

## 油脂检测

## 13 种食用植物油中矿物质元素含量的研究

谭 微<sup>1</sup>, 李敏一<sup>2</sup>, 郭丽艳<sup>1</sup>, 潘思佳<sup>1</sup>, 熊建文<sup>1</sup>

(1. 广西科技大学鹿山学院 食品与化学工程系, 广西 柳州 545616; 2. 暨南大学 药学院, 广州 510632)

**摘要:**建立了湿法消解-原子吸收光谱法测定食用植物油中 6 种矿物质元素(Mg、K、Ca、Fe、Cu、Zn)的分析方法。结果表明:优化的湿法消解条件为以硝酸-过氧化氢作为消解溶液,硝酸用量 20.00 mL,加热功率 500 W;6 种目标物在各自的线性范围内线性关系良好( $r \geq 0.998$ ),检出限为 0.32~21.16 mg/kg,3 种食用植物油加标回收率为 82.9%~115.0%,相对标准偏差为 1.1%~8.8%。通过该分析方法对 13 种食用植物油中 6 种矿物质元素含量进行对比研究,结果发现火麻油中矿物质元素含量较丰富,营养价值较高。

**关键词:**食用植物油;火麻油;矿物质元素;湿法消解;原子吸收光谱法

中图分类号:TS225.1;TQ646 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2018)02-0146-05

## Contents of mineral elements in 13 edible vegetable oils

TAN Wei<sup>1</sup>, LI Minyi<sup>2</sup>, GUO Liyan<sup>1</sup>, PAN Sijia<sup>1</sup>, XIONG Jianwen<sup>1</sup>

(1. Department of Food and Chemical Engineering, Lushan College of Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou 545616, Guangxi, China; 2. College of Pharmacy, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract:** A method was developed for the determination of six mineral elements (Mg, K, Ca, Fe, Cu and Zn) in edible vegetable oils using wet digestion and atomic absorption spectrometry. The results showed that the optimal wet digestion conditions were obtained as follows: with HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> as digestion solution, HNO<sub>3</sub> dosage 20.00 mL and heating power 500 W. The correlation coefficients ( $r$ ) were higher than 0.998 in the linear ranges of six mineral elements. The limits of detection (LODs) of six mineral elements were 0.32-21.16 mg/kg. The recoveries of three edible vegetable oils were 82.9%-115.0%, with the relative standard deviations ranging from 1.1% to 8.8%. The contents of six mineral elements in 13 kinds of edible vegetable oils were studied by the established method, and the results showed that the nutritive value of hemp seed oil was higher with rich minerals.

**Key words:** edible vegetable oil; hemp seed oil; mineral element; wet digestion; atomic absorption spectrometry

食用植物油是人们的基本膳食,不仅可以提供能量和必需脂肪酸,还富含矿物质、植物甾醇、维生素 E、多酚和角鲨烯等成分,具有降低胆固醇水平、预防和治疗心血管疾病、抗肿瘤等功效<sup>[1-3]</sup>。火麻

油中多不饱和脂肪酸含量达到 75%~85%,特别是  $\omega-6$  和  $\omega-3$  系列的多不饱和脂肪酸对于稳定细胞膜功能、调控基因表达、维持细胞因子和脂蛋白平衡发挥着重要作用,因此被誉为“长寿油”<sup>[4-5]</sup>。目前,对食用植物油矿物质成分的研究较少,特别是火麻油中矿物质成分的分析尚未见报道<sup>[6-7]</sup>。矿物质是构成人体组织和维持正常生理功能所必需的七大营养素之一<sup>[8]</sup>,研究日常食用植物油中矿物质含量具有重要的意义。本文以火麻油为考察对象,优化了湿法消解的条件,并用原子吸收光谱测定了 13 种食用植物油中矿物质元素的含量。该分析方法可为

收稿日期:2017-06-13

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81473133);广西高校中青年教师基础能力提升项目(2017KY1382)

