



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

气体燃料燃烧室的振动等级评价 及测试方法

Evaluation and measurement methods for vibration level of gas fuel
combustion chambers

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(送审讨论稿)

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。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 燃烧室振动等级评价	2
5 振动测试仪器要求	2
6 测试项目及条件	3
7 测试要求及方法	3
8 测试记录及报告	6
附录 A (资料性)	8
振动速度、振动位移、振动频率数据转换原理	8
附录 B (资料性)	9
气体燃料燃烧热声压力等级评价	9
附录 C (资料性)	10
检测记录表	10

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。

本文件由全国燃烧节能净化标准化技术委员会（SAC/TC441）提出并归口。

本文件起草单位：西安热工研究院有限公司等

本文件主要起草人：

气体燃料燃烧室的振动等级评价及测试方法

1 范围

本文件规定了在特定工况条件下气体燃料燃烧所引起燃烧室振动等级评价，并对气体燃料燃烧振动测试方法做出规定。

本文件适用于燃烧气体燃料的工业燃烧室的振动等级评价和测试。

2 规范性引用文件

下列文件中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。

JJG 676 测振仪检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气体燃烧器 gas burner

气体燃料和空气单独或混合进入燃烧区实现燃烧的装置。

3.2

燃烧室 combustion chamber

燃料在其中燃烧生成高温烟气的腔室，包含圆形腔室，方形腔室等。

3.3

特定工况 specific working conditions

80%燃烧室额定功率。

3.4

振动频率 vibration frequency

物体每秒钟内振动循环的次数。

3.5

振动位移 vibration displacement

振动物体离开平衡位置的距离。

3.6

振动速度 vibration velocity

物体在单位时间内产生的振幅。

3.7

振动加速度 vibration acceleration

物体在振动状态下加速度的大小。

3.8

振动幅值 vibration amplitude

振动的最大位移处距平衡位置的距离

3.9

壁面振动 wall vibration

燃烧室壁面的振动。

3.10

热声频率 thermoacoustic frequency

燃烧室内燃烧产生的热声波动的频率。

3.11

热声压力幅值 thermoacoustic pressure amplitude

燃烧室内燃烧产生的热声压力波动的最大值。

4 燃烧室振动等级评价

气体燃烧燃烧室在特定工况过程中允许因湍流燃烧脉动导致的轻微振动，其燃烧室振动等级评价见表 1，燃烧室壁面振动速度安全限值见表 2：

表 1 燃烧室振动等级评价

序号	振动速度/mm/s	等级	特征
1	0~10	CVL-1	无振动
2	10~25	CVL-2	振动微弱
3	25~30	CVL-3	振动明显
4	30~40	CVL-4	振动强烈
5	>40	CVL-5	振动剧烈

表 2 振动速度安全限值

燃烧室热功率P/MW	$0 < P \leq 21$	$21 < P \leq 42$	$P > 42$
燃烧室壁面振动速度限值/ mm/s	≤ 15	≤ 20	≤ 25

5 振动测试仪器要求

振动测试设备应符合JJG 676-2019中4.1的要求。

6 测试项目及条件

6.1 测试项目

- a) 振动频率
- b) 振动速度
- c) 振动位移

6.2 测试条件

6.2.1 测试前和测试过程中，应具备如下条件：

- a) 气体燃烧器/燃烧室在额定功率的 80%，且负荷稳定，波动范围 $\pm 2\%$ 。
- b) 气体燃料成分稳定，低位热值波动范围 $\pm 5\%$ 。

7 测试要求及方法

7.1 振动测试要求

7.1.1 环境要求

测试环境应尽量避免外部因素引起被测对象振动的干扰。

7.1.2 测试时间要求

测试时对每个测点要求测试稳定时间至少 20s。

7.1.3 振动测试仪器量程范围要求

- a) 振动频率设置范围 (0-100) Hz
- b) 振动速度设置范围 (0-100) mm/s
- c) 振幅 (位移) 设置范围 (0-5000) μm

