



# 中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T 092—2005

代替 YB/T 092—1996

## 合金铸铁磨球

Alloyed cast iron grinding balls

2005-07-26 发布

2005-12-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布



060428000063

# 合金铸铁磨球

## 1 范围

本标准规定了冶金工业用合金铸铁磨球的术语、分类、牌号、代号、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输、储存和质量证明书。

本标准适用于冶金工业湿式(或干式)球磨机作磨矿介质用合金铸铁磨球。

## 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 223.3	钢铁及合金化学分析方法	二安替吡啉甲烷磷钼酸重量法测定磷量
GB/T 223.4	钢铁及合金化学分析方法	硝酸铵氧化容量法测定锰量
GB/T 223.5	钢铁及合金化学分析方法	还原型硅钼酸盐光度法测定酸溶硅含量
GB/T 223.11	钢铁及合金化学分析方法	过硫酸铵氧化容量法测定铬量
GB/T 223.12	钢铁及合金化学分析方法	碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量
GB/T 223.14	钢铁及合金化学分析方法	钼试剂萃取光度法测定钒含量
GB/T 223.16	钢铁及合金化学分析方法	变色酸光度法测定钛量
GB/T 223.18	钢铁及合金化学分析方法	硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量
GB/T 223.19	钢铁及合金化学分析方法	新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量
GB/T 223.23	钢铁及合金化学分析方法	丁二酮肟分光光度法测定镍量
GB/T 223.26	钢铁及合金化学分析方法	硫氰酸盐直接光度法测定钼量
GB/T 223.27	钢铁及合金化学分析方法	硫氰酸盐-乙酸丁酯萃取分光光度法测定钼量
GB/T 223.28	钢铁及合金化学分析方法	$\alpha$ -安息香肟重量法测定钼量
GB/T 223.45	钢铁及合金化学分析方法	铜试剂分离-二甲苯胺蓝Ⅱ光度法测定镁量
GB/T 223.46	钢铁及合金化学分析方法	火焰原子吸收光谱法测定镁量
GB/T 223.49	钢铁及合金化学分析方法	萃取分离-偶氮氯膦 mA 分光光度法测定稀土总量
GB/T 223.53	钢铁及合金化学分析方法	火焰原子吸收分光光度法测定铜量
GB/T 223.58	钢铁及合金化学分析方法	亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量
GB/T 223.59	钢铁及合金化学分析方法	锑磷钼蓝光度法测定磷量
GB/T 223.60	钢铁及合金化学分析方法	高氯酸脱水重量法测定硅含量
GB/T 223.61	钢铁及合金化学分析方法	磷钼酸铵容量法测定磷量
GB/T 223.62	钢铁及合金化学分析方法	乙酸丁酯萃取光度法测定磷量
GB/T 223.63	钢铁及合金化学分析方法	高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
GB/T 223.64	钢铁及合金化学分析方法	火焰原子吸收光谱法测定锰量
GB/T 223.67	钢铁及合金化学分析方法	还原蒸馏-次甲基蓝光度法测定硫量
GB/T 223.68	钢铁及合金化学分析方法	管式炉内燃烧后磷酸钾滴定法测定硫含量
GB/T 223.69	钢铁及合金化学分析方法	管式炉内燃烧后气体容量法测定碳含量
GB/T 223.71	钢铁及合金化学分析方法	管式炉内燃烧后重量法测定碳含量
GB/T 223.72	钢铁及合金化学分析方法	氧化铝色层分离-硫酸钡重量法测定硫量

- GB/T 223.74 钢铁及合金化学分析方法 非化合碳含量的测定  
 GB/T 223.75 钢铁及合金化学分析方法 甲醇蒸馏-姜黄素光度法测定硼量  
 GB/T 223.76 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钒量  
 GB/T 223.78 钢铁及合金化学分析方法 姜黄素直接光度法测定硼含量  
 GB/T 229 金属夏比缺口冲击试验方法  
 GB/T 230.1 金属洛氏硬度试验 第1部分: 试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T 标尺)  
 [GB/T 230.1—2004, ISO 6508—1: 1999 Metallic materials—Rockwell hardness test—Part 1: Test method(scales A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T), MOD]  
 GB/T 2828.1 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  
 GB/T 5611 铸铁术语  
 GB/T 8170 数值修约规则

### 3 术语和定义

GB/T 5611 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1

**高铬铸铁磨球 high chromium cast iron grinding balls**  
 铬含量 $\geq 10\%$ , 共晶碳化物主要为 $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$  的铸铁磨球。

