运动件的防护装置 | 18——高空气流量位置开关 |
| 19——回流安全切断阀 | 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：手动快速切断阀、过滤器、燃气压力调节器、放散阀（若有）、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、控制器和控制箱等，见图A.5。



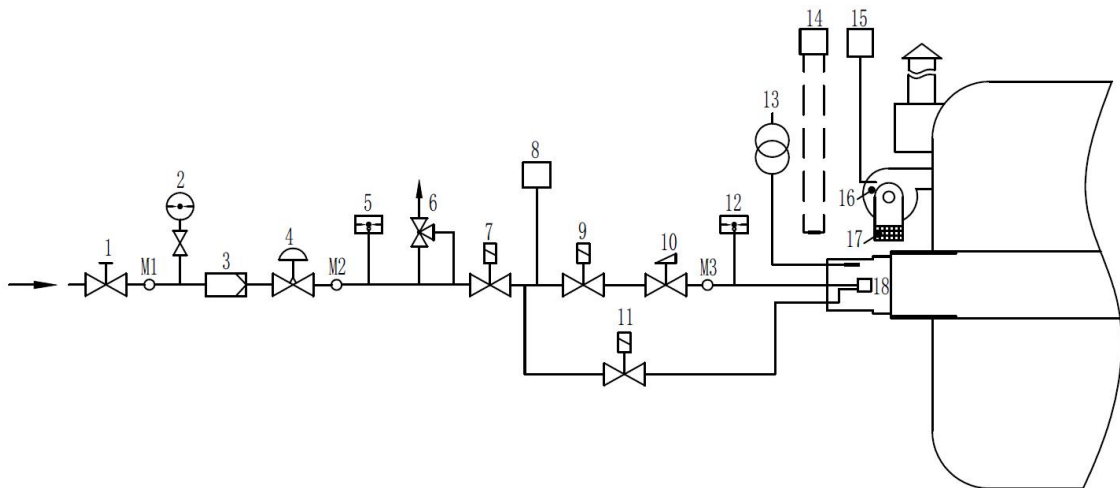
标引序号说明：

- | | |
|---------------|-----------------------|
| 1——手动快速切断阀 | 2——压力测量装置 |
| 3——过滤器 | 4——燃气压力调节器 |
| 5——燃气低压保护装置 | 6——放散阀（若有） |
| 7——第一安全切断阀 | 8——阀门检漏装置（>1.2 MW） |
| 9——第二安全切断阀 | 10——流量调节装置 |
| 11——点火安全切断阀 | 12——燃气高压保护装置（未安装序号4时） |
| 13——点火装置 | 14——燃气喷嘴 |
| 15——火焰监测装置 | 16——空气压力监测装置 |
| 17——低空气流量位置开关 | 18——运动件的防护装置 |
| 19——高空气流量位置开关 | M2——第二测压点 |
| M1——第一测压点 | |
| M3——第三测压点 | |

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：手动快速切断阀、压力表、过滤器、燃气压力调节器、放散阀（若有）、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、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）、燃气压力监测装置、控制器和控制箱等，见图A.6。



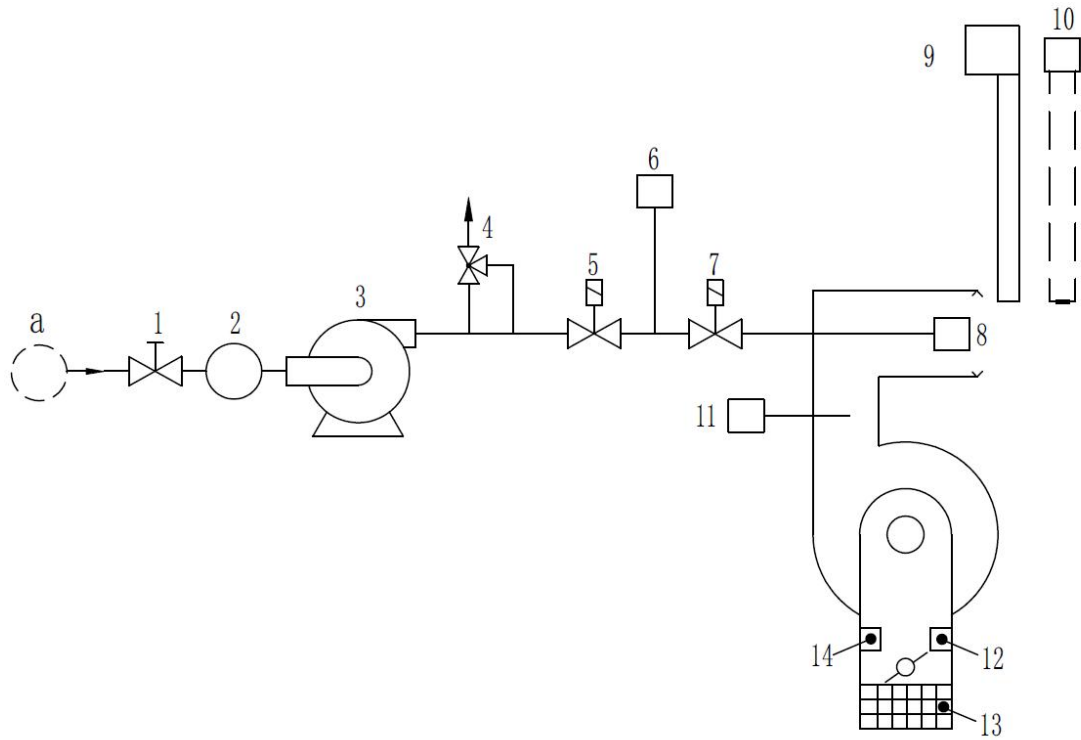
标引序号说明：

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

图 A.6 自然通风燃气燃烧器基本配置图

A.2.3 生物质热解气燃烧器

生物质热解气燃烧器的主要部件有：手动快速切断阀、过滤器、燃气驱动装置（含燃气风机和燃气流量调节装置）、放散阀（若有）、第一安全切断阀、阀门检漏系统、第二安全切断阀、点火燃烧器、火焰监测装置、空气监测装置、空气调节装置、空气/燃气联动调节装置、控制器和控制箱等，见图A.7。



标引序号说明：

a——生物质气化系统

1——手动切断阀

3——燃气增压风机

5——第一安全切断阀

7——第二安全切断阀

9——点火燃烧器

11——空气检测装置

13——运动件的防护装置

2——电捕焦系统

4——放散阀（若有）

6——阀门检漏系统

8——燃气喷嘴

10——火焰监测装置

12——低空气流量位置开关

14——高空气流量位置开关

图 A.7 生物质热解气燃烧器配置图

附 录 B
(规范性)
自动安全切断阀技术要求

B.1 液体燃料自动安全切断阀**B.1.1 通用要求**

切断阀在下列条件下应能正常工作：

- a) 在标称的工作压力范围内；
- b) 在产品设计的环境温度范围（不应小于-15℃~60℃）内；
- c) 对于电驱动切断阀，当工作电压或电流在额定值的85%~110%时；
- d) 对于气动或液动切断阀，当驱动介质压力在额定值的85%~110%时，或在产品设计的工作压力范围内；
- e) 使用直流电的切断阀，当工作电压在额定值的80%~120%时；
- f) 在标称的适用介质温度范围内。

B.1.2 性能要求**B.1.2.1 密封性**

切断阀应进行内、外部密封性试验，密封性试验介质应为阀门预定使用的最低粘度液体或相似粘度的兼容液体，密封性试验要求如下：

- a) 外部密封性：切断阀应在打开时试验外部密封性，在标称的最低和最高温度下，在额定工作压力的1.5倍时，其外表面应无任何泄漏。在阀门型式试验时，根据产品的说明，还应拆卸和重新装配关闭元件5次后，重复试验外部密封性；
- b) 内部密封性：切断阀应在关闭时试验内部密封性，在标称的最低和最高温度下，分别在额定工作压力的1.5倍、1.0倍和0.1倍时，阀门内部最大泄漏率不应超过表B.1的规定值。在阀门型式试验时，根据产品的说明，还应拆卸和重新装配关闭元件5次后，重复试验内部密封性。

表B.1 最大泄漏率

进口公称口径 DN mm	最大泄漏率 cm ³ /h
DN < 10	1
10 ≤ DN ≤ 25	2
25 < DN ≤ 50	4
DN > 50	8

B.1.2.2 额定流量

切断阀应进行额定流量测试，最大测试流量应至少为标称额定流量的0.90倍。

B.1.2.3 耐用性

B.1.2.3.1 密封件

与燃料接触的密封件（例如阀垫、O型圈、隔膜和唇形密封件）应质地均匀，无肉眼可见的气孔、夹杂物、砂粒、气泡及其他表面缺陷。

B.1.2.3.2 耐介质性

弹性材料应能承受切断阀制造、使用或维护时接触的介质的作用。

B.1.2.4 功能要求

B.1.2.4.1 关闭功能

切断阀的关闭功能要求如下：

- a) 当工作电压或电流小于额定值的 15 % 时，切断阀应自动关闭；
- b) 所有情况下，关闭时间应符合 B.1.2.4.2 的要求。

B.1.2.4.2 开启时间和关闭时间

切断阀的开启时间应符合产品标称值，关闭时间应小于等于 1 s。

B.1.2.5 耐久性

B.1.2.5.1 应在工作压力下，使用阀门设计的试验介质，对测试样品进行耐久性测试，测试需完成的循环次数如下：

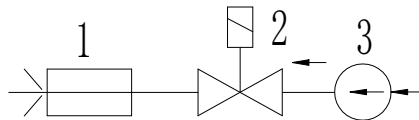
- a) 公称通径 DN15 及以下的样品：100 000 次循环；
- b) 公称通径 DN15 以上的样品：50 000 次循环。

B.1.2.5.2 耐久性测试应在标称的最低和最高温度下，使用阀门设计的试验介质进行，且每个温度条件下需完成总循环次数的 50 %。

B.1.3 液体燃料燃烧器安全切断阀布置要求

B.1.3.1 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。



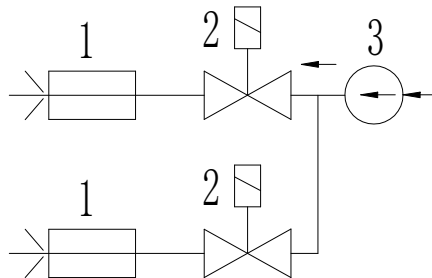
标引序号说明：

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.1.3.2 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。



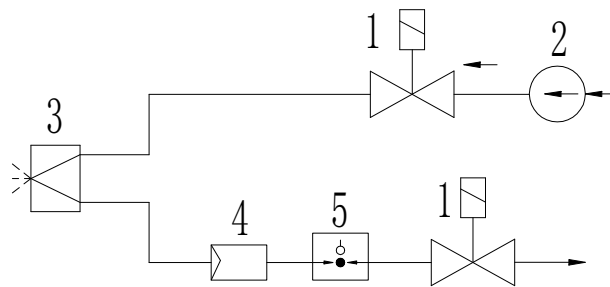
标引序号说明：

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.1.3.3 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。



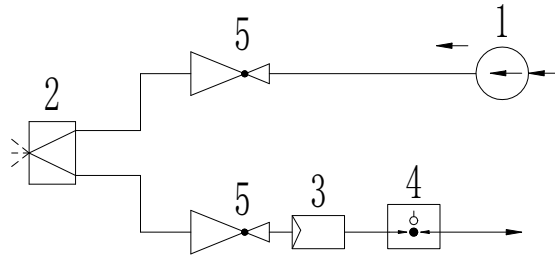
标引序号说明：

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.1.3.4 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。



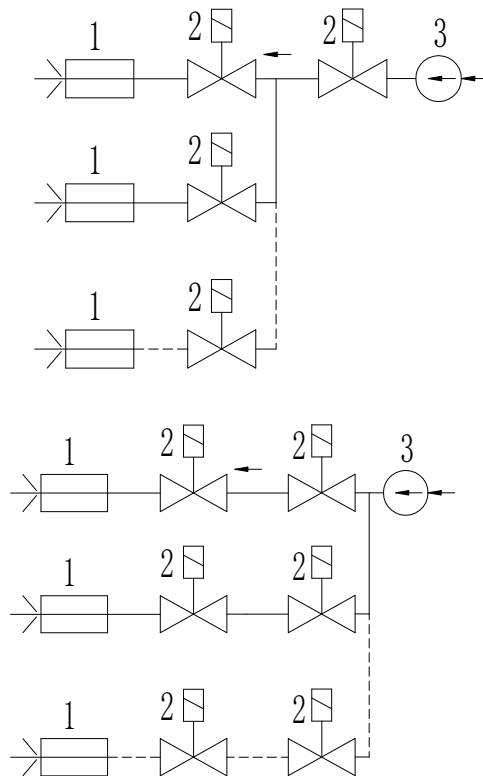
标引序号说明：

- 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.1.3.5 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。



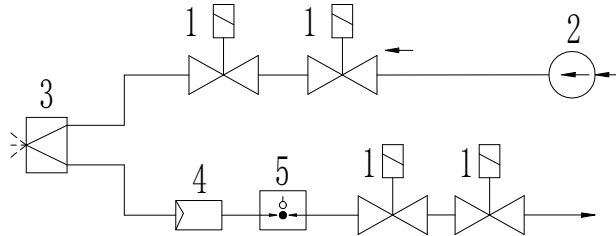
标引序号说明：

- 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.1.3.6 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。



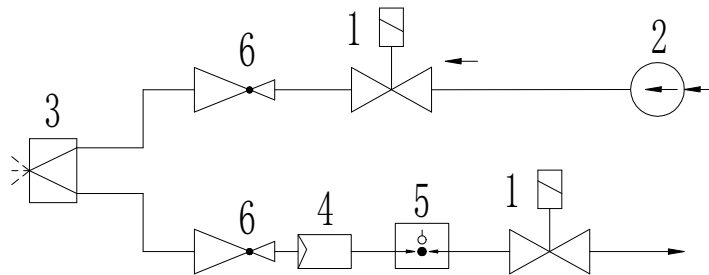
标引序号说明:

- | | | |
|----------|-----------|-----------|
| 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.1.3.7 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 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。



标引序号说明:

- | | | |
|----------|-----------|-----------|
| 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 | 6——喷嘴切断阀 |

