

ICS 27.020
J 91



中华人民共和国国家标准

GB/T 23341.1—2009

涡轮增压器 第1部分：一般技术条件

Turbochargers—Part 1: General requirements

2009-03-19 发布

2009-11-01 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

前 言

GB/T 23341《涡轮增压器》分为两部分：

——第1部分：一般技术条件；

第2部分：试验方法。

本部分是 GB/T 23341 的第1部分。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国内燃机标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：上海内燃机研究所、湖南天雁机械有限责任公司。

本部分主要起草人：王一棣、计维斌、邓茅桥、胡辽平、瞿俊鸣、江礼蛟、陈云清、丁志坚、谢亚平、宋国婵、李乐勇。

涡轮增压器

第 1 部分：一般技术条件

1 范围

GB/T 23341 的本部分规定了径流和混流式涡轮增压器(以下简称增压器)的技术要求、检验规则、标志、包装、运输和贮存等。

本部分适用于车用、船用、工程机械、农林机械、发电及其他用途的内燃机(包括柴油机、汽油机、天然气发动机等)用增压器。

本部分不适用于轴流式增压器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 23341 的本部分的引用而成为本部分的条款。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部分,然而,鼓励根据本部分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部分。

GB/T 727 涡轮增压器 产品命名和型号编制方法

GB/T 2828.1—2003 计数抽样检验程序 第 1 部分:按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划(ISO 2859-1:1999, IDT)

GB/T 23341.2—2009 涡轮增压器 第 2 部分:试验方法

JB/T 6002 涡轮增压器 清洁度限值及测定方法

JB/T 9752.3—2004 涡轮增压器 转子平衡品质及校验方法(JIS B0905:1978, NEQ)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 GB/T 23341 的本部分。

3.1

基本型增压器 basic turbocharger

按新产品研制开发程序全新研制开发或引进生产或转产的并经定型鉴定的母型增压器。

3.2

变型增压器 transformed turbocharger

凡与基本型增压器的基本结构(轴系、压气机叶轮和涡轮毛坯)相同,只在压气机或涡轮机的通流部件或安装连接尺寸等方面有所改变的增压器。

3.3

基准曲线 benchmark curve

凡通过发动机主机厂配试成功的基本型增压器及其变型增压器,在产品定型时所确定的性能曲线。

3.4

增压比 compressor pressure ratio

π_c^*

压气机出口气体总压 p_c^* 与进口气体总压 p_1^* 之比。

$$\pi_c^* = \frac{p_c^*}{p_1^*} \dots\dots\dots (1)$$

GB/T 23341.1—2009

3.5

涡轮膨胀比 turbine expansion ratio π_T 涡轮进口气体总压 p_T^* 与出口气体静压 p_2 之比。

$$\pi_T = \frac{p_T^*}{p_2} \dots\dots\dots (2)$$

3.6

压气机绝热效率(简称压气机效率) compressor adiabatic efficiency η_c

气体经压缩到一定的增压比时压气机进出口气体的绝热温升与实际温升之比。其物理意义为：气体经压缩到一定的增压比时绝热压缩功与实际压缩功之比。

$$\eta_c = \frac{T_1^* [(\pi_c^*)^{\frac{K-1}{K}} - 1]}{T_c^* - T_1^*} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

 T_1^* ——压气机进口气体总温，单位为开[尔文](K)； T_c^* ——压气机出口气体总温，单位为开[尔文](K)； K ——空气绝热指数， $K=1.4$ 。

3.7

标准环境状况 standard ambient conditions大气压力 p_0 : 100 kPa(750 mmHg)；环境温度 T_0 : 298 K(25 ℃)。

3.8

压气机折合参数 compressor conversion parameter

为了加以比较压气机性能，当试验(实测)环境状况有别于标准环境状况时，其实测压气机流量和转速应按标准环境状况予以折算。

$$\text{压气机折合流量 } G_{cp} = G_c \frac{10^6}{p_1^*} \sqrt{\frac{T_1^*}{298}} \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{压气机折合转速 } n_{cp} = n \sqrt{\frac{298}{T_1^*}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

