



# 面向技术创新的电子废弃物物质流研究

吕彬

中国科学院生态环境研究中心



# 内 容

- 研究背景
  - 物质流分析与废弃物管理
  - 技术创新对废弃物管理的影响
- 案例分析
  - 技术创新与废弃物资源潜力：锂的物质流分析
  - 技术创新与废弃物处理设施：废旧显示器的产生量
  - 技术创新与废弃物管理对策：废旧手机物质流分析
- 展望



# 研究背景

- 物质流分析与废弃物管理
  - 产品流分析Product Flow Analysis, PFA
    - 废弃物的产生量核算（M Oguchi, et al., 2008）
  - 元素流分析Substance Flow Analysis, SFA
    - 废弃物的资源潜力：基础设施布局(Brunner and Rechberger, 2004)
    - 废弃物潜在的环境影响:回收工厂物料管理
  - 物质流分析在电子废弃物中的应用(Peeranart Kiddee, et al.,2013)
    - 亚洲区域的WEEE物质流分析(Shinkuma and Nguyen Thi Minh,2009)
    - WEEE产生量核算（Liu et al., 2006, Jain and Sareen, 2006, Osibanjo and Nnorom, 2008, Steubing et al. 2010, Wang, 2014）



# 研究背景

- 废弃物物质流的影响因素
  - 产品制造技术创新：更新换代速度
  - 回收处理经济效益：资源潜力
  - 固废管理对策：进出口、环境管理
- 技术创新与废弃物物质流
  - 产品流
    - 使用寿命变短（短于硬件寿命），替换频率加快
    - 再使用特性减少
  - 物质流
    - 资源潜力变动（金属种类与贵金属含量）
    - 回收处理方法变化
    - 潜在环境影响变化



# 内 容

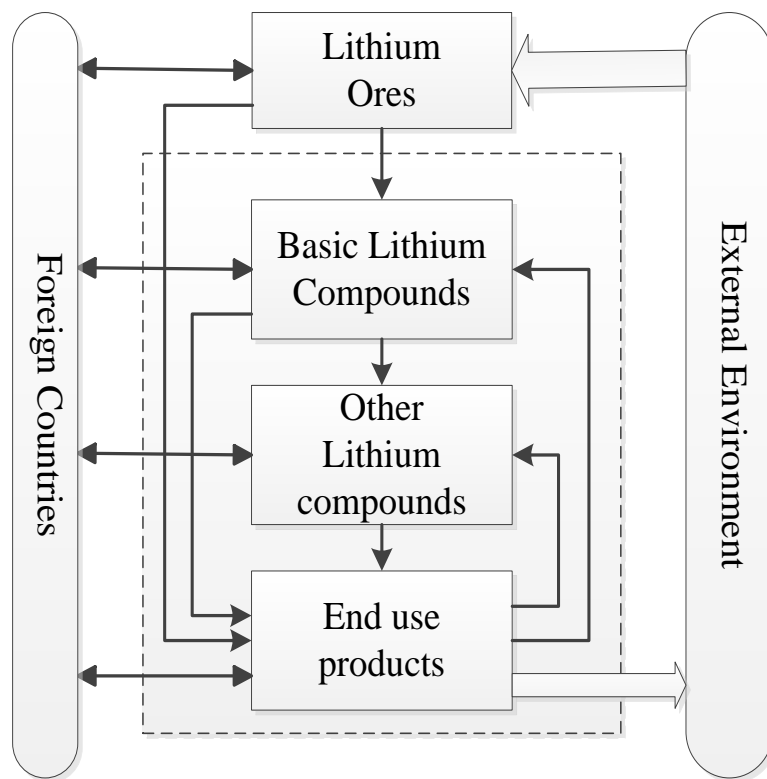
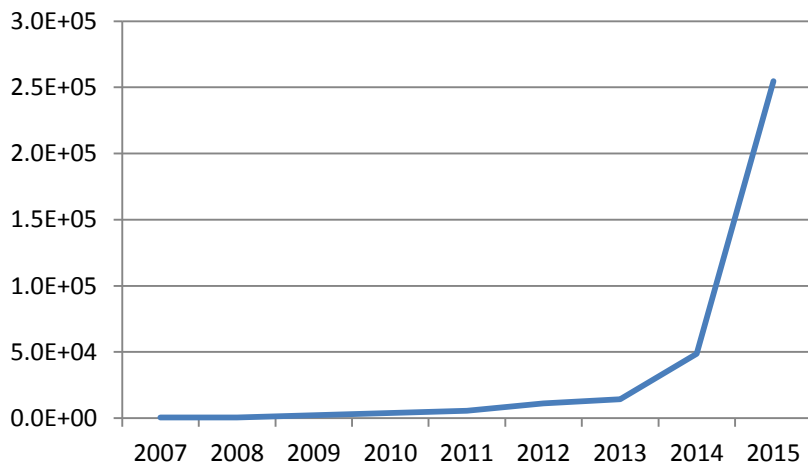
- 研究背景
  - 物质流分析与废弃物管理
  - 技术创新对废弃物管理的影响
- 案例分析
  - 技术创新与废弃物资源潜力：锂的物质流分析
  - 技术创新与废弃物处理设施：废旧显示器的产生量
  - 技术创新与废弃物管理对策：废旧手机物质流分析
- 展望



