

ICS 75.180.10

E 92

备案号: 27468—2010

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5641—2009

代替 SY/T 5641—2000

石油天然气工业 天然气发动机

Petroleum and natural gas industry—Natural gas engine

2009—12—01 发布

2010—05—01 实施

国家能源局 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 2

4 一般规定 2

5 要求 3

6 试验 5

7 检验规则 9

8 标志、包装、运输及贮存..... 10

附录 A（规范性附录） 发动机部分参数测量位置、测量仪器和仪器精度 12

前 言

本标准代替 SY/T 5641—2000《石油天然气工业用 190 系列天然气发动机》。

本标准与 SY/T 5641—2000 相比，主要变化如下：

- 标准更名为《石油天然气工业 天然气发动机》；
- 修改了规范性引用文件；
- 适用范围由 25kW~660kW 扩大至 25kW~1500kW；
- 取消了各系列发动机的基本参数值；
- 发动机型号编制规则改为按 GB/T 725《内燃机产品名称和型号编制规则》的规定；
- 取消了发动机的结构型式进气方式的要求；
- 提高了发动机热耗率和机油消耗率的要求；
- 排放限值采用了 GB 20891—2007《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国 I、II 阶段）》中的中国 I 阶段的限值要求；
- 补充了国家和相关行业对发动机产品安全、防火等方面的强制性要求。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由全国石油钻采设备和工具标准化技术委员会（SAC/TC96）提出并归口。

本标准起草单位：济南柴油机股份有限公司、济柴绿色能源动力设备有限公司。

本标准主要起草人：李树生、王安忠、曲玉玲、许传国、郑圣斌、李全武。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- SY/T 5641—1993，SY/T 5641—2000。

石油天然气工业 天然气发动机

1 范围

本标准规定了石油天然气工业天然气发动机的术语和定义、一般规定、要求、试验、检验规则和标志、包装、运输及贮存等。

本标准适用于标定功率为 25kW~1500kW、标定转速为 750r/min~1800r/min 的天然气发动机（以下简称发动机）的设计、制造、检验和验收。

以其他可燃性气体为燃料的燃气发动机可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 191 包装储运图示标志（GB/T 191—2008，ISO 780：1997，MOD）

GB/T 725 内燃机产品名称和型号编制规则

GB/T 1147.2 中小功率内燃机 第2部分：试验方法

GB/T 1859 往复式内燃机 辐射的空气噪声测量工程法及简易法（GB/T 1859—2000，idt ISO 6798：1995）

GB/T 3821 中小功率内燃机清洁度测定方法

GB 4556 往复式内燃机 防火（GB 4556—2001，idt ISO 6826：1997）

GB/T 6072.1 往复式内燃机 性能 第1部分：功率、燃料消耗和机油消耗的标定及试验方法 通用发动机的附加要求（GB/T 6072.1—2008，ISO 3046-1：2002，IDT）

GB/T 6072.3 往复式内燃机 性能 第3部分：试验测量（GB/T 6072.3—2008，ISO 3046-3：2006，IDT）

GB/T 6072.5 往复式内燃机 性能 第5部分：扭转振动（GB/T 6072.5—2003，ISO 3046-5：2001，IDT）

GB/T 6072.7 往复式内燃机 性能 第7部分：发动机功率代号（GB/T 6072.7—2000，idt ISO 3046-7：1995）

GB 6388 运输包装收发货标志

GB/T 7184 中小功率柴油机 振动测量及评级

GB 9486 柴油机稳态排气烟度及测定方法（GB/T 9486—1988，neq TOCT 19025：1973）

GB/T 11060.1 天然气中硫化氢含量的测定 碘量法

GB/T 11061 天然气中总硫的测定 氧化微库仑法（GB/T 11061—1997，neq ASTM D3246：1981，*Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Gas by Oxidative Microcoulometry*）

GB/T 11062 天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法（GB/T 11062—1998，neq ISO 6976：1995）

GB 11122 柴油机油

GB/T 13306 标牌

GB/T 13610 天然气的组成分析 气相色谱法 (GB/T 13610—2003, ASTM D1945: 1996, *Standard Test Method for Analysis of Natural Gas by Gas Chromatography*, NEQ)

