



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 及测量方法

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)

(征求意见稿)

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 振动测量仪器要求	2
6 测量项目及条件	3
7 测量要求及方法	3
8 测量记录及报告	5
附 录 A （资料性）	7
振动速度、振动位移、振动频率数据转换原理	7
附 录 B （资料性）	8
气体燃料燃烧热声压力等级评价	8
附 录 C （资料性）	9
测量记录表	9

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量方法

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量方法做出规定。

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量。

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

振动频率 Vibration Frequency

指物体每秒钟内振动循环的次数。

3.2

振动速度 Vibration Velocity

指的是物体在单位时间内完成的振动往复周期数。

3.3

振动加速度 vibration acceleration

指物体在振动状态下加速度的大小。

3.4

振动位移 Vibration Displacement

指振动物体离开平衡位置的距离，振动位移描述了物体振动幅度的大小和振动的强弱。

3.5

振动幅值 Vibration amplitude

指振动的最大位移处距平衡位置的距离

3.6

壁面振动 Wall vibration

指在燃烧室腔室四周振动。

3.7

热声频率 Thermoacoustic frequency

指在燃烧室内燃烧产生的热声波动的频率。

3.8

热声压力幅值 Thermoacoustic pressure amplitude

指在燃烧室内燃烧产生的热声压力波动的最大值。

3.9

气体燃烧器 Gas Burner

使燃气和空气单独或混合进入燃烧区实现稳定燃烧的装置。

3.10

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。

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，燃烧室振动频率及振动速度安全限值见表 2：

表 1 燃烧室振动等级评价表

序号	振动速度/mm/s	等级	特征
1	0~10	CLV-1	平稳运行
2	10~20	CLV-2	一般稳定运行，可见振动发生
3	20-25	CLV-3	正常运行，无异常状况
4	25~30	CLV-4	振动明显。
5	30~40	CLV-5	振动强烈
6	>40	CLV-6	剧烈振动。

表1 振动速度安全限值要求

燃烧室热功率P/MW	0<P≤21	21<P≤42	42<P≤70	P>70
燃烧室壁面振动速度限值/ mm/s	≤15	≤18	≤20	≤25

5 振动测量仪器要求

振动测量设备应符合JJG 676-2019中的规定。

6 测量项目及条件

6.1 测量项目

- a) 振动频率;
- b) 振动速度;
- c) 振动位移;
- d) 热声频率;
- e) 热声压力幅值;

6.2 测量条件

6.2.1 测量前和测量过程中, 应具备如下条件:

- a) 气体燃烧器/燃烧室负荷稳定, 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 测量要求及方法

7.1 振动测量要求

7.1.1 环境要求

测量环境为常温状态

7.1.2 测量时间要求

测量时对每个测点要求测量稳定时间至少 20s。

7.1.3 振动测量仪器量程范围要求

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

7.1.4 振动测量仪器探头及信号传输导线要求

- a) 振动测量仪器探头在安装测量时, 应将传感器的重心尽量对准振动面中心。
- b) 振动测量仪器探头完全与被测装备壁面吸合, 不能自由移动, 不能悬空。
- c) 振动测量仪器的信号传输导线应固定合适, 防止测量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 测量点布置位置方便测量人员安全测量, 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, 位于燃烧室壁面薄弱区域, 即振动最大区域。

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 2 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。