# 锂元素的物质流分析（2007-2014）

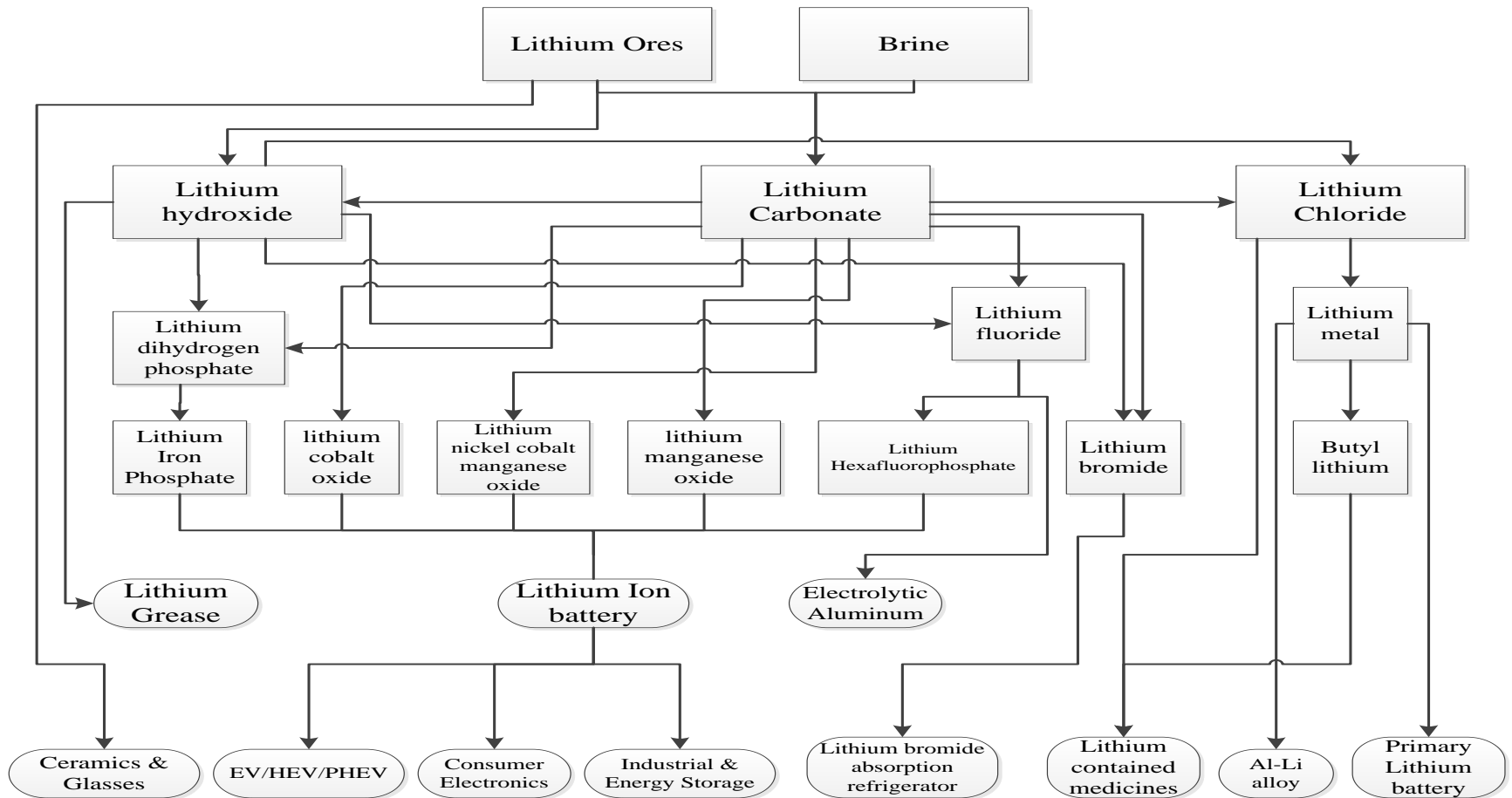
- 电动车所使用锂资源对锂元素物质流的整体影响

LIB Electric Vehicles in China



