

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 5141—1991

小型汽油机排气消声器设计参数

1991-06-26 发布

1992-07-01 实施

中华人民共和国机械电子工业部 发布

小型汽油机排气消声器设计参数

1 主题内容与适用范围

本标准适合于 30 kW 以下，缸径不大于 75 mm 汽油机的排气消声器选型、设计。

2 引用标准

- GB 4759 内燃机排气消声器测量方法
- JB 5137 小型汽油机排气消声器技术条件

3 消声器评价指标、分类、型号

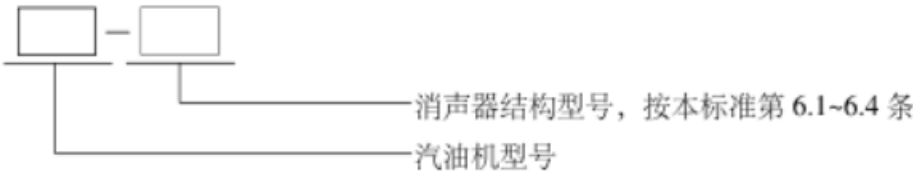
- 3.1 消声器系列选型、设计和评价的主要指标是插入损失 D 、功率损失比 r 、容积比和工艺性。
 - 3.1.1 消声器的插入损失 D 、功率损失比 r 的定义和测量方法应符合 GB 4759 中的有关规定。
 - 3.1.2 消声器容积比定义为消声器有效容积 V_m (不包括进、排气管) 和汽油机总排量 V_h 之比, 即 V_m/V_h 。
 - 3.1.3 消声器的工艺、结构特性应符合 JB 5137 中的有关规定。
- 3.2 消声器的分类和指标
 - 3.2.1 按消声器和主机配套使用情况, 消声器分为四类:
 - A——适用于便携式机械用汽油机;
 - B——适用于一般机械用汽油机;
 - C——适用于要求低噪声机械用汽油机;
 - D——适用于摩托车用汽油机。
 - 3.2.2 各类消声器指标应按表 1 的规定。

表 1

消 声 器 类 别	插 入 损 失 D dB (A)	功 率 损 失 比 r %
A	≥ 10	$< 5\%$
B	≥ 15	$< 5\%$
C	≥ 20	$< 7\%$
D	≥ 25	$< 5\%$

3.3 消声器型号的表示方法

3.3.1 消声器型号的表示方法



标记示例：175F-B-2

指该消声器系配套 175F 汽油机，适用于一般配套机械，结构为 6.2 条中的图 7。

1E40F-C-3

指该消声器系配套 1E40F 汽油机，适合于要求低噪声的配套设备使用，结构为 6.3 条中的图 13。

3.3.2 消声器铭牌或说明书中，除必须注明名称型号外，还应注明消声器的主要指标，标注的内容应包括：

D : dB (A)

r : %

V_m : L

4 排气消声特性

4.1 小型汽油机的排气噪声是一种宽频带噪声，其频率特性主要决定于汽油机的转速、排量、气缸数等参数，其主要峰值频率成分为周期性排气噪声和气缸共振噪声。对于多缸汽油机，排气噪声以周期性排气噪声为主；对于单缸汽油机则以气缸内部共振噪声为主。消声器设计的消声特性应以此为据。

4.2 周期性排气噪声包括汽油机点火频率成分及其高次谐波，其基频可用式 (1) 计算：

$$f_1 = \frac{nz}{60\tau} \quad \text{..... (1)}$$

式中： f_1 ——频率，Hz；

n ——汽油机转速，r/min；

z ——气缸数；

τ ——冲程系数，四冲程汽油机 $\tau = 2$ ，二冲程汽油机 $\tau = 1$ 。

4.3 气缸共振噪声是由燃烧气体激发气缸内部共振产生的。其基频可按式 (2) 计算：

$$f_0 = \frac{C_p}{2\pi} \sqrt{\frac{S_0}{1000V_b(l + \frac{S_0}{2})}} \quad \text{..... (2)}$$