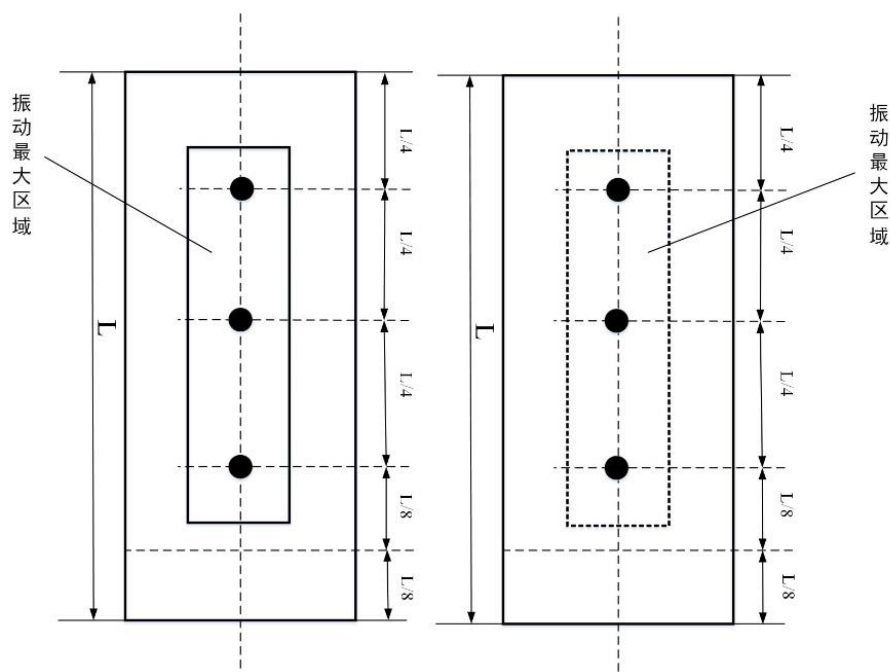


图1 立式燃烧室振动测点位置要求

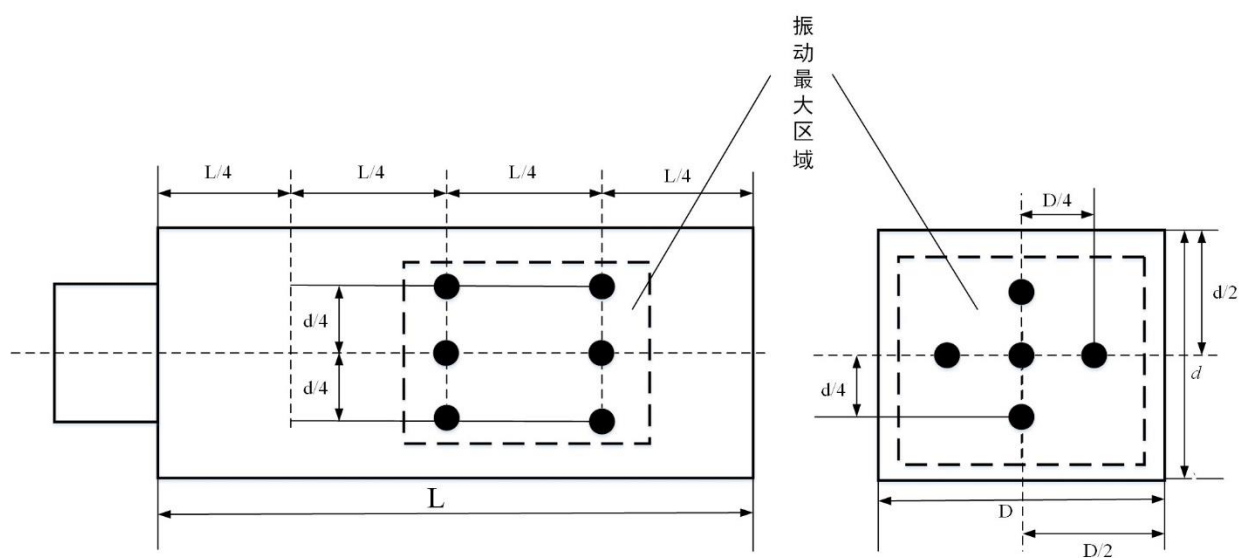


图2 卧式燃烧室振动测点位置要求

7.3 振动测量方法

7.3.1 根据现场条件及振动测量仪器要求，振动测量方法分 3 个步骤，测量步骤如下：

7.3.1.1 启动振动测量仪器电源，调整振动测量仪器内频率、振动速度、振幅范围及单位，具体要求见 7.1.4。

7.3.1.2 安装振动探头，具体要求见 7.2 所示。

7.3.1.3 开始测量，待振动测量仪器频率、振动速度、振幅数据稳定输出后，测量为止。保存数据，取下振动探头，对下一测点进行测量，重复以上步骤。

振动测量示意图见图 3 所示。

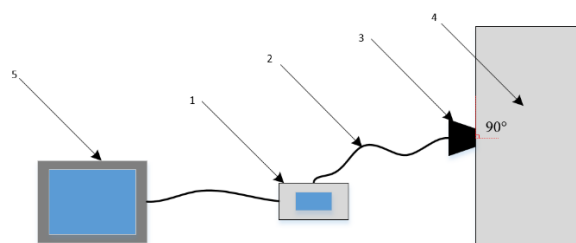


图3 振动测量示意图

标引序号说明：

- 1— 振动测量仪器
- 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

8 测量记录及报告

8.1 测量记录

8.1.1 测量数据应全部记录于专用表格中。

8.1.2 测量记录至少应包括下列项目：

8.1.2.1 通用部分：

- a) 测量项目名称
- b) 测量时间
- c) 测量人员
- d) 测量地点

8.1.2.2 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

8.1.2.3 振动测量仪器：

- a) 振动测量仪器厂商、型号
- b) 振动测量仪器标定结果、标定时间

8.1.2.4 测量条件：

燃烧器/燃烧室热功率

8.2 测量报告

8.2.1 测量报告应包括下列内容：

- a) 燃烧室振动性能试验的目的、原则及技术依据；
- b) 气体燃烧器及燃烧室设计参数；
- c) 测量的时间、地点和测量工况；
- d) 测量数据分析，包括振动频率、振动速率、振动位移以及频谱图等；
- e) 测量原因分析；
- 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）的测量中，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量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）的测量中，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）的测量中，热声压力通过傅里叶变换将离散的压力测量点转变成连续的，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允许因湍流燃烧脉动导致的轻微压力波动，其燃烧室热声压力等级评价见附表 1：

附表 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	>300	十分剧烈	炉内压力剧烈变化。存在安全隐患 立即进行详细分析，确定原因。过大的压力波动会造成设备破坏。考虑关停设备，防止运行中发生事故
2	200~300	剧烈	潜在的破坏性压力波动。进行详细的分析，确定迅速恶化的故障原因。加强燃烧室内压力监测，制定维修计划。
3	100~200	相对剧烈	可能有故障。进行详细的分析，保持周期性的检查，制定必要的维修计划。
4	50-100	正常	可实现长时间运行，保持定期检查，观察每个工况振动发展状况。
5	30~50	较弱	可保证稳定运行，例行检查。
6	<30	平稳	燃烧室内压力稳定，运行平稳。

附录 C

(资料性)

测量记录表

燃烧制造单位			
燃烧单位地址			
委托单位名称			
燃烧设备产品编号			
燃烧设备日期		测量地点	
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	
.....		
振动测量情况			
测量时间		测量仪器	
标定日期		标定结果	
测量位置及数值	振动速度/mm/s		振动频率/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:	测量单位专用章	
审核人员	日期:		