 G_c 压气机实测流量，单位为千克每秒(kg/s)； n 增压器实测转速，单位为转每分(r/min)。

3.9

涡轮相似流量 turbine resemble flow

$$G_T \frac{\sqrt{T_T^*}}{p_T^*}$$

涡轮相似流量 $G_T \frac{\sqrt{T_T^*}}{p_T^*}$ 是绘制涡轮性能曲线的一个特性参数。

其中：

 G_T 涡轮实测流量，单位为千克每秒(kg/s)； T_T^* 涡轮进口气体总温，单位为开[尔文](K)。

3.10

涡轮相似转速 turbine resemble rotate speed

$$\frac{n}{\sqrt{T_T^*}}$$

涡轮相似转速 $\frac{n}{\sqrt{T_1^*}}$ 是绘制涡轮性能曲线的一个特性参数。

3.11

涡轮有效效率(简称涡轮效率) turbine efficiency

η_T

涡轮轴实际输出功与绝热膨胀功之比。

$$\eta_T = \frac{L_T}{L_{Tad}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

L_T ——涡轮轴输出功,单位为焦每千克(J/kg);

L_{Tad} ——涡轮绝热膨胀功,单位为焦每千克(J/kg)。

$$L_{Tad} = \frac{K_T}{K_T - 1} R_T T_1^* \left[1 - \frac{1}{\pi_T^{\frac{K_T-1}{K_T}}} \right] \quad \dots\dots\dots (7)$$

如以压气机作测功器时,则:

$$\eta_T = \frac{\frac{K}{K-1} R (T_c^* - T_1^*) G_c}{\frac{K_T}{K_T-1} R_T T_1^* \left[1 - \left(\frac{1}{\pi_T} \right)^{\frac{K_T-1}{K_T}} \right] G_T} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

K_T ——燃气绝热指数,当涡轮工质主要为燃气时, $K_T = 1.34$; 当涡轮工质为空气时, $K_T = K = 1.4$;

R ——空气气体常数,单位为焦每千克开[J/(kg·K)], $R = 287$ J/(kg·K);

R_T ——燃气气体常数,单位为焦每千克开[J/(kg·K)],当涡轮工质主要为燃气时, $R_T = 287.4$ J/(kg·K); 当涡轮工质为空气时, $R_T = R = 287$ J/(kg·K)。

当涡轮试验以自循环方式进行时, $\frac{G_T}{G_c} \approx 1.02$, 则,

$$\eta_T = 0.87 \frac{T_c^* - T_1^*}{T_1^* \left[1 - \left(\frac{1}{\pi_T} \right)^{0.264} \right]} \quad \dots\dots\dots (9)$$

3.12

增压器总效率 total turbocharger efficiency

η_{TC}

压气机效率与涡轮效率之乘积。

$$\eta_{TC} = \eta_c \eta_T \quad \dots\dots\dots (10)$$

当试验采用自循环方式进行时,则:

$$\eta_{TC} = 0.87 \frac{T_1^* \left[(\pi_c^*)^{0.286} - 1 \right]}{T_1^* \left[1 - \left(\frac{1}{\pi_T} \right)^{0.254} \right]} \quad \dots\dots\dots (11)$$

3.13

压气机流量范围 compressor flow range

压气机效率 ≥ 0.60 所包含区域的压气机流量范围。

3.14

标定参数 design parameter

由增压器设计技术文件规定的各项技术参数。包括增压比 π_c^* 、压气机流量 G_{cp} 、压气机效率 η_c 、涡轮

GB/T 23341.1—2009

轮效率 η_T 或增压器总效率 η_{TC} 、增压器转速 n_{cmp} 、涡轮进口温度 T_{Tb} 等。

3.15

最高参数 maximum parameter

允许增压器长期使用的最高工作转速 n_{max} 、最高涡轮进口温度 T_{Tmax} 。

4 技术要求

4.1 增压器产品配套要求

4.1.1 增压器产品的型号编制应符合 GB/T 727 的规定。

4.1.2 增压器制造商应向客户提供增压器产品的下列主要技术参数：

- a) 产品型号；
- b) 增压器外形安装连接尺寸图样；
- c) 增压器净质量；
- d) 带有旁通阀或其他调节机构的增压器，应提供执行机构的设置参数及调节方式；
- e) 增压器主要性能参数：增压比、压气机流量范围、压气机效率范围、最高工作转速、最高涡轮进口温度、涡轮效率或总效率等；
- f) 润滑油牌号，润滑油进口压力范围及油滤要求。

