

Q C

中华人民共和国汽车行业标准

QC/T 554—200×

代替 QC/T 554—1999

汽车、摩托车发动机活塞环技术条件

200×—××—××发布

200×—××—××实施

国家发展和改革委员会 发布

前 言

本标准根据QC/T 554—1999《汽车、摩托车发动机活塞环技术条件》修订，QC/T 554—1999标准是1999年国家机械工业局将原机械部标准JB 3933—1985转号后的标准代号，其内容与JB 3933—1985完全相同。

随着社会的发展和技术的进步，越来越多的活塞环以钢质为材料，本标准增加了钢质活塞环方面的内容，主要有钢质环的弹性模数、弯曲强度极限值、热稳定性。

本标准与QC/T 554—1999相比主要变化如下：

- 改变活塞环热稳定性的试验方法；
- 对合金铸铁活塞环、球墨铸铁活塞环热稳定性提出了更高的要求；
- 增加了钢带组合油环的热稳定性要求；
- 外圆面粗糙度按产品图样规定；
- 对外圆漏光度要求进行调整。

本标准由全国汽车标准化技术委员会提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：南平华闽汽车配件工业有限公司。

本标准起草人：

汽车、摩托车发动机活塞环技术条件

1 范围

本标准适用于汽车和摩托车发动机活塞环。凡上述范围内的活塞环应符合本标准的规定。

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 230 金属洛氏硬度试验法

GB/T 1149.4—1994 内燃机活塞环 技术要求

GB/T 2828 逐批检查计数抽样程序及抽样表

QC/T 555—2000 汽车、摩托车发动机 单体铸造活塞环金相检验

3 技术要求

3.1 产品应符合本标准、产品图样和技术文件的要求。

3.2 材料

铸铁活塞环:合金铸铁、球墨铸铁、可锻铸铁等。

钢质压缩环和其他材料活塞环按产品图样规定。

3.3 材料的化学成分应能保证活塞环的性能要求。

3.4 低合金铸铁活塞环的金相组织应符合 QC/T 555—2000 的规定，其他材料活塞环的金相组织按产品图样或有关技术文件规定。

3.5 成品环的硬度

低合金铸铁活塞环: HRB 96~108, 球墨铸铁活塞环: HRB 100~112, 铸铁活塞环在同一环上的硬度差不应超过 4 个 HRB 单位;

硅铬钢活塞环芯部硬度: HV0.2 380~550;

马氏体不锈钢活塞环芯部硬度: HV0.2 230~420, 奥氏体不锈钢活塞环芯部硬度: HV0.2 270~450。

其他材料的活塞环按产品图规定。

镀铬环的铬层硬度不应低于 HV0.1 800;

钢质活塞环表面氮化层硬度不应低于 HV0.1 900;

喷钼层的钼层硬度不应低于 HV0.3 325。

3.6 弹性模数 (E)

合金铸铁活塞环: $(10\ 000 \pm 1\ 500)$ kgf/mm²

球墨铸铁活塞环: $(16\ 000 \pm 1\ 500)$ kgf/mm²

钢质活塞环: $(20\,000 \pm 1\,500) \text{ kgf/mm}^2$

3.7 弯曲强度极限值 (σ_b)

合金铸铁活塞环: 不低于 40 kgf/mm^2

球墨铸铁活塞环: 不低于 90 kgf/mm^2

钢质活塞环: 不低于 180 kgf/mm^2

3.8 弹性模数与弯曲强度极限值的比值: $E/\sigma_b \leq 240$ 。

3.9 活塞环的弹力应符合产品图样规定。

3.10 活塞环的环周径向压力分布特性应符合产品图样规定。

3.11 活塞环的热稳定性

合金铸铁、球墨铸铁气环和钢质气环在相当于气缸直径的环规中加热到 300°C 保温 3 h; 螺旋撑簧组合油环、钢带组合油环在相当于气缸直径的环规中加热到 250°C , 保温 5 h, 然后在空气中冷却至室温, 其弹性消失率为:

合金铸铁气环——不大于 12 %

球墨铸铁活塞环、钢质活塞环——不大于 8 %

螺旋撑簧组合油环——不大于 25 %

钢带组合油环——不大于 15 %

3.12 表面粗糙度

端面 $Ra \leq 0.63 \text{ um}$, 外圆面按产品图样规定。

3.13 活塞环轴向高度(环高)公差

外径 $D \leq 100$ ——不大于 0.012 mm

外径 $D > 100$ ——不大于 0.015 mm

端面镀铬环——不大于 0.020 mm

油环轴向高度应在没有油孔部位测量。

注: 活塞环端面软覆盖层(镀锡、磷化层等)厚度不包括在轴向高度公差范围内, 允许有软覆盖层的成品活塞环轴向高度最大极限尺寸超出 0.006 mm 。

3.14 活塞环开口工作间隙的基本尺寸按产品图规定, 其公差不大于 0.20 mm 。

加工时必然产生的内喇叭口, 允许内圆边比外圆边开口大 0.20 mm , 当外圆边开口处于最大极限尺寸时, 内圆边开口允许超差 0.20 mm , 但不得有外喇叭口存在。

允许按订货单位要求留修口量。修口量由制造企业和订货单位双方协商决定。此种留修口量的活塞环仅限于协商供应的产品。

检验活塞环开口工作间隙所用环规基本尺寸按产品图样规定, 环规公差为 0.01 mm 。

3.15 径向厚度公差

铸铁活塞环:

a) 外圆不镀铬和不加其他耐磨层——不大于 0.20 mm ; 同一片环上径向厚度差不超过 0.10 mm ;

b) 外圆镀铬、喷钼或加其他耐磨层——不大于 0.25 mm , 同一环上径向厚度差不超过 0.12 mm 。

表面镀锡、涂覆聚四氟乙烯等软磨层的, 此覆盖层厚度不包括在径向厚度尺寸之内。

3.16 端面翘曲度

对称断面铸铁活塞环：

- a) 外径 $D \leq 100$ ——不大于 0.03 mm；
- b) 外径 $D > 100$ ——不大于 0.04 mm。

非对称断面铸铁活塞环（内切或外切扭曲环和单边梯面环）其端面翘曲度的允许值可由制造企业和订货单位协商决定或按下列规定：

- a) 外径 $D \leq 100$ ——不大于 0.06 mm；
- b) 外径 $D > 100$ ——不大于 0.08 mm。

3.17 外圆漏光度

活塞环外圆工作面应与气缸壁密合。活塞环放入相当于气缸直径的环规中进行漏光检验时，其外圆漏光度应符合下列规定。

下述活塞环的光密封度应为外圆周长的 100%：

- a) 外圆面全部珩磨的无镀层环；
- b) 外圆面整个圆周，但并非整个环高具有珩磨带的无镀层环或镀层锥面环；
- c) 整个外圆面全部环高珩磨的外圆面镀铬或喷钼镀层（全镀层、半镶嵌或镶嵌结构）活塞环。

外圆面镀层并经磨削而无珩磨带的锥面环，其光密封度应不小于外圆周长的 95%。

其余活塞环外圆面的光密封度应不小于外圆周长的 90%。

注：活塞环外圆的漏光系指外圆与环规壁间的连续弧状光隙，而活塞环外圆与环规壁间呈虚线型接触到间断点状光隙不应视为漏光。

外圆经过精加工的活塞环，在保持断面形状、尺寸及公差条件下，允许外圆进行珩磨。

3.18 表面处理

3.18.1 第一道压缩环外圆工作面应镀铬、氮化、喷钼或者加其他耐磨减摩层。其余压缩环和油环外圆工作面如要求镀铬或加其他覆盖层按产品图样规定。

端面或其他表面要求镀铬的活塞环按产品图样规定。

3.18.2 压缩环的外圆铬层厚度不小于 0.10 mm；镀铬铸铁油环的外圆铬层厚度不小于 0.08 mm。

3.18.3 活塞环镀铬后如外圆珩磨，其珩磨刃带在圆周上应当连续。

3.18.4 活塞环镀铬后必须进行去氢处理，铬层与基体应牢固结合，不应有脱铬现象；铬层与基体的结合强度按 4.6 规定的方法进行试验。

注：铬层与基体在分界面上完全分离才算作脱落。如分离部分未超过环高的一半或不是在分界面上分离，而仅是铬层本身崩缺或铬层与基体一同崩脱时，则不应视作脱铬。

3.18.5 活塞环表面未加耐磨减摩层的部分应镀锡、磷化、氧化或作其他防蚀性处理。防蚀层厚度（一个面上的）为 0.001 mm~0.003 mm。

3.19 活塞环表面清洁度按产品图规定，或由制造企业与订货单位协商决定。

3.20 外观缺陷

外观缺陷应符合 GB/T 1149.4—1994 的规定。

3.21 活塞环不应有残磁。

4 试验方法

4.1 机械性能试验

本试验包括活塞环的硬度、弹性及弯曲强度试验。在弹性及弯曲强度试验中，测力法和测力矩法（采用阿姆斯勒活塞环机械性能试验机）同样有效。

4.1.1 活塞环硬度试验

4.1.1.1 活塞环硬度按 GB/T 230 《金属洛氏硬度试验法》测定。

活塞环硬度应在活塞环端面上距开口 5 mm~7 mm 处、开口对面（与开口成 180° 处）及与开口成 90° 处等三处测定，每处测三点，且测量点距活塞环边缘应大于 1 mm，取此三点硬度的平均值作为该处的硬度值，三处硬度值的最大差值为该片环的硬度差。