作者简介:谭 微(1986),女,工程师,硕士,研究方向为食品分析及样品前处理技术(E-mail)thurmantan@126.com。

通信作者:熊建文,副教授(E-mail)342013038@qq.com。

食用植物油中矿物质元素的研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

食用植物油样品购于当地超市和市场,详细信息如表1所示。硝酸、高氯酸(AR级,西陇科学股份有限公司),过氧化氢(30%,AR级,广东光华科技股份有限公司);Mg、K、Ca、Fe、Cu、Zn元素标准溶液(美国Spex CertiPrep公司,基体10% HNO<sub>3</sub>,质量浓度1 000 mg/L),以超纯水为溶剂配成10 mg/L储备液,低质量浓度标准液由储备液逐级稀释而得。

表1 食用植物油样品产地信息

序号	植物油	产地
1	玉米油	广西防城港市
2	亚麻籽油	辽宁省辽阳市
3	花生油	山东省烟台市
4	芝麻油	湖北省武汉市
5	橄榄油	山东省烟台市
6	大豆油	辽宁省辽阳市
7	葵花籽油	辽宁省辽阳市
8	火麻油	广西河池市巴马县
9	山茶油	广西河池市巴马县
10	核桃油	辽宁省辽阳市
11	鲜榨芝麻油	广西柳州市市场
12	鲜榨大豆油	广西柳州市市场
13	鲜榨花生油	广西柳州市市场

AA-6880原子吸收分光光度计(岛津企业管理(中国)有限公司,配备Mg、K、Ca、Fe、Cu、Zn空心

表2 6种元素原子吸收光谱法的测定条件

元素	波长/nm	狭缝/nm	灯电流/mA	燃烧头高度/mm	空气流量/(L/min)	乙炔流量/(L/min)
Mg	285.2	0.7	8	7.0	15.0	1.8
K	766.5	0.7	10	7.0	15.0	2.0
Ca	422.7	0.7	10	7.0	15.0	2.0
Fe	248.3	0.2	12	9.0	15.0	2.2
Cu	324.8	0.7	8	7.0	15.0	1.8
Zn	213.9	0.7	8	7.0	15.0	2.0

### 1.2.3 加标回收率实验

选择核桃油、橄榄油和火麻油进行加标回收率实验,考察方法的可靠性。称取0.500 0 g(0.54 mL)样品,加入6种元素的标准溶液,按1.2.1和1.2.2步骤进行检测,计算加标回收率。每种样品每个元素分别设置高、低浓度两个添加水平,每个加标水平平行测定3次。

## 2 结果与讨论

### 2.1 湿法消解条件优化

样品的消解主要有湿法消解、干法灰化和微波消解3种。干法灰化一般在500~600℃下进行,长

阴极灯);UPC-II-10T超纯水器(四川优普超纯科技有限公司);98-I-C电炉(天津市泰斯特仪器有限公司);250 mL圆底长颈消解装置(20%硝酸浸泡24 h以上,用超纯水反复冲洗晾干后使用)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 食用植物油的消解

采用湿法消解对食用植物油样品进行处理<sup>[9]</sup>。准确称取0.500 0 g(0.54 mL)样品于消解瓶中,加入20.00 mL硝酸放置16 h后,在电板上加热,加热功率500 W。当硝酸剩余约1 mL时停止加热,冷却至室温后加入5.00 mL硝酸和5.00 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,继续加热。在加热过程中不断补加H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>至消解液清亮,最后赶酸至尽干。冷却至室温后用超纯水少量多次洗涤并转移至25 mL容量瓶中,定容,待检测。空白对比除不加植物油外,其余消解步骤完全相同。

#### 1.2.2 测定方法

采用原子吸收光谱法(AAS)对火麻油、玉米油、葵花籽油、大豆油、山茶油、花生油、亚麻籽油、橄榄油、核桃油、芝麻油、鲜榨芝麻油、鲜榨大豆油和鲜榨花生油13种食用植物油中6种矿物质元素含量进行测定。Mg的测定参考GB 5009.241—2017;K的测定参考GB 5009.91—2017;Ca的测定参考GB 5009.92—2016;Fe的测定参考GB 5009.90—2016;Cu的测定参考GB 5009.13—2017;Zn的测定参考GB 5009.14—2017。检测条件详见表2。