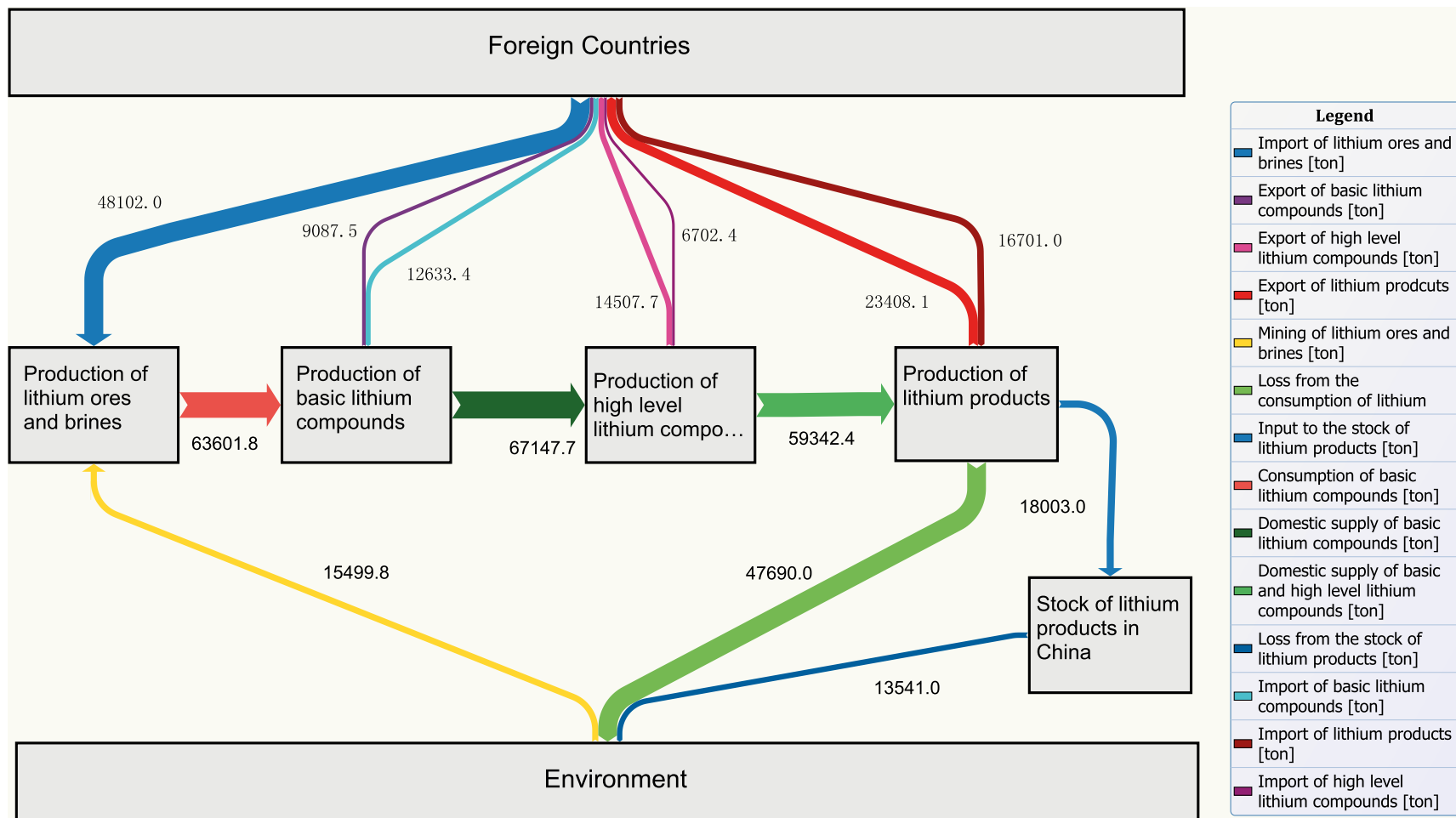


# 锂元素的主要应用领域





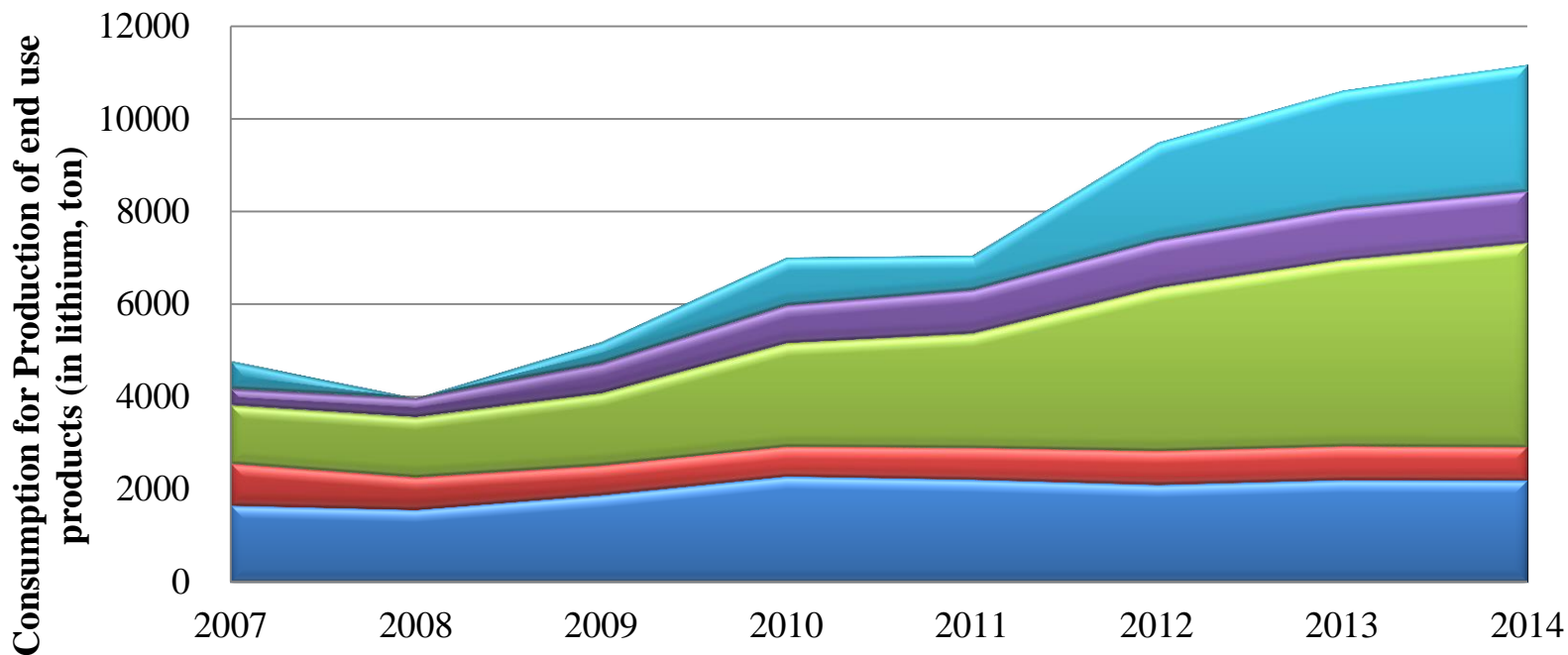
# 我国锂元素的物质流 (2007-2014)