#### 3.2

**中铬铸铁磨球 middle chromium cast iron grinding balls**  
 $5\% < \text{铬含量} < 10\%$ , 共晶碳化物主要为 $(\text{Cr}, \text{Fe})_7\text{C}_3$  和 $(\text{Cr}, \text{Fe})_3\text{C}$  铸铁磨球。

#### 3.3

**低铬铸铁磨球 low chromium cast iron grinding balls**  
 铬含量 $1.0\% \sim 5.0\%$ , 共晶碳化物主要为 $(\text{Cr}, \text{Fe})_3\text{C}$  的铸铁磨球。

#### 3.4

**贝氏体球墨铸铁磨球 bainite nodule cast iron grinding balls**  
 基体组织主要是贝氏体的球墨铸铁磨球, 简称贝氏体球铁磨球。

#### 3.5

**马氏体球墨铸铁磨球 martensite nodule cast iron grinding balls**  
 基体组织主要是马氏体的球墨铸铁磨球, 简称马氏体球铁磨球。

#### 3.6

**直径允许偏差 diameter tolerance**  
 在同一铸铁磨球上测得的最大直径或最小直径与公称直径之差。

#### 3.7

**碎球率 breakage rate of ball**  
 碎球是指破碎面积超过磨球面积三分之一以上者。使用过程中发生碎裂的铸铁磨球重量与总用球重量的百分比, 称为碎球率。

#### 3.8

**冲击疲劳寿命 impact fatigue life**  
 落球试验中铸铁磨球冲击疲劳失效时所受冲击的次数。

#### 3.9

**熔炉批 melting heat**  
 由同一工作班同一配料单和同一生产工艺连续生产的各熔炉次组成。

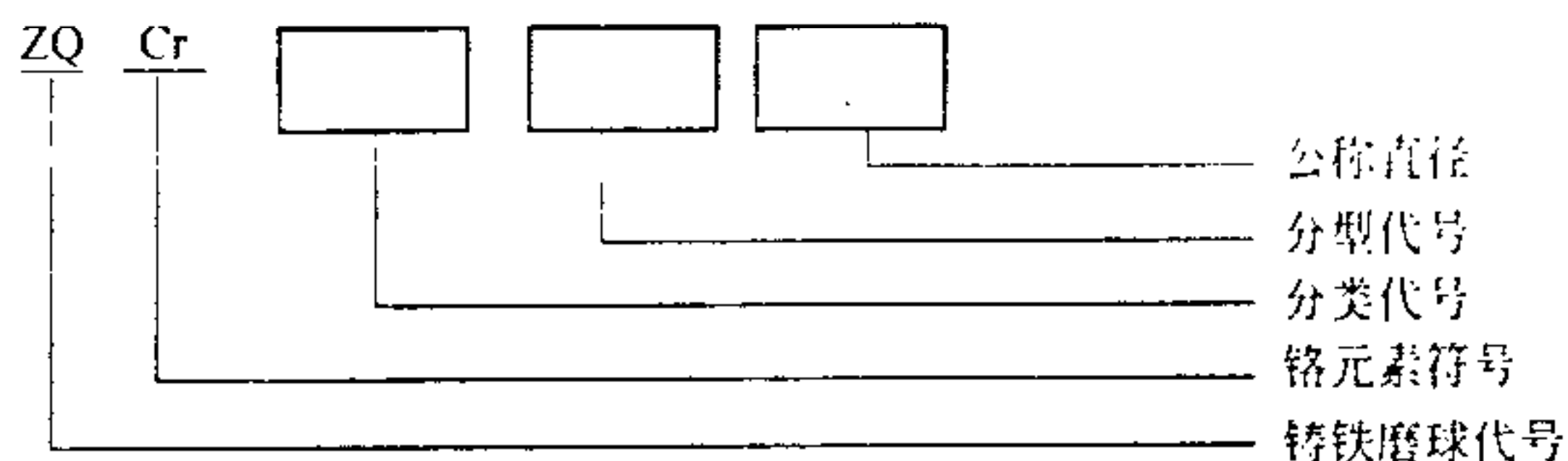
## 4 分类、代号

4.1 铬系合金铸铁磨球按铬含量分为高铬铸铁磨球(代号为 G)、中铬铸铁磨球(代号为 Z)和低铬铸铁磨球(代号为 D)三类。同类铸铁磨球按热处理方法分为淬火后回火铸铁磨球(代号为 A)和不淬火、仅回火铸铁磨球(代号为 B)两种型号。

