

# 中华人民共和国建材行业标准

JC/T 792—2007  
代替 JC/T 792—1996

---

## 隧道式砖瓦干燥室 热平衡、热效率测定与计算方法

The methods for the measurement and calculation  
of heat balance, heat efficiency of tunnel dryer

2007-09-22 发布

2008-04-01 实施



中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

## 前 言

本标准是对 JC/T 792—1996《隧道式砖瓦干燥室热平衡、热效率测定与计算方法》进行了修订。

本标准与 JC/T 792—1996 相比,主要变化如下:

——标准的编写格式按照 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则第 1 部分:标准的结构与编写规则》的要求进行编写。

——增加了“技术要求”。

——修改了计量单位。

——提高了测试仪器的技术要求。

——修改了烟气分析方法。

——取消了用温度计测量室体表面散热的方法。

——取消了附录项。

本标准自实施之日起,代替 JC/T 792—1996《隧道式砖瓦干燥室热平衡、热效率测定与计算方法》。

本标准由中国建筑材料工业协会提出。

本标准由全国墙体屋面及道路用建筑材料标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国建材西安墙体材料研究设计院、国家建材工业砖瓦热工测试中心。

本标准主要起草人:唐宝权、张岚。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB 6054—85、JC/T 428—85(1996)。

# 隧道式砖瓦干燥室 热平衡、热效率测定与计算方法

## 1 范围

本标准适用于以粘土、页岩、粉煤灰、煤矸石为原料的砖瓦坯体的隧道干燥室热平衡、热效率测定与计算。

## 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 211 煤中全水分的测定方法

GB 212 煤的工业分析方法

GB 213 煤的发热量测定方法

JC/T 791 《轮窑热平衡、热效率测定与计算方法》

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

湿坯

未经干燥的砖瓦坯体。

### 3.2

干坯

经过干燥尚残留少量水分的砖瓦坯体。

### 3.3

绝干坯

含水率趋于零的砖瓦坯体。

### 3.4

干燥周期

坯体干燥时,进出干燥室所持续的时间。

## 4 基准

4.1 热平衡在干燥室稳定生产状态下,根据对一个干燥周期的测定结果确定。

4.2 温度以环境温度为准。

4.3 产品及各种热量计算均以千焦/吨(kJ/t)为计算基数。

## 5 热平衡示意图

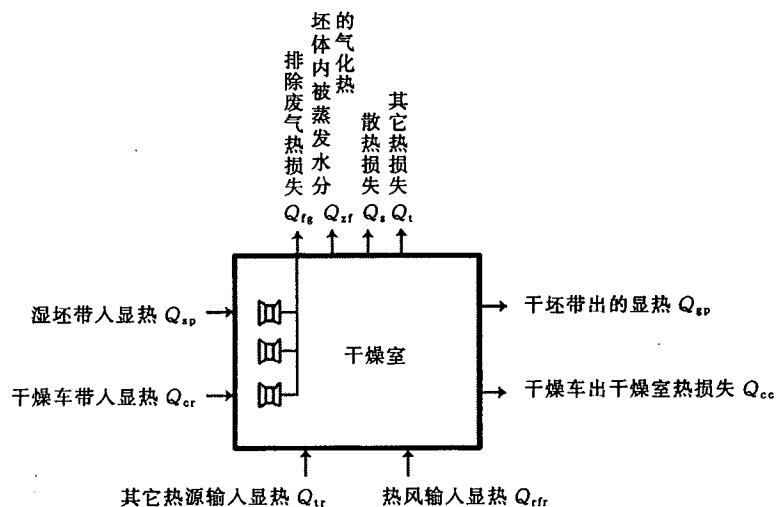


图 1

## 6 技术要求

### 6.1 时间

测定起止时间不宜设在交接班前后一小时内,时间计量以北京时间为准。

### 6.2 外界条件

用于环境温度计量的仪器精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

### 6.3 烟气和热风

烟气和热风的温度、湿度、流量原则上用数字温湿度流量计同时测量。

### 6.4 砖(瓦)坯与砖(瓦)

表面温度测量宜采用面接触的温度测量仪表,精确度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。质量称量原则上用电子秤精确度为 5 g。

