

UDC 681.586.4 : 534.089.6  
J 04



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 13823.10—1995

---

## 振动与冲击传感器的校准方法 冲击二次校准

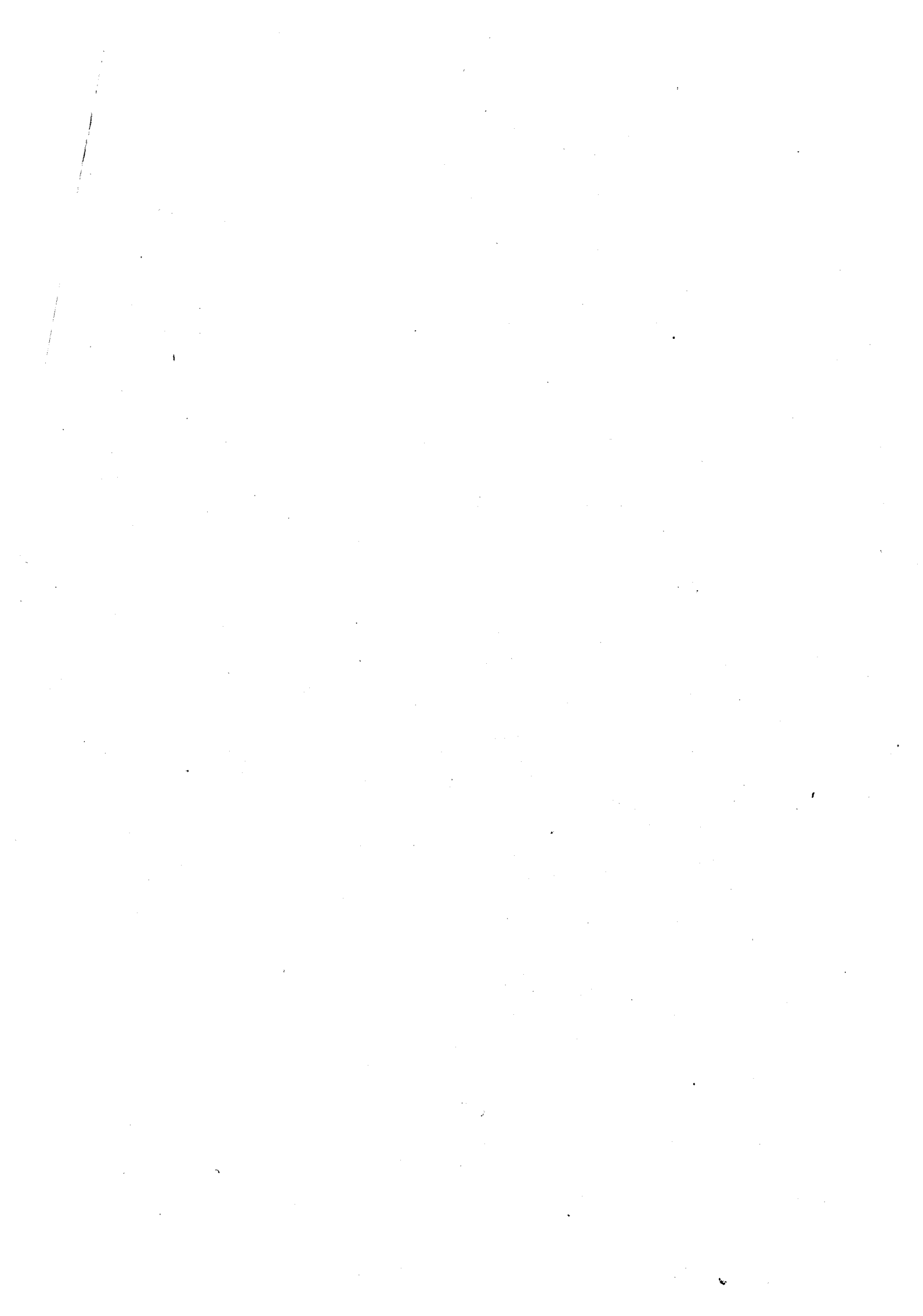
Methods for the calibration of vibration  
and shock pick-ups  
Secondary shock calibration

1995-01-04 发布

1995-12-01 实施

---

国家技术监督局 发布



# 中华人民共和国国家标准

## 振动与冲击传感器的校准方法

### 冲击二次校准

GB/T 13823.10—1995

Methods for the calibration of vibration  
and shock pick-ups  
Secondary shock calibration

#### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了加速度传感器冲击二次校准的技术要求及操作方法。