式中： f_0 ——频率，Hz；

C_p ——排气管中声速，cm/s；

V_b ——总排量，L；

l ——排气管长度，cm；

S_0 ——排气口平均面积，cm²。

5 消声器设计参数

5.1 消声器有效容积 V_m

消声器有效容积大小直接影响其消声性能和功率损失。合理的消声器有效容积要根据汽油机排量、转速、气缸数、冲程数以及消声器要达到的指标来选择，不同类型的消声器有效容积可按式 (3) 估算：

$$V_m = K_z K_c K_n K_l V \quad \text{..... (3)}$$

式中： V_m ——消声器有效容积；

V ——汽油机总排量；

K_z ——气缸数修正值； $K_z = (\sqrt[3]{Z})^{-1}$ ；

K_t ——汽油机冲程数修正系数，二冲程汽油机 $K_t=2$ ，四冲程汽油机 $K_t=1$ ；

K_l ——消声器类别修正系数，不同类型的消声器的修正系数见表 2；

表 2

消声器类别	A	B	C	D
K_l	2~3	4~5	7~8	10~13

K_n ——汽油机转速修正系数，可用式 (4) 计算：

$$K_n=0.7+10^{-4}n_b \quad (4)$$

n_b ——汽油机标定转速，r/min。

由于消声器设计结构的差别，选择的消声器容积可偏离式 (3) 计算值 $\pm 20\%$ 。

5.2 消声器的纵横比和扩张比

5.2.1 消声器纵横比

同样容积消声器当纵横比不同时，对消声器的插入损失和功率损失均有影响。消声器纵横比过大，其声学特性更接近于扩张室消声器，但它的扩张比较小，消声值较低；纵横比过小，其声学特性更接近于容积式共振消声器，有效消声频率范围较窄。因此，消声器的纵横比要选择合适的。

消声器纵横比的定义为消声器长度 L 和消声器等效直径 D_0 之比，最佳纵横比可按表 3 选择。

表 3

消声器类别	A	B	C	D
纵横比 (L/D_0)	3~5			5~10

非圆型消声器其等效直径用式 (5) 计算：

$$D_0 = \sqrt{\frac{4S_2}{\pi}} \quad (5)$$

式中： S_2 ——消声器横截面积。

消声器纵横比的选择还应兼顾汽油机总体布置的合理性。

5.2.2 消声器扩张比

小型汽油机排气消声器多采用多节不同形式的简单扩张室消声器单元组合，不同类型简单扩张室消声器单元的插入损失值，在无气流影响时，可按式 (6) 计算：

$$D=L_m-L_m' \quad (6)$$

式中： D ——插入损失值，dB；

$$L_m=20\lg|\cos kl_1|+20\lg|\sin kl_3|+20\lg G$$

$$L_m'=20\lg|\cos kl'|$$

l' ——无消声器时的排气管长；

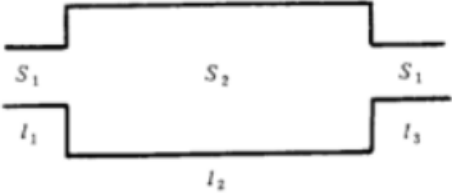
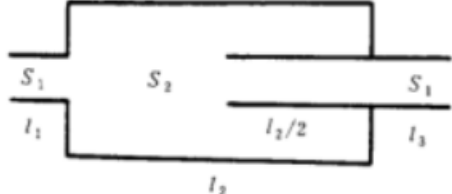
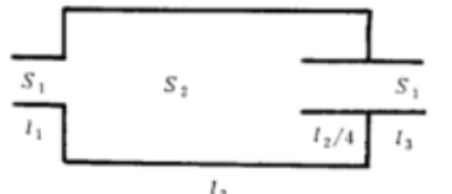
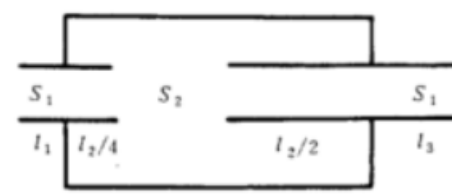
l_1 、 l_3 ——消声器前后排气管长；

$k=\frac{2\pi}{\lambda}$ 波数；

λ ——波长；

$20\lg G$ ——不同类型消声器的数值，见表 4。

表 4

消声器单元形状	$20\lg G$
	$20\lg \frac{S_2}{S_1} + 20\lg \sin kl_2 $
	$20\lg \frac{S_2}{S_1} + 6 + 20\lg \left \sin \frac{kl_2}{2} \right $
	$20\lg \frac{S_2}{S_1} + 12 + 20\lg \left \sin \frac{kl_2}{4} \right + 20\lg \left \cos \frac{kl_2}{2} \right $
	$20\lg \frac{S_2}{S_1} + 12 + 20\lg \left \sin \frac{kl_2}{4} \right $