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.2 燃油喷嘴切断阀

B.2.1 通用要求

喷嘴切断阀应配合相应的燃油喷嘴使用，在燃油循环阶段，喷嘴切断阀处于关闭状态时，燃油应不能从喷嘴处有任何泄漏。

B.2.2 性能要求

B.2.2.1 关闭时间

喷嘴切断阀的关闭时间应小于等于1 s。

B.2.2.2 开启压力和关闭压力

喷嘴切断阀应标称开启压力和关闭压力范围，燃油循环时应保证油压在允许的压力范围内工作。

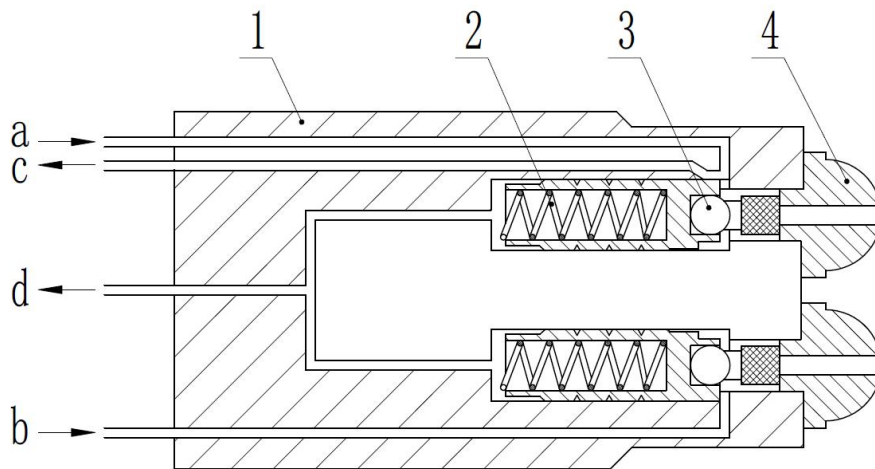
B.2.2.3 耐腐蚀性

喷嘴切断阀的材料应具有良好的耐腐蚀性，以防止切断阀内部零件被腐蚀，影响其性能和使用寿命。

B.2.3 喷嘴切断阀典型结构

B.2.3.1 多级调节液压式喷嘴切断阀

图B.8为适用于多级调节液压式喷嘴切断阀结构示意图。



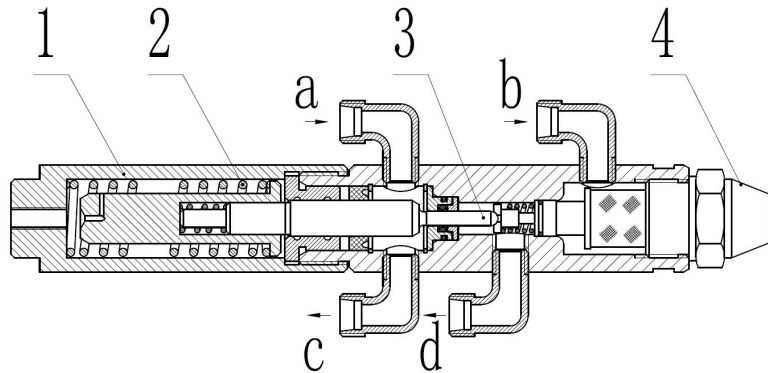
标引序号说明：

- | | | | |
|----------|----------|---------|---------|
| a——一级进油口 | b——二级进油口 | c——回油口 | d——漏油口 |
| 1——油嘴座 | 2——关闭弹簧 | 3——关闭钢球 | 4——燃油喷嘴 |

图 B.8 多级调节液压式喷嘴切断阀结构示意图

B.2.3.2 连续调节液压式喷嘴切断阀（带复位弹簧连续喷嘴）

图B.9为适用于连续调节液压式喷嘴切断阀（带复位弹簧连续喷嘴）结构示意图。



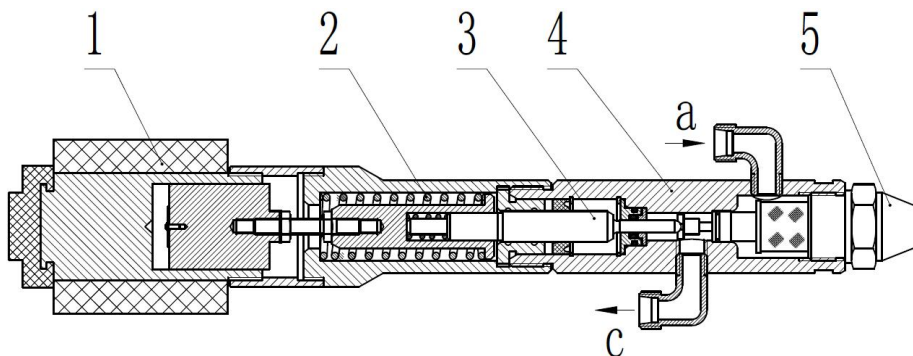
标引序号说明:

- | | | | |
|---------|---------|---------|-------------|
| a——控制进油 | b——进油口 | c——控制回油 | d——回油口 |
| 1——油嘴座 | 2——关闭弹簧 | 3——关闭顶针 | 4——复位弹簧连续喷嘴 |

图 B.9 连续调节液压式喷嘴切断阀（带复位弹簧连续喷嘴）结构示意图

B.2.3.3 连续调节电磁式喷嘴切断阀（带复位弹簧连续喷嘴）

图B.10为适用于连续调节电磁式喷嘴切断阀（带复位弹簧连续喷嘴）结构示意图。



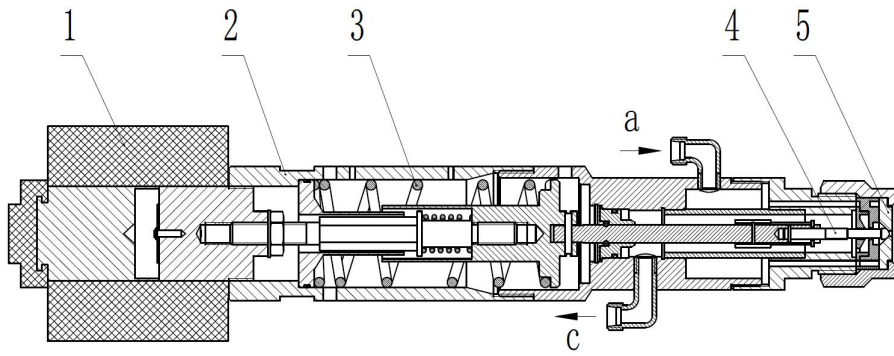
标引序号说明:

- | | | | |
|---------|--------|-------------|---------|
| a——进油口 | c——回油口 | 1——电磁线圈 | 2——关闭弹簧 |
| 3——关闭顶针 | 4——油嘴座 | 5——复位弹簧连续喷嘴 | |

图 B.10 连续调节电磁式喷嘴切断阀（带复位弹簧连续喷嘴）结构示意图

B.2.3.4 连续调节电磁式喷嘴切断阀（不带复位弹簧连续喷嘴）

图B.11为适用于连续调节电磁式喷嘴切断阀（不带复位弹簧连续喷嘴）结构示意图。



标引序号说明:

- | | | | |
|---------|---------|---------|--------|
| a——进油口 | c——回油口 | 1——电磁线圈 | 2——油嘴座 |
| 3——关闭弹簧 | 4——关闭顶针 | 5——连续喷嘴 | |

图 B.11 连续调节电磁式喷嘴切断阀（不带复位弹簧连续喷嘴）结构示意图

B.3 气体燃料自动安全切断阀

B.3.1 通用要求

切断阀在下列条件下应能正常工作:

- 在 0 kPa~500 kPa 工作压力范围内;
- 在产品设计的环境温度范围 (不应小于-15℃~60℃) 内;
- 对于电驱动切断阀, 当工作电压或电流在额定值的 85 %~110 % 时;
- 对于气动或液动切断阀, 当驱动介质压力在额定值的 85 %~110 % 时, 或在产品设计的工作压力范围内;
- 使用直流电的切断阀, 当工作电压在额定值的 80 %~120 % 时。

B.3.2 性能要求

B.3.2.1 气密性

切断阀应进行内、外部气密性试验, 气密性试验要求如下:

- 试验介质可采用空气, 空气最大泄漏率不应超过表 B.2 的要求;
- 阀门型式试验时, 应先做一次成品的气密性试验; 在拆下和重新组装闭合元件 5 次后, 再进行一次气密性试验;
- 出厂检验时, 进行一次成品的气密性试验。

表B.2 最大泄漏率

进口公称通径 DN mm	最大泄漏率 cm ³ /h	
	内部气密性	外部气密性
DN<10	20	20
10≤DN≤25	40	40
25<DN≤80	60	60
80<DN≤150	100	60
150<DN≤250	150	60

B.3.2.2 额定流量

切断阀应进行额定流量测试，测试最大流量至少是额定流量的 0.95 倍，且满足以下要求：

- a) 连续调节的切断阀，在标称的开闭特性下，流量测试值应在标称值的 $\pm 10\%$ 偏差范围内；
- b) 分级调节的切断阀，应测试各级的最大流量，各级的测试最大流量不应大于标称值的 1.1 倍。

B.3.2.3 功能要求

B.3.2.3.1 关闭功能

切断阀的关闭功能要求如下：

- a) 当工作电压或电流小于额定值的 15 % 时，切断阀应自动关闭；
- b) 任何情况下，关闭时间应符合 B.3.2.3.4 的要求。

B.3.2.3.2 闭合力

密封力与闭合力无关的切断阀(如球阀、闸阀等),以及工作压力大于 50 kPa 的盘座阀,闭合力要求如下：

- a) 当摩擦力在 5 N 及以下时，闭合力不应小于摩擦力的 5 倍；
- b) 当摩擦力大于 5 N 时，闭合力不应小于摩擦力的 2.5 倍，且大于 25 N。

B.3.2.3.3 延迟时间和开启时间

切断阀的延迟时间和开启时间要求如下：

- a) 标称时间大于 1 s 时，延迟时间和开启时间应在标称值的 $\pm 20\%$ 偏差范围以内；
- b) 标称时间不大于 1 s 时，延迟时间和开启时间应小于 1 s。

B.3.2.3.4 关闭时间

阀门公称通径小于或者等于 150 mm 的，应在不超过 1 s 的时间内安全关闭；阀门公称通径大于 150 mm 但小于或等于 300 mm 的，应在不超过 3 s 的时间内能够安全关闭；阀门公称通径大于 300 mm 的，应在不超过 5 s 的时间内安全关闭。

B.3.2.3.5 密封力

切断阀按密封力分为 A 级、B 级和 C 级，各级切断阀应进行闭合元件孔口处的最小密封力测试，试验压力和最大泄漏率应符合表 B.3 的要求。

表 B.3 密封力

切断阀级别	试验压力 kPa	最大泄漏率 cm^3/h
A 级	15	表 B.2 规定的内部气密性的最大泄漏率
B 级	5	
C 级	1	

B.3.2.4 耐久性

切断阀耐久性试验要求如下：

- a) 阀门进口连接空气源，保持最大工作压力，以不小于标称的循环周期，按表 B.4 规定的循环

次数测试阀门，每次循环中，阀门应完全打开和完全关闭；

- b) 当切断阀有气动或液动驱动机构时，应在最大驱动压力下进行耐久性试验；
- c) 在标称的最大环境温度下，切断阀未通气时，用 1.1 倍额定电压或电流给切断阀持续通电至少 24 h，然后将切断阀电压或电流缓慢减至其额定值的 15 %，此时检查切断阀是否关闭；
- d) 在每组耐久性试验前后，均应进行内、外部气密性试验，且最大泄漏率不应超过表 B.2 的要求；
- e) 耐久性试验后，阀门应符合关闭功能、延迟时间和开启时间、关闭时间、密封力的要求；
- f) 耐久性试验后，需重新进行流量试验，阀门的流量均应保持在耐久性试验前流量的 ±10 % 偏差范围内。

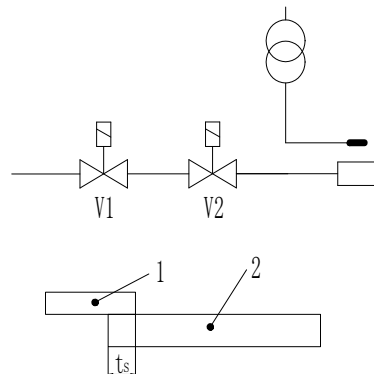
表B.4 耐久性

公称通径 DN mm	开启时间 s	最大入口压力 kPa	循环次数			
			在最小额定电压或电流下		在最大额定电压或电流下	
			最低测试温度 (-10±5) °C	测试温度 (20 ± 5) °C	测试温度 (20 ± 5) °C	最高测试温度 (60 ± 5) °C
DN≤25	≤1	≤15	25000	187500	187500	100000
DN≤25	≤1	>15	25000	62500	62500	50000
DN≤25	>1	-	25000	62500	62500	50000
25<DN≤80	-	-	25000	25000	25000	25000
80<DN≤150	-	-	12500	12500	12500	12500
150<DN≤250	-	-	5000	7500	7500	7500

B.3.3 主燃气安全切断阀开启要求

B.3.3.1 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B.12。



标引序号说明：

V1, V2——主燃气安全切断阀

t_s ——安全时间

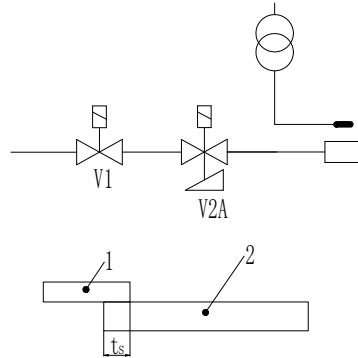
1 ——点火时间

2 ——主燃气阀开启时间

图 B.12 主燃烧器在额定功率下直接点火时序图

B.3.3.2 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B.13。



标引序号说明：

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

t_s ——安全时间

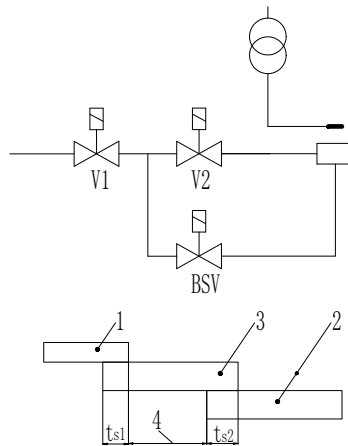
1 ——点火时间

2 ——主燃气阀开启时间

图 B.13 主燃烧器在降低功率下直接点火时序图

B.3.3.3 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

带有旁路启动燃气的主燃烧器降低功率直接点火时，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B.14。



标引序号说明：

V1, V2——主燃气安全切断阀

BSV——旁路启动燃气阀

t_{s1} ——点火安全时间

t_{s2} ——主火安全时间

1 ——点火时间

2 ——主燃气阀（V1+V2）开启时间

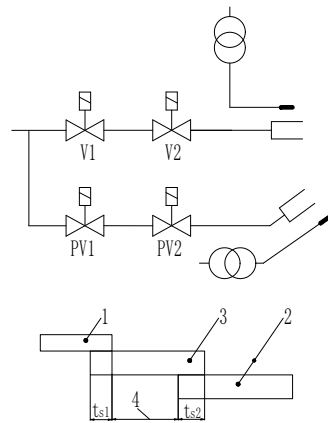
3——旁路启动燃气阀（BSV+V1）开启时间

4 ——点火火焰监测时期

图 B.14 带有旁路启动燃气的主燃烧器降低功率直接点火时序图

B.3.3.4 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时，点火火焰建立前主燃气安全切断阀不应开启，时序图见图B.15。