时间高温条件会导致部分金属元素损失。微波消解的优点是快速简便,但植物油基质基本为有机质,样品进入微波消解仪前需要预消解,微波消解完毕后需要进行赶酸处理,导致整个消解时间大大增加。湿法消解不需要使用昂贵的仪器设备,操作简便,更适合植物油样品<sup>[9-10]</sup>。火麻油在广西巴马地区被广泛食用,但对其矿物质含量的研究尚未见报道,因此,以火麻油为考察对象,优化湿法消解的条件。

#### 2.1.1 溶剂体系的选择

分别采用硝酸-过氧化氢和硝酸-过氧化氢-高氯酸体系(高氯酸用量1.00 mL)考察溶剂的影

响,结果如图 1 所示。

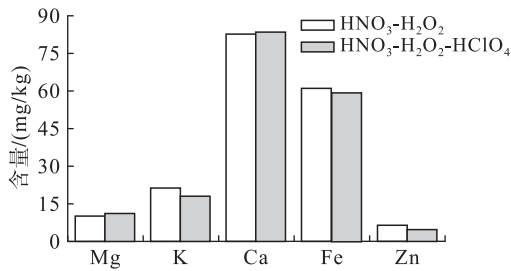


图 1 溶剂体系对湿法消解的影响

从图 1 可以看出,除 Cu 均未检出外,其余 5 种元素在两个体系中消解效果相差不大。但加入了高氯酸的消解体系,反应剧烈,有大量白烟冒出,且高氯酸有强氧化性,从操作安全角度考虑,选择硝酸-过氧化氢体系。

### 2.1.2 硝酸用量的选择

硝酸用量对样品消解有至关重要的作用,若硝酸不足,会造成植物油中有机物或还原性物质消解不完全,若硝酸过量,会延长赶酸时间。在 0.500 0 g (0.54 mL) 火麻油样品中分别加入 5.00、10.00、15.00、20.00、25.00 mL 硝酸,放置 16 h 后进行消解,消解完成后用 AAS 测定矿物质元素的含量,结果如图 2 所示。

从图 2 可以看出,火麻油中 Cu 未检出。随着硝酸用量的增加,5 种元素检出量也逐渐增加。当硝酸用量达到 15.00 mL,对于 Mg 来说,火麻油消解完全,而对于 K、Ca、Fe 和 Zn 来说,需增加硝酸用量至

20.00 mL。再增加硝酸用量,5 种元素检测含量变化不大。综合考虑,硝酸用量为 20.00 mL。

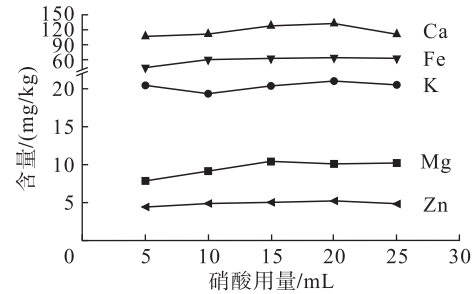


图 2 硝酸用量对湿法消解的影响

### 2.1.3 加热功率的选择

分别设置电板加热功率为 300、400、500、600 W 4 个水平进行优化。实验发现,当加热功率为 300 W,溶液没有反应。加热功率升至 400 W,消解液间断式沸腾,火麻油变成澄清状态大约需要 10 h。当加热功率为 500 W 时,溶液一直保持微沸状态,消解瓶口均匀放出棕黄色烟雾,加热约 2 h 后溶液变成清液。继续升高加热功率至 600 W,火麻油能在 1 h 内完成消解,但反应剧烈,迅速排出大量烟雾,存在安全隐患。因此,选择 500 W 作为加热功率。

### 2.2 方法线性范围及检出限

Mg、K、Ca、Fe、Cu、Zn 6 种元素的线性方程、线性范围、相关系数与方法检出限见表 3,方法检出限 = 3 × 样品空白吸光度的标准差/标准曲线斜率。从表 3 可以看出,方法线性关系良好,检出限低,能够满足植物油样品测试的需要。