GB 14097 中小功率柴油机噪声限值

GB 20651.1 往复式内燃机 安全 第1部分: 压燃式发动机 (GB 20651.1—2006, BS EN 1679-1: 1998, IDT)

GB 20891—2007 非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法 (中国 I、II 阶段)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

天然气发动机 natural gas engine

以天然气为燃料的往复式内燃机。

3.2

发动机热耗率 specific heat consumption of gas engine

发动机每单位功率和单位时间内所消耗的可燃气体燃烧所能放出的低热值, 单位为千焦每千瓦小时 [kJ/(kW·h)]。

4 一般规定

4.1 型式

发动机结构型式如下:

- a) 冲程数: 四冲程。
- b) 气缸布置形式: V 型或直列。
- c) 冷却方式: 水冷。
- d) 润滑方式: 压力润滑和飞溅润滑。
- e) 启动方式: 压缩空气启动或电启动。
- f) 旋转方向: 自功率输出端视, 为逆时针方向旋转。
- g) 点火方式: 火花塞点火。

4.2 标准基准状况

为了确定发动机的功率和热耗率, 应采用下列基准状况:

- a) 总气压: $p_r = 100\text{kPa}$ 。
- b) 空气温度: $T_r = 298\text{K}$ ($t_r = 25^\circ\text{C}$)。
- c) 相对湿度: $\phi_r = 30\%$ 。
- d) 增压中冷介质温度: $T_{cr} = 298\text{K}$ ($t_{cr} = 25^\circ\text{C}$)。

注: 在温度为 298K, 相对湿度为 30% 时, 相应的水蒸气分压为 1kPa, 因此, 相应的干气压为 99kPa。

4.3 天然气组分及热值

天然气组分及热值要求如下:

- a) 低热值不低于 $27\text{MJ}/\text{m}^3$ 。
- b) 甲烷含量不低于 76% (体积分数)。
- c) 总硫 (以硫计) 含量不高于 $460\text{mg}/\text{m}^3$ 。
- d) 硫化氢含量不大于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。
- e) 天然气应经处理, 达到无液态成分, 天然气中的杂质粒度不应大于 $5\mu\text{m}$ 。
- f) 天然气温度不应低于 0°C , 不应高于 60°C , 否则应备有加热或冷却装置。

注: 天然气体积的标准参比条件是 101.3kPa, 20°C 。

4.4 机油

发动机机油应符合 GB 11122 的规定，宜使用气体发动机专用油。

4.5 型号编制规则

发动机型号编制规则应符合 GB/T 725 的规定。

5 要求

5.1 功率和热耗率的标定

5.1.1 发动机铭牌上的标定功率应按 GB/T 6072.1 和 GB/T 6072.7 或相关专业标准的规定表示。

5.1.2 发动机热耗率不应大于 $11\text{MJ}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，其偏差为 $+5\%$ 。

5.1.3 发动机在标准基准状况和满足 4.3 规定的天然气组分及热值条件下运转时，应能发出铭牌上规定的标定功率，其最大偏差为 $\pm 5\%$ 。当试验环境与标准环境状况不符时，功率和热耗率应按 GB/T 6072.1 规定的方法进行修正。当天然气组分及热值不符合 4.3 规定时，标定功率允许根据试验用天然气与功率标定用天然气的低热值比例修正。

5.2 标定工况下温度和压力

发动机在标定工况下运转时，排气温度、机油温度、高温冷却水出口温度及主油道机油压力等应符合产品技术文件的规定。

5.3 启动性能

在环境温度不低于 5°C 时，发动机应能在不超过 15s 的时间内顺利启动；当环境温度在 $-45^{\circ}\text{C}\sim+5^{\circ}\text{C}$ 范围内时，采取预热措施后，应能顺利启动。