### 6.5 干燥车

表面温度测量宜采用面接触的温度测量仪表,精确度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

### 6.6 室体

宜采用热流计测量室体表面散热流量。

## 7 测定方法

### 7.1 外界条件

#### 7.1.1 环境温度

在距干燥室墙体 2 m 左右的地方用玻璃温度计每小时测定一次。

#### 7.1.2 大气压强

大气压强用大气压力计测量或采用当地气象部门同期测量的数据。

### 7.2 热风及其它热源

热风及其它热源的温度、湿度、流量,成分以及测定间隔按 JC/T 791 中测量烟气和热风的有关规定进行。

### 7.3 坯体

#### 7.3.1 湿坯

##### 7.3.1.1 温度与质量

每间隔 2~4 h 从码坯线上或进车口取 5 块湿坯作一次测定。

##### 7.3.1.2 含水率

每间隔 2—4 h 保留 2 块测定温度时所取的湿坯(或在坯体上取小试块)。以  $107^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  加热坯体至恒量(前后两次称量差不大于 0.3%), 将其减量与坯体恒量的百分比确定为坯体的含水率。

### 7.3.2 干坯

#### 7.3.2.1 温度与质量

在干燥室的出口处每间隔 2 h 按顺序分别从各条干燥洞的干燥车上取五块干坯作一次测定, 取样点应在同一车的中断面的上、下、左、右、中五个不同的位置(见图 2)。

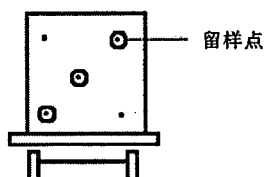


图 2

#### 7.3.2.2 含水率

每间隔 2 h 保留 3 块测定出口砖坯温度时处于同一条对角线(如图 2 所示)的取样砖坯, 按 7.3.1.2 的方法测定含水率。

### 7.4 干燥车

#### 7.4.1 干燥吨产品需用数量(或质量)

根据干燥车的平均装载量确定。

#### 7.4.2 温度

每间隔 1~4 h 在测定坯体内温度的同时用半导体点温计或表面热电偶温度计对进、出干燥车各测定一次。

### 7.5 废气

每间隔 4 h 测定一次。排除废气使用离心风机时, 测定方法与 7.2 相同。使用轴流风机并在出口测定流量时应加套筒进行(如图 3 所示)。

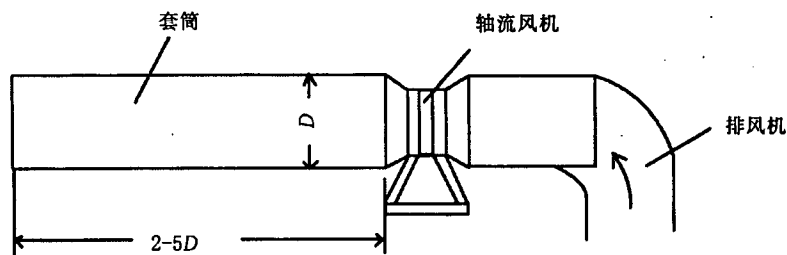


图 3

测定仪器可使用毕托管或热球式风速仪。不同规格的风机应分别测定。

### 7.6 散热损失

#### 7.6.1 墙体散热

每间隔 6 h 测定一次。测定前根据温度的变化将干燥室全部外墙分为若干个矩形面, 同一面上各点温度最大值与最小值之差不得大于  $3^{\circ}\text{C}$ , 把每个面的中心作为一个测点, 按照规定的测定时间测定其表面温度及周围空间温度。用热流计测定散热损失, 测定时应在测定之前装上测头, 按照规定的测定时间, 测量全部测头的热流值。根据测定所取得的数据计算各次平均散热流量。