4.2 增压器产品制造要求

4.2.1 增压器产品应按经规定程序批准的产品图样及技术文件制造。

4.2.2 对叶轮（压气机叶轮和涡轮）毛坯，应进行外观检查、表面粗糙度检查，根据需要还应检查叶轮叶片的型面。根据图样和技术文件规定应对其进行化学成分分析，对同炉浇注的试样进行力学性能试验和金相组织（低倍、高倍）检查，同时对叶轮进行无损探伤（如荧光检查、X 光检查）。

4.2.3 在新设计和制造时，应进行涡轮（成品）叶片一阶自振频率的测量，要求自振频率和分散度限值：

$$\begin{aligned} f_{\min} &> 5n_{\max} \\ \delta &< 8\% \\ \delta &= \frac{f_{\max} - f_{\min}}{(f_1 + f_2 + \dots + f_n)/n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12) \end{aligned}$$

式中：

f_{\max} ——涡轮叶片一阶自振频率最大值，单位为赫[兹](Hz)；

δ ——涡轮叶片一阶自振频率分散度；

f_{\min} ——涡轮叶片一阶自振频率最小值，单位为赫[兹](Hz)；

n_{\max} ——增压器最高转速，单位为转每秒(r/s)；

f_1, f_2, \dots, f_n ——涡轮第 1 个叶片、第 2 个叶片、第 n 个叶片一阶自振频率值，单位为赫[兹](Hz)。

4.2.4 增压器涡轮转子、压气机叶轮应作单件动平衡检测，转子总成应作组合平衡检测，平衡品质应达到 JB/T 9752.3—2004 的规定。采用整体动平衡机或壳体振动试验检测时，转子总成可不作组合平衡检测，整体动平衡或壳体振动试验检测要求在增压器标定转速下许用振动速度值应 $\leq 4.5 \text{ mm/s}$ 。

4.2.5 增压器装配前，零部件应进行清洗。增压器整机清洁度达到 JB/T 6002 的规定。

4.2.6 增压器装配应符合产品图样及技术文件的规定。转子应转动灵活，不允许有异响和卡滞现象。

4.2.7 带有旁通阀或其他调节机构的增压器，执行机构的工作参数应调整到符合技术文件规定范围。

4.2.8 增压器外观应保持清洁，轮廓完整美观，铸件表面无裂纹、夹渣等铸造缺陷。外表面如刷油漆，则要求油漆牢固、光亮，不允许起皮、剥落和漏漆。增压器各油、气、水进出口均须配置有效密封措施。包装应完整、牢固。

4.3 增压器产品主要性能要求

4.3.1 增压器主要性能参数：增压比 π_c^* 、标定转速 n_b 、压气机流量 G_{cmp} 、压气机效率 η_c 、涡轮效率 η_T 或

增压器总效率 η_{TC} 、涡轮进口最高温度 T_{Tmax} 等应符合产品技术文件的规定,压气机性能应符合压气机性能基准曲线。

4.3.2 增压器主要性能参数应达到表 1 规定;主要性能参数允许偏差按表 2 规定。

表 1

压气机叶轮直径/mm	<70	≥70~100	>100
压气机效率(最高)	≥0.72	≥0.74	≥0.76
涡轮效率(最高)	≥0.68	≥0.70	≥0.72
总效率(最高)	≥0.48	≥0.50	≥0.52
噪声(声压级)/dB(A)	≤104	≤110	≤120