标引序号说明：

V1, V2 ——主燃气安全切断阀

PV1, PV2 ——点火燃烧器安全切断阀（启动燃气阀）

t_{s1} ——点火安全时间

t_{s2} ——主火安全时间

1 ——点火时间

2 ——主燃气阀（V1+V2）开启时间

3 ——启动燃气阀（PV1+PV2）开启时间

4 ——点火火焰监测时期

图 B.15 主燃烧器通过点火燃烧器点火时序图

附 录 C
(规范性)
控制器技术要求

C.1 控制功能分类

按控制功能的安全性分为A类、B类和C类，各类要求如下：

- a) A类：控制功能与安全性无关，即无内部故障安全保护要求。
- b) B类：控制功能用来防止燃烧器处于不安全状态，控制功能失效不会直接导致燃烧器处于危险情况，即发生一个独立故障时，控制器能使设备安全停机、联锁保护或在符合安全要求的情况下继续运行。如果继续运行，不考虑后续发生的第二个独立故障的情况。
- c) C类：控制功能用来防止燃烧器特定的危险(如爆炸)，控制功能失效会直接导致燃烧器处于危险情况，即发生一个独立故障时，控制器能使设备安全安全停机、联锁保护或在符合安全要求的情况下继续运行。继续运行时，又发生第二个独立故障，控制器能使设备安全停机、联锁保护或在符合安全要求的情况下继续运行。

C.2 结构要求

C.2.1 功能模块结构

C.2.1.1 控制器有两个或多个控制功能时，要求如下：

- a) 控制器的功能安全等级应与所具有的单个功能的最高安全等级相同；
- b) 任一功能发生故障都不应影响其他控制功能的安全运行；
- c) 自动燃烧控制系统的各个功能应同单个控制功能模块一样满足同样的长期运行性能要求。

C.2.1.2 控制器由两个或多个功能模块组合构成时，要求如下：

- a) 各功能模块组合时应避免相互干扰；
- b) 控制器的功能模块与燃烧器连接时，不应影响控制器的功能安全。

C.2.2 使用软件的控制器电路结构

使用软件的控制器电路结构要求如下：

- a) 使用软件的控制器电路结构应至少符合下列结构之一：
 - 1) 带有周期自检和监测功能的单通道结构；
 - 2) 带有比较功能的双通道结构(同一的)；
 - 3) 带有比较功能的双通道结构(不同的)。
- b) 双通道结构之间的比较可以通过使用比较器或相互比较两种方式实现。

C.2.3 内部故障保护的电路结构

控制器的内部故障保护的电路结构应符合C.2.2 a)、b)的要求。

C.3 功能模块要求

C.3.1 程序控制功能模块

程序控制功能模块应满足C.1中C类要求，程序控制的时序应符合C.5的要求。

C.3.2 火焰监测功能模块

C.3.2.1 基本要求

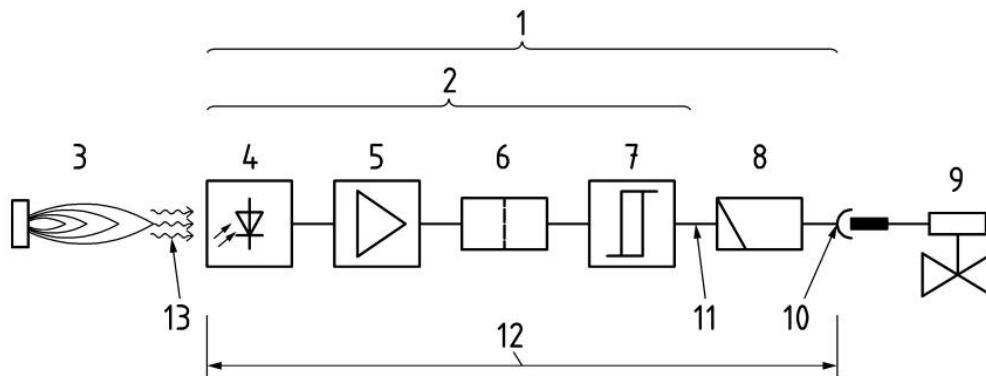
火焰监测功能模块要求如下：

- a) 当采用离子火焰监测装置进行火焰监控时，控制器应标称火焰信号整流电流的最小值；
- b) 用于24h以上连续运行的控制器和火焰传感器均应具有相匹配的周期自检功能。

C.3.2.2 配套的火焰监测装置要求

C.3.2.2.1 集成火焰监测装置

火焰监测装置是监测火焰并发出信号的装置，由火焰传感器、信号放大器、信号处理传输电路等构成，集成火焰监测装置除了实际的火焰传感器之外，其他部件可以与控制器集成在一个壳体内结合使用，典型的集成火焰监测装置功能链见图C.1。



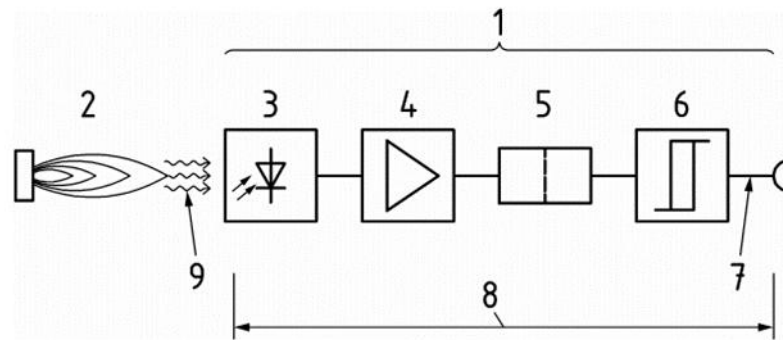
标引序号说明：

- | | | |
|--------------|-----------|------------|
| 1——自动燃烧器控制系统 | 2——火焰监测装置 | 3——火焰 |
| 4——火焰传感器 | 5——放大器 | 6——过滤器 |
| 7——阈值比较 | 8——程序控制单元 | 9——自动切断阀 |
| 10——切断阀端子 | 11——火焰信号 | 12——熄火响应时间 |
| 13——感知火焰 | | |

图 C.1 典型的集成火焰监测装置功能链

C.3.2.2.2 独立火焰监测装置

独立火焰监测装置是独立于控制器之外的火焰监测装置，应满足C.1中C类要求，用于24h以上连续运行的应具有周期自检功能，典型的独立火焰监测装置功能链见图C.2。



标引序号说明：

- | | | |
|--------------|-----------|----------|
| 1——独立的火焰监测装置 | 2——火焰 | 3——火焰传感器 |
| 4——放大器 | 5——过滤器 | 6——阈值比较 |
| 7——火焰信号 | 8——熄火检测时间 | 9——感知火焰 |

图 C.2 典型的独立火焰监测装置功能链

C.3.3 复位功能模块

C.3.3.1 复位功能指让系统解除联锁保护状态并可以再次启动的动作或过程。

C.3.3.2 复位功能模块应满足C.1中B类要求。

C.3.3.3 复位功能要求如下：

- 复位功能应由手动动作完成，不应接受自动装置产生的复位；
- 当采用远程集中控制时，应至少由两次手动动作激活复位功能；
- 复位功能故障不应引起系统非正常运行，下一次重启前应能检测到故障，且故障不应影响系统执行安全关闭或进入锁定状态；
- 对不在可视范围内的设备，允许使用远程复位功能的要求如下：
 - 复位功能启动前、后的实际状态及相关信息应能可见；
 - 15 min内的重启动作应最多5次，超过5次的重启动作将不执行。

C.3.4 燃料切断功能模块

C.3.4.1 燃料切断功能模块应满足C.1中C类要求。

C.3.4.2 燃料切断功能的电气元件要求如下：

- 用于切断燃料自动安全切断阀电源的控制器件应至少包括2个独立的开关元件，且2个开关元件应采用串联的形式连接；
- 当采用半导体等电子元件用作燃料自动安全切断阀电源切断的开关元件时，在第一和第二独立故障条件下应具有自我保护功能；
- 应采取措施防止两个（或更多）开关元件因同一原因（如外部短路）而发生故障，包括采用电流限制、不可恢复的过电流保护装置或内部故障检测功能。

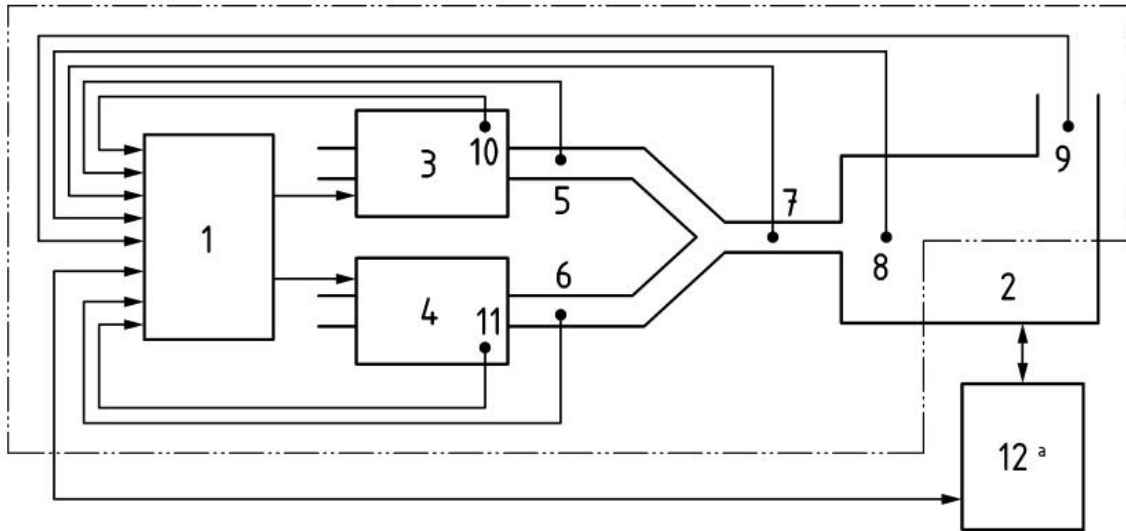
C.3.5 阀门检漏功能模块

阀门检漏功能应符合附录D的相关要求。

C.3.6 电子空气/燃料比例调节控制功能模块

C.3.6.1 电子空气/燃料比例控制系统

电子空气/燃料比例控制系统是由电子控制单元、执行元件（至少包含燃料执行元件和空气执行元件）以及指定的传感器反馈信号组成的，用以调节燃料和空气比例的闭环控制系统。电子空气/燃料比例控制系统图见图C.3。



标引序号说明：

- | | | |
|---------------|-------------|--------------|
| 1——电子控制单元 | 2——燃烧流程 | 3——空气执行器 |
| 4——燃料执行器 | 5——空气传感器 | 6——燃料传感器 |
| 7——燃料/空气混合传感器 | 8——火焰传感器 | 9——烟气传感器 |
| 10——空气执行器反馈 | 11——燃料执行器反馈 | 12——自动燃烧控制系统 |

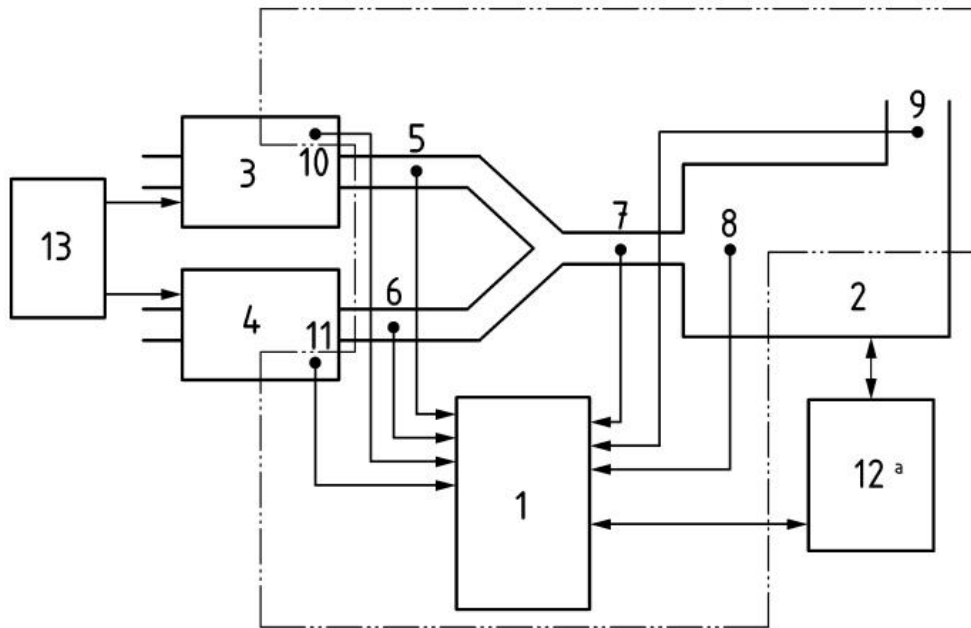
注：——内为电子空气/燃料比例控制系统范围

^a 电子控制单元（1）需要一个安全状态时，自动燃烧控制系统（12）应切断燃料自动安全切断阀的电源。

图 C.3 电子空气/燃料比例控制系统图

C.3.6.2 电子空气/燃料比例监控系统

电子空气/燃料比例监控系统是由电子控制单元和传感器组成，提供至少一个输出信号用于指示空气/燃料比例是否在安全范围外的监控系统，电子空气/燃料比例监控系统图见图C.4。



标引序号说明：

- | | | |
|---------------|-------------|--------------|
| 1——电子控制单元 | 2——燃烧流程 | 3——空气执行器 |
| 4——燃料执行器 | 5——空气传感器 | 6——燃料传感器 |
| 7——燃料/空气混合传感器 | 8——火焰传感器 | 9——烟气传感器 |
| 10——空气执行器反馈 | 11——燃料执行器反馈 | 12——自动燃烧控制系统 |
| 13——任意控制 | | |

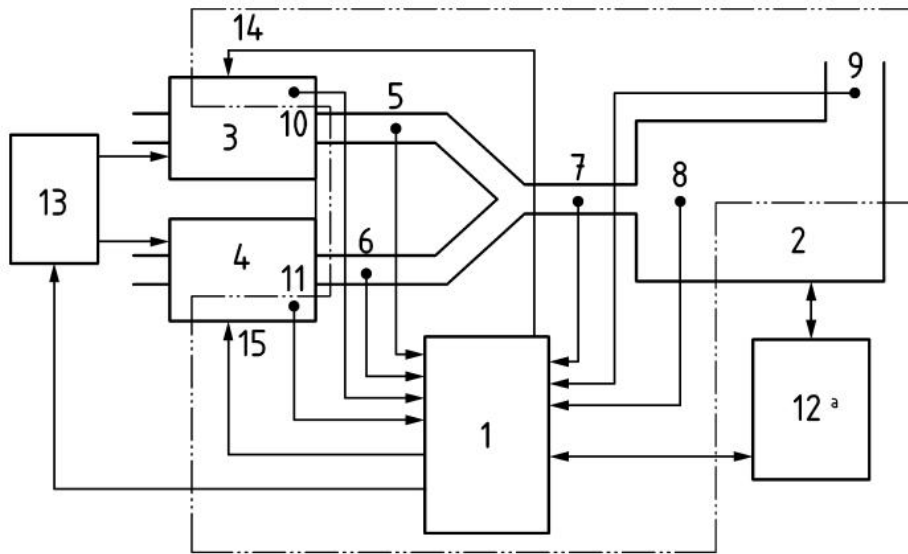
注：——内为电子空气/燃料比例监控系统范围

^a 电子控制单元（1）需要一个安全状态时，自动燃烧控制系统（12）应切断燃料自动安全切断阀的电源。

图 C.4 电子空气/燃料比例监控系统图

C.3.6.3 电子空气/燃料比例修正系统

电子空气/燃料比例修正系统是由电子控制单元、执行元件或控制输出以及指定的传感器反馈信号组成的闭环控制系统，这些执行元件或控制输出用于影响由其他方式控制的空气/燃料比例，电子空气/燃料比例修正系统图见图C.5。