各类型扩张室消声器的最大插入损失决定于扩张比 $m=S_2/S_1$ ，其数值为 $20\lg m$ 。不同类型小型汽油机消声器的扩张比可采用表 5 所给数值。

表 5

消声器类别	A	B	C	D
扩张比 m	6~9	9~12	9~15	6~15

在消声器容积一定时，其纵横比和扩张比有一定关系。在选择设计参数时，应兼顾考虑。

5.2.3 由于消声器容积限制和油污、积炭的影响，在小型汽油机消声器中，一般不推荐采用阻性消声器单元和共振消声器单元。如果容积允许或有特殊要求，采取一定的措施，也可以在部分容积中采用上述两种消声器单元。

5.3 消声器腔数及容积分配

小型汽油机消声器一般都采用多节扩张室消声器的组合。所选择的腔数要根据所要求的插入损失和功率损失而定，腔数过少，插入损失较低；腔数过多，插入损失并不一定有明显提高，而功率损失却可能增加。因此腔数要选择合适的，不同类型的消声器的腔数可按表 6 选择。

表 6

消声器类别	A	B	C	D
腔 数	2~3	3~4	≥4	3~6

腔数确定之后，各腔容积分配比例也是十分重要的，为保证消声器在较宽频带具有消声效果，各腔尺寸应选择不同。试验证明，第一腔采用最大容积，有利于减少气流脉动及背压，在一定程度上，可以改进消声效果，减少功率损失。对于 A、B、C 型消声器第一腔容积不应小于发动机排量的 1~3 倍，对于二冲程汽油机使用的 D 型消声器，一般应把第一腔设计为排气增压腔，以提高汽油机功率，排气管和第一腔的总长度可按式 (7) 计算：

$$L = \frac{v\alpha}{6n_{\max}} \dots\dots\dots (7)$$

式中： n_{\max} ——汽油机最大功率转速，r/min；

α ——扫气口开启角度；

v ——汽油机排气管中压力波传播速度，一般采取 450~550 m/s。

5.4 消声器气流速度和排气口面积

5.4.1 消声器进气口面积 S_1

消声器进气口面积根据汽油机的排气口尺寸确定：

单缸二冲程汽油机： $S_1 = (1.2 \sim 1.5) S_0$ ；

单缸四冲程汽油机： $S_1 = S_0$ ；

多缸汽油机： $S_1 =$ 排气歧管出口面积。

单缸二冲程汽油机的 S_0 为气缸排气口截面积，单缸四冲程汽油机的 S_0 为气缸或气缸盖排气道出口截面积。两者排气由气缸至消声器进口均有适当的扩张，以降低排气的气流速度。多缸汽油机因各缸排气相位是错开的，故其排气歧管出口面积通常稍大于各缸的排气道出口截面。

5.4.2 消声器内的气流速度

消声器内的平均气流速度不应超过表 7 所给数值。

表 7

消 声 器 类 别	流 速 上 限 值 m/s
抗性消声器	50
阻抗式消声器	40

5.4.3 穿孔板、内插管参数的选择

穿孔板的穿孔面积和内插管截面积，一般应接近消声器进气口截面积，随着腔数增加，后面各腔的流通面积可逐步减少，但不得低于消声器的出口截面积。

采用小孔径，穿孔数量多的穿孔板、管可利于降低低频声，但考虑到制造工艺和防止孔被积炭堵塞，一般孔径选取 5~8 mm 范围。

5.4.4 消声器的排气口面积

消声器的排气口面积，可用式 (8) 计算：

$$S_3 = 10K_r V_b K_n \dots\dots\dots (8)$$

式中：\$S_3\$——消声器排气口面积，cm²；

\$V_b\$——汽油机总排量，l；

\$K_r\$——汽油机冲程数修正系数，二冲程汽油机 \$K_r=2\$，四冲程汽油机 \$K_r=1\$；

\$K_n\$——汽油机转速修正系数，\$K_n=0.7+10^{-4}n_b\$；

\$n_b\$——汽油机标定转速，r/min。

5.5 消声器尾管长度

消声器尾管长度对消声器的消声特性和功率损失都有一定影响。尾管长度和消声器容积共振频率的关系为：

$$f_0 = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{S_3}{1000V_m(l_3 + \frac{S_3}{2})}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：\$f_0\$——消声器容积共振频率，Hz；