# 锂元素的使用结构变化（2007-2014）



■ Consumption for production of lithium grease

■ Consumption for lithium bromide refrigerator

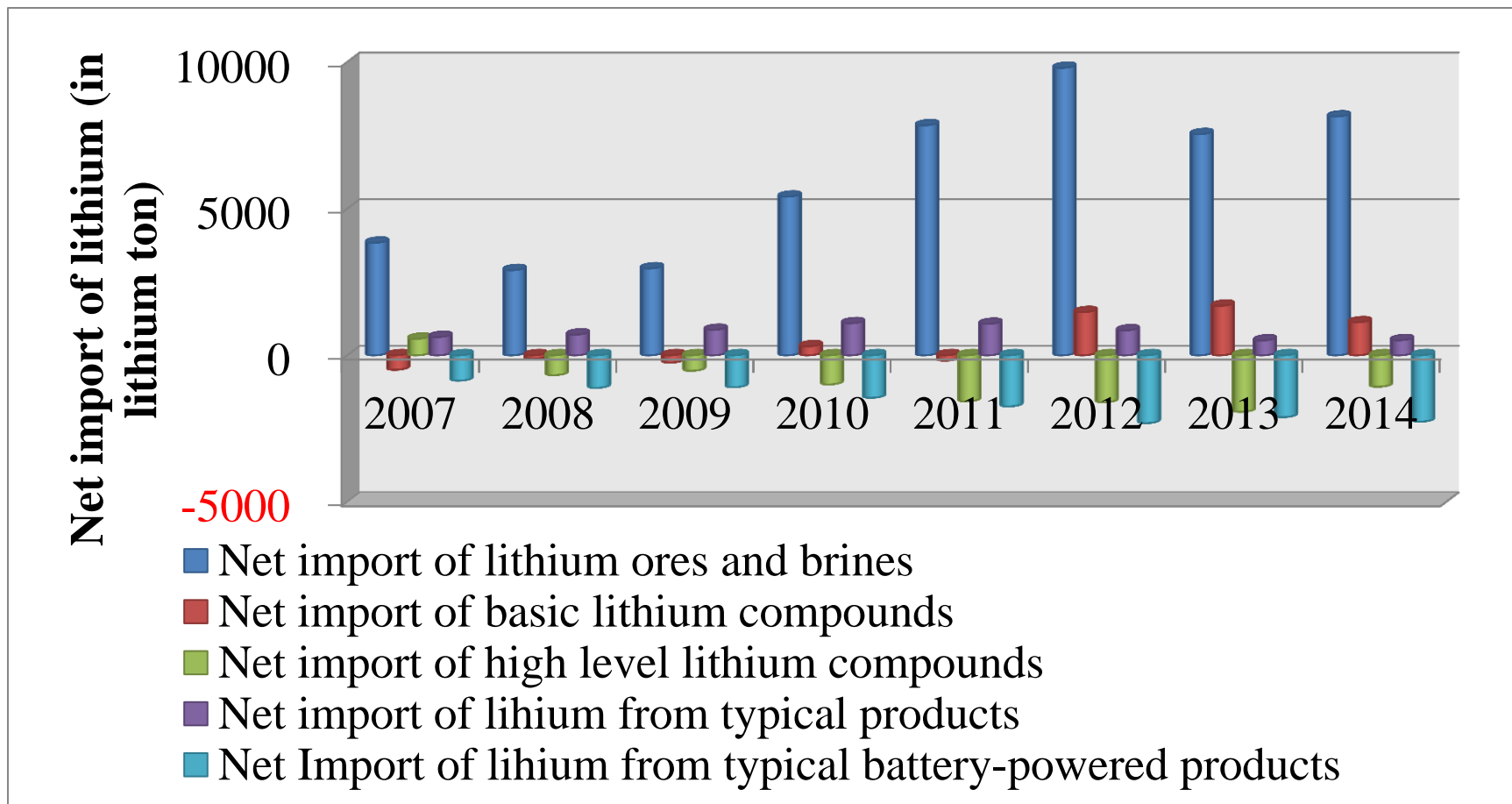
■ Consumption for lithium ion battery

■ Consumption for primary lithium battery

■ Consumption for other fields

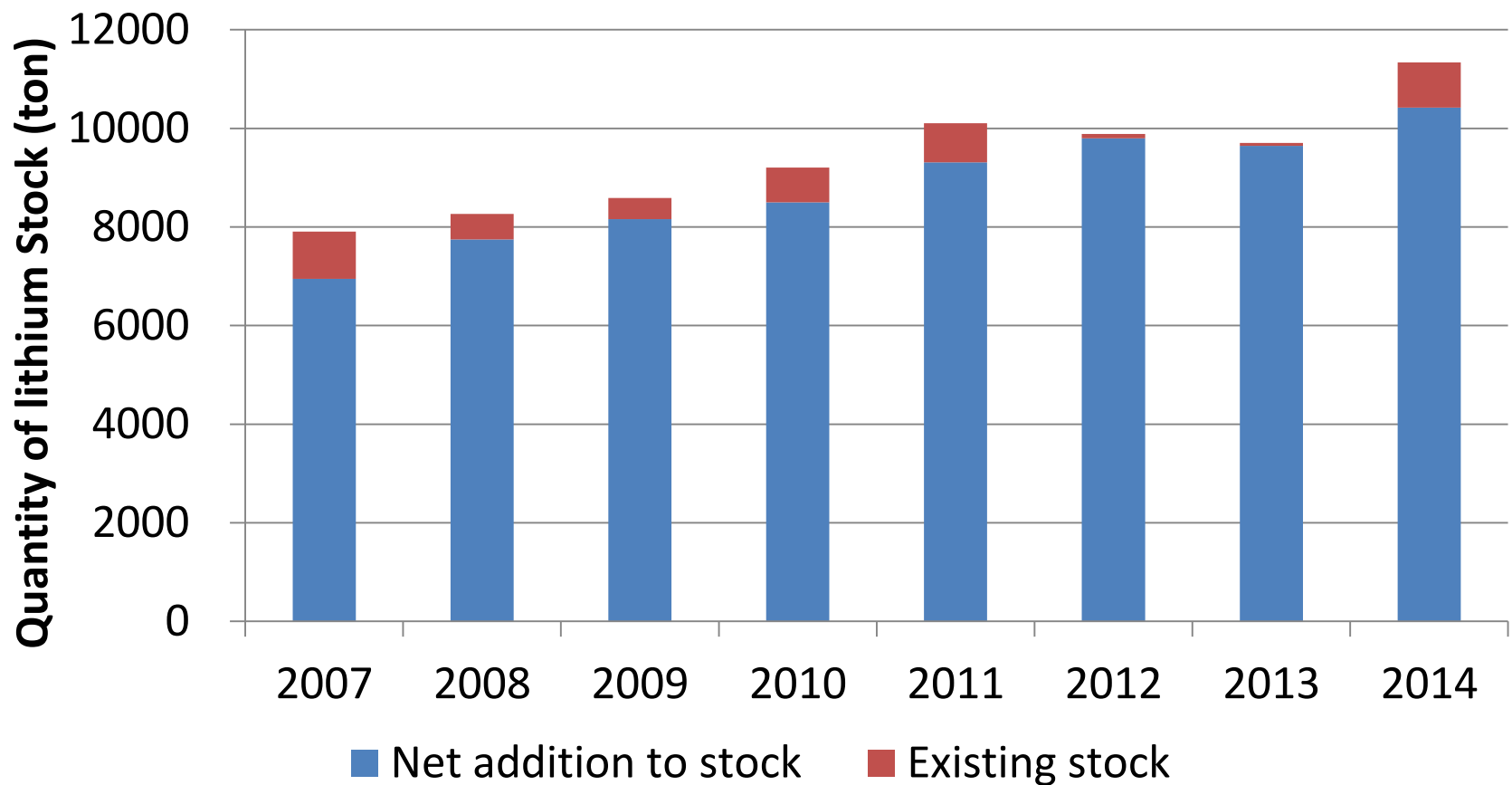


# 锂元素的进出口变化2007-2014





# 锂元素Stock的变化





# 锂元素物质流的主要结论

- The production of BEVs was not developed enough to affect the lithium flows in a large scale
- Production of lithium increased quickly but heavily relied on the import of natural resources.
- The anthropogenic stock of lithium raised not so fast as the loss of lithium from the direct use
- The recycling of lithium from lithium ion batteries should be promoted.