标引序号说明：

- | | | |
|---------------|-------------|--------------|
| 1——电子控制单元 | 2——燃烧流程 | 3——空气执行器 |
| 4——燃料执行器 | 5——空气传感器 | 6——燃料传感器 |
| 7——燃料/空气混合传感器 | 8——火焰传感器 | 9——烟气传感器 |
| 10——空气执行器反馈 | 11——燃料执行器反馈 | 12——自动燃烧控制系统 |
| 13——任意控制 | 14——空气修正信号 | 15——燃料修正信号 |

注：— · — · — · 内为电子空气/燃料比例修正系统范围

^a 电子控制单元（1）需要一个安全状态时，自动燃烧控制系统（12）应切断燃料自动安全切断阀的电源。

图 C.5 电子空气/燃料比例修正系统图

C.3.6.4 结构和反馈类型

C.3.6.4.1 电子空气/燃料比例控制系统应至少包括2个执行器和1个传感器，见图C.3和表C.1，两者应结合起来考虑。

C.3.6.4.2 电子空气/燃料比例监控系统应至少包括1个传感器和1个输出以达到安全状态，见图C.4和表C.1，两者应结合起来考虑。

C.3.6.4.3 电子空气/燃料比例修正系统应至少包括1个传感器和1个输出以修正空气/燃料比例见图C.5和表C.1，两者应结合起来考虑。

C.3.6.4.4 电子空气/燃料比例控制系统、监控系统和修正系统应有连续的自检功能。当电子空气/燃料比例控制系统、监控系统或修正系统未激活时，例如在待机中，其控制功能的任何故障应进入或留在安全状态。

C.3.6.4.5 电子空气/燃料比例控制系统、监控系统和修正系统应使用一个反馈系统来确保空气/燃料比例满足精度要求。

C.3.6.4.6 分析系统安全性时，应将整个系统纳入考虑，包括外围设备，例如：伺服电机、执行器、位置装置、传感器、助燃风机变频控制系统和燃烧分析反馈系统。

表C.1 可接受的反馈类型

执行器 ^e	装置	执行器反馈 ^a		执行器输出反馈 ^b		过程反馈 ^c		
		位置 ^d	速度	流量/压差	压力	空气/燃料比例	火焰	烟气
空气	阀门	○	—	○	○	○	○	○
	风机	—	○ ^{e,f}	○	○			
燃料	阀门	○	—	○	○			
	泵	—	○ ^{f,g}	○	○			
	调压器	—	—	○	○			

注：“—”表示不采用，“○”表示采用。

a、b至少需要两路反馈（1个空气侧，1个燃料侧）；
c至少需要一路反馈；
d与执行器机械部件直接相关的位置反馈信号；
e当采用风机转速信号控制空气流量时，不应仅依靠风机转速来监控空气流量。还应至少在启动过程中采用一个独立的气流监控装置获取附加信号；
f不应使用来自调速装置（例如变频器）的反馈信号，除非该反馈信号来自能代表真实转速的C类安全控制功能；
g适用于燃油燃烧器的油泵。

C.3.6.5 机械部分要求

当电子空气/燃料比例控制系统的执行器采用带位置反馈传感器时，其位置反馈传感器应始终指示出执行器的真实位置，且至少符合下列要求：

- 连接执行器和位置反馈传感器的机械装置应为紧固结构，确保无滑动；
- 相对于测量位置，位置反馈传感器和执行元件之间的连接产生的扭转间隙应较小；
- 当执行器由独立的执行元件和控制元件构成时，应确保无滑动，使用螺钉、销钉及其他防滑动元件时也应通过锁定保证其无滑动。

C.3.6.6 电子部分要求

C.3.6.6.1 电子空气/燃料比例控制系统、监控系统和修正系统的电子控制单元应符合C.1中C类要求。

C.3.6.6.2 电子空气/燃料比例控制系统和修正系统应作为完整闭环系统进行评估，其反馈信号应保证能达到并符合预设控制值要求。

C.3.6.6.3 电子空气/燃料比例控制系统、监控系统或修正系统应与燃烧控制系统相互连接和锁定，且相互连接和锁定时不应降低整个系统的安全。

C.3.6.6.4 当电子空气/燃料比例控制系统、监控系统或修正系统在预先设置或预先确定的范围外的运行时间超过标称值时，应处于设定的安全状态。

C.3.6.6.5 当存在内部故障时或可预见的非指定运行情况下，电子空气/燃料比例控制系统、监控系统或修正系统应处于设定的安全状态。

C.3.6.6.6 燃烧控制系统应向电子空气/燃料比例控制系统、监控系统或修正系统给出启动顺序的控制命令，当出现故障状况时，电子空气/燃料比例控制系统、监控系统或修正系统应处于设定的安全状态。

C.4 用于燃烧控制的可编程控制器

C.4.1 基本要求

应符合可编程控制器相关标准的要求。

C.4.2 传感器和执行元件

C.4.2.1 与可编程控制器配套使用的传感器（例如：火焰探测器、压力开关）和执行元件（例如：自动切断阀、电动执行器）的性能应符合相关产品标准的要求。

C.4.2.2 系统配套的传感器和执行元件的安全完整性等级或性能等级应满足系统的功能安全要求。

C.4.3 可编程控制器的保护系统

C.4.3.1 保护系统包括执行安全功能所需的所有组件，例如监控安全相关参数的传感器（火焰探测器等）、燃料自动安全切断阀、鼓/引风系统和锅炉系统的保护（蒸汽锅炉的水位等）。

C.4.3.2 保护系统由传感器、逻辑处理设备和执行元件组成，见图C.6。

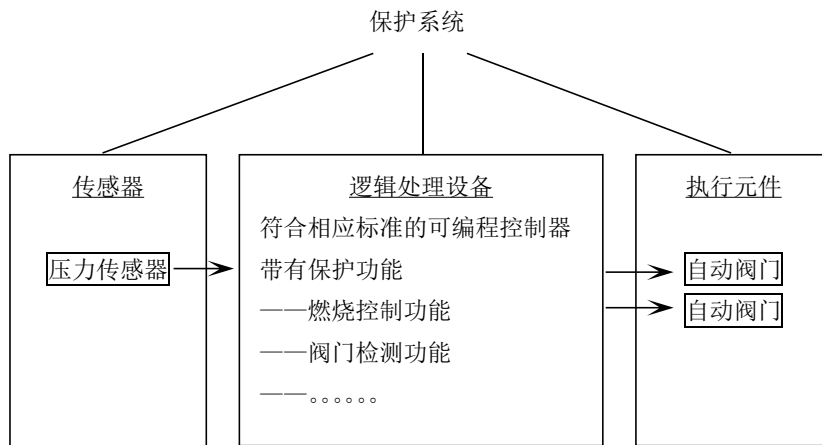


图 C.6 保护系统的组成示意图

C.4.3.3 在电气设备的故障、干扰可能导致危险情况时，应采取适当的措施以尽量减少此类故障或干扰的发生概率。

C.4.3.4 保护系统应符合GB/T 20438.5中规定的安全完整性等级（SIL）或GB/T 16855.1中规定的性能等级（PL）。

C.4.3.5 保护功能的安全完整性等级（SIL）或性能等级（PL）确定要求如下：

- a) 如果执行安全相关保护功能的组件没有相应的产品标准，用于防止设备不安全状态或其故障不会直接导致危险情况发生，其保护功能应符合SIL 2或PL d级。用于防止特殊危险（如爆炸）或其故障可能直接导致设备发生危险情况，其保护功能应符合SIL 3或PL e级；
- b) 液体燃料燃烧器保护功能的SIL或PL等级应符合表C.2的要求；
- c) 气体燃料燃烧器保护功能的SIL或PL等级应符合表C.3的要求；
- d) 在可编程控制器的保护系统中，为防止控制燃料自动安全切断阀的继电器触点发生粘结，导致燃料自动安全切断阀不能有效关闭，应采取技术措施对继电器触点进行监视。

表C.2 液体燃料燃烧器保护功能的SIL或PL等级

保护功能	SIL	PL
供油压力	2	d
燃油预热温度	1	c
用于连续运行的火焰监测	2-3	d-e
空气验证	2	d
空气/燃料比例控制系统	2-3	d-e
自动燃烧器控制系统，包含： —预吹扫功能 —计时和顺序	2-3	d-e
与锅炉系统的安全链连接的端口	2-3	d-e
紧急停机	2-3	d-e

表C.3 气体燃料燃烧器保护功能的SIL或PL等级

保护功能	SIL	PL
燃气压力高	2	d
燃气压力低	2	d
关闭位置指示（CPI）	2	d
关闭指示器验证（POC）	2	d
2只切断阀+阀门检漏系统（VPS）	2-3	d-e
用于连续运行的火焰监测	2-3	d-e
空气验证	2	d
空气/燃料比例控制系统	2-3	d-e
自动燃烧器控制系统，包含： —预吹扫功能 —计时和顺序	2-3	d-e
与锅炉系统的安全链连接的端口	2-3	d-e
紧急停机	2-3	d-e

C.4.4 可编程控制器的保护系统的硬件设计

C.4.4.1 一般要求

C.4.4.1.1 在设计和开发期间应采用各种技术避免（防止引入）系统故障，并在保护系统及其组件中应用设计特征（例如自检、冗余），以控制运行期间的随机和系统故障。

保护系统的设计、故障评估及其安全性证明，应按照图C.7的故障评估流程图进行故障分析。利用图C.7的故障评估流程，可以排除由保护系统的单一故障引起的危险情况。

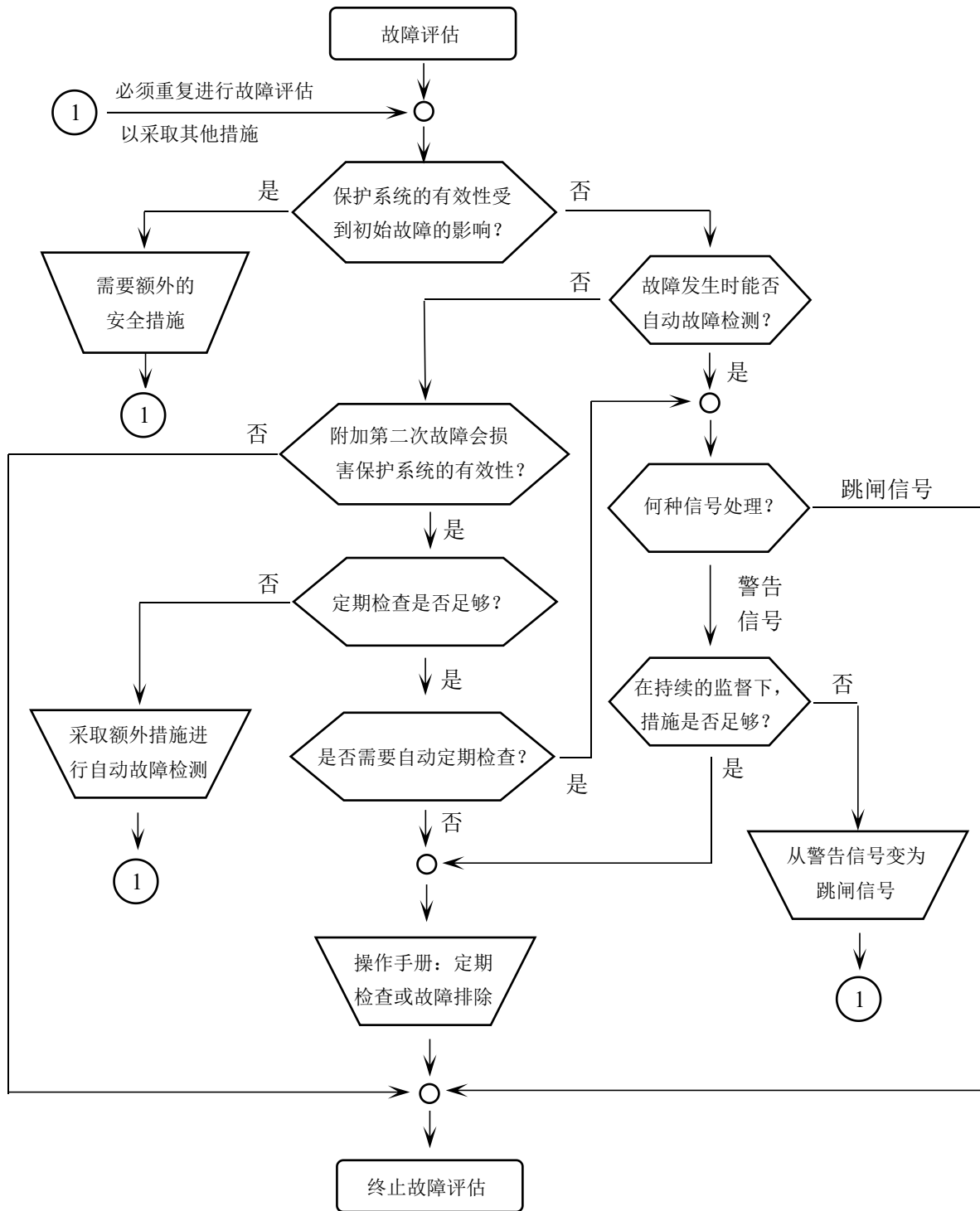


图 C.7 保护系统的硬接线部分的故障评估流程图

C.4.4.2 防止内部故障

C.4.4.2.1 保护系统的设计应满足以下要求：

- a) 不应发生可能损害保护系统有效性的故障（通过故障避免技术）；
- b) 发生内部故障、在保护设备内或保护设备处发生外部影响时，其有效性不受影响，或燃烧系统保持在或进入安全状态（通过故障控制技术）。

C.4.4.2.2 不必考虑在不同组件中同时发生两个独立故障的情况。但是应按图C.7考虑第二个故障与未检测到的第一个故障的组合。任何由第一个故障引起的故障(连续故障)应与该第一个故障一起考虑。

C.4.4.2.3 对于间歇运行的系统,当在第一个故障和第二个故障之间执行了启动时序时,认为发生了第二个故障。

C.4.4.2.4 对于连续运行的系统,在第一个故障发生24小时后认为发生第二个故障。

C.4.4.3 硬件设计

C.4.4.3.1 通用要求

硬件设计的通用要求如下:

- a) 系统描述应易于理解和结构上有逻辑,并应清楚地描述安全理念和保护功能。
- b) 应明确规定所需的功能,发生故障时的反应,接口(软件,硬件)和系统内功能单元的允许环境影响。

C.4.4.3.2 保护系统的硬接线部分

C.4.4.3.2.1 保护系统的硬接线部分的构造应按图C.7进行故障评估,且最终能到达评估流程的终点。

C.4.4.3.2.2 根据图C.7对保护设备进行故障评估时,应评估辅助电源失效和连接线断裂的情况。如果某些元件受到此类故障的影响,应通过相关部件的单通道设计达到安全状态(例如,二进制电路中的常闭设计)。如果单通道设计无法确保达到安全状态(例如,二进制电路中的常开设计),则应提供第二个独立的跳闸通道,以保证该功能下保护系统(包括所有气动、液压和机械执行元件)的有效性。

C.4.4.3.2.3 对于非固态电路,至少应配备两个受监控的断开装置(即接触器或继电器),以实现燃烧器燃料供应的安全切断。

C.4.4.3.2.4 对于连续运行的燃烧器,如果不能按照图C.7以足够短的间隔进行定期检查,则应提供具有功能多样性或硬件多样性的断开装置(接触器、继电器),以切断全部燃料供应。

C.4.4.3.2.5 干簧管继电器不得用于任何保护功能。

C.4.4.3.2.6 硬件多样性可通过采用不同构造类型的机电开关装置实现,例如使用不同构造或设计的开关装置。功能多样性可通过闭路配置和开路配置的组合实现。

C.4.5 可编程控制器的保护系统的软件设计

C.4.5.1 应用软件要同时执行非安全和安全相关控制功能时,那么所有应用软件应作为安全相关处理,除非可以证明设计的功能之间有足够的独立性。

C.4.5.2 在应用层设计应包括数据完整性检查和合理性检查(例如通信链路检查、传感器输入边界检查、数据参数边界检查)。

C.4.5.3 应用软件设计应包括控制流和数据流的自监控,除非这类功能已经包括在嵌入式软件中。在失效检测方面,应采取恰当的行为,以达到或保持安全状态。

C.4.5.4 如果预先开发的软件库函数作为设计的一部分,应证明其满足软件安全要求规范的适合性。适合性应基于证明有类似功能性的类似应用中令人满意的操作,或预期任何新开发的安全相关软件应承担同一验证和确认程序。应评估来自先前软件环境(例如操作系统和编译器)的约束。

C.4.5.5 对应用软件的任何修改和变动应做影响分析,识别所有受影响的软件模块和必要的重新验证活动,以确定仍然满足软件安全要求规范。

C.5 燃烧器控制时序要求

液体和气体燃料燃烧器控制时序见表C.4。

表C.4 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 停机	联锁 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 D
(规范性)
阀门检漏装置技术要求

D.1 通用要求

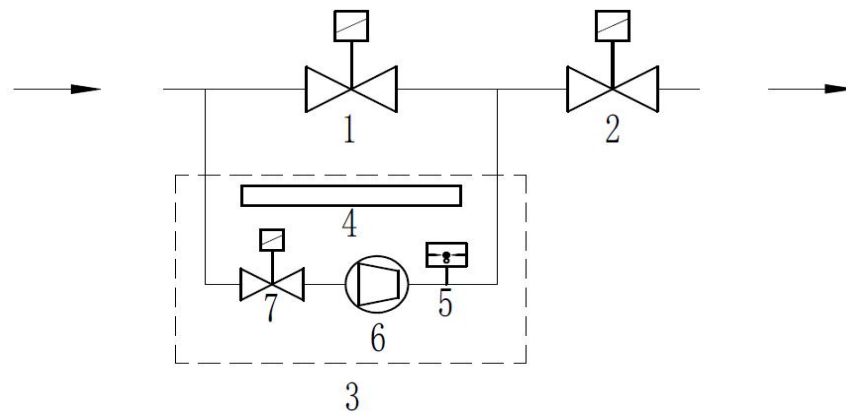
阀门检漏装置的通用要求如下：

- a) 阀门检漏装置也被称作阀门检漏系统（VPS），是通过检测燃气泄漏率，判断自动安全切断阀是否有效关闭的系统，通常由程序单元、检测装置、自动安全切断阀和其他功能组件组成；
- b) 阀门检漏装置用于检测至少2个自动安全切断阀间的泄漏；
- c) 当检测到一个安全切断阀或者阀的连接处或者2个阀门之间的燃气管路发生泄漏时，阀门检漏装置将给出信号阻止燃气燃烧器的启动；
- d) 使用电子元器件的VPS控制单元应符合C.1中C类要求。

D.2 阀门检漏装置典型系统

按被测安全切断阀间加压方式可将阀门检漏系统（VPS）分为增压式和逻辑式两类，各类系统要求如下：

- a) 增压式是指通过压力泵提供被测安全切断阀之间的压力，如图D.1所示。

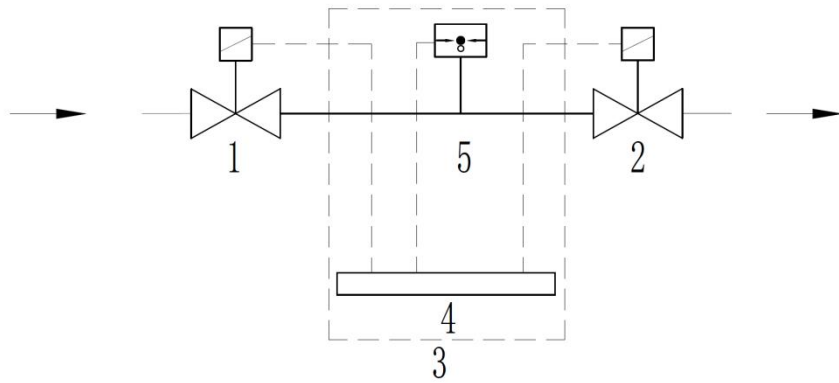


标引序号说明：

- | | | | |
|-------------|------------|-------------|-------------|
| 1——被测安全阀1 | 2——被测安全阀2 | 3——VPS | 4——VPS中控制单元 |
| 5——VPS中压力开关 | 6——VPS中压力泵 | 7——VPS中测试用阀 | |

图 D.1 增压式示意图

- b) 逻辑式是指通过燃气管路中燃气自身压力提供被测安全切断阀之间的压力，如图D.2和图D.3所示。



标引序号说明：

1——被测安全阀1

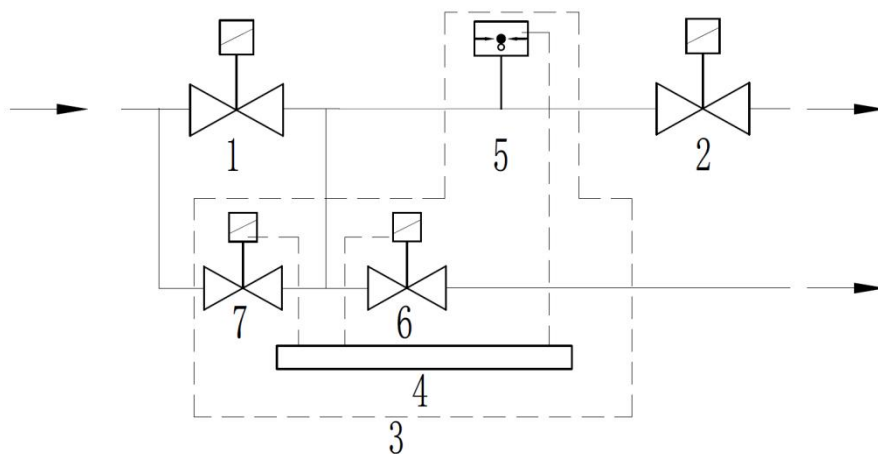
2——被测安全阀2

3——VPS

4——VPS中控制单元

5——VPS中压力开关

图 D.2 主阀逻辑式示意图



标引序号说明：

1——被测安全阀1

2——被测安全阀2

3——VPS

4——VPS中控制单元

5——VPS中压力开关

6——辅助阀1

7——辅助阀2

图 D.3 带辅助阀逻辑式示意图

D.3 结构要求

D.3.1 预设装置

预设装置要求如下：

- a) 预设装置只有使用工具才能调节，且调节后不得自行改变。说明书中未授权的调节装置应采用漆封等方法标记；
- b) 有密封功能的预设装置应采用 O 形圈密封或垫片密封，不应用螺纹密封。当 O 形圈或垫片密封的预设装置完全未紧固时，在最大进气压力下，预设装置不应脱落。

D.3.2 信号指示

当检测到发生泄漏时，应有信号报警输出。

D.3.3 设定

检测设定值及泄漏检测时间、压力泵通电时间、阀通电时间等关键安全时间允许调节时，说明书应规定调节方法，且只能使用工具才能调节。通过旋钮调节安全时间时，调节精度应为示值的±10%。调节方式应易于辨识。

D.4 功能要求

D.4.1 泄漏检测基本公式

允许泄漏率与被检测切断阀间容积、管道压力、检测压力、泄漏检测时间的关系应满足式 (D.1) 的要求。

$$Q_{\text{Leak}} = \frac{|P_G - P_W| \times V \times 3600}{P_{\text{atm}} \times t_{\text{Test}}} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

Q_{Leak} ——允许泄漏率，单位为升每小时 (L/h)；

P_G ——管道压力，单位为千帕 (kPa) (测试阶段开始时，待测阀门间管道段的压力值)；

P_W ——检测压力，单位为千帕 (kPa) (压力开关设定的超压值，通常设为燃气主管压力的50%)；

P_{atm} ——绝对压力，单位为千帕 (kPa) (标准大气压为101.3 kPa)；

V ——被检测切断阀间积，单位为升 (L) (封闭的测试空间容积，含阀门内部空间)；

t_{Test} ——泄漏检测时间，单位为秒 (s)。

D.4.2 允许泄漏率极限与检测限值

D.4.2.1 允许泄漏率 (Q_{Leak}) 的最大极限值取决于燃烧器的额定耗气量，最大极限值允许从50L/h到燃烧器额定耗气量的0.1%。

D.4.2.2 当泄漏率达到检测限值，VPS应给出报警信号，检测限值通过测量以下三个数值点的实际或推断值来验证符合性：

- a) 50 L/h；
- b) 标称的最大值；
- c) 中点值/或标称的最小值。

D.4.3 时间设置

D.4.3.1 增压泵通电时间

对于增压式VPS，增压泵通电时间不应大于标称值，且当因内部失效（如磨损、调节精度降低等类似因素）而延长时，延长后的时间也不应大于标称值。

D.4.3.2 安全切断阀通电时间

对于逻辑式 VPS，安全切断阀的通电时间要求如下：

- a) 被测安全切断阀的通电时间不应大于 3 s；
- b) 带有辅助阀的 VPS(见图 D.3)，辅助阀释放的燃气量不大于燃烧器额定耗气量的 0.083 % (被

测安全切断阀开启 3s 内燃烧器耗气量与燃烧器额定耗气量的比值) 时, 辅助阀通电时间可以大于 3 s。

D. 4. 3. 3 泄漏检测时间

泄漏检测时间 (t_{Test}) 不应小于式 (D. 1) 的计算值。

D. 4. 3. 4 故障响应时间

当检测到泄率量达到检测极限值时, 故障报警响应时间不应超过检测到功能故障后的1秒。

D. 4. 4 程序功能

VPS 的检测程序要求如下:

- a) 当增压式泄漏率不大于检测限值或逻辑式未达到检测设定值时, VPS 程序应允许燃气安全切断阀打开; 当增压式泄漏率大于检测限值或逻辑式达到检测设定值时, 程序应阻止燃气安全切断阀打开, 并进行连锁保护;
- b) VPS 每次操作过程中, 燃气的最大释放量 (体积量) 不应超过燃烧器额定耗气量的 0.083 %;
- c) 当 VPS 控制单元中安全电路断电时, 应直接关闭主燃气安全切断阀和点火燃气阀, 或由燃烧控制器关闭主燃气安全切断阀和点火燃气阀。

D. 4. 5 自检功能

VPS 的自检要求如下:

- a) VPS 每次循环都应进行自检;
- b) 如果出现内部故障发出假信号, VPS 不应给燃烧器点火和开阀信号;
- c) 自检过程中应检测压力开关装置是否正常。

D. 4. 6 锁定功能

VPS 的锁定要求如下:

- a) 锁定动作可由 VPS 自身执行也可由 VPS 所应用的燃烧器的控制器执行。可以引发易失锁定或非易失锁定。当检测到锁定功能失效时, 系统应进行安全关闭。
- b) 在每次启动顺序中应检测锁定功能是否正确。对于机械部件的执行机构, 检测锁定功能时只需检验机械开关是否正常动作。

每次上电重启时应检测VPS存储的锁定状态。

D. 4. 7 主电源中断

主电源的中断和重启不应影响程序顺序的安全性, 当主电源的中断和重启导致VPS重启和解除连锁时, VPS应从程序顺序的起始位置进行启动。

附 录 E
(规范性)
燃气压力调节器技术要求

E.1 通用要求

进口压力不大于500 kPa的燃气压力调节器，在下列条件下应能正常工作：

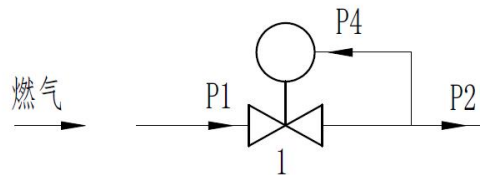
- a) 最小至最大工作压力范围内；
- b) 标称的环境温度下；
- c) 标称的所有安装位置；
- d) 电动式的压力调节器，当工作电压或电流在额定值的85 %~110 %时；
- e) 使用直流供电系统压力调节器，当工作电压在额定值的80 %~120 %时。

E.2 种类和分级

E.2.1 种类

燃气压力调节器按稳压型式分类如下：

- a) 自力式压力调节器示意图见图E.1。



标引序号说明：

1——自力式压力调节器

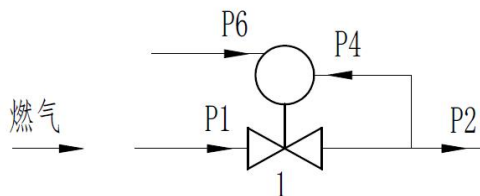
P2——燃气出口压力

P1——燃气入口压力

P4——燃气反馈压力

图 E.1 自力式压力调节器示意图

- b) 带辅助能源的压力调节器示意图见图E.2。



标引序号说明：

1——自力式压力调节器

P4——燃气反馈压力

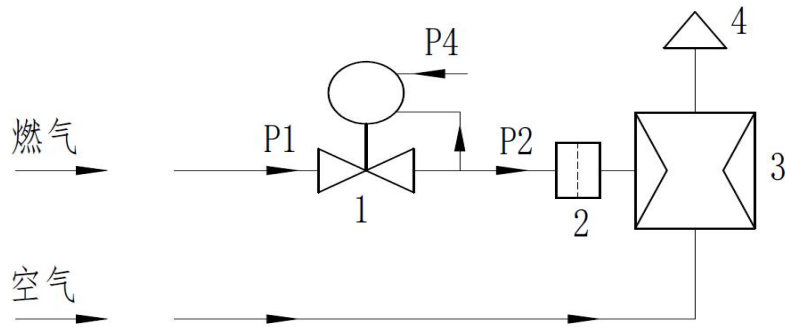
P1——燃气入口压力

P6——辅助能源连接(用于改变出口压力设置)