5.4 主要性能指标

发动机在标定工况下的主要性能指标见表 1。

表 1 发动机主要性能指标

项 目		单位	指 标
机油消耗率		$\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$	≤ 1.6
标定调速率		%	$\leq 5^a$
瞬时转速差		%	≤ 10
转速回复时间		s	≤ 5
稳态转速波动率		%	0.75
最低空载稳定转速			$\leq 700\text{ r/min}$ ；波动值 $\pm 15\text{ r/min}$ ；稳定时间 $\geq 5\text{ min}$
排气温度均匀性		%	≤ 8
烟度		BSU	≤ 0.5
噪声（A 声功率级）		dB（A）	按 GB 14097 的规定
清洁度	$\geq 25\text{kW}\sim 315\text{kW}$	mg	≤ 2000
	$> 315\text{kW}\sim 1000\text{kW}$		≤ 2400
	$> 1000\text{kW}\sim 1500\text{kW}$		≤ 3200
机械振动			按 GB/T 7184 的规定，振动烈度等级不大于 28
扭转振动			应符合 GB/T 6072.5 的要求
机械效率			应符合产品技术文件的要求
^a 发电机组用标定调速率为 $0\sim 5\%$ 可调。			

5.5 特性曲线

制造厂应按产品使用特性需要，进行必要的特性试验并绘制相应的特性曲线。

5.6 安全要求

发动机安全要求应符合 GB 20651.1 的规定。

5.7 防火

发动机防火要求应符合 GB 4556 的规定。

5.8 安全保护装置

发动机应装有下列安全保护装置，并应达到如下要求：

- a) 油压低停车装置：当主油道压力低于产品技术文件规定限值时，发动机应自动停机。
- b) 超速停车装置：当转速达到产品技术文件规定限值时，发动机应减速或停机。
- c) 声光报警装置：当发动机转速、高温冷却水出口温度、机油温度、机油压力、排气温度等超出产品技术文件的规定值时，应发出声光报警。
- d) 安全防爆装置：发动机的进气管道上应装有防爆装置，当进气管中发生燃烧爆炸时，该装置应能可靠动作，迅速降低进气管压力，以保护人身和设备安全。

5.9 耐久性

发动机的耐久性试验结果应符合如下规定：

- a) 标定功率比耐久试验前下降不超过 5%。
- b) 发动机热耗率比耐久试验前增加不超过 4%。
- c) 机油消耗率比耐久试验前增加不超过 30%。
- d) 排气温度比耐久试验前升高不超过 10%。
- e) 主要零（附）部件无损坏（不需要更换）。
- f) 非主要件损坏不超过 5 件。
- g) 主要配合件磨损值不应超出产品技术文件的规定。
- h) 其他各项性能指标应符合本标准规定。

5.10 排放限值

发动机的污染物排放量应符合如下规定：

- a) 一氧化碳（CO）不应大于 5.0g/（kW·h）。
- b) 氮氧化物（NO_x）不应大于 9.2g/（kW·h）。
- c) 碳氢化合物（HC）不应大于 1.3g/（kW·h）。

5.11 密封性

发动机的密封性应符合如下要求：

- a) 发动机气缸盖密封垫及进气、排气系统各密封面和管接处不应有漏气现象。
- b) 曲轴轴头、润滑管道等与机油接触的各处不应渗漏机油。
- c) 冷却系统各处不应漏水。
- d) 可燃气体通道各处不应有气体泄漏现象。