当开口对面、与开口成 90° 处为通油孔时，则应选择邻近的实心部位测定。

4.1.1.2 镀铬环的铬层硬度，氮化层的表面硬度、有效氮化层硬度，喷钼环的钼层硬度等用显微硬度计测定。

4.1.2 弹性试验

本试验用于测量活塞环的弹性模数及弹力。

4.1.2.1 测力法

测量活塞环弹力的施力方法应按图 1 进行，弹力的大小由测量所得的切向弹力 P_1 或径向弹力 P_2 的数值评定。

切向弹力 P_1 系用厚度不大于 0.12 mm、其尾端为刚性窄板的光滑薄钢带箍紧活塞环外圆，使活塞环开口尺寸缩拢至产品图规定的工作间隙（ S_0 ）或使活塞环外径达到缸径时所需的力。 P_1 应在活塞环外圆的切线方向。

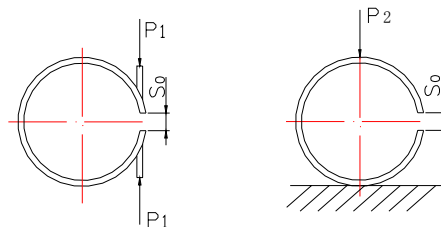


图1 弹力试验

径向弹力 P_2 系在与通过开口间隙中心的直径相垂直的直径方向直接加力在活塞环上，使活塞环开口尺寸缩拢至产品图规定的开口间隙（ S_0 ）时所需的力。

P_1 和 P_2 的关系为：

$$P_2 = 2.63 P_1 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_1 ——活塞环的切向弹力，kgf (N)；

P_2 ——活塞环的径向弹力，kgf (N)。

活塞环外圆表面作用于气缸壁的平均单位压力(P_m)可按式 (2) 计算：

$$P_m = 0.76 \frac{P_2}{b_0 D} = 2 \frac{P_1}{b_0 D} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

P_m ——平均单位压力, kgf/cm^2 (kN/cm^2);

D ——活塞环外径 (气缸直径), cm ;

b_0 ——活塞环外圆表面与气缸壁的接触面宽度, cm 。

弹性模数 (E) 可按公式 (3) 计算:

$$E = 5.37 \frac{P_2}{b_\psi(S-S_0)} \left(\frac{D}{t} - 1\right)^3 = 14.12 \frac{P_1}{b_\psi(S-S_0)} \left(\frac{D}{t} - 1\right)^3 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

E ——弹性模数, kgf/mm^2 (kN/mm^2);

t ——活塞环径向厚度, mm ;

b ——活塞环轴向高度, mm ;

S ——活塞环自由状态开口尺寸, mm ;

S_0 ——活塞环工作状态开口间隙, mm 。开口尺寸的测量应在开口两端径向厚度的中心处进行;

ψ ——惯性力矩系数:

$$\psi = I_2/I_1;$$

$I_1 = bt^3/12$ ——矩形实心断面的惯性力矩, (mm^4)

I_2 ——活塞环由于切槽、穿孔、倒角等而减弱的断面对其中性轴的惯性力矩, (mm^4)。

4.1.2.2 测力矩法

用阿姆斯特勒活塞环机械性能试验机作弹性试验时, 活塞环的弹性模数(E)按公式 (4) 计算:

$$E = \frac{62.83 \times R_a^2 \times M_0}{I(S-S_0)} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

M_0 ——如图 2 所示将活塞环开口处夹持, 使开口尺寸缩拢至产品图规定的开口工作间隙(S_0)时所需的力矩 $\text{kgf} \cdot \text{cm}$