(Lu, Liu et.al. SFA of lithium in mainland China: 2007-2014, Under Review)



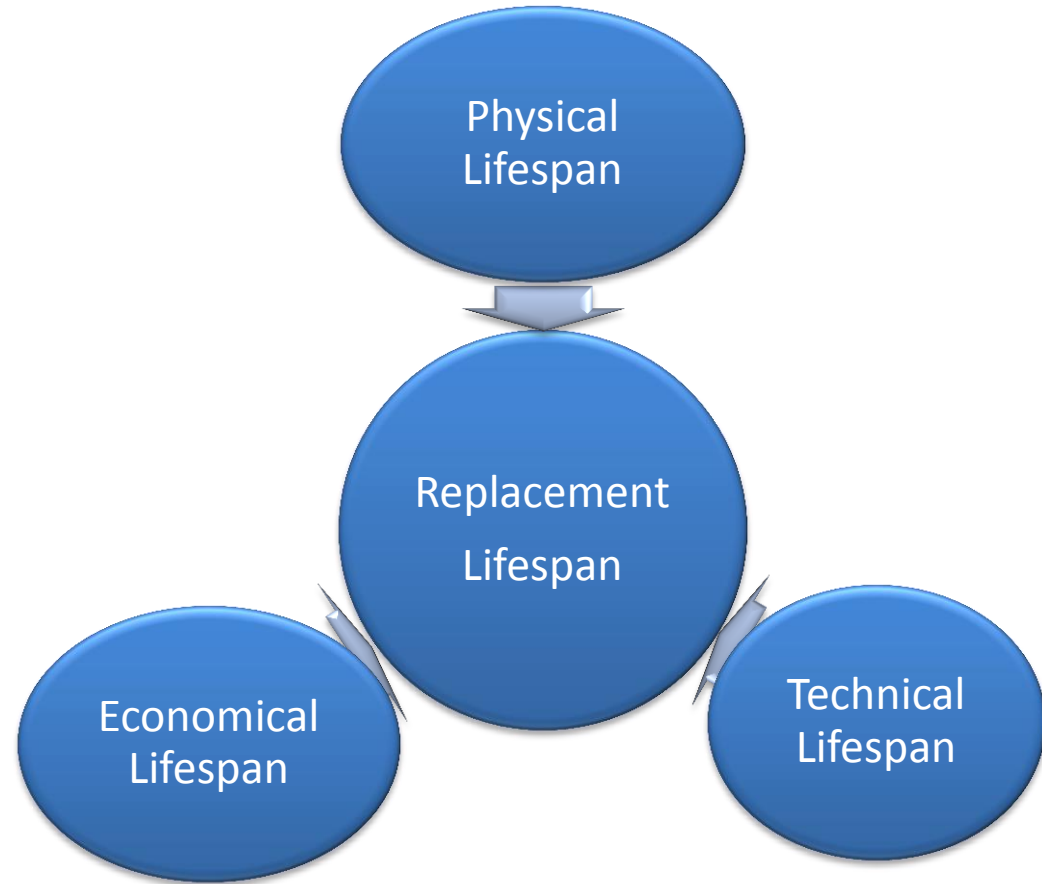
# 内 容

- 研究背景
  - 物质流分析与废弃物管理
  - 技术创新对废弃物管理的影响
- 案例分析
  - 技术创新与废弃物资源潜力：锂的物质流分析
  - 技术创新与废弃物处理设施：废旧显示器产生量
  - 技术创新与废弃物管理对策：废旧手机物质流分析
- 展望



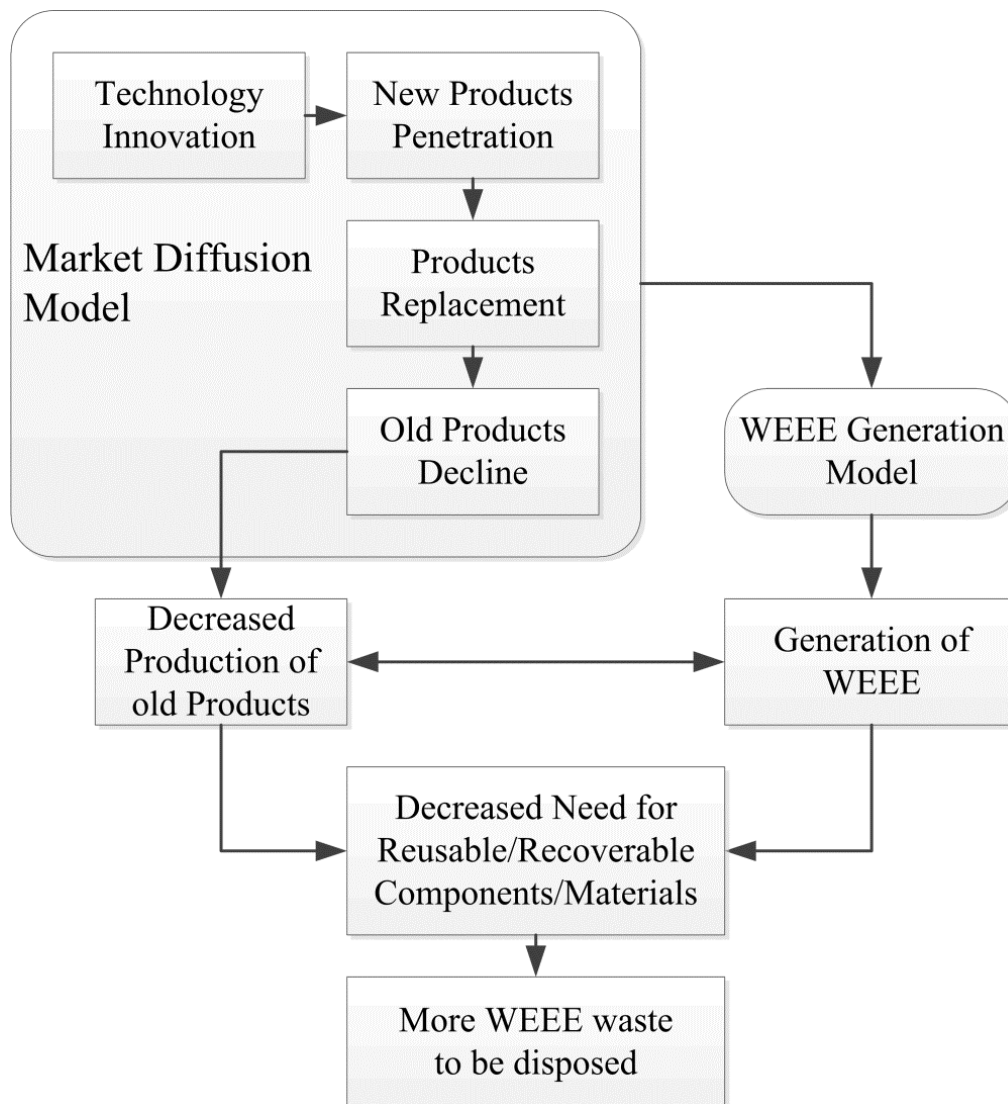
## 电器电子产品使用寿命的影响因素

- Generation of WEEE
  - Lifespan is shortening
- Replacement Lifespan
  - Integration of 3 other definitions
  - Continuity of basic function
- Factors of replacement lifespan
  - Technology, Economy, Psychology
  - Meet the consumerism with technology innovation