5.12 表面漆层

表面漆层应光滑平整，无鼓泡、裂纹、皱褶、漏涂、剥落等缺陷，色彩均匀。旋转件、高温件漆色应与一般件漆色明显不同，并有警示标志。

5.13 封存防锈

5.13.1 发动机出厂试验结束后，应对冷却系统按产品技术文件要求进行防冻处理。

5.13.2 在运输、贮存符合有关规定的条件下，自交货之日起，发动机及其随机附件、备件的油封有效期不应少于 12 个月。

6 试验

6.1 试验条件及要求

6.1.1 试验时，部分参数测量准确度应符合表 2 的规定；测量位置、测量仪表及其精度见附录 A。其他参数应符合 GB/T 6072.3 的规定。

6.1.2 试验时，发动机应具备产品技术文件规定的辅助设备。

6.1.3 试验用的机油应符合 GB 11122 的规定。

6.1.4 发动机在标定工况下运转时，机油、冷却水温度和压力应符合 5.2 的规定。

6.1.5 试验现场应按有关国家标准、行业标准的规定，装有强有力排风和燃气泄漏报警装置。

表 2 测量准确度

序号	参 数	单位	准确度
1	天然气压力	kPa	$\pm 2\%$
2	天然气温度	$^{\circ}\text{C}$	± 1
3	天然气密度	kg/m^3	$\pm 0.2\%$
4	发动机热耗率	$\text{kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})$	$\pm 5\%$
5	点火提前角（曲轴转角）	$(^{\circ})$	± 1

6.2 试验方法

6.2.1 启动性能试验

发动机在冷态时进行启动试验。当环境温度不低于 5°C ，发动机连续启动三次，至少应有两次顺利启动，启动时间不应超过 15 s。当环境温度低于 5°C 时，应采取对机油或冷却水预热的方法对发动机进行启动。

当采用电机启动时，自接通电机时开始计时，至发动机自运转为止；采用压缩空气启动时，自压缩空气开关动作计时，至发动机自运转为止。

记录启动前的水温、油温、环境温度、大气压力及每次启动时间。

6.2.2 点火提前角检验

点火提前角检验按产品技术文件的规定。

6.2.3 空燃比调整试验

发动机通过试验确定合适的空气与天然气混合比，其要求应符合产品技术文件规定。

6.2.4 负荷特性试验

保持发动机转速不变，改变发动机负荷，测定不同负荷工况的各项主要性能参数。

试验方法按 GB/T 1147.2 的规定进行。

6.2.5 调速性能试验

6.2.5.1 标定调速率

试验时，将发动机调整至标定工况下稳定运转。卸去全部负荷，使其转速达到标定空载转速（或最高空载转速），然后逐步增加负荷至标定工况。测量负荷改变前后的稳定转速，再按 GB/T 1147.2 的规定计算标定调速率。

6.2.5.2 瞬时转速差

发动机瞬时转速差分为突加负荷试验和突减负荷试验。

a) 突加负荷试验：发动机在标定空载转速（或最高空载转速）下稳定运转，然后突加负荷即由 0 到 25%，再由 25% 到 50%（或供需双方协商规定负载），测定转速随时间的变化关系及转速回复时间。突加负荷瞬时转速差按 GB/T 1147.2 的规定计算。

- b) 突减负荷试验：发动机先在标定工况下稳定运转，然后突减负荷即由 50% 到 0，测定转速随时间的变化关系及转速回复时间。突减负荷瞬时转速差按 GB/T 1147.2 的规定计算。

6.2.5.3 稳态转速波动率

发动机稳态转速波动率试验按 GB/T 1147.2 的规定进行。

6.2.6 排气温度均匀性试验

发动机在标定工况下稳定运转，测量各缸排气温度，按式（1）计算排气温度的不均匀率。

$$\epsilon = \left| \frac{\rho_{\max} (\text{或 } \rho_{\min}) - \rho_m}{\rho_m} \right| \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ϵ ——排气温度的不均匀率，以百分数表示；