\$C\$——消声器中声速，cm/s；

\$S_3\$——消声器尾管截面积，cm²；

\$l_3\$——消声器尾管长度，cm；

\$V_m\$——消声器有效容积，L。

理论和实践证明，排气尾管长度增加，消声器的有效下限截止频率向低频移动，可明显提高消声器的插入损失值，特别是低中频范围的插入损失值。

尾管长度对功率特性的影响主要表现在尾管反射压力波的影响，试验结果表明，在尾管处于特定长度时，具有最佳的功率特性。

消声器设计时，应在汽油机和配套机具允许条件下，适当加长尾管长度。最佳尾管长度应兼顾考虑插入损失和功率损失，由汽油机台架试验来确定。

6 消声器结构

本章推荐了按第 5 章的设计参数，可达到第 2 章指标的一些典型消声器结构。推荐结构为消声器的声学设计结构，消声器及其元件的具体尺寸，可根据本设计参数和试验确定；其结构设计可由生产单位根据产品实际要求按 6.1~6.4 条中的结构来选定。

6.1 A 型系列消声器结构：见图 1~图 5。



图 1 A-1 内插管式两腔结构

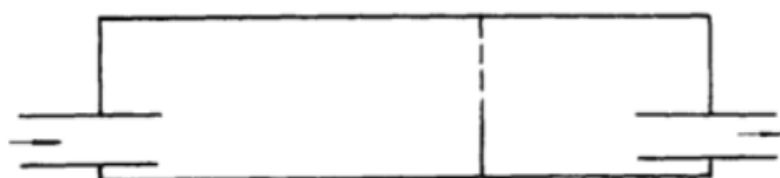


图 2 A-2 穿孔板式两腔结构

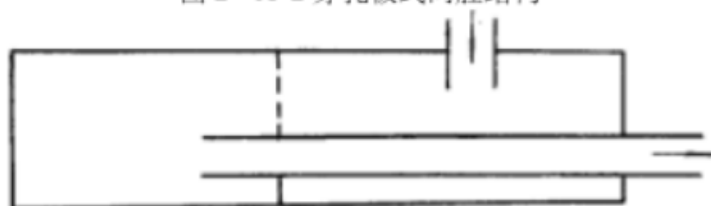


图 3 A-3 穿孔板式回流两腔结构

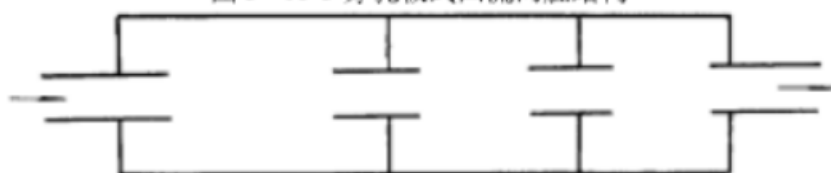


图 4 A-4 内插管式三腔结构

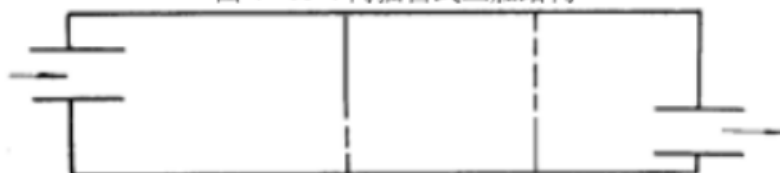


图 5 A-5 穿孔板式三腔结构

6.2 B 型系列消声器结构：见图 6~图 10。