表 3 分析方法的线性方程、相关系数和检出限

元素	线性方程	相关系数	线性范围/(mg/L)	检出限/(mg/kg)
Mg	$A = 0.9200C + 0.0220$	0.9988	0.02 ~ 0.80	0.50
K	$A = 0.3089C + 0.0331$	0.9985	0.02 ~ 2.00	0.32
Ca	$A = 0.0155C + 0.0117$	0.9980	0.60 ~ 8.00	21.16
Fe	$A = 0.0732C + 0.0030$	0.9997	0.08 ~ 9.00	3.58
Cu	$A = 0.1146C + 0.0080$	0.9994	0.02 ~ 9.00	0.64
Zn	$A = 0.4324C + 0.0125$	0.9998	0.02 ~ 0.60	0.50

### 2.3 食用植物油矿物质含量分析

火麻油、玉米油、葵花籽油、大豆油、山茶油、花生油、亚麻籽油、橄榄油、核桃油和芝麻油是在日常生活中使用广范的植物油。参照 1.2.1 和 1.2.2 的方法测定以上 10 种植物油和鲜榨花生油、鲜榨大豆油、鲜榨芝麻油中 Mg、K、Ca、Fe、Cu、Zn 的含量。每份样品取样量是 0.500 0 g,平行测定 3 次,测定结果如表 4 所示。

矿物质不能在体内合成,只能通过膳食进行补充,矿物质缺乏会造成人体生理功能的失常,但过量

摄入,容易引起中毒,因此 GB 14880—2012 对食品营养强化剂中各矿物质元素的含量限值进行了规定<sup>[11]</sup>。从表 4 可以看出,13 种植物油中都没有检出 Cu,其余 5 种元素的含量皆符合国标的限值要求。Mg 可参与能量代谢,K 在人体内维持酸碱平衡,Ca 是骨骼的构成元素,这 3 种都是常用元素,每天需补充 100 mg 以上。Mg 含量最高的是火麻油;鲜榨花生油、大豆油和火麻油中 K 含量较高;橄榄油、核桃油、火麻油 Ca 的含量分别是 182.53、166.76、126.66 mg/kg,而其他植物油中 Ca 含量均

小于 100 mg/kg。Fe 和 Zn 属于微量元素,在所测的 13 种植物油中,芝麻油和火麻油 Fe 含量较高,鲜榨花生油、火麻油和橄榄油的 Zn 含量较高。

根据无机盐在食物中的分布及吸收情况,我国人群中比较容易缺乏 Ca、Fe、Zn 等矿物质。综合以

上测定数据来看,亚麻籽油、核桃油、橄榄油和火麻油都能检测出 5 种矿物质元素,其中各成分含量分布最均衡且总量最丰富的是火麻油,营养价值丰富,经常食用可以补充 Ca、Fe、Zn 等元素。

表 4 食用植物油中矿物质元素含量测定结果 ( $n=3$ )

植物油	Mg	K	Ca	Fe	Zn
花生油	9.97 ± 0.08	5.08 ± 0.20	41.32 ± 2.48	35.48 ± 2.62	ND
鲜榨花生油	6.67 ± 0.55	57.07 ± 3.84	64.32 ± 4.78	21.93 ± 0.67	6.50 ± 0.38
大豆油	ND	37.83 ± 0.30	32.63 ± 3.21	18.03 ± 0.85	3.05 ± 0.26
鲜榨大豆油	ND	6.25 ± 0.47	36.15 ± 1.02	13.06 ± 0.73	1.06 ± 0.05
芝麻油	2.57 ± 0.24	9.93 ± 0.62	82.45 ± 3.26	53.70 ± 3.14	ND
鲜榨芝麻油	3.60 ± 0.04	17.16 ± 0.88	61.78 ± 3.36	7.69 ± 0.26	1.36 ± 0.10
亚麻籽油	4.77 ± 0.09	3.05 ± 0.20	73.31 ± 4.05	13.35 ± 1.10	3.86 ± 0.40
核桃油	1.74 ± 0.02	7.74 ± 0.42	166.76 ± 1.93	18.22 ± 0.84	1.28 ± 0.07
玉米油	ND	2.41 ± 0.06	44.29 ± 4.22	ND	2.84 ± 0.04
橄榄油	1.20 ± 0.05	9.06 ± 0.66	182.53 ± 7.30	11.60 ± 0.97	4.38 ± 0.19
葵花籽油	ND	ND	59.37 ± 3.19	26.22 ± 1.33	2.26 ± 0.21
火麻油	12.40 ± 0.23	21.04 ± 0.71	126.66 ± 4.13	60.81 ± 0.80	5.17 ± 0.12
山茶油	ND	3.28 ± 0.31	ND	ND	ND