#### 7.6.2 排风机散热

每间隔 4 h 测量一次。使用热流计测量。

### 7.7 干燥室内介质的温度、压力曲线

干燥室内介质的温度、压力应在热平衡测定开始后进行。可以跟踪干燥车逐点测定,也可在整个纵向长度上均匀选择测点同时测定。测定位置应保持在横断面的一个固定位置上。以温度、压力为纵坐标,以长度为横坐标绘制曲线。

测定温度可选用水银温度计或电阻温度计,测定压力用毕托管和微压计。

## 8 热平衡计算方法

### 8.1 输入热量

#### 8.1.1 热风输入的显热 $Q_{rf}$ (kJ)

$$Q_{rf} = \frac{1}{100A \cdot E} [V_{rf}(100 - \varphi_{H_2O_{rf}})C_{rf} + V_{rf} \cdot \varphi_{H_2O_{rf}} \cdot C_{H_2O}] \cdot (t_{rf} - t_0) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $A$ ——以吨产品为计量单位的部火小时产量;

$V_{rf}$ ——热风的流量,单位为标立方米每小时( $m^3/h$ );

$\varphi_{H_2O_{rf}}$ ——热风中水蒸汽的容积百分数,单位为百分比(%);

$t_{rf}$ ——热风的平均温度,单位为摄氏度( $^{\circ}C$ );

$t_0$ ——环境温度,单位为摄氏度( $^{\circ}C$ );

$C_{H_2O}$ ——水蒸汽的平均容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度 [ $kJ/(m^3 \cdot ^{\circ}C)$ ];

$C_{rf}$ ——干热风的平均容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度 [ $kJ/(m^3 \cdot ^{\circ}C)$ ],按下式计算:

$$C_{rf} = \frac{1}{100} (\varphi_{CO_{2rf}} \cdot C'_{CO_2} + \varphi_{CO_{rf}} \cdot C'_{CO} + \varphi_{N_{2rf}} \cdot C'_{N_2} + \varphi_{O_{2rf}} \cdot C'_{O_2}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $\varphi_{CO_{2rf}}$ 、 $\varphi_{CO_{rf}}$ 、 $\varphi_{N_{2rf}}$ 、 $\varphi_{O_{2rf}}$ ——分别表示干热风中二氧化碳、一氧化碳、氮、氧的容积百分数,单位为百分比(%).

$C'_{CO_2}$ 、 $C'_{CO}$ 、 $C'_{N_2}$ 、 $C'_{O_2}$ ——分别表示被测气体中二氧化碳、一氧化碳、氮、氧的平均容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度 [ $kJ/(m^3 \cdot ^{\circ}C)$ ].

#### 8.1.2 其它热源输入的显热 $Q_{tr}$ (kJ)

$$Q_{tr} = V_{tr} \cdot C_{tr} \cdot (t_{tr} - t_0) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $V_{tr}$ ——由其它热源输入气体的流量,单位为标立方米每小时( $m^3/h$ );

$C_{tr}$ ——由其它热源输入气体的容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度 [ $kJ/(m^3 \cdot ^{\circ}C)$ ],计算方法同 8.1.1;

$t_{tr}$ ——其它热源输入气体的温度,单位为摄氏度( $^{\circ}C$ ).

若其它热源输入气体中含水蒸汽,  $Q_{tr}$  计算方法同 8.1.1;

#### 8.1.3 湿坯带入的显热 $Q_{sp}$ (kJ)

$$Q_{sp} = \left[ \left( m_{sp} \frac{100 - W_{sp}}{100} - m_n^g \right) \cdot C_{PL} + \frac{4.18}{100} m_{sp} \cdot W_{sp} + t_{tr} \cdot c_n \right] \cdot (t_{sp} - t_0) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:  $m_{sp}$ ——吨产品对应的湿坯质量,单位为千克(kg);

$W_{sp}$ ——湿坯的含水率,单位为百分比(%);