P2——燃气出口压力

图 E.2 带辅助能源的压力调节器示意图

c) 零压压力调节器示意图见图 E. 3。



标引序号说明：

- | | | |
|------------|------------|---------------|
| 1——零压压力调节器 | 2——节流孔 | 3——混合器（例如文丘里） |
| 4——燃烧器 | P1——燃气入口压力 | P2——燃气出口压力 |
| | | P4——大气压力 |

图 E. 3 零压压力调节器示意图

E. 2. 2 分级

根据入口压力和流量变化条件所能达到的稳压能力，燃气压力调节器分为A级、B级和C级，分级要求见表E. 1。

表E. 1 压力调节器分级表

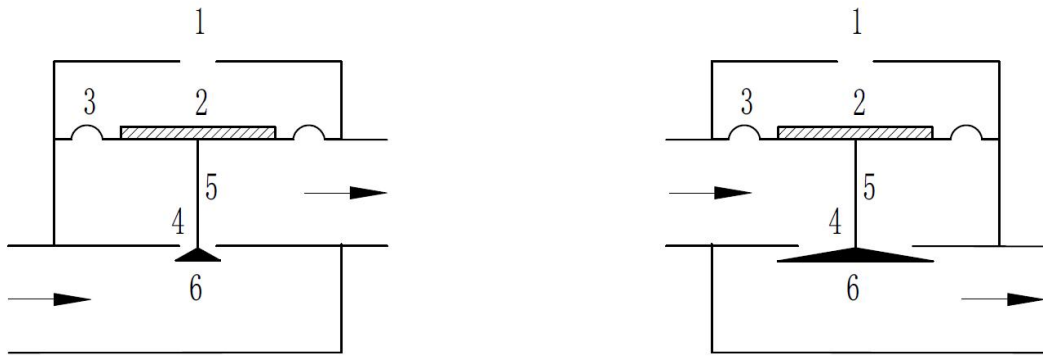
压力调节器分级		出口压力最大偏差		
		%		
		人工煤气	天然气	液化石油气
A 级	流量和进口压力在标称范围内均任意变化	±15	±15	±15
B 级	每个流量下，进口压力在从最小至最大变化时	+15 -20	+10 -15	±10
	每个进口压力下，流量在从最小至最大范围内变化时	+40 0	+40 0	+40 0
C 级	流量不变（在流量范围内）	+15	+10	±10
		-20	-15	

E. 3 结构和材料要求

E. 3. 1 燃气压力调节器的典型结构

燃气压力调节器是进口压力和/或流量在给定范围内无论如何变化，出口压力保持稳定在给定范围内的装置。其典型结构示例如下：

a) 通过配重调压的结构示意图见图E. 4。

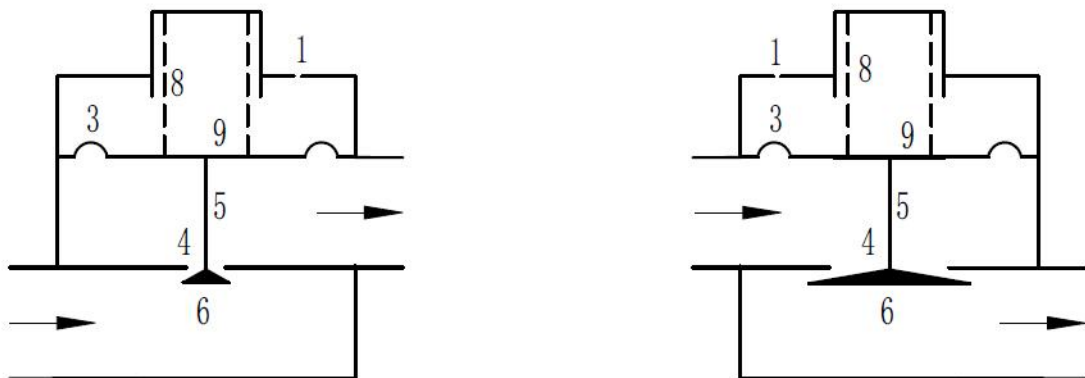


标引序号说明:

- | | | | |
|--------|-------|---------|-------|
| 1——阻尼孔 | 2——配重 | 3——工作膜片 | 4——阀座 |
| 5——阀杆 | 6——阀塞 | | |

图 E.4 通过配重调压的结构示意图

b) 通过弹簧调压的结构示意图见图E. 5。

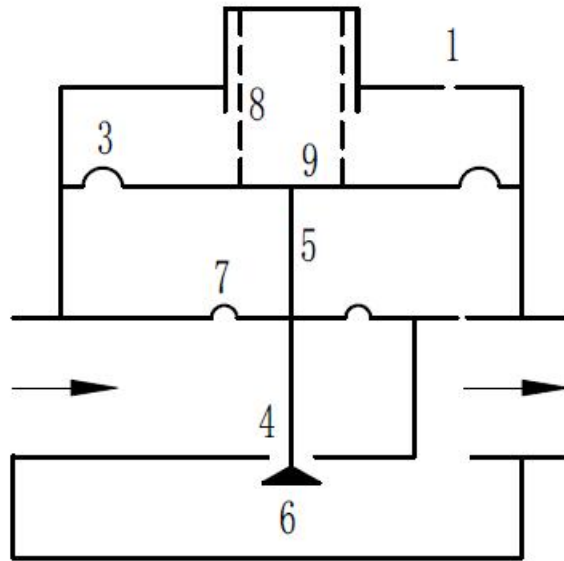


标引序号说明:

- | | | | |
|--------|---------|---------|-------|
| 1——阻尼孔 | 3——工作膜片 | 4——阀座 | 5——阀杆 |
| 6——阀塞 | 8——弹簧 | 9——膜片托盘 | |

图 E.5 通过弹簧调压结构示意图

c) 带补偿膜片通过弹簧调压的结构示意图见图E. 6。



标引序号说明:

- | | | | |
|--------|---------|-------|---------|
| 1——阻尼孔 | 3——工作膜片 | 4——阀座 | 5——阀杆 |
| 6——阀塞 | 7——补偿膜片 | 8——弹簧 | 9——膜片托盘 |

图 E.6 带补偿膜片通过弹簧调压的结构示意图

E.3.2 结构和材料

E.3.2.1 阻尼孔

燃气压力调节器的阻力孔要求如下:

- a) 对于未配备排空管连接的带膜片的压力调节器,其阻尼孔的设计应确保当膜片损坏时,在最大进口压力下泄漏速率应不超过70 dm³/h;
- b) 若使用泄漏速率限制器,其应能承受3倍的最大入口压力。若采用安全膜片作为泄漏速率限制器,则在发生故障时,该安全膜片不得替代工作膜片的功能;
- c) 阻尼孔应设计为防堵塞结构,或布置在不易被堵塞的位置。其位置应确保尖锐物体无法通过阻尼孔刺穿膜片;
- d) 对于进口压力50 kPa以下的压力调节器,阻尼孔泄漏速率不超过70 dm³/h的要求,可通过以下替代方案满足:
 - 1) 阻尼孔最大直径不超过1毫米;
 - 2) 调节装置膜片破裂时,控制元件应移动至关闭或全开位置;
 - 3) 膜片的应力温度满足阻尼孔泄漏测试要求;
 - 4) 完成阻尼孔泄漏测试后,泄漏速率仍需满足压力调节器泄漏量的要求。

E.3.2.2 材料

燃气压力调节器壳体应使用满足强度、韧性和介质适应性要求的材料。

E.3.2.3 弹簧

为燃气压力调节器提供压力调节的弹簧只能安装一根,不能使用多根弹簧。并满足以下要求:

- a) 金属丝直径小于等于2.5 mm的弹簧应由耐腐蚀材料制成;

b) 金属丝直径大于2.5 mm的弹簧可由耐腐蚀材料制成,或采用具有防腐蚀保护的其他材料制成。

E.3.2.4 耐腐蚀和表面保护

与燃气或大气接触的部件应由耐腐蚀材料制成,或进行适当的保护。对弹簧和其他活动部件的防腐蚀保护不应因任何移动而受损。

E.4 性能要求

E.4.1 气密性

燃气压力调节器的气密性试验要求如下:

- a) 燃气压力调节器应分别在最低使用温度、最高使用温度以及 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行气密性试验,空气泄漏率不应超过表B.2的规定值;
- b) 带超压关闭功能的压力调节器,应进行内部气密性试验;不带超压关闭功能的压力调节器,内部气密性不适用;
- c) 在拆下和重新装配闭合元件5次后,再次进行外部气密性试验,压力调节器的空气泄漏率不应超过表B.2的规定值。

E.4.2 额定流量

燃气压力调节器应进行流量测试,最大测试流量应至少达到额定流量的0.95倍。

E.4.3 功能要求

E.4.3.1 A级压力调节器性能

进口压力在最小至最大范围内,流量在标称的最小至最大范围内,出口压力与出口设定压力的偏差不应超过表E.1中给出的值或 $\pm 0.1\text{ kPa}$ (取较大者),且标称的最小流量与最大流量相差10倍以上。

E.4.3.2 B级压力调节器性能

B级压力调节器的性能要求如下:

- a) 流量在标称的最小至最大范围内任一值时,进口压力在最小至最大范围内,出口压力与出口设定压力的偏差不应超过表E.1中给出的值或 $\pm 0.1\text{ kPa}$ (取较大者);
- b) 进口压力在最小至最大范围内任一值时,流量在标称的最小至最大范围内变化时,出口压力与出口设定压力的偏差不应超过表E.1中给出的值或 $\pm 0.1\text{ kPa}$ (取较大者)。

E.4.3.3 C级调压调节器性能

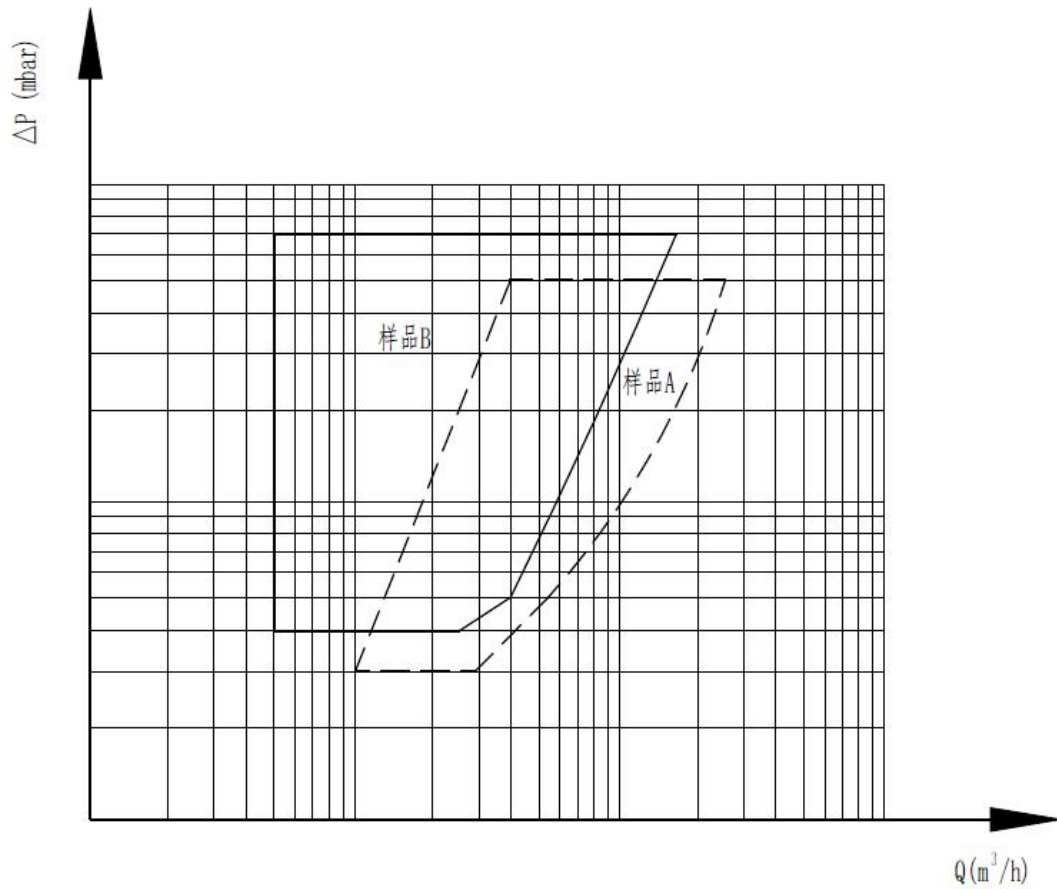
流量在标称的最小至最大范围内的任一值时,进口压力在最小至最大范围内,出口压力与出口设定压力的偏差不应超过表E.1中给出的值或 $\pm 0.1\text{ kPa}$ (取较大者)。

E.4.3.4 压差

应对燃气压力调节器进行压差测试,调节进口压力,使其比在最小进口压力和最大流量条件下的出口压力值低 0.1 kPa ,在阀门全开时,测量的压差不应大于标称压差的10%。

E.4.3.5 性能曲线

制造商应提供压差与额定流量特性曲线,参考图E.7。



说明:

X——燃气或空气的额定流量: 以m³/h为单位;

Y—— Δp , 以 Pa 或 kPa 为单位;

虚线—— 被测样品A的特性性能;

实线——被测样品B的特性性能。

图 E. 7 压差与额定流量特性曲线示意图

E. 4. 4 耐久性

E. 4. 4. 1 燃气压力调节器应进行耐久性测试, 测试包括50000个循环, 控制部件的每个全开和全关位置至少保持5秒钟, 在这50 000个循环中应满足下列要求:

- a) 25 000次循环是在标称的最高环境温度下进行的, 温度至少要在60 °C以上;
- b) 25 000次循环是在标称的最低环境温度下进行的, 温度最高为0 °C。

E. 4. 4. 2 进行耐久性测试后, 气密性应满足E. 4. 1的要求, 功能应满足E. 4. 3的要求。

E. 4. 5 关闭能力

具有关闭能力的燃气压力调节器, 在出口流量中断时, 出口压力的上升幅度不应超过最大流量的5 %时的对应出口压力的15 %或0.75 kPa(取较大者)。

附 录 F
(规范性)
燃烧器试验、检验及检测

F.1 型式试验、出厂检验、在用检测及改造后检测项目

燃烧器在其生命周期的各个阶段应进行不同类型的试验、检验和检测。在产品定型阶段应进行型式试验（实验室试验或现场试验），在产品出厂时应进行出厂检验，在使用期间应进行在用检测，在使用期间若有改造，应进行改造后检测或型式试验，各项试验、检验和检测的项目按表F.1的要求。