注:ND 为未检出。

#### 2.4 方法可靠性

为考察湿法消解-火焰原子吸收法检测植物油样品中的 Mg、K、Ca、Fe、Cu、Zn 元素是否可靠,选择检出含量都较高的火麻油、核桃油和橄榄油进行加标回收率实验,每个加标水平平行测定 3 次,回收率

和相对标准偏差(RSD)见表 5。从表 5 可以看出,6 种元素加标回收率在 82.9% ~ 115.0% 之间,RSD 范围为 1.1% ~ 8.8%,结果表明该方法回收率良好,实验结果准确。

表 5 加标回收率实验 ( $n=3$ )

元素	火麻油			核桃油			橄榄油		
	加标量/(mg/kg)	回收率/%	RSD/%	加标量/(mg/kg)	回收率/%	RSD/%	加标量/(mg/kg)	回收率/%	RSD/%
Mg	10.0	92.1	6.4	1.0	91.0	2.3	1.0	115.0	8.8
	20.0	95.4	2.0	3.0	110.7	4.3	2.0	96.5	8.6
K	20.0	92.9	5.6	10.0	84.0	7.8	10.0	90.7	7.8
	40.0	96.8	3.1	20.0	94.8	1.9	20.0	95.6	1.2
Ca	100.0	82.9	4.5	100.0	99.4	2.7	100.0	100.5	4.9
	150.0	93.0	1.6	150.0	96.8	4.2	150.0	100.2	3.7
Fe	50.0	93.7	3.1	10.0	97.4	8.6	10.0	96.6	2.4
	100.0	93.4	5.0	20.0	83.8	3.7	20.0	99.0	7.4
Cu	10.0	93.6	3.6	10.0	112.2	4.0	10.0	85.5	2.0
	20.0	94.0	4.5	20.0	96.4	6.1	20.0	92.0	1.5
Zn	5.0	97.7	8.3	1.0	86.0	3.8	2.5	92.4	8.6
	10.0	90.7	7.8	3.0	103.3	1.1	5.0	88.4	8.2

### 3 结论

通过样品前处理条件和检测方法的优化,建立了湿法消解-原子吸收光谱法测定食用植物油中

Mg、K、Ca、Fe、Cu、Zn 6 种元素的分析方法,该方法线性关系良好,检出限可满足分析要求。利用该方法  
(下转第 153 页)

搅拌温度 45℃, 此时复合脂肪替代品得率为 6.04%。产品具有油脂外观, 且在持水性、持油性、乳化性和乳化稳定性等方面表现出较理想的脂肪替代性质, 同时也具有一定的假塑性流体特性。

#### 参考文献:

- [1] 张斌, 罗发兴. 马铃薯淀粉基脂肪模拟物性质研究[J]. 粮食与油脂, 2010(1):12-15.
- [2] 孙健全, 冀国强, 邵秀芝. 淀粉基脂肪模拟物的开发与应用研究进展[J]. 粮食与油脂, 2010(8):1-4.
- [3] KEENAN D F, RESCONI V C, KERRY J R, et al. Modelling the influence of inulin as a fat substitute in comminuted meat products on their physico-chemical characteristics and eating quality using a mixture design approach[J]. Meat Sci, 2014, 96(3):1384-1394.
- [4] CAMPAINOL P C, SANTOS B A, WAGNER R, et al. Amorphous cellulose gel as a fat substitute in fermented sausages[J]. Meat Sci, 2012, 90(1):36-42.
- [5] 文仁贵, 扶雄, 杨连生, 等. 脂肪替代品模拟脂肪的机理[J]. 中国油脂, 2006, 31(5):28-31.
- [6] 豆玉静, 朱婧, 刘静, 等. 脂肪替代品蔗糖聚酯对蛋糕营养价值和感官可接受性的影响[J]. 食品添加剂, 2012, 33(18):315-321.
- [7] 范素琴, 黄海燕, 王晓梅, 等. 复合凝胶型海藻酸钠理想的脂肪替代品[J]. 中国食品, 2011(17):38.