R_a ——活塞环的重心半径 (图 3), mm 。矩形实心断面活塞环:

$$R_a = (D-t)/2$$

I ——活塞环断面的惯性力矩 mm^4 。

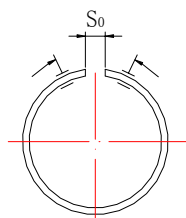


图2 弹力试验

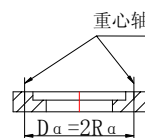


图3

重心半径

矩形实心断面:

$$I = I_1 = \frac{bt^3}{12}$$

对于切槽、穿孔、倒角的减弱断面：

$$I = I_2$$

弹力计算： $P_2 = 1.76 M_0 / R_a \dots\dots\dots(5)$

$$P_2 = 2.63P_1$$

4.1.3 弯曲强度试验

4.1.3.1 测力法

活塞环的弯曲强度极限值 (σ_b) 按公式 (6) 计算：

$$\sigma_b = \frac{3P_B(D-t)}{bt^3\Phi} \dots\dots\dots(6)$$

式中：

σ_b ——弯曲强度极限值，kgf/mm² (N/mm²)；

P_B ——在与通过开口间隙中心的直径相垂直的直径方向拉断活塞环所需的力，见图 4，kgf (N)。

$\Phi = W_2/W_1$ ——活塞环的断面减弱系数。

矩形实心断面： $\Phi = 1$ ；对于切槽、穿孔、倒角等的减弱断面： $\Phi < 1$ 。

$W_1 = bt^3/6$ ——矩形实心断面的断面系数，mm³。

$W_2 = I_2/Z_{\max}$ ——因切槽、穿孔、倒角等而减弱的断面的断面系数，mm³。

$Z_{\max}$ ——活塞环断面卜中性轴到危险应力边的距离，mm。

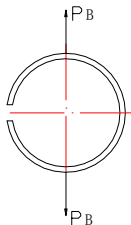


图4 弯曲强度试验(测力法)

4.1.3.2 测力矩法

用阿姆斯特勒活塞环机械性能试验机作活塞环的弯曲强度试验时，活塞环的弯曲强度极限值 (σ_b) 按式 (7) 计算：

$$\sigma_b = 10M_b/W \dots\dots\dots(7)$$

式中：

M_b ——如图 5 所示扳断活塞环所需的力矩，kgf·cm。

W ——活塞环的断面系数。

矩形实心断面： $W = W_1 = bt^2/6$ ，由于切槽、穿孔、倒角等而减弱的断面： $W = W_2$

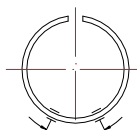


图5 弯曲强度试验(测力矩法)

4.1.4 Ψ 与 Φ 值除按前述方法计算外，亦可用试验方法得到：

a) 选用同一批毛坯加工出的各不少于 20 片的矩形实心断面活塞环和断面减弱的活塞环, 两者的 b 和 t 应有相同的尺寸。

b) 测量每片活塞环的自由状态开口尺寸和弹力值, 按公式 (3) 计算出矩形实心断面活塞环的弹性模数 (此时 $\Psi=1$)。取 E 的平均值。

c) 将公式 (3) 移项并取与矩形实心断面活塞环相同的 E 值计算出断面减弱活塞环的 Ψ 值, 即:

$$\Psi = 5.37 \frac{P_2}{b(S-S_0)E} \left(\frac{D}{t} - 1 \right)^3 = 14.12 \frac{P_2}{b(S-S_0)E} \left(\frac{D}{t} - 1 \right)^3 \dots\dots\dots (8)$$

d) 将上述活塞环按图 4 方法拉断, 按公式 (6) 计算出矩形实心断面活塞环的弯曲强度极限值 (σ_b) (此时 $\Phi=1$), 取其平均值。然后将公式 (6) 移项并取与矩形实心断面活塞环相同的 σ_b 值计算出 断面减弱活塞环的 Φ 值。即:

$$\Phi = \frac{3P_B(D-t)}{bt^2 \sigma_b} \dots\dots\dots (9)$$

注: 上述试验方法适用于各种断面减弱的压缩环和油环。

e) 按与上述相同的原理也可用阿姆斯特勒活塞环机械性能试验机试验得出 Ψ 和 Φ 值。

4.2 热稳定性试验

活塞环的热稳定性试验按下述步骤进行:

a) 测量并记录活塞环的弹力 P_0 ;

b) 将活塞环装入相当于气缸直径的环规中, 按 3.11 活塞环稳定性试验要求进行试验, 再测量活塞环的弹力 P'_0 。活塞环的弹性保持系数 (δ) 按式 (10) 计算:

$$\delta = \frac{P'_0}{P_0} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中:

P_0 ——加温前的原始弹力;

P'_0 ——保温 6h 空气冷却至室温后所测得的弹力。

活塞环的弹性消失率 (η) 按式 (11) 计算:

$$\eta = \frac{P_0 - P'_0}{P_0} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