本标准适用于压电式、压阻式及应变式直线加速度传感器。

本标准适用的冲击脉冲波形：

脉冲持续时间： $0.1\sim 10\text{ ms}$ ；

幅值： $100\sim 10^5\text{ m/s}^2$ 。

本标准适用的误差极限：读数的 $\pm 5\%$ 。

#### 2 引用标准

GB/T 2298 机械振动与冲击 术语

GB/T 13823.1 振动与冲击传感器的校准方法 基本概念

GB/T 13823.2 振动与冲击传感器的校准方法 激光干涉法振动绝对校准(一次校准)

#### 3 技术要求

##### 3.1 环境条件

温度： $20\pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ 。

##### 3.2 仪器设备

###### 3.2.1 标准加速度传感器

3.2.1.1 标准加速度传感器应按 GB/T 13823.2 校准。

3.2.1.2 加速度传感器的安装谐振频率应大于  $20/T$ ， $T$  为半正弦波脉冲持续时间，单位为 s。

3.2.1.3 加速度传感器的基座应变灵敏度应小于  $2\times 10^{-2}\text{ ms}^{-2}/\mu\text{E}$ 。

3.2.1.4 加速度传感器的横向灵敏度应小于 2%。

3.2.1.5 加速度传感器和适调仪组合的年稳定性在参考值上应优于读数的 0.5%。

3.2.1.6 其幅值线性在  $0\sim 10^5\text{ m/s}^2$  内，每  $10^4\text{ m/s}^2$  的灵敏度增加不超过 0.1%。

###### 3.2.2 冲击脉冲生成设备

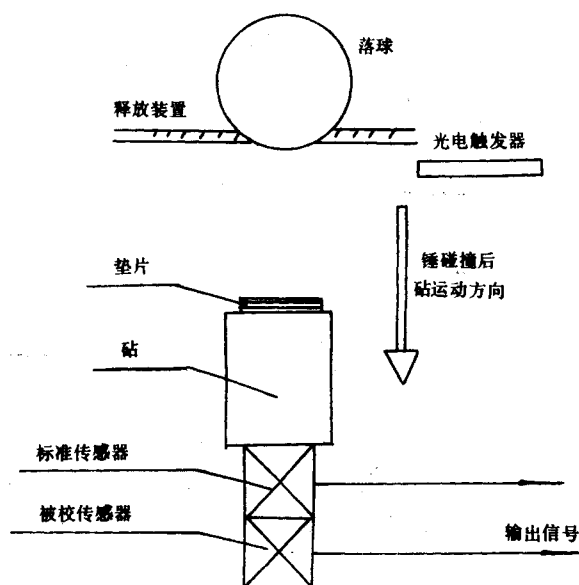
3.2.2.1 可选用落球冲击机(如下图)、跌落式冲击台、冲击摆、空气炮等能产生冲击脉冲的设备。通过改变毡垫、橡皮垫等调节脉冲使之达到要求的半正弦冲击脉冲持续时间。跌落式冲击台台面、冲击摆的摆锤以及空气炮炮弹上应设有良好的传感器安装座，以将标准传感器及被校传感器背靠背安装于其上。

3.2.2.2 碰撞结构(例如落锤的锤头和钢钻、冲击摆的摆锤、空气炮的炮弹)的固有振动频率应大于

国家技术监督局 1995-01-04 批准

1995-12-01 实施

10/T。



落球冲击机示意图

### 3.2.3 信号适调仪

与加速度传感器相配的信号适调仪,其频率响应应满足以下要求:

下限频率(-3dB) $f_1$ :应小于  $0.008/T$ ;

上限频率(-3dB) $f_2$ :应大于  $10/T$ 。

### 3.2.4 低通滤波器

应避免使用低通滤波器,如不得已使用低通滤波器,则其频率响应应满足与信号适调仪相同的要求。

### 3.2.5 记录仪器

3.2.5.1 可选用数字存储示波器、瞬态记录仪或模拟式记录设备,该记录设备应具有脉冲显示和峰值保持功能。

3.2.5.2 记录仪器还应满足以下要求:

- a. 频率响应应满足 3.2.3 的要求;
- b. 量值范围:
  - 时间:  $1\ \mu\text{s} \sim 10\ \text{ms}$ ,
  - 电压:  $0 \sim 50\ \text{V}$ ;
- c. 准确度:优于读数的  $\pm 2\%$ ;
- d. 幅值线性度:相对于最佳拟合曲线的偏差小于  $\pm 1\%$ 。