合金球墨铸铁磨球分为:贝氏体球墨铸铁磨球(代号为 B)和马氏体球墨铸铁磨球(代号为 M)两类。

### 4.2 铸铁磨球代号表示方法

4.2.1 铬系铸铁磨球代号表示方法如下:



4.2.2 球墨铸铁磨球代号表示方法如下:



4.2.3 铸铁磨球代号表示举例:直径 100mm 淬火后回火的高铬合金铸铁磨球表示为 ZQCr-GA100;直径 100mm 贝氏体球墨铸铁磨球表示为 ZQB100。

## 5 尺寸及允许偏差、外形

铸铁磨球的公称直径及允许偏差、最大直径与最小直径差值应符合表 1 规定。

表1

单位为毫米

公称直径	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120	125
直径允许偏差	+2.0				+3.0				+3.5			+4.0		
	-1.0				-1.0				-1.5			-2.0		
最大直径与最小直径差值	≤1.8	≤2.4	≤3.0	≤3.6	≤4.2	≤4.6	≤5.0							

## 6 技术要求

6.1 铬系铸铁磨球的化学成分应符合表 2 的规定。

表2

代 号	化学成分(质量分数),%									
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Cu	V	Ti	P	S
ZQCrG1	2.0~3.2	≤1.0	0.5~2.5	≥10~16	≤3.0	≤1.0			≤0.1	≤0.1
ZQCrG2				>16~22						
ZQCrG3				>22~28			≤0.3	≤0.15		



表2(完)

代 号	化学成分(质量分数),%									
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Cu	V	Ti	P	S
ZQCrZ	2.0~3.2	1.0~2.2	0.5~1.5	7~10	≤1.0	≤0.8			≤0.1	≤0.1
							≤0.3	≤0.15		
ZQCrD	2.2~3.6	≤1.5	0.5~1.5	1.0~3.0	≤1.0	≤0.8			≤0.1	≤0.1
							≤0.3	≤0.15		

注:低铬合金铸铁磨球直径小于50mm的,允许P≤0.12%,S≤0.12%。

6.2 球墨铸铁磨球的化学成分应符合表3的规定。

表3

代号	化学成分(质量分数),%										
	C	Si	Mn	P	S	RE	Mg	Cr	Cu	Mo	B
ZQB	3.2~3.8	2.0~3.5	2.0~3.0	≤0.1	≤0.03	0.03~0.06	0.03~0.06				微量
ZQM	3.2~4.0	2.2~3.0	0.8~1.5	≤0.1	≤0.03	0.03~0.06	0.03~0.06	≤0.3	≤0.5	≤0.3	

6.3 力学性能

6.3.1 铬系铸铁磨球的力学性能应符合表4的规定。

表4

代 号	表面硬度 HRC	冲击试验 $A_k, J$	冲击疲劳寿命(落球次数)
ZQCrGA	≥56	≥3	≥8000
ZQCrGB	≥49		
ZQCrZA	≥51	≥3	≥8000
ZQCrZB	≥48		
ZQCrDA	≥48	≥2	≥8000
ZQCrDB	≥45		

注1:落球冲击疲劳试验采用直径100mm的铸铁磨球;在标准高度3.5m试验机上试验的结果。其它直径磨球的冲击疲劳次数参照附录A公式(A.2)进行换算。

注2:冲击韧度和冲击疲劳寿命指标一般不做交货依据,如用户需要,由供需双方自行商定。

6.3.2 球墨铸铁磨球的力学性能应符合表5的规定。

表5

名 称	代 号	表面硬度 HRC	冲击试验 $A_k, J$	冲击疲劳寿命(落球次数)
贝氏体球墨铸铁磨球	ZQB	≥50	≥8	≥10000
马氏体球墨铸铁磨球	ZQM	≥52	≥8	≥10000

注1:落球冲击疲劳试验应采用直径100mm的铸铁磨球;在标准高度3.5m试验机上试验的结果。其它直径磨球的冲击疲劳次数参照附录A公式(A.2)进行换算。

注2:冲击韧度和冲击疲劳寿命指标一般不做交货依据,如用户需要,由双方商定。

6.3.3 铸铁磨球沿通过浇口中心和球心直径方向的硬度差不得超过 HRC3。关于磨球硬度的均匀性也可采用磨球平均体积硬度的计算方法。

$$AVH = 0.009HRC_{\text{心部}} + 0.063HRC_{r_4} + 0.203HRC_{r_2} + 0.437HRC_{r_4} + 0.289HRC_{\text{表面}}$$