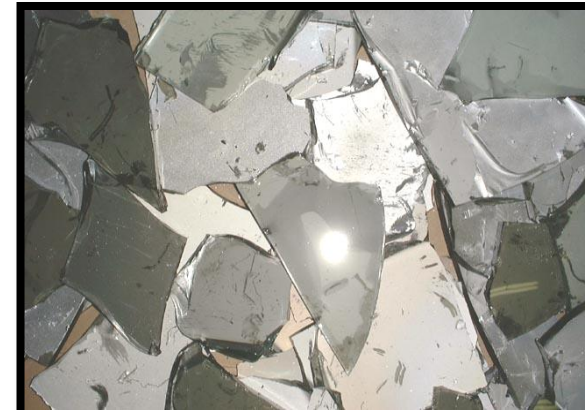
# 考虑技术创新因素的废弃电器电子产品产生量影响核算框架





# CRT和LCD案例

- Case Study: CRT & LCD
- Environmental Performance
  - LCD is better than CRT in 18/20 indicators, only worse in water eutrophication and aquatic Eco-toxicity (Socolof, 2005)
  - GHG emissions is larger for LCD than CRT because of  $\text{NF}_3$  (Taeko, 2003; Prather, 2008)
  - LCD is lower in human health toxicity than CRT, but higher in Eco-toxicity (Lim, 2010)



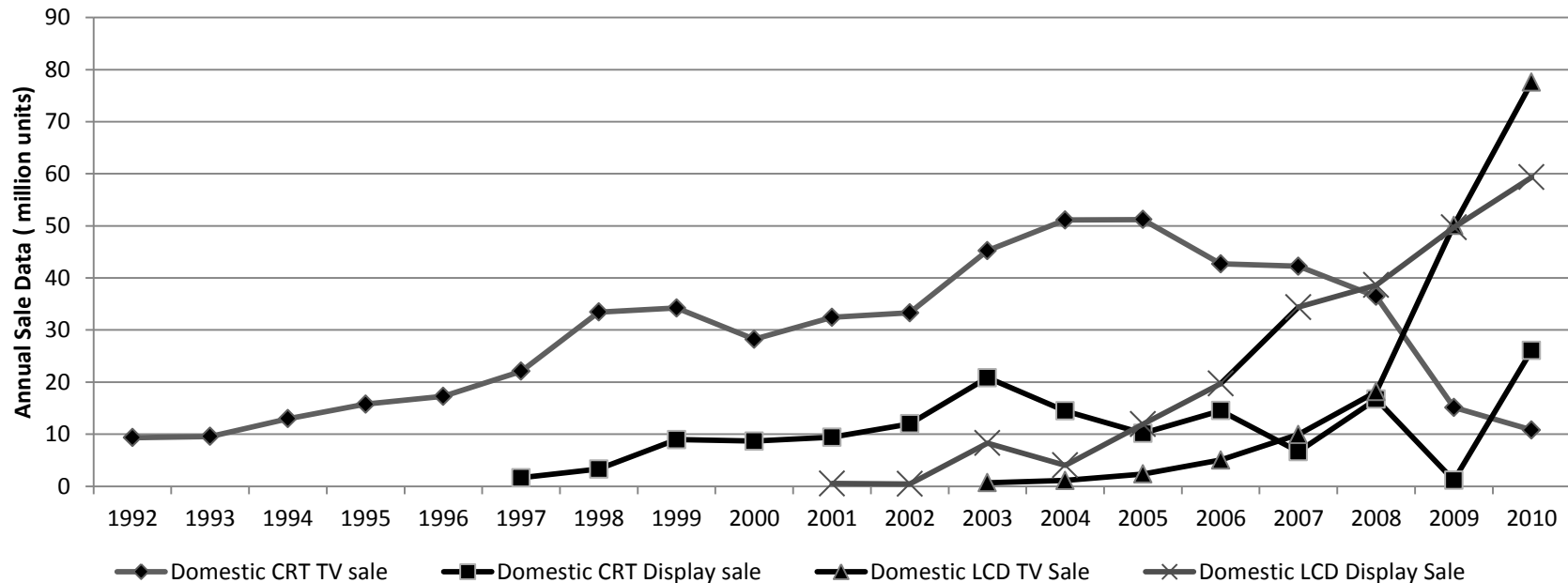




# CRT和LCD案例

- LCD replaces CRT
  - To replace the obsolete CRT
  - To replace the normally working CRT due to added characteristics
  - CRT glass cannot be used into the new CRT production because of lower sales

Domestic Sale of LCD & CRT Products in China





# 产品替代情景与相应的市场渗透模型

- Scenario A: No Technology Innovation, Bass model

$$N(t) = m \left[ \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q)t}} \right]$$

- Scenario B: Technology innovation in reality, Norton-Bass Model:
  - Displays

$$S_1(t) = F_1(t)m_1 - F_2(t - \tau_2)F_1(t)m_1 = F_1(t)m_1[1 - F_2(t - \tau_2)], \text{ for } t > 0;$$

- TVs

$$S_2(t) = F_2(t - \tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1], \text{ for } t > \tau_2.$$

$$S_1(t) = F_1(t)m_1 - F_2(t - \tau_2)F_1(t)m_1 = F_1(t)m_1[1 - F_2(t - \tau_2)], \text{ for } t > 0;$$

$$S_2(t) = F_2(t - \tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1][1 - F_3(t - \tau_3)], \text{ for } t > \tau_2;$$

$$S_3(t) = F_3(t - \tau_3)\{m_3 + F_2(t - \tau_2)[m_2 + F_1(t)m_1]\}, \text{ for } t > \tau_3$$

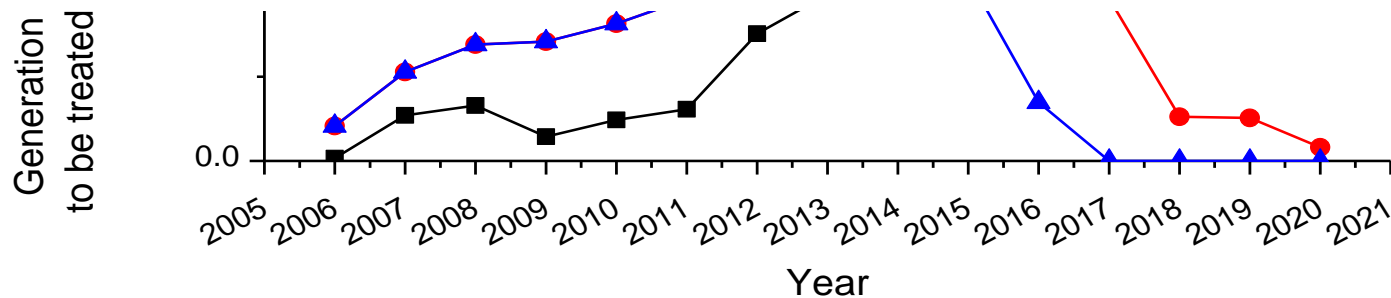
- Scenario C: Fast Technology Innovation, same models with Scenario B