ρ_{\max} （或 ρ_{\min} ）——排气温度的最大（或最小）值；

ρ_m ——各缸排气温度的算术平均值。

6.2.7 最低空载稳定转速测定

发动机带测功器进行最低空载稳定转速试验。试验时，逐渐降低转速，测定天然气发动机稳定运转的最低转速和转速波动值，并在此转速下稳定运转不少于 5 min。

6.2.8 机械效率测定

确定发动机在标定工况或其他规定工况的机械效率，可根据发动机的用途和结构特点选用 GB/T 1147.2 规定的不同的试验方法。

6.2.9 噪声测定

噪声测定按 GB/T 1859 的规定进行。

6.2.10 排放试验

发动机排放污染物的测定按 GB 20891—2007 附录 B 的规定进行。

6.2.11 排气烟度测定

发动机排气烟度测定按 GB 9486 的规定进行。

6.2.12 机械振动测定

发动机机械振动测定按 GB/T 7184 的规定进行。

6.2.13 扭转振动测定

发动机扭转振动测定按 GB/T 6072.5 的规定进行。

6.2.14 密封性检查

性能试验前应先将发动机被检查部位擦干。在试验过程中，不应有漏油、漏水、漏气现象。允许不更换零件、不拆卸零件、不停机排除渗漏，但应作“紧固后无渗漏”处理。

6.2.15 清洁度测定

清洁度测定按 GB/T 3821 的规定进行。

6.2.16 安全性检查

发动机的安全性按 GB 20651.1 的规定进行。

6.2.17 防火检查

防火检查按 GB 4556 的规定进行。

6.2.18 安全保护装置检查

6.2.18.1 声、光报警试验

试验时，当发动机转速、冷却水出口温度、机油温度、机油压力、排气温度等超出产品技术文件的规定值时，发动机应发出声光报警；检查确认其动作是否灵敏、准确可靠。试验有困难时，可采用模拟试验。

6.2.18.2 油压低自动停车试验

发动机在标定转速空负荷下运转，当主油道压力下降至规定值时，自动停车装置应开始动作，迫使发动机停机。

6.2.18.3 超速停车装置试验

在空负荷下缓慢提高发动机转速，当转速达到规定限值时，超速停车装置应能立即减速或使发动机停机。

6.2.19 机油消耗率测定

6.2.19.1 发动机在标定工况下用质量法测定。

6.2.19.2 发动机预热运转至机油温度达到 $65^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 时停机，使第 1 缸活塞处于上止点位置后再转动曲轴三圈，然后放油至断油为止，并记录放油时间。

6.2.19.3 加入经称重的机油 (m_1) 至发动机正常运行位置。

6.2.19.4 发动机在标定工况下连续运行 12h 停机。

6.2.19.5 待机油温度与 6.2.19.2 相同时，按同样的顺序并同等程序放尽机油 (相同放油时间)，测量放出的机油质量 (m_2)。

6.2.19.6 测定结果的计算：

a) 机油消耗率 g_j 按式 (2) 计算。

$$g_j = \frac{1000G_j}{P} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

g_j ——机油消耗率，单位为克每千瓦小时 $[\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$ ；

G_j ——机油消耗量，单位为千克每小时 (kg/h) ；

P ——发动机标定功率，单位为千瓦 (kW) 。

b) 机油消耗量 G_j 按式 (3) 计算。

$$G_j = \frac{m_1 - m_2}{t_j} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

G_j ——机油消耗量，单位为千克每小时 (kg/h) ；

m_1 ——加入的机油量，单位为千克 (kg) ；

m_2 ——放出的机油量，单位为千克 (kg) ；

t_j ——测量时间，单位为小时 (h) 。

6.2.20 标定功率工作稳定性试验

确定发动机在标定工况下运转时各项性能参数的稳定性。

试验时，发动机在标定工况下连续运转 12h，测定功率、转速、热耗率和排气温度等参数的稳定性 (每隔 1h 测量一次)。

6.2.21 发动机热耗率测定

发动机在标定工况下运行，用质量流量计测量天然气的消耗量。

记录天然气的消耗量及相应的时间、输出功率、机油压力、排气温度、环境温度、空气相对湿度、大气压力，按式 (4) 计算出发动机热耗率。

$$g_h = \frac{3600G_t}{t_t P} H_u \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

g_h ——发动机热耗率，单位为千焦每千瓦小时 $[\text{kJ}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$ ；

G_t ——天然气消耗量，单位为立方米 (m^3) ；

t_t ——天然气消耗时间，单位为秒（s）；
 P ——发动机标定功率，单位为千瓦（kW）；
 H_u ——天然气低热值，单位为千焦每立方米（kJ/m³）。

6.2.22 耐久性试验

制造厂具备试验条件时，可在厂内进行。当不具备试验条件时，其耐久性试验允许结合现场使用进行。

6.2.22.1 试验前的性能试验

发动机进行耐久试验前应进行如下项目的性能试验：

- a) 启动性能试验。
- b) 空燃比调整试验。
- c) 排气温度均匀性试验。
- d) 负荷特性试验。
- e) 调速性能试验。
- f) 最低空载稳定转速测定。
- g) 排气烟度测定。
- h) 噪声测定。
- i) 机油消耗率测定。
- j) 发动机热耗率测定。
- k) 制造厂认为应试验的项目。