(上接第 149 页)

法对 13 种食用植物油中的 6 种矿物质含量进行检测, 测定值符合国家标准的限值要求。对火麻油、核桃油和橄榄油进行加标回收率实验, 回收率范围为 82.9%~115.0%, RSD 范围为 1.1%~8.8%, 回收率良好, 表明该分析方法可靠。通过对火麻油中矿物质元素进行分析, 结果发现其矿物质种类丰富, 总量较高, 营养价值丰富, 该数据可为火麻油药用研究奠定基础。

#### 参考文献:

- [1] 王佳友, 何秀荣. 我国城乡居民食用植物油消费影响因素的比较分析[J]. 农业现代化研究, 2016, 37(5):932-938.
- [2] 姜波, 胡文忠, 刘长建, 等. 超声波萃取-原子吸收光谱法测定不同植物油中多种矿物质元素[J]. 食品工业科技, 2013, 34(14):63-66, 70.
- [3] 薛莉, 黄晓荣, 汪雪芳, 等. 食用植物油营养成分及检测技术的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(2):446-451.
- [4] 臧佳辰, 陶莎, 薛璟怡, 等. 火麻油脂肪酶水解条件的

- [8] 杨琴, 胡国华, 马正智. 海藻酸钠的复合特性及其在肉制品中的应用研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2010(1):164-168.
- [9] 缪铭, 江波, 张涛. 淀粉-脂质复合物的研究进展[J]. 现代化工, 2007, 27(1):83-87.
- [10] 刘贺, 朱丹实, 刘丽萍, 等. 明胶与阿拉伯胶复合凝胶法制备脂肪替代品的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(8):124-127.
- [11] 吉义平, 沈瑞敏, 雷霖. 复合型米糠脂肪替代品的制备工艺及性质研究[J]. 粮油食品科技, 2015, 23(1):25-29.
- [12] 申瑞玲, 孟付荣, 罗双群. 燕麦糊精脂肪替代品的制备[J]. 粮油加工, 2009(9):106-108.
- [13] 彭晓蓓, 游远, 杨玉玲, 等. 肌原纤维蛋白与脂肪替代品混合样品流变特性研究[J]. 肉类研究, 2012, 26(6):9-13.
- [14] 李倩倩, 陈海华, 张楠, 等. 低 M/G 型海藻酸钠脂肪替代物的制备及在低脂鸡肉丸中的应用[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2015, 32(4):270-276.
- [15] FENG T, YE R, ZHUANG H N, et al. Physicochemical properties and sensory evaluation of *Mesona Blumes* gum/rice starch mixed gels as fat-substitutes in Chinese Cantonese-style sausage[J]. Food Res Int, 2013, 50:85-93.

- 优化研究[J]. 中国油脂, 2013, 38(7):56-59.
- [5] 覃世辉, 陈小梦, 覃勇荣, 等. 巴马民间火麻汤中的油脂含量测定与制作工艺研究[J]. 食品研究与开发, 2014, 35(3):78-80.
- [6] 姜波, 胡文忠, 刘长建, 等. 市售食用植物油中矿物质元素含量的比较研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(1):53-56.
- [7] ADJEPONG M, VALENTINI K, PICKENS C A, et al. Quantification of fatty acid and mineral levels of selected seeds, nuts, and oils in Ghana[J]. J Food Compos Anal, 2017, 59:43-49.
- [8] 兴丽, 赵凤敏, 曹有福, 等. 不同产地亚麻籽矿物质元素及脂肪酸组成的主成分分析[J]. 光谱学与光谱分析, 2014, 34(9):2538-2543.
- [9] 倪张林, 汤富彬, 屈明华. 不同前处理方法测定植物油中重金属的研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(7):85-87.
- [10] 邱会东, 赵波, 张红, 等. 食用植物油中重金属分析方法的研究进展[J]. 中国油脂, 2017, 42(1):76-79.
- [11] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品营养强化剂使用标准:GB 14880—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.