$m_n^g$ ——吨产品对应的湿坯的内燃料(干燥基)质量,单位为千克(kg);

$C_{PL}$ ——坯体内干原料的平均比热,单位为千焦每千克摄氏度 [ $kJ/(kg \cdot ^{\circ}C)$ ].按下式计算:

$$C_{PL} = 0.807 + 313.6 \times 10^{-6} t_{sp} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$c_n$ ——内燃料的比热,单位为千焦每千克摄氏度 [ $kJ/(kg \cdot ^{\circ}C)$ ];

$t_{sp}$ ——湿坯的平均温度,单位为摄氏度( $^{\circ}C$ ).

#### 8.1.4 干燥车带入的显热 $Q_{cr}$ (kJ)

$$Q_{cr} = m_c \cdot C_c (t_{cr} - t_0) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:  $m_c$ ——装载吨产品对应的砖坯所需干燥车的质量,单位为千克(kg);

$C_c$ ——干燥车材料的比热,单位为千焦每千克摄氏度 [ $kJ/(kg \cdot ^{\circ}C)$ ];

$t_{Cr}$ ——干燥车入干燥室时温度,单位为摄氏度(℃)。

### 8.1.5 总输入热量 $Q_{sr}$ (kJ)

$$Q_{sr} = Q_{rfr} + Q_{tr} + Q_{sp} + Q_{Cr} \quad \dots\dots\dots(7)$$

## 8.2 输出热量

### 8.2.1 坯体内被蒸发水的气化潜热 $Q_{zf}$ (kJ)

$$Q_{zf} = m_{zf} \cdot r \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中: $r$ ——被蒸发水分,在湿坯平均温度下的汽化潜热,单位为千焦每千克(kJ/kg);

$m_{zf}$ ——吨产品对应的砖坯所蒸发水分的质量,单位为千克(kg),按下式计算:

$$m_{zf} = m_{sp} \frac{W_{sp} - W_{gp}}{100 - W_{gp}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{或 } m_{zf} = m_{sp} - m_{gp} \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中: $W_{gp}$ ——干坯的含水率,单位为百分比(%);

$m_{gp}$ ——吨产品对应干坯的质量,单位为千克(kg)。

### 8.2.2 干坯带出的显热 $Q_{gp}$ (kJ)

$$Q_{gp} = \left[ \left( m_{sp} \frac{100 - W_{gp}}{100} - m_{nr}^s \right) \cdot C_{PL} + \frac{4.18}{100} m_{gp} \cdot W_{gp} + m_{nr}^s \cdot c_n \right] \cdot (t_{gp} - t_0) \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中: $t_{gp}$ ——干坯出干燥室时的温度,单位为摄氏度(℃)。

### 8.2.3 干燥车出干燥室的热损失 $Q_{cc}$ (kJ)

$$Q_{cc} = m_c \cdot C_c(t_{cc} - t_0) \quad \dots\dots\dots(12)$$

### 8.2.4 排除废气的热损失 $Q_{rq}$ (kJ)

$$Q_{rq} = \frac{1}{100A \cdot E} [V_{rp}(100 - \varphi_{H_2O_{rp}})C'_{rp} + V_{rp} \cdot \varphi_{H_2O_{rp}} \cdot C_{H_2O}] \cdot (t_{rp} - t_0) - 1.244 m_{zf} C_{H_2O}(t_{sp} - t_0) \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中: $\varphi_{H_2O_{rp}}$ ——废气中蒸汽的容积百分数,单位为百分比(%);

$V_{rp}$ ——废气的流量  $m^3/h$ ;

$C'_{rp}$ ——干废气的平均容积比热,单位为千焦每标立方米摄氏度[kJ/( $m^3 \cdot ^\circ C$ )]。可按 8.1.1

计算或按干空气查表确定;