7.1.4 振动测试仪器探头及信号传输导线要求

- a) 振动测试仪器探头在安装测试时，应将传感器的重心尽量对准振动面中心。
- b) 振动测试仪器探头应与被燃烧器壁面吸合，不能自由移动，不能悬空。
- c) 振动测试仪器的信号传输导线应固定合适，防止测试过程中产生剧烈抖动、碰撞和摩擦现象。

7.2 振动测点位置

7.2.1 测试点布置位置方便测试人员安全测试，测点标高（以最近平台为基础）低于 1.5m 且四周处于安全范围，位于燃烧室壁面振动最大区域。

7.2.2 根据不同的燃烧室，测点布置要求不同。燃烧室主要分为两类：立式燃烧室和卧式燃烧室。

- a) 立式燃烧室。在振动最大区域，燃烧室纵向左、右侧布置至少 3 个测点，具体位置见图 1 所示。
- b) 卧式燃烧室。在振动最大区域，燃烧室纵向方向布置至少 6 个测点。燃烧室后端面板至少布置 5 个测点，具体位置见图 2 所示。

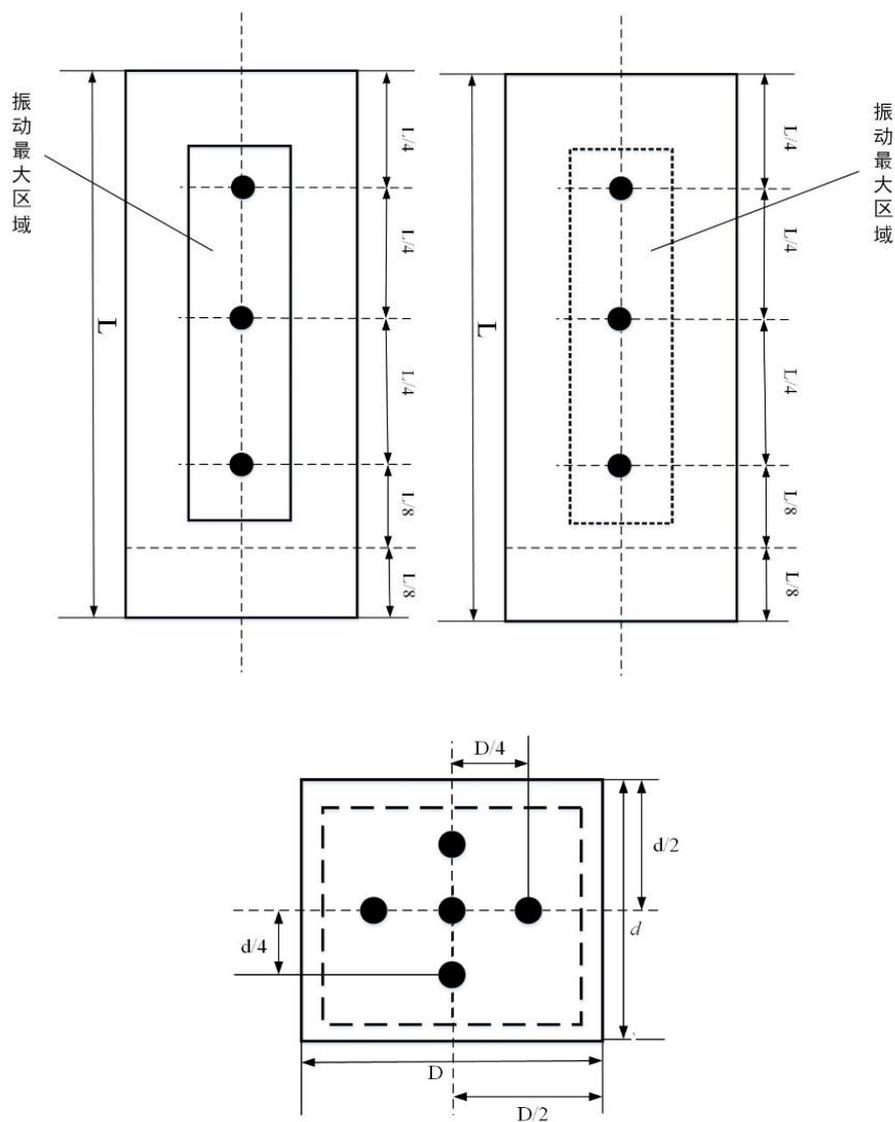


图1 立式燃烧室振动测点位置要求

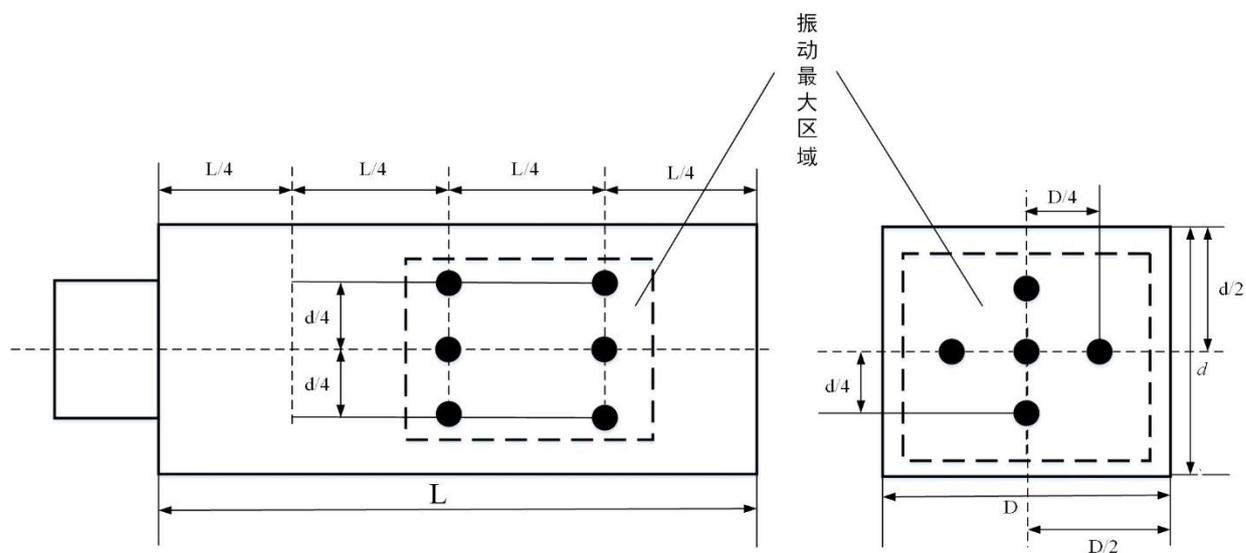


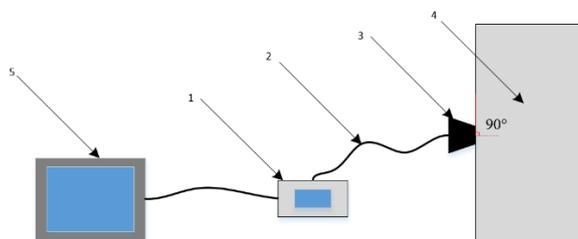
图2 卧式燃烧室振动测点位置要求

7.3 振动测试方法

7.3.1 根据现场条件及振动测试仪器要求，振动测试方法分3个步骤，测试步骤如下：

- a) 启动振动测试仪器电源，调整振动测试仪器内频率、振动速度、振幅范围及单位，具体要求见具体要求见 7.1.3~7.1.4。
- b) 安装振动探头，具体要求见 7.2 所示。
- c) 在特定工况下，开始测试，待振动测试仪器频率、振动速度、振幅数据稳定输出后，测试为止。记录并保存数据。取下振动探头，对下一测点进行测试，重复以上步骤。