式中：

AVH——钢球硬度均匀性；

HRC——硬度；

$r$ ——钢球半径。

6.4 碎球率应不大于 1%。

## 6.5 表面质量

6.5.1 铸铁磨球不允许有裂纹和明显可见的气孔、夹渣、缩松、冷隔、皱皮等铸造缺陷。

6.5.2 铸铁磨球允许的表面缺陷应符合表 6 的规定。

表6

公称直径	允许的表面缺陷不大于					
	浇口处多肉 mm	粘砂面积 mm <sup>2</sup>	局部残留飞边 mm	深度 mm	单孔面积 mm <sup>2</sup>	总面积 mm <sup>2</sup>
20~35	1.5	16	1.5	1.5	12	25
40~60	2.0	25	2.0	2.0	16	35
70~90	2.5	36	3.0	2.5	20	50
100~125	3.0	49	3.0	2.5	25	65

## 6.6 内部质量

在通过浇口中心和球心的剖切面上不允许有缩孔、缩松、气孔、夹渣和其他孔洞缺陷。

## 7 试验方法

7.1 铸铁磨球直径允许偏差、最大直径与最小直径差值(公差)和铸铁磨球允许的表面缺陷,用刻度读数不超过 0.1mm 的量具测量。

7.2 化学分析按 GB/T 223.3、GB/T 223.4、GB/T 223.5、GB/T 223.11、GB/T 223.12、GB/T 223.14、GB/T 223.16、GB/T 223.18、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.26、GB/T 223.27、GB/T 223.28、GB/T 223.45、GB/T 223.46、GB/T 223.49、GB/T 223.53、GB/T 223.58、GB/T 223.59、GB/T 223.60、GB/T 223.61、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.64、GB/T 223.67、GB/T 223.68、GB/T 223.69、GB/T 223.71、GB/T 223.72、GB/T 223.74、GB/T 223.75、GB/T 223.76、GB/T 223.78 规定的方法或通用方法进行,但仲裁分析时应按 GB/T 223 有关规定进行。

7.3 冲击试验,采用在产品球本体上通过浇口切割 10mm×10mm×55mm 无缺口试样,按 GB/T 229 规定进行。

7.4 落球冲击疲劳寿命检验,按本标准附录 A 规定的方法进行。

7.5 洛氏硬度试验按 GB/T 230.1 进行。试样制备时,采用线切割或电火花方法切割,剖切面应通过浇口中心和球心。

剖切表面应至少磨去 0.5mm。球表面硬度测试,应将表面磨成平台后检验,磨去厚度为 2mm~5mm。

7.6 碎球率的检测和计算按本标准附录 B 的规定进行。

7.7 数值修约方法按 GB/T 8170 规定进行。

## 8 检验规则

- 8.1 铸铁磨球质量由生产厂技术监督部门负责检验。
- 8.2 直径公差、表面缺陷按 GB/T 2828.1 抽样检查。
- 8.3 化学成分检验,当熔炼炉容量超过 0.5t 时,应逐炉检验;当熔炼炉容量不超过 0.5t 时,按熔炉批检验。每炉次应抽取 1 个试样进行检验,如检验不合格应加倍抽样复验,其中仍有不合格,则该炉次为不合格。
- 8.4 表面硬度检验,非连续热处理炉,应从每炉不同位置取样,个数不少于 5 个。经检验,若有 1 个铸铁磨球不合格,则应任取双倍的铸铁磨球进行复验。若仍有 1 个铸铁磨球不合格,则该批为不合格。
- 8.5 内部质量的检验,同种类型铸铁磨球每连续生产 100t,随机抽取 1 个最大规格的铸铁磨球进行检验。如检验不合格,则应在该批中加倍复验,如化学成分合格可允许重新热处理,仍有不合格者,则该批为不合格。

## 9 包装、标志、运输、贮存和质量证明书

- 9.1 铸铁磨球可采用铁桶、编织袋包装或散装。
- 9.2 以整车散装运输时,应在车厢内以标牌标明铸铁磨球的型号和规格。包装运输时,在包装物表面上应标明:
  - a) 需方名称、地址及到站;
  - b) 铸铁磨球型号与规格;
  - c) 装箱号;
  - d) 毛质量及净质量;
  - e) 供方名称和地址。
- 9.3 每批出厂产品应附质量证明书,其中注明:
  - a) 供方名称;
  - b) 型号与规格;
  - c) 批号与批量;
  - d) 检验结果;
  - e) 本标准编号。