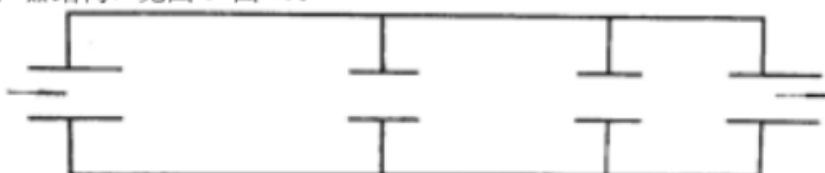


图 6 B-1 内插管式三腔结构

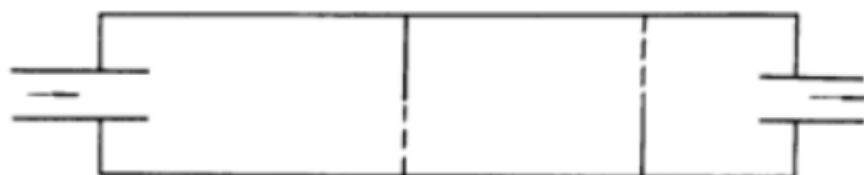


图 7 B-2 穿孔板式三腔结构

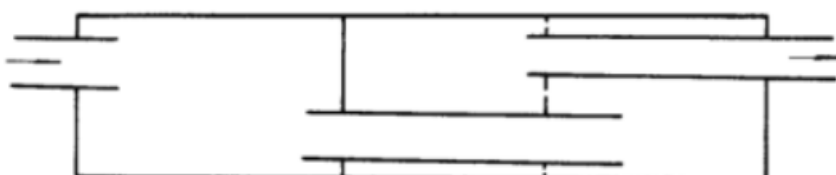


图 8 B-3 内插管—穿孔板式回流三腔结构

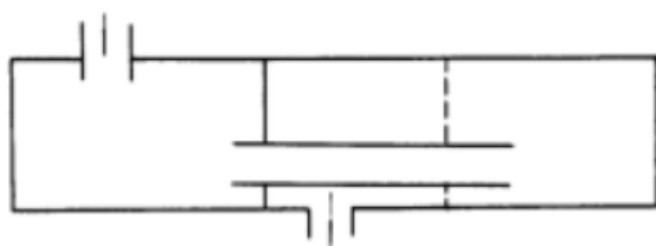


图9 B-4 内插管—穿孔板式回流三腔结构



图10 B-5 内插管式四腔结构

6.3 C型系列消声器结构：见图11~图15。



图11 C-1 内插管—穿孔板式回流四腔结构

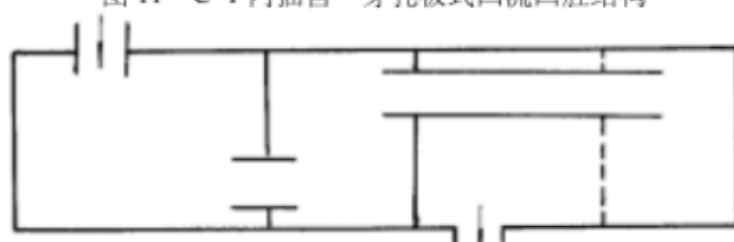


图12 C-2 内插管—穿孔板式回流四腔结构

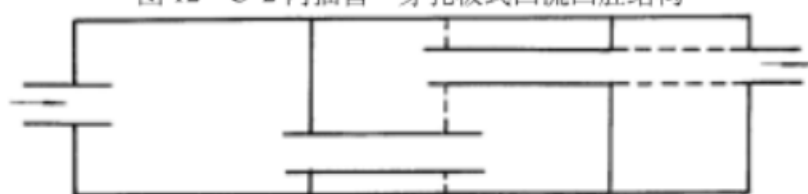


图13 C-3 内插管—穿孔板式回流四腔结构

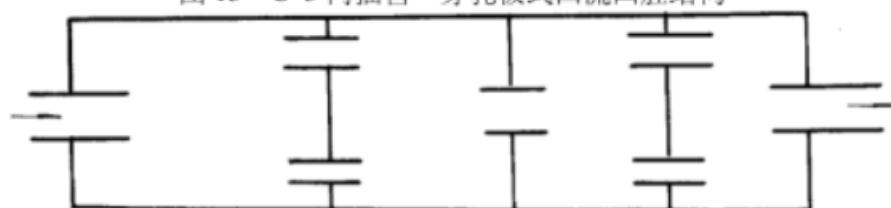


图14 C-4 内插管式回流四腔结构

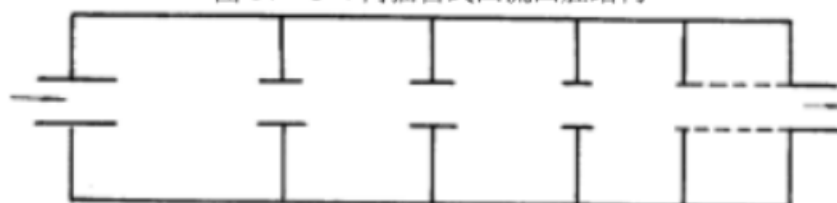


图15 C-5 内插管式四腔结构

6.4 D 型系列消声器结构：见图 16~图 19。

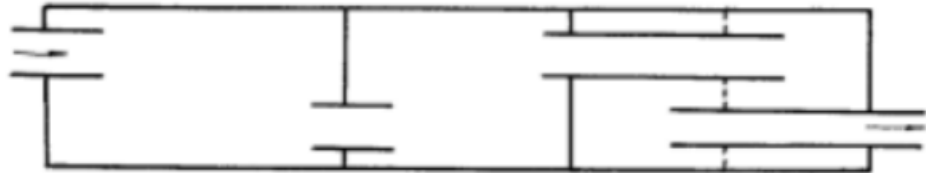


图 16 D-1 内插管式—穿孔板回流四腔结构

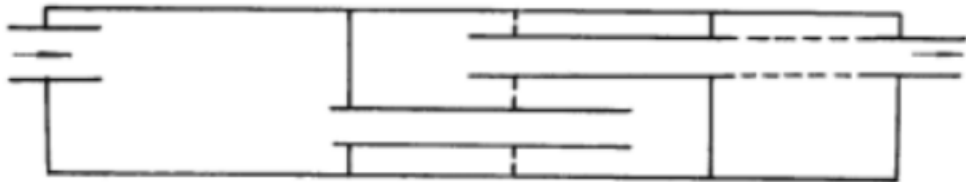