### 3.2.6 被校加速度传感器

3.2.6.1 被校加速度传感器的安装谐振频率应符合 3.2.1.2 的要求。

3.2.6.2 被校加速度传感器应进行振动校准,取其参考灵敏度。

### 3.3 优选的冲击脉冲持续时间及加速度幅值

3.3.1 冲击脉冲持续时间优先选用以下数值:

0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10 ms。

3.3.2 加速度幅值优先选用以下数值:

$1 \times 10^2, 2 \times 10^2, 5 \times 10^2\ \text{m/s}^2$ ;

$1 \times 10^3, 2 \times 10^3, 5 \times 10^3 \text{ m/s}^2$ ;  
 $1 \times 10^4, 2 \times 10^4, 5 \times 10^4, 1 \times 10^5 \text{ m/s}^2$ 。

## 4 校准方法

### 4.1 校准程序

4.1.1 按振动校准得到的传感器灵敏度,设置并调整好信号适调仪和记录仪,使冲击脉冲的测量和记录获得最佳信噪比。

4.1.2 调节脉冲持续时间和幅值,通过改变摆锤和落锤高度,空气炮则改变高压室的气压,以及使用不同的钢钻或垫层,使之达到 3.3 条的脉冲持续时间和幅值。

4.1.3 在一系列选用的冲击脉冲持续时间和幅值下,测量标准传感器和被校传感器输出值,并记录下来。

### 4.2 数据处理

4.2.1 计算不同加速度幅值下的校准灵敏度

$$S = \frac{A_{\text{peak}}}{A_{\text{st, peak}}} \times S_{\text{st}}$$

式中:  $A_{\text{peak}}$ ——被校传感器测得的加速度峰值,  $\text{m/s}^2$ ;

$A_{\text{st, peak}}$ ——标准加速度传感器测得的加速度峰值,  $\text{m/s}^2$ ;

$S_{\text{st}}$ ——标准加速度传感器的参考灵敏度,单位为  $\text{pC}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$  或  $\text{V}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$ 。

4.2.2 将上面得到的一系列灵敏度值与被校传感器的参考灵敏度值相比,取其中的最大差值除以参考灵敏度值,计算出其偏离参考灵敏度的百分数。

4.2.3 如果信号有零点漂移,则将冲击前的即时零点和冲击后漂移的零点连成一条线,以此为冲击脉冲的零线,计算出其峰值。

4.2.4 校准的总不确定度应以 95% 的置信水平按附录 A(补充件)计算。

附录 A  
不确定度的计算  
(补充件)

A1 总不确定度的计算

本标准规定的置信水平  $CL=95\%$ , 其校准的总不确定度  $X_{95}$  应按式(A1)计算:

$$X_{95} = \pm \sqrt{X_r^2 + X_s^2} \dots\dots\dots(A1)$$

式中:  $X_r$ ——随机不确定度;

$X_s$ ——系统不确定度。

对于给定置信水平的随机不确定度  $X_{r(95)}$  按式(A2)计算:

$$X_{r(95)} = \pm t \sqrt{\frac{e_{r1}^2 + e_{r2}^2 + e_{r3}^2 + \dots + e_{rn}^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots(A2)$$

式中:  $e_{r1}, e_{r2}, \dots, e_{rn}$ ——测量值与其算术平均值的偏差;

$n$ ——测量次数;

$t$ ——给定置信水平和测量次数的学生分布值(即  $t$  分布)。

对系统偏差, 应先进行消除和修正, 其剩余的部分作为系统不确定度  $X_{s(95)}$ , 并按下面(A3)式计算:

$$X_{s(95)} = \frac{k}{\sqrt{3}} \times e_{s,sh2} \dots\dots\dots(A3)$$

式中:  $k$ ——与置信水平有关的系数,  $k=2.0$ ;

$e_{s,sh2}$ ——被校传感器在一系列校准脉冲和给定放大器增益设定下的冲击校准灵敏度的绝对误差。

A2 在给定脉冲波形和适调仪增益下的冲击校准灵敏度绝对误差  $e_{s,sh2}$  的计算

$e_{s,sh2}$  的计算公式如下:

$$\frac{e_{s,sh2}}{S_{sh}} = \pm \sqrt{\left(\frac{e_{s,sh1}}{S_{sh}}\right)^2 + \left(\frac{e_a}{a_{max}}\right)^2} \dots\dots\dots(A4)$$

式中:  $S_{sh}$ ——冲击校准灵敏度(与幅值有关),  $V/(m \cdot s^{-2})$ ;

$e_{s,sh1}$ ——标准加速度传感器冲击校准灵敏度的绝对误差,  $V/(m \cdot s^{-2})$ ;

$a_{max}$ ——加速度/时间记录仪器测得的最大加速度,  $m/s^{-2}$ ;