$t_{rp}$ ——废气的平均温度,单位为摄氏度(℃)。

### 8.2.5 散热损失 $Q_s$ (kJ)

#### 8.2.5.1 室体表面散热损失 $Q_{bs}$ (kJ)

##### 8.2.5.1.1 第 $i$ 次测得的室体表面综合换热系数 $a_{bi}$ [kJ/( $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$ )]

$$a_{bi} = K(t_{bi} - t_{ki})^{0.25} + \frac{20.41 \varepsilon \left[ \left( \frac{t_{bi} + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_{ki} + 273}{100} \right)^4 \right]}{t_{bi} - t_{ki}} \quad \dots\dots\dots(14)$$

式中: $K$ ——决定于散热面位置的系数。干燥室侧墙取 9.20,干燥室顶面取 11.71;

$t_{bi}$ ——第  $i$  次测得的室体表面温度,单位为摄氏度(℃);

$t_{ki}$ ——第  $i$  次测得的室体周围空间温度,单位为摄氏度(℃);

$\varepsilon$ ——室体表面黑度。

##### 8.2.5.1.2 第 $i$ 次测得的室体表面平均散热流量 $Q_{bsi}$ [kJ/( $h \cdot m^2$ )]

$$Q_{bsi} = \frac{q_{bi1}F_{b1} + q_{bi2}F_{b2} + \dots + q_{bin}F_{bn}}{F_{b1} + F_{b2} + \dots + F_{bn}} \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$\text{或 } Q_{bsi} = \frac{a_{bi1}(t_{bi1} - t_{ki1})F_{b1} + a_{bi2}(t_{bi2} - t_{ki2})F_{b2} + \dots + a_{bin}(t_{bin} - t_{kin})F_{bn}}{F_{b1} + F_{b2} + \dots + F_{bn}} \quad \dots\dots\dots(16)$$

式中: $q_{bi1}$ 、 $q_{bi2}$ 、 $\dots$ 、 $q_{bin}$ ——分别表示第  $i$  次用热流计测得的各个测点的热流值,单位为千焦每小时平方米[kJ/( $h \cdot m^2$ )];

$F_{b1}$ 、 $F_{b2}$ 、 $\dots$ 、 $F_{bn}$ ——分别表示各个测点所在矩形面积,单位为平方米( $m^2$ );

$a_{bi1}, a_{bi2}, \dots, a_{bin}$ ——分别表示第  $i$  次测得的各个测点的窑体表面综合换热系数,单位为千焦每平方米小时摄氏度  $\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$t_{bi1}, t_{bi2}, \dots, t_{bin}$ ——分别表示第  $i$  次测得的各个测点的窑体表面温度,单位为摄氏度( $^\circ\text{C}$ );

$t_{ki1}, t_{ki2}, \dots, t_{kin}$ ——分别表示第  $i$  次测得的各个测点的窑体周围空间温度,单位为摄氏度( $^\circ\text{C}$ )。

#### 8.2.5.1.3 窑体表面散热损失 $Q_{bs}(\text{kJ})$

$$Q_{bs} = \frac{F_b}{n \cdot A} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{bsi} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中: $n$ ——测定次数;

$F_b$ ——干燥室外表面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )。

#### 8.2.5.2 风机散热损失 $Q_{js}(\text{kJ})$

$$Q_{js} = \frac{F_{js}}{A \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^n q_{jsi} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中: $q_{jsi}$ ——第  $i$  次测得的风机散热流量,单位为千焦每平方米小时 $[\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})]$ ;

$F_{js}$ ——风机散热面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ )。

#### 8.2.5.3 散热损失 $Q_s(\text{kJ})$

$$Q_s = Q_{bs} + Q_{js} \quad \dots\dots\dots (19)$$

#### 8.2.6 其他热损失 $Q_t(\text{kJ})$

$$Q_t = Q_{sr} - (Q_{zf} + Q_{hx} + Q_{rfc} + Q_y + Q_z + Q_{gb} + Q_{qb} + Q_{bs} + Q_d) \quad \dots\dots\dots (20)$$