图 17 D-2 内插管式—穿孔板回流四腔结构

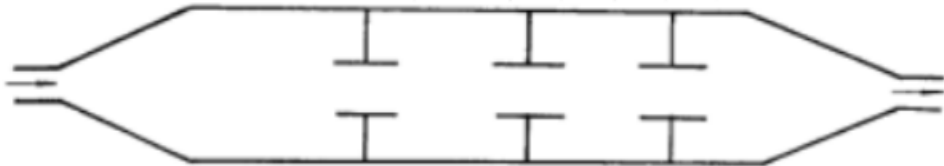


图 18 D-3 内插管式四腔结构

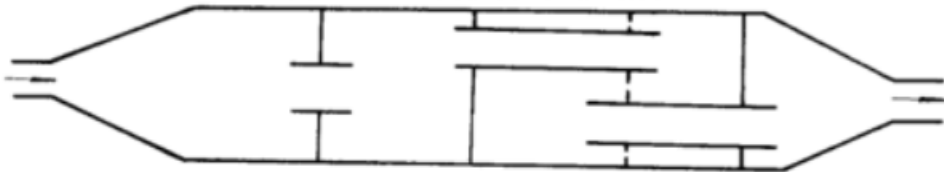


图 19 D-4 内插管—穿孔板式回流五腔结构

7 壳体 and 材料结构

7.1 消声器壳体结构的声辐射是消声器的传声途径之一，对于要求不同插入损失的消声器，必须选择匹配的壳体结构。增加壳体传声损失的方法，建议如下：

方 法	减少外壳声辐射效果
增加壳体厚度	1~4 dB
双层壳体结构	5~9 dB
双层复合阻尼壳体结构	8~18 dB

7.2 在消声器中如采用阻性吸声材料，材料要能经受 400~500℃ 以上高温。

7.3 消声器壳体需作防腐蚀处理，如采用耐高温漆、镀铬、搪瓷或喷铝等，若需要也可采用镀铝钢板等耐腐蚀材料。

附加说明：

本标准由天津内燃机研究所提出并归口。

本标准由北京市劳动保护科学研究所、天津内燃机研究所共同负责起草。

本标准起草人任文堂、赵伸。

本标准自实施之日起，NJ/Z 2—82《小型汽油机排气消声器设计参数》作废。

中 华 人 民 共 和 国
机 械 行 业 标 准
小型汽油机排气消声器设计参数
JB/T 5141—1991

★

机械科学研究院出版发行
机械科学研究院印刷
(北京首体南路2号 邮编 100044)

★

开本 880×1230 1/16 印张 7/8 字数 18,000
1991年9月第一版 1991年9月第一次印刷
印数 1—500 定价 2.00 元
编号 0005

机械工业标准服务网: <http://www.JB.ac.cn>