6.2.22.2 试验后的性能复试

发动机在进行耐久试验后应对 6.2.22.1 中的 a)，c)，d)，e)，f)，g)，i) 七项进行复试。性能复试前允许调整气门间隙、点火提前角和清除火花塞积碳等。

6.2.22.3 试验时间及程序

发动机耐久性试验时间及工况按表 3 的规定，即每 8h 为一循环，运转 40 个循环后，再在标定转速、90%标定功率下连续运转 180h，累计 500h。

表 3 耐久性试验时间及工况

序号	工 况		时间 min
	转速	功率	
1	标定转速	90%标定功率	120
2	标定转速	标定功率	300
3	最高空载稳定转速	0	5
4	最大扭矩点转速	最大扭矩点功率	45
5	最低空载稳定转速	0	10
注：发电机组用发动机可不作序号 4 工况试验。			

6.2.22.4 检查和保养

按下列要求对发动机进行检查和保养：

- a) 试验过程中，应按产品使用说明书规定进行维护、保养。保养时间应安排在一个循环完成之后。对保养时间和项目应做好记录，保养时间不计入运转时间。
- b) 随时检查测试设备、仪器和仪表的工作情况，如发现故障和损坏，应及时排除或更换，并做好记录，需要停机处理的，不计入故障停机。

- c) 随时检查发动机的运行情况，如发现漏油、漏水、漏气和其他故障，应立即排除。因更换非主要件停机，不计为故障停机，但应计为非主要件更换。
- d) 试验过程中，如发现发动机功率明显下降或发动机热耗率升高达到标定值的 105%，排气温度达到标定值的 110%，或发动机出现会造成机器损害或危及人身安全等情况时，应立即停机，待故障排除后，再进行试验，并计为一次故障。

6.2.22.5 测量记录

试验过程中，每小时测量一次试验数据，做好记录，不足 1h 的工况，应每工况测量一次。

6.2.22.6 拆机检查

试验结束后，应对样机进行拆检，并测量下列零件尺寸：

气缸套、活塞、活塞销、活塞环、气门、气门导管、气门座下陷量、连杆衬套、连杆轴瓦、主轴瓦、曲轴（主轴颈和连杆轴颈）、凸轮轴（凸轮和轴颈）、凸轮轴轴瓦。

6.2.22.7 天然气组分与热值分析

耐久性试验前后应各进行一次天然气组分与热值分析，试验期间如发现发动机性能突变时，亦应对天然气进行分析，其分析方法如下：

- 天然气发热量计算方法按 GB/T 11062 的规定进行。
- 天然气组成分析按 GB/T 13610 的规定进行。
- 天然气总硫含量的测定按 GB/T 11061 的规定进行。
- 天然气中硫化氢含量的测定按 GB/T 11060.1 的规定进行。
- 非液态成分采用机械分离目测，杂质粒度采用纸芯过滤器。

6.2.23 表面漆层

用目测方法对 5.12 的有关要求进行检验。

7 检验规则

发动机检验分出厂检验和型式检验。

7.1 出厂检验

每台发动机应进行出厂检验，其检验项目按表 4 规定。

7.2 型式检验

型式检验项目按表 4 的规定。

表 4 检验项目

检验项目名称	本标准章、条号		检验类别	
	要求	试验方法	型式检验	出厂检验
启动性能试验	5.3	6.2.1	✓	✓
点火提前角检验	产品技术文件	6.2.2	✓	✓
空燃比调整试验	产品技术文件	6.2.3	✓	✓
负荷特性试验	5.5	6.2.4	✓	—
调速性能试验	5.4	6.2.5	✓	✓
排气温度均匀性试验	5.4	6.2.6	✓	✓
最低空载稳定转速测定	5.4	6.2.7	✓	✓
机械效率测定	5.4	6.2.8	✓	—
噪声测定	5.4	6.2.9	✓	—
排放试验	5.10	6.2.10	✓	—