表 F.1 型式试验、出厂检验、在用检测和改造后检测项目

序号	检测项目	检验检测类别				
		型式试验		出厂检验	在用检测	改造后检测
		实验室试验	现场试验			
1	结构与检查	●	●	●	●	●
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	●	—	—	—	—
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	●	—	—	—	—
22	安全停机、联锁保护和报警测试	●	●	●	●	●
23	控制箱接地电阻测试	●	●	—	—	—
24	自振动测试	●	●	—	—	—
25	外壳防护等级检查	●	●	—	—	—
26	紧急停机测试	●	●	●	●	●

●要求做 —不做。

F.2 型式试验条件

F.2.1 试验燃料要求

F.2.1.1 燃料粘度和氮含量

测试用液体燃料要求如下：

- a) 应使用在燃烧器入口处粘度为 $1.6 \text{ mm}^2/\text{s} \sim 6.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$ 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，应测定其粘度和氮含量。

F.2.1.2 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。

F.2.1.3 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、粘度 ($20 \text{ }^\circ\text{C}$)、密度、净热值。

F.2.2 试验环境条件与系统要求

F.2.2.1 试验环境条件要求如下：

- 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 $5 \text{ }^\circ\text{C} \sim 35 \text{ }^\circ\text{C}$ ，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 $5 \text{ g/kg} \sim 30 \text{ g/kg}$ 。

F.2.2.2 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 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ；
- b) 燃气温度为 $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ；
- c) 大气压力为 101.325 kPa ；
- d) 0°C 时干燥空气湿度为含水量 0 g/kg 。

F.2.2.3 试验系统要求如下：

- 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。

F.2.3 测试炉的要求

F.2.3.1 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 ≤ 7000 kW 的测试炉；
- b) 输出热功率 > 7000 kW 的测试炉。

F.2.3.2 输出热功率 ≤ 7000 kW的测试炉结构

测试炉的结构见图F.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 F.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（F.1）计算得出。

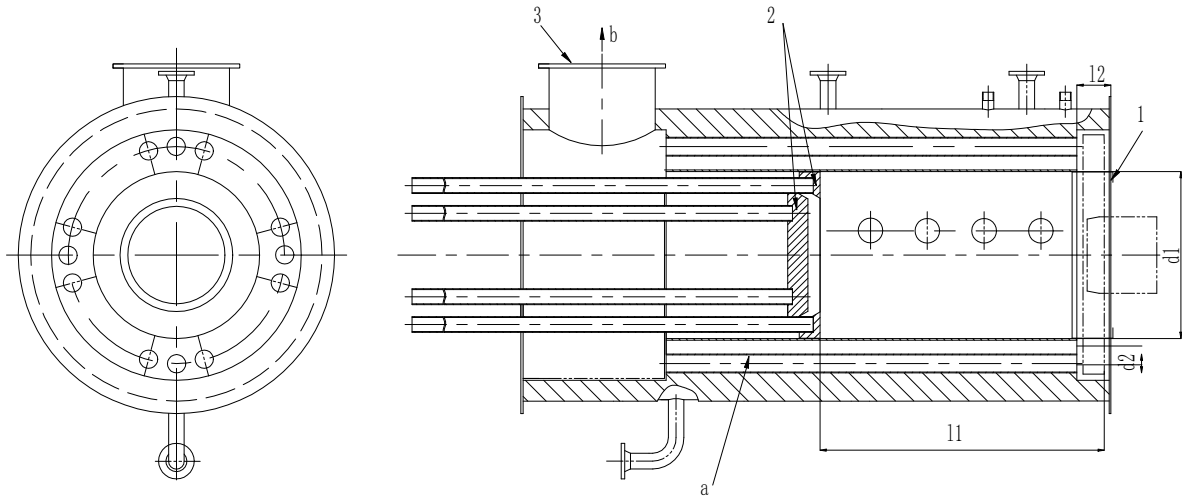
$$l_1 = 0.23 \sqrt{\frac{Q_F}{10}} \dots\dots\dots (F.1)$$

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者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		根数	l_2 mm
	d_2 mm			
	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）L2+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，应在报告中注明;

b——烟气流动方向。

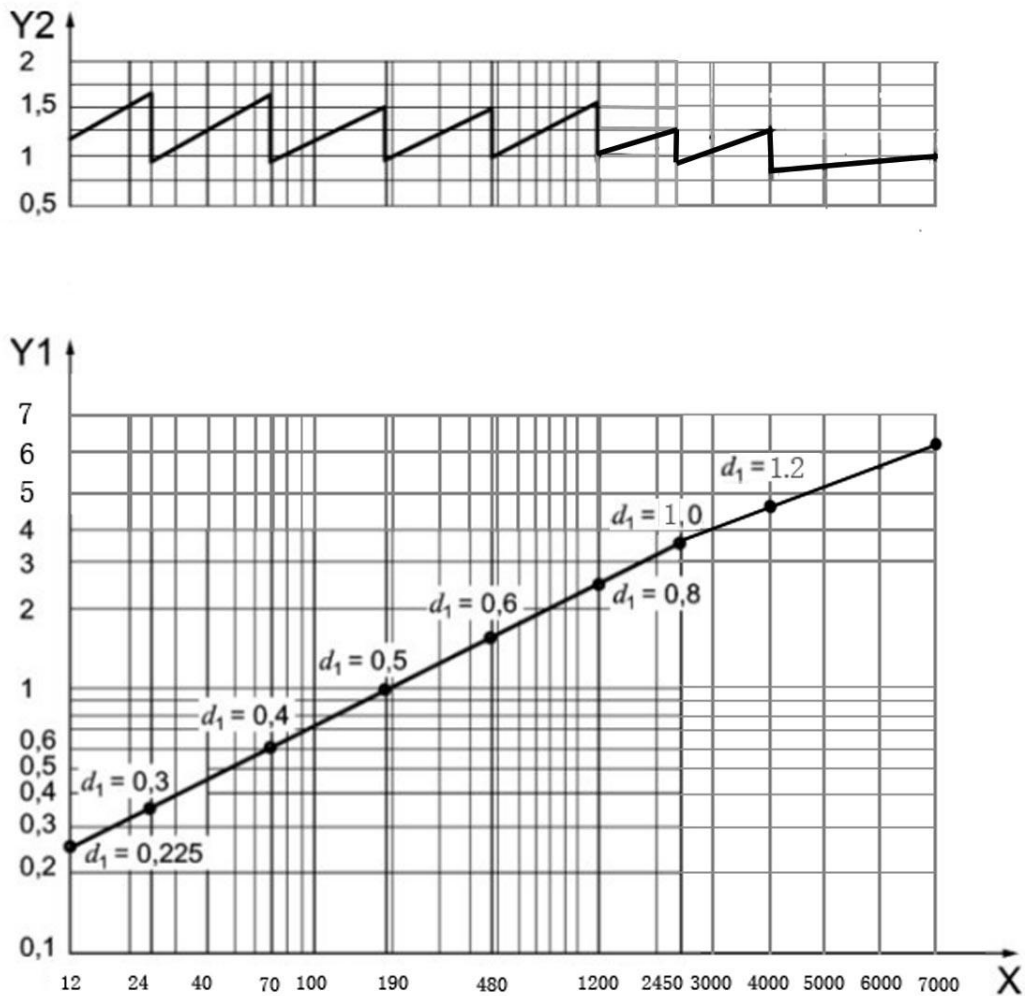
d_1 ——燃烧室直径;

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 F.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/立方米 (MW/m^3)；

d_1 ——测试炉直径，单位为米 (m)。

图 F.2 测试炉容积热负荷、直径、长度与输出热功率 Q_F 的关系

F.2.3.3 输出热功率 > 7000 kW 的测试炉结构

输出热功率大于7000 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注明容积热负荷。炉膛的设计要求如下：

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

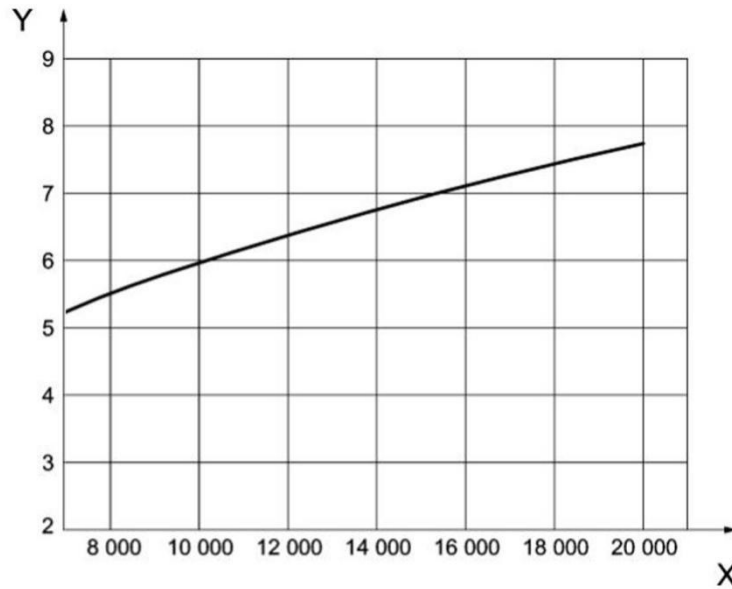
f) 炉膛长度 l_1 应由式 (F. 2) 计算得出,

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

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 F. 3 最小炉膛长度与输出热功率关系曲线

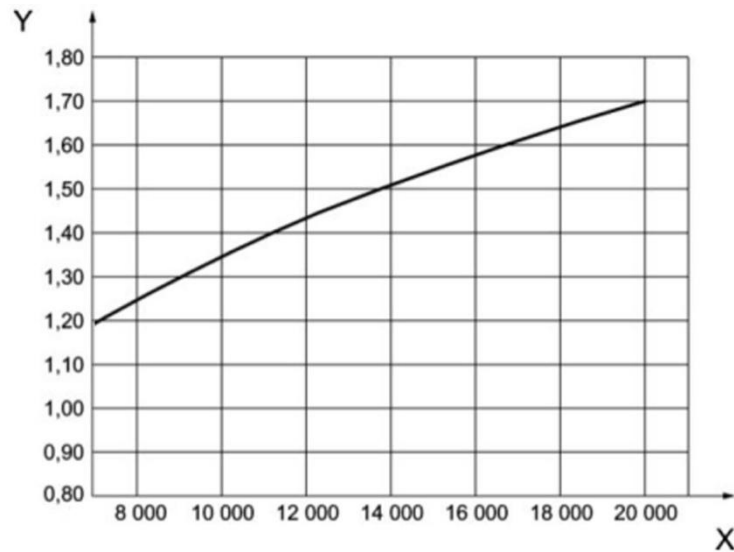
- g) 测试炉应配备一只调节挡板, 能够改变燃烧室出口或烟道中的压降, 通过该装置调节燃烧室的压力;
- h) 除前墙和后墙外, 所有的炉墙都应冷却;
- i) 测试炉应安装密封的观察孔, 能够观察火焰, 并且在观察孔上布置压力测点, 测量燃烧室内压力;
- j) 允许火焰冲刷到水冷后墙上;
- k) 在负压条件下工作的燃烧器的测试, 应在测试炉系统中的下游安装引风机, 通过手动调节装置或者自动控制系统来调节燃烧室的压力;
- l) 炉膛直径 d_1 应由式 (F. 3) 计算得出,

$$d_1 = 0.13503 \sqrt[3]{\frac{Q_F}{10.1}} \dots\dots\dots (F. 3)$$

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 F.4 最小炉膛直径与输出功率的关系曲线

F.2.3.4 冷却介质要求

冷却介质要求如下:

- a) 冷却介质的温度应尽可能低, 在下列情况下应保持在 15 °C~60 °C 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 °C~80 °C 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。

F.2.3.5 测点布置

测点布置要求如下, 见图F.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 0.15D, 距离测试炉后墙的距离为 2D 处;
- c) 烟气温度测量点, 布置在距离烟道压力测点 0.15D。

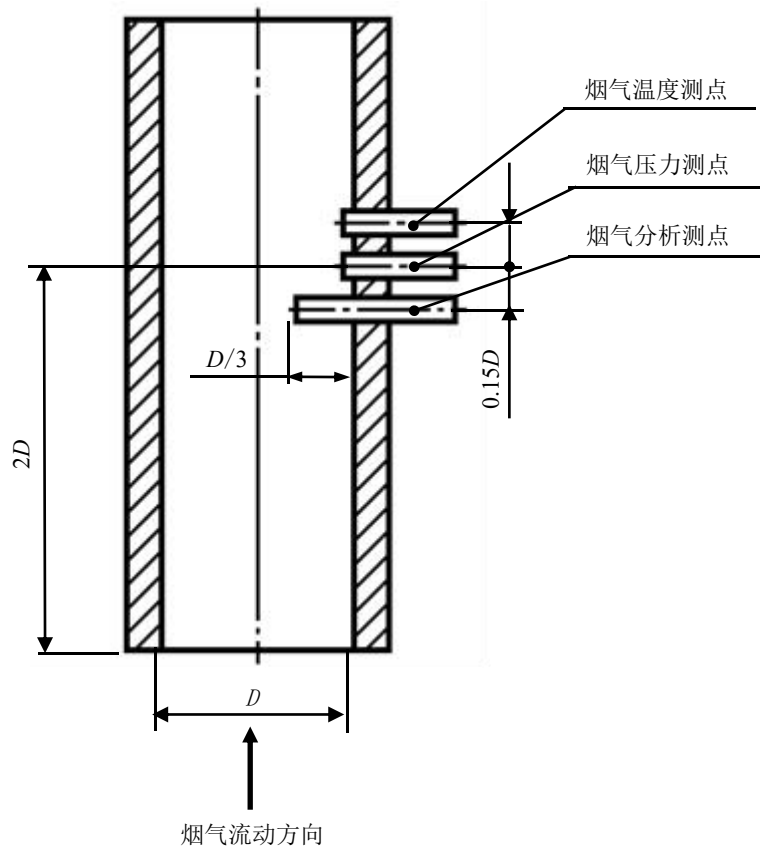


图 F.5 烟气测量部件简图

F.2.4 测试精度

F.2.4.1 测试设备精度

型式试验的测试设备应符合表F.2的精度要求。

表 F.2 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 °C
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 °C
9	流量测量仪器	±0.5 %满量程

表 F.2 (续)

序号	试验仪器	精度
10	长度测量仪器	±1 %满量程
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 或 ±5 %
14	NO _x 含量	±5 ml/m ³ 或 ±5 %
15	计时器	±0.1 s
16	声级计	2 级
17	振动检测仪	±0.2mm/s
18	接地电阻测试仪	±2.0 %±0.1 Ω
19	红外测温仪	±2.5 °C
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。		