振动测试示意图见图 3 所示。



标引序号说明：

- 1— 振动测试仪器
- 2— 信号传输导线

- 3— 振动探头
- 4— 燃烧室/被测振动装置
- 5— 电脑

图 3 振动测试示意图

8 测试记录及报告

8.1 测试记录

8.1.1 测试数据应全部记录于专用表格中，见附录 C。

8.1.2 测试记录至少应包括下列项目

a) 通用部分：

- a) 测试项目名称
- b) 测试时间
- c) 测试人员
- d) 测试地点

b) 工业燃烧设备

- a) 燃烧器/燃烧室厂商、型号
- b) 燃烧器/燃烧室设计参数

c) 振动测试仪器

- a) 振动测试仪器厂商、型号
- b) 振动测试仪器计量校准结果

d) 测试条件

燃烧器/燃烧室热功率

8.2 测试报告

- a) 燃烧室振动性能检测的目的、原则及技术依据；
- b) 气体燃烧器及燃烧室设计参数；
- c) 测试的时间、地点和测试工况；
- d) 测试数据分析，包括振动频率、振动速率、振动位移以及频谱图等；

- e) 测试原因分析；
- f) 振动等级评定；
- g) 振动原因总结。

附录 A (资料性)

振动速度、振动位移、振动频率数据转换原理

A.1 在机械振动参数（加速度、速度、位移）的测试中，通常用压电加速度传感器测得振动加速度，再接入专门设计的积分电路测试其振动速度和振动位移。众所周知对于振动频率为 f 的正弦振动加速度可表示为：

$$a = A_m \sin 2\pi ft = A_m \sin \omega t \quad (1)$$

其中 A_m — 振动加速度峰值

ω — 振动角频率 $\omega = 2\pi f$

(1) 振动加速度的一次积分为振动速度：

$$\vartheta = \int a dt = \int A_m \sin \omega t dt = -\frac{A_m}{\omega} \cos \omega t = V_m \cos \omega t \quad (2)$$

其中 $V_m = -\frac{A_m}{\omega}$ — 振动速度峰值。

(2) 振动加速度的二次积分为振动位移：

$$d = \iint a dt^2 = \frac{A_m}{\omega^2} \sin \omega t = D_m \sin \omega t \quad (3)$$

其中 $D_m = \frac{A_m}{\omega^2}$ — 振动位移峰值。

A.2 在机械振动参数（振动频率）的测试中，傅里叶变换的目的是可将时域（即时间域）上的信号转变为频域（即频率域）上的信号，随着域的不同，对同一个事物的了解角度也就随之改变，在频域就可以较为简单的处理。具体振动频率公式如下：

$$F(\omega) = F[f(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \quad (4)$$

A.3 在机械振动参数（热声压力）的测试中，热声压力通过傅里叶变换将离散的压力测试点转变成连续的，并实现了随时间变化。具体热声压力公式如下：

$$F(P) = F[f(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-ipt} dt \quad (5)$$

其中： ω — 频率；

P — 压强；

T — 时间；

$e^{-i\omega t}$ 、 e^{-ipt} — 复变函数。

附录 B
(资料性)

气体燃料燃烧热声压力等级评价

B.1 气体燃料燃烧室在正常运行过程中因湍流燃烧脉动导致的压力波动，其燃烧室热声压力等级评价见附表 1：

表B.1 燃烧室热声压力幅值等级评价表

序号	热声压力幅值/Pa	等级	特征
1	<30	CVL-1	无振动
2	30~100	CVL-2	振动微弱
3	100~200	CVL-3	振动明显
4	200~300	CVL-4	振动强烈
5	>300	CVL-5	振动剧烈

附录 C

(资料性)

检测记录表

燃烧设备制造单位			
燃烧设备使用单位地址			
委托单位名称			
燃烧设备产品编号			
燃烧设备日期		测试地点	
燃烧设备基本情况			
气体燃烧器名称		气体燃烧器型号	
气体燃烧器类型		供气压力	
调节方式			
设计燃料		低位发热量	
设计额定热功率		设计输出热功率	
气体燃料成分(%)			
CH ₄		C ₂ H ₄	
C ₂ H ₆		C ₃ H ₈	
CO		H ₂	
CO ₂		N ₂	
.....		
振动测试情况			
测试时间		测试仪器	
标定日期		标定结果	
测试位置及数值	振动位置及速度/mm/s	振动位置及频率/Hz	
	测点-1	测点-1	
	测点-2	测点-2	
	测点-3	测点-3	
	
数据处理			
振动等级评定			
试验人员	日期:	测试单位专用章	
审核人员	日期:		