表 2

压气机叶轮直径/mm	<70	≥70~100	>100
增压比	±3.5%	+3%	±2.5%
压气机流量	+3.5%	±3%	±2.5%
涡轮壳流通能力	±3.5%	±3%	±2.5%
润滑油流量	±15%		

4.4 增压器产品可靠性要求

4.4.1 凡新设计、引进生产或转产、主要零部件结构(轴系)作重大改变的增压器,均应进行增压器 120 h 耐久热循环考核试验。试验要求:

- 增压器运转平稳,无异常噪声;
- 试验后检查压气机叶轮和涡轮叶片无擦壳、飞裂现象,叶轮叶片无裂纹、变形;
- 涡轮壳所有外表面无裂纹,内流道隔墙上出现裂纹不允许多于三处,深度≤1 mm,长度不穿透外壁面三分之一壁厚;
- 浮动轴承、止推轴承、转子轴承颈、密封件摩擦副等的磨损量应≤0.02 mm;
- 压气机端、涡轮端无漏油现象。

4.4.2 凡新设计、引进生产或转产、叶轮的材料作重大改变的增压器,均应进行增压器超速破坏试验(包含壳体包容试验)。试验要求:

超速破坏试验要求叶轮的破坏转速应达到:

$$n_p \geq 1.4 n_b \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

n_p ——叶轮的破坏转速,单位为转每分(r/min);

n_b ——增压器标定转速,单位为转每分(r/min)。

压气机和涡轮机壳体包容试验后应达到:

- 包容在压气机壳体和背盘内的飞裂散块不得向外飞逸;
- 包容在涡轮壳体或涡轮壳防护罩(允许涡轮壳带有防护罩时)内的飞裂散块不得向外飞逸;
- 中间壳体内部的压力润滑油不允许泄漏到增压器外面。

4.4.3 批量生产的增压器,在出厂前应按技术文件规定进行自循环性能试验。试验要求:

- 增压器运转平稳,无异常噪声;
- 增压器自循环性能参数应符合技术文件和 4.3.2 的规定;
- 试验后检查压气机叶轮和涡轮叶片无碰擦、飞裂现象;
- 检查轴向和径向间隙,手感正常;
- 压气机端、涡轮端无漏油现象。

5 检验规则

5.1 出厂检验

5.1.1 为保证产品质量,制造商在出厂前应按技术文件规定对批量生产的增压器进行出厂检验。

5.1.2 出厂检验的项目、技术要求、检验方法按表3的规定。

5.1.3 出厂检验的样机按同型号,生产条件和生产时间基本相同的单位产品组成一批。增压器清洁度和外形安装尺寸检验每一批抽取的样机数量为2台。其余检验项目每一批按GB/T 2828.1—2003正常检验一次抽样方案,一般检验Ⅱ水平,接收质量限AQL=0.40,不合格判定数Ac=0的规定,进行抽样检查。不合格项目及分类按制造商技术文件规定。

5.2 型式检验

5.2.1 在投入批量生产之前,制造商对新设计、新引进生产或转产或主要零部件结构(轴系)或叶轮的材料作重大改变的增压器进行制造要求、性能测定和可靠性试验等型式检验。