# CRT和LCD案例



Product replacement with technology innovation greatly affected on the generation of WEEE



(Bin Lu, Jingru Liu, Jianxin Yang\*, Bo Li, 2015)



# 内 容

- 研究背景
  - 物质流分析与废弃物管理
  - 技术创新对废弃物管理的影响
- 案例分析
  - 技术创新与废弃物处理基础设施：废旧显示器的产生量核算
  - 技术创新与废弃物资源潜力：锂的物质流分析
  - 技术创新与废弃物管理对策：废旧手机的物质流分析
- 展望

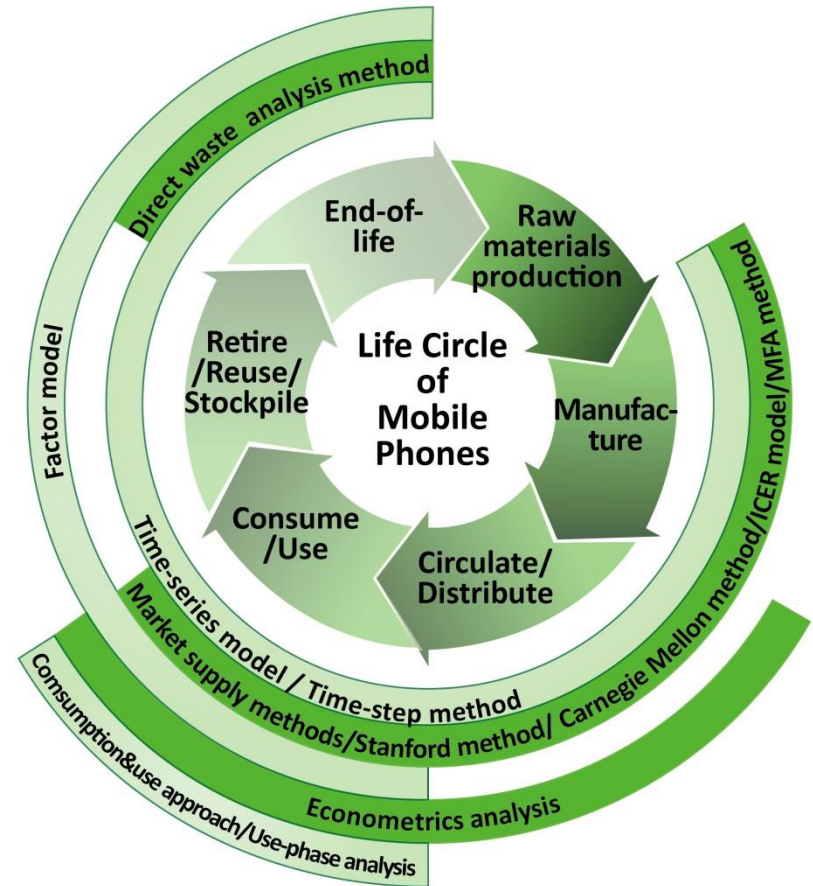


# 废旧手机的物质流分析

- The retired mobile phone
  - a kind of typical small WEEE
  - Different with 5 products in size, willingness to obsolete, etc.
  - large amount, high reuse/recovery value and fast replacing frequency (*Ongondo and Williams, 2011a; Polak and Drapalova, 2012*)
  - Listed in China EPR system without subsidies (*NDRC, China*)
- Flows Analysis of retired mobile phone can help
  - Planning of retired mobile phone collection and recycling capacity
  - Development of EPR mechanism for mobile phone

# 废旧手机的产生量核算

- Uncertainty problems of the typical methods
  - Appropriate primary data are difficult to get and secure (Chung, 2011)
  - Lifespan changed rapidly with the improving technology and in different countries and regions





# 废旧手机的产生量核算

- Sale & New Method

$$W_t = S_t - N_t$$

where:

$W_t$  is the generation of retired mobile phones in the year  $t$ ;

$S_t$  is the sales data of mobile phones in the year  $t$ ;

$N_t$  is the amount of new mobile phone subscribers in the year  $t$ .

- Data sources

- Sales data

- Adapted from statistical data from Electronic Information Industry Statistics Yearbook of China
- The smuggled and counterfeit phones are added in the sales data