附录A  
(规范性附录)  
落球冲击疲劳寿命试验方法

落球冲击疲劳寿命试验(以下简称落球试验)是使用落球冲击疲劳试验机(以下简称落球试验机),在实验室条件下,模拟铸球在球磨机中的冲击过程。冲击次数由计数器实现。铸球冲击疲劳失效的冲击次数反映了铸铁磨球在该种情况下的冲击疲劳寿命。

A.1 落球机型号为MQ型,落程为3.5m。

A.2 落球试验的试样为直径100mm铸铁磨球。

A.3 落球试验的试样应从检查批中任取16个铸球为试验球,另取三个以上的铸球作替换球,在替换球表面上记号。

A.4 落球试验在常温下进行。

A.5 铸球失效判断及试验程序规定如下:

A.5.1 铸球失效判断

A.5.1.1 铸球表面上落层平均直径(最大直径和最小直径的平均值)为20mm~50mm,中部厚度为5mm~10mm。

A.5.1.2 铸球沿中部断裂。

A.5.2 试验程序

A.5.2.1 将试验球和替换球的棱边打磨光滑或在清理滚筒中作表面清理。检查试验机工作状态。

A.5.2.2 先将12个试验球放入弯管内,启动试验机,将余下的4个试验球由下滑道逐个放入循环输送系统。

A.5.2.3 打开计数器,将计数器清零、清警,数字拨盘拨至预定数。

A.5.2.4 试验人员在现场应认真观察,当发现有一个试验球失效情况符合A5.1.1条和A5.2.2的规定时,取出失效球,并放入一个替换球,直到出现第三个失效球为止,分别记录3个试验球失效数指标时,加入的替换球已发生破坏,应不计入失效球数。

A.6 落球冲击疲劳寿命的确定

A.6.1 落球冲击疲劳试验寿命按下式确定:

$$N_f = \frac{2B_1}{B_s} \times \frac{N_1 + N_2 + N_3}{3} \quad \text{..... (A.1)}$$

式中:

$N_f$ ——该批铸球冲击疲劳试验寿命(次数);

$N_1$ ——第一个试球失效时,计数器记录的次数;

$N_2$ ——第二个试球失效时,计数器记录的次数;

$N_3$ ——第三个试球失效时,计数器记录的次数;

$B_1$ ——弯管中的铸球数;

$B_s$ ——试验系统内的总铸铁球数。

A.6.2 数据处理时,小数部位按四舍五入取整填入试验报告。在试验报告中应注明失效情况,并记录试验温度。

A.6.3 不同磨球直径落球冲击疲劳次数的确定

在直径非100mm磨球情况下,其它直径的磨球冲击疲劳寿命(次数)可按以下经验公式换算

$$N_x = N \times \frac{100}{D} \quad \text{..... (A.2)}$$



式中：

$D$ ——被测磨球直径(mm)；

$N_x$ ——该直径磨球的冲击疲劳试验寿命(落球次数)；

$N$ —— $\phi 100$  直径磨球冲击疲劳试验寿命(落球次数 8000 或 10000)。

附录B  
(规范性附录)  
碎球率的测定与计算

在磨矿正常生产作业条件下,球磨机运转 2000h 以上,累计球磨机运转期间排出的碎球量,称重。然后停机将留在球磨机内的碎球拣出,称重,计量在此期间的用球总量。

碎球率按下式计算:

$$\rho = \frac{Q_1 + Q_2}{Q + Q'} \times 100\%$$

式中:

- $\rho$ ——碎球率(%);
  - $Q$ ——初装球磨机内球量(t);
  - $Q'$ ——正常运转中添加的球量(t);
  - $Q_1$ ——正常运转中球磨机排出的碎球量(t);
  - $Q_2$ ——停机检测时,在球磨机内的碎球量(t)。
-

中华人民共和国黑色冶金  
行 业 标 准  
合金铸铁磨球  
YB/T 092—2005

\*

冶金工业出版社出版发行  
北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号  
邮政编码:100009  
北京兴华印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 23 千字  
2005 年 11 月第一版 2005 年 11 月第一次印刷

\*