#### 8.2.7 总输出热量 $Q_{sc}(\text{kJ})$

$$Q_{sc} = Q_{zf} + Q_{hx} + Q_{rfc} + Q_y + Q_z + Q_{gb} + Q_{qb} + Q_{bs} + Q_f + Q_d \quad \dots\dots\dots (21)$$

### 9 热效率计算方法

#### 9.1 供给热量 $Q_{gg}(\text{kJ})$

$$Q_{gg} = Q_{rfr} + Q_{tr} + Q_{sp} \quad \dots\dots\dots (22)$$

①只有在用其它热源加热砖坯时才加上  $Q_{\Phi}$ 。

#### 9.2 有效热量 $Q_{YX}(\text{kJ})$

$$Q_{YX} = Q_{ps} \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{或 } Q_{YX} = m_{zf} [r + C_{H_2O_{ps}} (t_{fq} - t_{sp})] \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中: $Q_{ps}$ ——砖坯排除水分消耗热量,单位为千焦( $\text{kJ}$ );

$Q_{YX}$ ——水蒸汽在湿坯温度与废气温度范围内的平均质量比热单位为千焦每千克摄氏度 $[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})]$ ;

#### 9.3 热效率 $\eta(\%)$

$$\eta = \frac{Q_{YX}}{Q_{gg}} \cdot 100 \quad \dots\dots\dots (25)$$

### 10 热平衡、热效率计算汇总表

热平衡、热效率计算结果汇总表

| 序号                                            | 热量收入               |                    |                      |     | 热量支出                  |                    |                      |     |
|-----------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----|-----------------------|--------------------|----------------------|-----|
|                                               | 项目                 | 数值                 |                      | 百分数 | 项目                    | 数值                 |                      | 百分数 |
|                                               |                    | 10 <sup>4</sup> kJ | 10 <sup>4</sup> kcal |     |                       | 10 <sup>4</sup> kJ | 10 <sup>4</sup> kcal |     |
| 1                                             | 热风输入的显热 $Q_{rf}$   |                    |                      |     | 坯体内被蒸发水分气化潜热 $Q_{rf}$ |                    |                      |     |
| 2                                             | 其他热源输入的显热 $Q_{tr}$ |                    |                      |     | 干坯带出的显热 $Q_{dp}$      |                    |                      |     |
| 3                                             | 湿坯带人的显热 $Q_{sp}$   |                    |                      |     | 干燥车出干燥室热损失 $Q_{cc}$   |                    |                      |     |
| 4                                             | 干燥车带人的显热 $Q_{cr}$  |                    |                      |     | 排除废气热损失 $Q_{rq}$      |                    |                      |     |
| 5                                             |                    |                    |                      |     | 散热损失 $Q_s$            |                    |                      |     |
| 6                                             |                    |                    |                      |     | 其他热损失 $Q_t$           |                    |                      |     |
| 7                                             | 合计                 |                    |                      | 100 | 合计                    |                    |                      | 100 |
| 有效热量 $Q_{yx}, 10^4\text{kJ}(10^4\text{kcal})$ |                    |                    |                      |     |                       |                    |                      |     |
| 热效率 $\eta, \%$                                |                    |                    |                      |     |                       |                    |                      |     |

中 华 人 民 共 和 国  
建 材 行 业 标 准  
隧道式砖瓦干燥室  
热平衡、热效率测定与计算方法  
JC/T 792—2007

\*

中国建材工业出版社出版  
建筑材料工业技术监督研究中心  
(原国家建筑材料工业局标准化研究所)发行  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
地矿经研院印刷厂印刷  
版权所有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 20 千字  
2008 年 3 月第一版 2008 年 3 月第一次印刷  
印数 1—250 定价 14.00 元  
书号:1580227·151

\*

编号:0510

---

网址:www.standardcnjc.com 电话:(010)51164708  
地址:北京朝阳区管庄东里建材大院北楼 邮编:100024  
本标准如出现印装质量问题,由发行部负责调换。