F.2.4.2 测试项目精度

型式试验测试项目的精度应符合表F.3的要求。

表 F.3 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 或 ±5 %
9	NO _x 含量	±10 ml/m ³ 或 ±5 %
10	燃料温度	±2.5 °C
11	噪声	2 级
12	接地电阻	±2.0 %±0.1 Ω
13	表面温度	±3.5 °C
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。		

F.3 型式试验方法

F.3.1 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。

F.3.2 结构与设计检查

应检查燃烧器的结构与设计是否符合本文件的有关要求，具体检查项目见表F.4。

表 F.4 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		液体流量调节装置	4		燃气流量调节装置
5		过滤装置	5		过滤装置
6		材料	6		材料
7		燃烧器固定	7		燃烧器固定
8		螺纹与法兰连接	8		螺纹与法兰连接
9		电气设备及电缆固定	9		电气设备及电缆固定
10		部件封装	10		部件封装
11		电器防护等级	11		电器防护等级

F.3.3 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，是否符合本文件的有关要求。具体检查项目见表F.5。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 F.5 安全与控制装置检查项目

序号	检查项目	
	液体燃料燃烧器	气体燃料燃烧器
1	点火装置	点火装置
2	火焰监测装置	火焰监测装置
3	安全切断阀布置	主燃气控制阀系统
4	前吹扫功能	前吹扫功能

表 F.5 (续)

序号	检查项目	
	液体燃料燃烧器	气体燃料燃烧器
5	后吹扫功能	后吹扫功能
6	安全联锁	安全联锁
7	空气/燃料控制	空气/燃料控制
8	燃料预热	系统关闭
9	警示标识	警示标识

F.3.4 技术文件与铭牌检查

检查出厂技术文件、产品使用说明书、铭牌等是否符合本文件的有关要求。

F.3.5 泄漏测试

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。

F.3.6 启动测试

燃烧器按F.2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。

F.3.7 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。

F.3.8 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。

F.3.9 启动热功率测量

F.3.9.1 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。

F.3.9.2 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 (F.4) 或式 (F.5) 来计算：

$$Q_N = 0.278 M_N \times H_i \dots\dots\dots (F.4)$$

$$Q_N = 0.278 V_N \times H_i \dots\dots\dots (F.5)$$

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，在公式(F.4)中单位为兆焦每千克（MJ/kg），公式(F.5)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（F.6）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（F.7）对体积流量进行修正。

$$M_0 = M \sqrt{\frac{101.325 + p}{p_{at} + p} \frac{273.15 + t_g}{273.15} \frac{d_r}{d}} \dots\dots\dots (F.6)$$

式中：

M_0 ——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。

$$V_0 = V \sqrt{\frac{101.325 + p}{101.325} \frac{p_{at} + p}{101.325} \frac{273.15}{273.15 + t_g} \frac{d}{d_r}} \dots\dots\dots (F.7)$$

式中：

V_0 ——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_0 与 V_0 可通过式（F.8）进行转换：

$$M_0 = 1.226 \times V_0 \times d \dots\dots\dots (F.8)$$

b) 液体燃料燃烧器输出热功率可通过式（F.9）计算：

$$Q_N = 0.278B \times H_i \dots\dots\dots (F.9)$$

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）。

F.3.10 点火测试

F.3.10.1 气体燃料燃烧器

型式试验时，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。

在用检测时，检查燃烧器点火应可靠，迅速，运行时主火焰无脱火、回火现象，火焰根部应无飘动。

F.3.10.2 液体燃料燃烧器

型式试验时，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 至 80 °C 之间；
- b) 助燃空气温度和实验室温度在 5 °C 至 35 °C 之间。

在此状态下，验证是否满足 7.3.4 的要求。

在用检测时，检查燃烧器点火应可靠，迅速，运行时主火焰无脱火、回火现象，火焰根部应无飘动。

F.3.11 安全时间测量

安全时间测量按照下列方法进行：

- 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监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，平均值应符合 7.1.4 的要求。

F.3.12 火焰故障测试

火焰故障测试按下列方法进行：

- a) 燃烧器点火前，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。
- b) 燃烧器运行中，将火焰监测装置从燃烧器中拔出，测试结果应满足 7.1.8.3 的要求。

F.3.13 火焰稳定性测试

F.3.13.1 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（0.85~1.1 倍额定电压）运行状态。

F.3.13.2 根据锅炉对燃烧器的要求，还应根据本文件工作曲线上相应测量点的要求，进行火焰稳定性试验。

F.3.13.3 试验期间，目测火焰稳定性应符合 7.3.1 的要求。

F.3.14 电压改变测试

F.3.14.1 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。

F.3.14.2 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 F.6 和图 F.7 中测点 1 状态下，按照表 F.6 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 2000 mg/m³；
- b) 在图 F.6 和图 F.7 中测点 1 状态下，按照表 F.6 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 %（体积浓度），并且能保证连续安全运行，否则应安全停机。

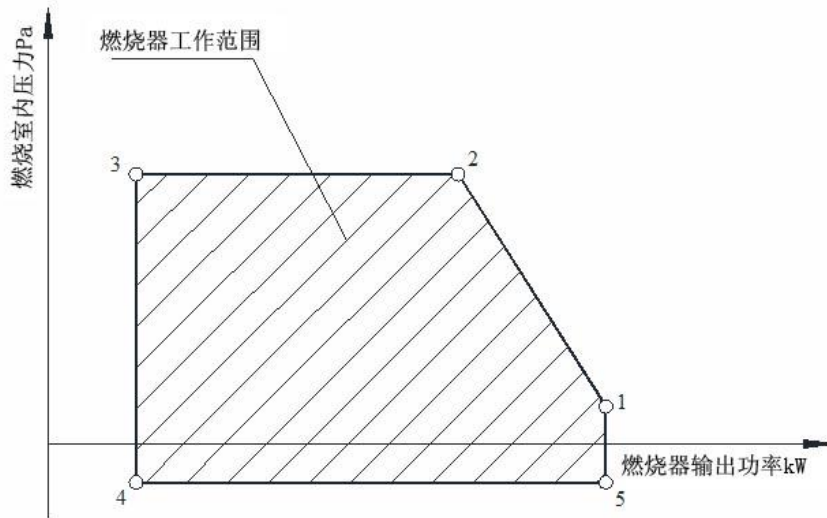


图 F.6 单级调节燃烧器工作曲线和测点图

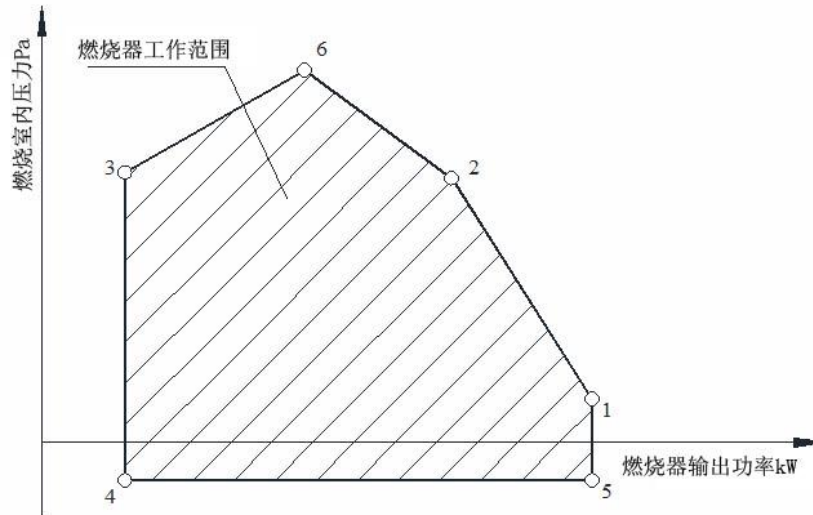


图 F.7 多级调节式或连续调节式燃烧器工作曲线和测点图

表 F.6 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

注1: 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2: 测点1~测点6参见图F.6和图F.7。

F.3.15 耐热性能测试

耐热性能测试按照下列方法进行：

- a) 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；
- b) 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。

F.3.16 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：

- a) 测量燃烧器在未运行时控制装置与安全装置的表面温度；
- b) 在额定电压下，将燃烧器的输出热功率调整至最大值，燃烧室压力调整至最小值、过量空气系数(α)调整至设计值；
- c) 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。

F.3.17 输出热功率范围测试

F.3.17.1 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：

- a) 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)调整至小于或者等于 1.2；
- b) 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；
- c) 实时记录燃料输入量；
- d) 测试持续时间为 20 min，试验数据每隔 5 min 记录一次；
- e) 按照 F.3.9.2，计算出燃烧器的最大输出热功率。

F.3.17.2 最小输出热功率测试

最小输出热功率测试按照下列方法进行：

- 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 F.6 和表 F.7 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 F.3.9.2，计算出燃烧器的最小输出热功率。

F.3.17.3 现场运行工况下最大输出热功率测试

现场运行工况下最大输出热功率测试按照下列方法进行：

- a) 在运行工况下，在燃烧器能克服燃烧室最大压力的情况下，将燃烧器输出热功率调整至最大值，过量空气系数(α)调整至小于或者等于 1.2；

- b) 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；
- c) 实时记录燃料输入量；
- d) 测试持续时间为 20 min，试验数据每隔 5 min 记录一次；
- e) 按照 F.3.9.2，计算出燃烧器的运行工况下的最大输出热功率。

F.3.17.4 现场运行工况下最小输出热功率测试

现场运行工况最小输出热功率测试按照下列方法进行：

- a) 在运行工况下，在燃烧器适应燃烧室最小压力情况下，将燃烧器输出热功率调整至最小值，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 F.6 和表 F.7 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 F.3.9.2，计算出燃烧器的运行工况下的最小输出热功率。

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 F.7 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F.6和图F.7。						

F.3.18 燃烧产物排放测试

F.3.18.1 烟气成分测试

在燃烧器工作曲线各测点（见图F.6和图F.7）的测试中，用烟气分析仪对烟气成分进行分析测量，其中烟气分析测点按图F.5布置。

F.3.18.2 烟气黑度测试

根据燃烧器工作曲线各点（见图F.6和图F.7）的要求，用烟气黑度测量仪器测试烟气黑度。

F.3.18.3 排放物的测量与计算

现场测量出的排放物浓度应折算到干烟气，标准状况下（温度为273.15 K，压力为101.325 kPa），烟气含氧量3.5 % 条件下的数值，液体燃料还应去除燃料中氮含量的影响。计算结果应符合7.4.1的要求。

F.3.19 噪声测试

噪声测试在燃烧器处于额定输出热功率或现场运行工况下最大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。

F.3.20 工作曲线测试

F.3.20.1 测试持续时间

测试持续时间要求如下：

- 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。

F.3.20.2 测试要求

F.3.20.2.1 一般要求

测试要求一般规定如下：

- 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技术规范的规定。

F.3.20.2.2 燃烧器工作曲线和测点图

工作曲线中的各个测试点参照图F.6和图F.7进行。

F.3.20.2.3 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F.6、表F.7要求。

F.3.20.3 工作曲线测试方法

F.3.20.3.1 液体燃料燃烧器

F.3.20.3.1.1 测点1的测试

F.3.20.3.1.1.1 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， $\alpha \leq 1.2$ 。

F.3.20.3.1.1.2 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。

F.3.20.3.1.2 测点2的测试

F.3.20.3.1.2.1 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， $\alpha \leq 1.2$ 。

F.3.20.3.1.2.2 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。

F.3.20.3.1.3 测点3的测试

F.3.20.3.1.3.1 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， $\alpha \leq 1.5$ 。

F.3.20.3.1.3.2 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。

F.3.20.3.1.4 测点4的测试

F.3.20.3.1.4.1 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， $\alpha \leq 1.5$ 。

F.3.20.3.1.4.2 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)。

F.3.20.3.1.5 测点5的测试

F.3.20.3.1.5.1 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， $\alpha \leq 1.2$ 。

F.3.20.3.1.5.2 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)。

F.3.20.3.1.6 测点6的测试

F.3.20.3.1.6.1 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， $\alpha \leq 1.2$ 。

F.3.20.3.1.6.2 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)。

F.3.20.3.2 气体燃料燃烧器

F.3.20.3.2.1 测点1的测试

F.3.20.3.2.1.1 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, $\alpha \leq 1.2$ 。

F. 3. 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 F. 3. 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 F. 3. 14. 2b) 的要求;
- e) 火焰稳定性。

F. 3. 20. 3. 2. 2 测点2、测点5和测点6的测试

F. 3. 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。

F. 3. 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, $\alpha \leq 1.2$ 。

F. 3. 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。

F. 3. 20. 3. 2. 3 测点3的测试

F. 3. 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)按表 F. 6 的规定调节。

F. 3. 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。

F. 3. 20. 3. 2. 4 测点4的测试

按照F. 3. 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。

F. 3. 21 其他测试项目

F. 3. 21. 1 安全停机、联锁保护、紧急停机和报警试验

F.3.21.1.1 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文件中要求安全停机、联锁保护和紧急停机的故障状态模拟信号,观察燃烧器是否进入安全停机、锁定和紧急停机状态并发出声、光报警信号。

F.3.21.1.2 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。

F.3.21.1.3 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。

F.3.21.2 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。

F.3.21.3 自振动测试

F.3.21.3.1 自振动测试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。

F.3.21.3.2 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。

F.3.21.3.3 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。

F.3.21.4 外壳防护等级检查

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

F.4 出厂检验方法

出厂检验项目的检测方法要求如下:

- a) 结构与检查的方法按F.3.2的要求;
- b) 安全与控制装置检查的方法按F.3.3的要求;
- c) 技术文件与铭牌检查的方法按F.3.4的要求;
- d) 泄漏测试的方法按F.3.5的要求;
- e) 启动测试的方法按F.3.6的要求;
- f) 点火测试的方法按F.3.10的要求;
- g) 火焰故障测试的方法按F.3.12的要求;
- h) 安全停机、联锁保护和报警测试的方法按F.3.21.1的要求;
- i) 紧急停机测试的方法按F.3.21.1的要求。

F.5 在用检测方法

在用检测项目的检测方法要求如下:

- a) 结构与检查的方法按F.3.2的要求;
- b) 安全与控制装置检查的方法按F.3.3的要求;
- c) 技术文件与铭牌检查的方法按F.3.4的要求;
- d) 泄漏测试的方法按F.3.5的要求;
- e) 前吹扫时间测试的方法按F.3.7的要求;
- f) 点火安全时间测试的方法按F.3.11的要求;
- g) 熄火安全时间测试的方法按F.3.11的要求;
- h) 后吹扫时间测试的方法按F.3.8的要求;

- i) 点火测试的方法按F. 3. 10的要求;
- j) 火焰故障测试的方法按F. 3. 12的要求;
- k) 安全停机、联锁保护和报警测试的方法按F. 3. 21. 1的要求;
- l) 紧急停机测试的方法按F. 3. 21. 1的要求。

F. 6 改造后检测方法

改造后检测中除电压改变测试、耐热性测试、输出热功率范围测试、工作曲线测试、控制箱接地电阻测试、自振动测试和外壳防护等级检查等项目不要求外，其余项目的测试方法均按F. 3中同项目的方法要求。