$e_a$ ——两峰值加速度比较测量的总误差, 该误差包括读数误差、图记录 and 图读出的误差以及两个通道之间的误差,  $m/s^2$ 。

A3 在整个量程范围内, 计算冲击校准灵敏度的总绝对误差  $e_{s,sh2,t}$  和不确定度

根据 A2 计算出的冲击校准灵敏度的绝对误差仅在一系列确定的参考冲击波形和仪器的参数设定下是正确的, 通常冲击校准灵敏度的总的绝对误差及其在整个范围内的不确定度可按式计算:

$$\begin{aligned} \frac{e_{s,sh2,t}}{S_{sh}} = \pm \left[ \left(\frac{e_{s,sh2}}{S_{sh}}\right)^2 + \left(\frac{L_{IA2}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{fp2}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{aA2}}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{ap2}}{100}\right)^2 + \right. \\ \left. \left(\frac{I_{A2}}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_{p2}}{100}\right)^2 + \left(\frac{R_2}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_{A2}}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_{p2}}{100}\right)^2 + \right. \\ \left. \left(\frac{L_n}{100}\right)^2 + \left(\frac{L_{n1}}{100}\right)^2 + \left(\frac{I_1}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_1}{100}\right)^2 + \left(\frac{E_M}{100}\right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(A5) \end{aligned}$$

- 式中： $L_{IA2}$ ——放大器的频率线性偏差，表示为被校准传感器适调仪校准系数的百分数；  
 $L_{fp2}$ ——传感器的频率线性偏差，表示为被校传感器校准灵敏度的百分数；  
 $L_{sA2}$ ——放大器的幅值线性偏差，表示为被校传感器适调仪校准系数的百分数；  
 $L_{sp2}$ ——传感器的幅值线性偏差，表示为被校传感器校准灵敏度的百分数；  
 $I_{A2}$ ——放大器增益稳定性误差和源阻抗误差，表示为被校传感器适调仪校准系数的百分数；  
 $I_{p2}$ ——被校传感器的不稳定性，用校准灵敏度的百分数表示；  
 $R_2$ ——量程跟踪误差（不同适调仪设定下的增益误差），表示为被校传感器校准灵敏度的百分数；  
 $E_{A2}$ ——被校传感器由于适调仪环境效应引起的误差，表示为校准灵敏度的百分数；  
 $E_{p2}$ ——被校传感器本身的环境效应所产生的误差（包括横向灵敏度、应变影响、温度及畸变等），表示为参考灵敏度的百分数；  
 $L_{fl}$ ——低通滤波器的频率线性偏差，表示为被校传感器低通滤波器校准系数的百分数；  
 $L_{al}$ ——低通滤波器的幅值线性偏差，表示为被校传感器低通滤波器校准系数的百分数；  
 $I_1$ ——低通滤波器的增益不稳定性误差，表示为被校传感器低通滤波器校准系数的百分数；  
 $E_1$ ——被校传感器由于低通滤波器环境影响所产生的误差；  
 $E_M$ ——加速度/时间记录仪器的环境影响引起的误差。

#### 附加说明：

本标准由中国兵器工业总公司提出。

本标准由全国机械振动与冲击标准化技术委员会归口。

本标准由中国兵器工业第二〇二研究所负责起草。

本标准主要起草人顾国富、牛宇浩。

(京)新登字 023 号

GB/T 13823.10—1995

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
振 动 与 冲 击 传 感 器 的 校 准 方 法  
冲 击 二 次 校 准

GB/T 13823.10—1995

\*

中 国 标 准 出 版 社 出 版  
北 京 复 兴 门 外 三 里 河 北 街 16 号

邮 政 编 码 : 100045

电 话 : 8522112

中 国 标 准 出 版 社 秦 皇 岛 印 刷 厂 印 刷  
新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行 各 地 新 华 书 店 经 售

版 权 专 有 不 得 翻 印

\*

开 本 880×1230 1/16 印 张 1/2 字 数 10 千 字

1995 年 7 月 第 一 版 1995 年 7 月 第 一 次 印 刷

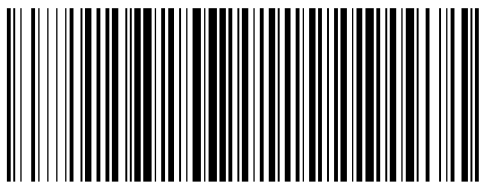
印 数 1—1 500

\*

书 号 : 155066 · 1-11592 定 价 8.00 元

\*

标 目 267—62



GB/T 13823.10-1995