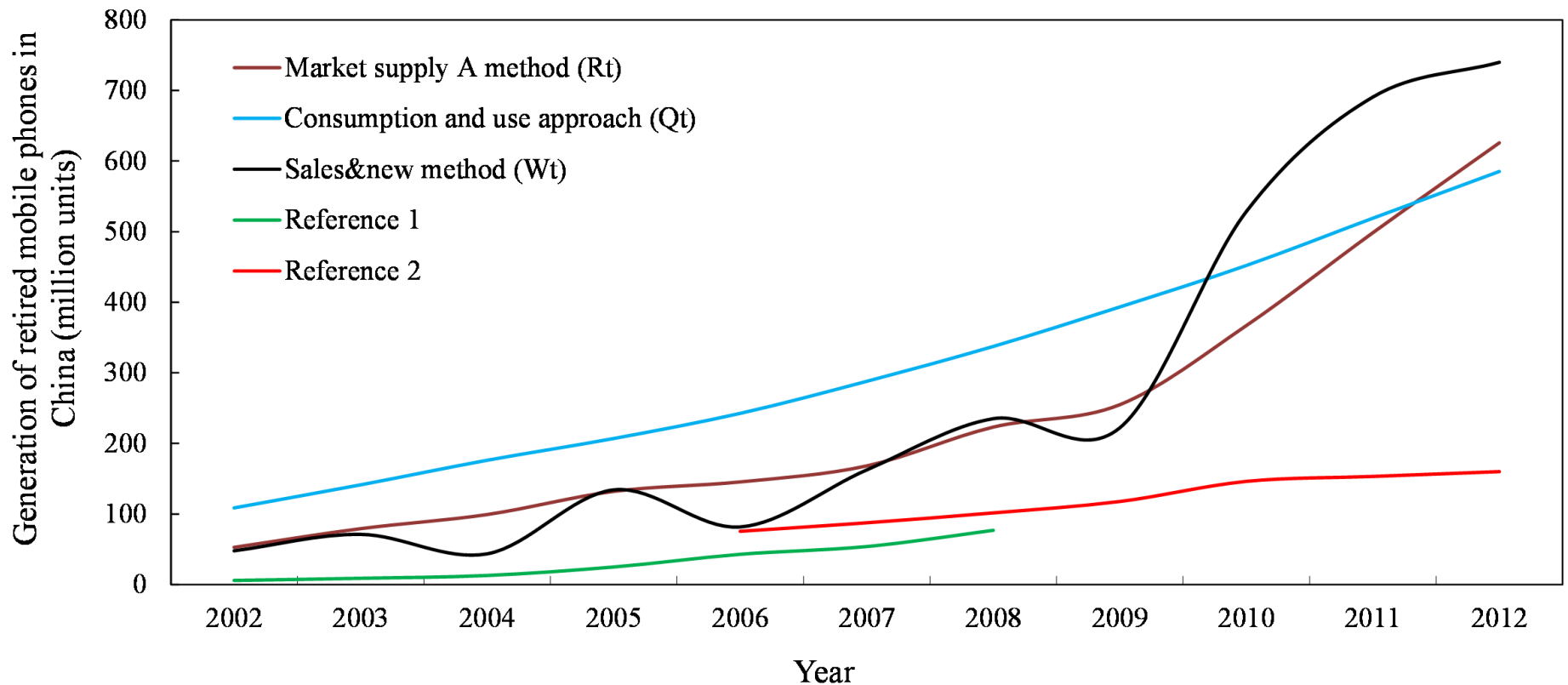
- Lifespan Data

- 1.9 years based on surveys, SIMILAR to other studies

- The mobile phone subscribers: website of MIIT



# 废旧手机的产生量核算







# 废旧手机的流向调研

## • Questionnaire survey

### 废旧手机回收行为调查

据工业与信息化部统计，截至 2010 年底，我国手机用户已达到 8.59 亿户；2010 年全年我国手机产量为 9.98 亿部，占全球手机产量的 69%，已成为全球最大的手机产地和消费市场。经济的持续发展和技术的不断进步，导致每年都有大量手机退出使用状态，进入闲置或者废弃状态。为了了解废旧手机回收现状，我们针对中国公民设计了本调查问卷。本次调查将严格按照《统计法》的要求进行，所有资料我们将给予严格保密，**请您按照实际情况认真填写，不必有任何顾虑。**

填写说明：选择题分为单项选择和多项选择，**选项前标注○者为单项选择**；对于符合您情况的选项，请勾选前面的○或者□；需要自行填写的请将回答写在题目下方相应的横线上。

衷心感谢您的支持和参与！

中华人民共和国环境保护部  
中国科学院生态环境研究中心

5214

Shanghai,  
1003

Baoding,  
Hebei,  
1041

Baise,  
Guangxi  
1011

Internet,  
Nation-wide  
2159

#### 第一部分 手机消费行为

**[单选题]**1.您购买手机时考虑的最主要因素是什么？

价格  功能  品牌  外形设计  其他(可自行填写) \_\_\_\_\_

**2.您是否了解行货手机、水货手机和山寨手机等不同类别手机的特点与区别？(可多选)**

否  是，了解行货手机  是，了解水货手机  是，了解山寨手机

**3.您购买过哪些类型的手机？(可多选)**

行货手机(正规厂家生产，获得国家入网销售许可，可以享受全国联保。例如诺基亚、联想等国内外知名品牌和OPPO、小米、魅族、天语、金立、金鹏、创维、奥克斯、东方龙、港利通等国内新晋品牌。)

水货手机(上述行货品牌产品，但未获得国家入网销售许可，不应在中国大陆销售，不能享受全国联保。)

山寨手机(非正规厂家生产，未获得国家入网销售许可，不能享受全国联保。如 NOKIA、HiPhone、谷峰等各种仿冒正规厂家品牌或者产品生产的手机。)

**如果您购买过水货手机或者山寨手机，请回答下列附加问题。**

**[单选题]**3-1. **[选答题]**您购买水货手机的最主要原因是什么？

外形时尚  功能丰富  价格低廉  他人推荐  追求与众不同  购买时被欺骗  其他(可自行填写) \_\_\_\_\_

**[单选题]**3-2. **[选答题]**您购买山寨手机的最主要原因是什么？

外形时尚  功能丰富  价格低廉  他人推荐  追求与众不同  购买时被欺骗  其他(可自行填写) \_\_\_\_\_

**[单选题]**4.您本人现在有几部正在使用的手机？

1 部  2 部  3 部及以上

**[单选题]**5.您本人现在有几个正在使用的手机号码？

1 个  2 个  3 个及以上

**如果您拥有两个以上正在使用的手机号码，请回答以下附加问题。**

**[单选题]**5-1. **[选答题]**您使用多个手机号码的主要原因是什么？

工作需要  生活需要  运营商签约活动赠予  不同号码的资费优惠互补  其他(可自行填写) \_\_\_\_\_

**[单选题]**5-2. **[选答题]**您是否为每一个正在使用的手机号码配备一部手机？

是  否

**[单选题]**6.您本人每月平均话费支出是多少？

0-30 元  30-50 元  50-100 元  100-200 元  200-300 元  300-500 元  500-1000 元  1000 元以上



# 废旧手机管理政策建议

- Reuse as part of WEEE Recovery target in WEEE Directive (*DIRECTIVE 2012/19/EU*)

WEEE Categories	Minimum targets applicable by category from 13 August 2012 until 14 August 2015	Minimum targets applicable by category from 15 August 2015 until 14 August 2018
category 1 or 10 of Annex I	75 % shall be recycled	80 % shall be <b>prepared for re-use</b> and recycled;
category 3 or 4 of Annex I	65 % shall be recycled	70 % shall be <b>prepared for re-use</b> and recycled;
category 2, 5, 6, 7, 8 or 9 of Annex I	50 % shall be recycled	55 % shall be <b>prepared for re-use</b> and recycled;



## 讨论与展望

- Materials flow analysis is key for
  - Identification of reality in WEEE recycling sector
  - Development of more suitable EPR system
- More analysis with detailed information is in need for waste management
  - With scarce metals flows with products and components flows
  - With heavy metals and PoPs flows information



**非常感谢！**

吕彬

Email: [binlv@rcees.ac.cn](mailto:binlv@rcees.ac.cn)