表 4 (续)

检验项目名称	本标准章、条号		检验类别	
	要求	试验方法	型式检验	出厂检验
排气烟度测定	5.4	6.2.11	√	△
机械振动测定	5.4	6.2.12	√	—
扭转振动测定	5.4	6.2.13	√	—
密封性检查	5.11	6.2.14	√	√
清洁度测定	5.4	6.2.15	√	—
安全性检查	5.6	6.2.16	√	√
防火检查	5.7	6.2.17	√	—
安全保护装置检查	5.8	6.2.18	√	√
机油消耗率测定	5.4	6.2.19	√	△
标定功率工作稳定性试验	5.1	6.2.20	√	—
发动机热耗率测定	5.1	6.2.21	√	△
耐久性试验	5.9	6.2.22	√	—
表面漆层	5.12	6.2.23	√	√
注：“√”表示需要进行的项目；“△”表示按需要可选择进行的项目；“—”表示不进行的项目。				

下列情况之一者应进行型式检验：

- 新产品或经重大改进及转厂生产的产品。
- 正式生产的产品如结构、材料及工艺方面有较大改变，可能影响产品性能时。
- 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异。

进行型式检验的发动机应从出厂检验合格的产品中随机抽取一台。

7.3 判定规则

7.3.1 每台出厂检验的发动机，各项检验项目均为合格时，该台发动机判定合格。

7.3.2 型式检验的发动机各项试验与检验项目合格时，判定该台发动机合格；如出现不合格项目时，应进行调整或改进，再次进行试验，直至合格为止，否则不能投产。

8 标志、包装、运输及贮存

8.1 标志

产品铭牌的尺寸及要求应符合 GB/T 13306 的规定。

发动机标志的内容包括：

- 制造厂名称、商标、产品执行标准号。
- 产品名称及型号。
- 标定功率，kW。
- 标定转速，r/min。
- 外形尺寸（长×宽×高），mm×mm×mm。
- 净重量，kg。
- 出厂编号及制造日期。

8.2 包装、运输

8.2.1 包装箱的包装储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.2 包装箱外应标明：

- a) 收货单位地址及名称。
- b) 产品名称及型号。
- c) 外形尺寸（长×宽×高），mm×mm×mm。
- d) 总重量，kg。
- e) 出厂编号及制造日期。
- f) 制造厂名称。
- g) 注意事项及标记，如重心、起吊位置等。

8.2.3 随机备件、附件和工具等应装箱并固定。

8.2.4 随机的技术文件包括：

- a) 产品使用说明书。
- b) 产品合格证。
- c) 装箱单。
- d) 随机备件、附件清单。
- e) 其他相关技术文件。

8.2.5 包装箱的收发货标志应符合 GB 6388 的规定。

8.3 贮存

在运输贮存符合规定的条件下，自交货之日起，发动机及其随机附件、备件、工具的封存防锈有效期应不少于 12 个月。

发动机应贮存在通风、干燥、无腐蚀性物质的场地，存放期间要注意防水、防火、防冻、防锈蚀。

附 录 A
(规范性附录)

发动机部分参数测量位置、测量仪器和仪器精度

发动机部分参数测量位置、测量仪器和仪器精度见表 A. 1。

表 A. 1 发动机部分参数测量位置、测量仪器和仪器精度

参数	测量位置	测量仪器	仪器精度
天然气压力	在距发动机进气管进气口前 50mm~300mm 的主供天然气管内测量, 传感器与管壁齐平	U 形压力计	$\pm 1\text{kPa}$
天然气温度	在距发动机进气管进气口前 50mm~300mm 的主供天然气管内测量, 传感器垂直气流方向, 并使端头位于气流中心	水银温度计	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
天然气消耗量	在最靠近发动机的天然气管道上测量	质量流量计	1 级
点火提前角	飞轮和火花塞点火脉冲信号	静态用目测法测量, 动态用点火正时动态测试仪	$\pm 1^{\circ}$ 曲轴转角