4.3 环周压力分布检验

活塞环外圆表面对气缸壁的径向压力分布情况, 应在专门的环周压力分布测定仪上进行测量。如没有上述专门测定仪, 允许用活塞环长短轴之差的方法进行校验性检验。其测量方法: 用厚度不大于 0.12 mm 的薄钢带箍紧活塞环外圆, 使活塞环开口尺寸达到工作间隙 (S_0) 时, 测量通过活塞环开口间隙中心的直径及与之垂直的直径之差值 (Δ) 评定活塞环周向压力分布特性。

对于高压力环, Δ 值应在 (0.004~0.008) D 范围内。

其中: D ——与被测环相适应的气缸直径。

4.4 端面翘曲度检验

活塞环端面翘曲度检验应在专门的检验仪上进行。该检验仪为两块平整光滑的平行平板, 两平板间距

离为环高的最大尺寸加上允许的最大翘曲度数值，平板高度和宽度均应大于活塞环自由状态外径。活塞环在自身重量的作用下，应能从两平行平板间自由下落。

4.5 漏光度检验

活塞环外圆与环规壁的密合程度，由检验活塞环在环规中的漏光度评定。环规内径应等于相应的气缸直径，环规内圆的粗糙度 R_a 不大于 $0.63\text{ }\mu\text{m}$ ，如果活塞环在整个外圆周上与环规壁间没有产生光隙，则该活塞环被认定与环规完全密合，活塞环外圆周与环规壁间光隙弧长所对应的中心角数值即为活塞环的漏光度。

检验漏光度应采用专门的漏光检验仪，并在暗室中进行。检验仪的光源应采用 36V , 60W 的磨砂灯泡，光源中心距活塞环端面 100 mm ，光线与肉眼视线应为一一直线，并垂直于活塞环端面。

4.6 铬层与基体结合强度试验

外圆镀铬的铸铁活塞环，其铬层与基体结合强度试验应在专门的试验仪上进行。试验时将镀铬前与镀铬后均没有倒角的镀铬环样品（镀铬时每筒活塞环中放入一定数量的供试验用的未倒角环）平放在试验仪平板上，用一底端为平面、直径为 40 mm 、重量为 1 kg 的钢锤，从 150 mm 高度处自由落下，钢锤下端中心部分应击中活塞环端面，此时检验铬层与基体有无分离现象。

试验可在活塞环的三处进行：开口附近、与开口成 90° 处和成 180° 处。特殊要求者可多于三处，均不应有脱铬现象，但不应在同一试验部位重复敲击。

5 验收规则

5.1 活塞环须经制造企业的技术检验部门按产品图和本标准各项技术要求检验合格后才能出厂。

5.2 订货单位验收产品时，可按 3.13、3.14、3.16、3.17 和 3.20 所列项目进行。也可按具体机型的要求或按照订货单位与制造企业的技术协议进行。

5.3 订货单位验收产品时，按 GB/T2828《逐批检查计数抽样程序及抽样表》规定，合格质量水平（AQL）值和抽样次数等方案由供需双方商定。

6 标志、包装、运输和保管

6.1 活塞环在包装前必须清洗干净，涂以防锈油脂或作特殊防锈处理，用结实不透水的中性纸或中性塑料袋包装，再装入硬纸盒内，每只纸盒应装入同一机型、同一规格的供一台发动机使用的全套活塞环（订货单位要求单独包装者除外）。

6.2 包装盒上应标明：

- a) 企业名称、商标和地址；
- b) 产品名称、型号及规格；
- c) 数量；
- d) 包装日期。

注：留修口量者在包装盒上注明。

6.3 每只纸盒内应附有制造企业检验员签章的产品合格证和介绍产品性能及装配使用要点的产品使用说明书。

6.4 外锥环及特殊结构活塞环应在产品图规定的部位上作出安装标记。

6.5 用纸盒装好活塞环，再装入衬有防水纸的干燥包装箱内。包装箱应保证活塞环在正常运输中不致损坏。箱子总质量不超过 50 kg。如订货单位同意，也可采用简易包装方法。

6.6 包装箱外部应标明：

- a) 制造企业名称及地址；
- b) 产品名称、型号及规格；
- c) 数量及毛重；
- d) 收货单位名称及地址；
- e) 产品出厂日期；
- f) “小心轻放”、“防潮”、“防压”等标记。

6.7 活塞环应存放在通风和干燥的仓库内。在正常保管情况下，自出厂之日起，制造企业应保证产品在 12 个月内不致锈蚀。