5.2.2 型式检验的项目、技术要求、检验方法按表3的规定。

5.2.3 型式检验的样机数量为2台。

5.3 抽查检验

5.3.1 为考核批量生产增压器质量的稳定性,制造商、客户或质量检测机构在规定的时间内(或批量)内,对产品按技术文件规定进行的检验称为抽查检验。

5.3.2 抽查检验的项目、技术要求、检验方法按表3的规定。

表 3

序号	检验项目	要 求	检 验 方 法	型式 检验	出厂 检验	抽查 检验
1	外观质量/外型安装尺寸	达到 4.2.8 和产品图样规定	目测、通用量具	✓	✓	✓
2	重要零部件: 材料成分/力学性能 重要尺寸/形位公差 表面粗糙度等	达到图样或技术文件规定	制造商自行检验	✓	—	✓
3	涡轮(成品)叶片一阶自振频率	达到 4.2.3 规定	专用设备	✓	—	✓
4	转子动平衡/整体动平衡/ 振动质量	达到 4.2.4 规定	专用设备	✓	✓	✓
5	增压器装配质量	达到 4.2.6 规定	通用量具、目测、手感	✓	✓	✓
6	增压器清洁度	达到 4.2.5 规定	专用设备	✓	✓	✓
7	带有旁通阀或其他调节机构参数	达到 4.2.7 规定	专用设备	✓	✓	✓
8	压气机性能	达到 4.3.2 规定	按 GB/T 23341.2—2009 的 6.1 规定	✓	—	✓
9	涡轮性能	达到 4.3.2 规定	按 GB/T 23341.2—2009 的 6.2 规定	✓	—	—
10	涡轮壳流通能力	达到 4.3.2 规定	按 GB/T 23341.2—2009 的 6.8 规定	✓	—	✓
11	增压器自循环性能试验	达到 4.4.3 规定	按 GB/T 23341.2—2009 的 6.3 规定	✓	✓	✓
12	增压器噪声	达到 4.3.2 规定	按 GB/T 23341.2—2009 的 6.6 规定	✓	✓	✓

表 3 (续)

序号	检 验 项 目	要 求	检 验 方 法	型式 检验	出厂 检验	抽查 检验
13	增压器润滑油流量	达到 4.3.2 规定	按 GB/T 23341.2—2009 的 6.7 规定	√	—	—
14	增压器耐久热循环考核 试验	达到 4.4.1 规定	按 GB/T 23341.2—2009 的 6.4 规定	√		
15	增压器超速破坏试验(包含 壳体包容试验)	达到 4.4.2 规定	按 GB/T 23341.2—2009 的 6.5 规定	√	—	—

5.3.3 抽查检验的样机数量为 1 台~2 台。客户抽检时,若制造商与客户达成协议的按双方商定的协议执行。质量检测机构抽检时,按质量检测机构的规定执行。

5.3.4 压气机性能试验的抽检,批量生产的增压器(相同系列型号),月产量不小于 1 000 台时,每半年进行一次抽检试验,月产量小于 1 000 台时,每一年进行一次抽检试验。性能试验曲线不少于两条等转速线,其中包括产品设计(标定)参数及最高压气机效率在内。检验的样机数量为 1 台。

5.3.5 增压器自循环性能试验、增压器噪声试验、增压器清洁度测定的抽检,批量生产的增压器(相同系列型号),月产量不小于 1 000 台时,每一个月进行一次抽检试验,月产量小于 1 000 台时,每三个月进行一次抽检试验。检验的样机数量为 2 台。

6 标志、包装、运输和贮存

6.1 标志

6.1.1 每台增压器应在明显部位钉有铭牌或刻上产品标记,内容包括:

- a) 产品名称;
- b) 产品型号;
- c) 产品编号、总成号或客户号;
- d) 制造商名称、商标。

6.1.2 包装箱外应标识内容包括:

- a) 产品名称、型号、数量、出厂日期、执行标准号;
- b) 产品编号、总成号或客户号;
- c) 包装箱尺寸:长(mm)×宽(mm)×高(mm);
- d) 总质量,单位为 kg;
- e) 制造商名称、地址、电话;
- f) 防雨防潮、向上及小心轻放标志。

6.2 包装

6.2.1 增压器的进出油口、进出气口、进出水口,必须装有封盖或堵头。

6.2.2 增压器采用内外两层包装。内包装采用塑料薄膜袋,外包装应牢固,能可靠固定增压器,纸箱包装应有可靠的封箱措施。

6.2.3 增压器包装箱内应装有产品合格证、产品使用说明书、出厂检验单、质保卡等,带有备件或一箱装有多台的还需有装箱清单。

6.3 运输

增压器允许使用一般交通工具运输。在运输过程中,防止日晒、雨淋、剧烈碰撞,应轻放、轻卸。

6.4 贮存

增压器应贮存在干燥、通风、无腐蚀性物质的清洁仓库内,妥善保管,油封有效期为一年。