

中国铅使用存量变化及其对未来铅 工业代谢的影响

刘巍

指导老师：陈吕军，田金平

清华大学环境学院

2016.5 长沙

主要内容

- 研究问题提出
- 中国铅使用存量动态变化
- 中国铅使用存量情景预测
- 铅需求和供应模式

全球铅污染

The Top Six Toxic Threats

Top Six Toxic Threats:	Estimated Population at Risk at Identified Sites* (million people)	Estimated Global Impact** (million people)
1. Lead	10	18-22
2. Mercury	8.6	15-19
3. Chromium	7.3	13-17
4. Arsenic	3.7	5-9
5. Pesticides	3.4	5-8
6. Radionuclides	3.3	5-8

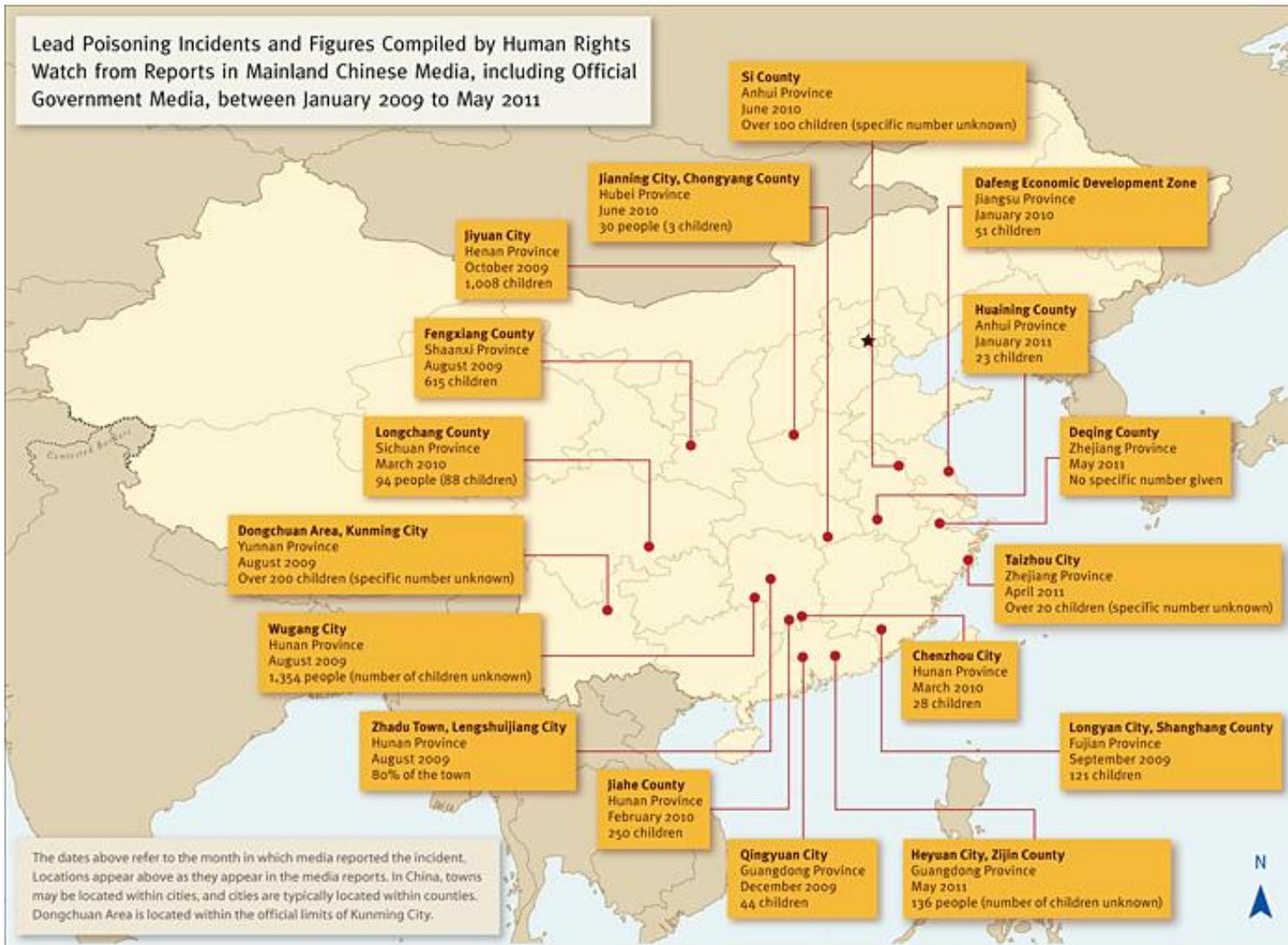
* Population estimates are preliminary and based on an ongoing global assessment of polluted sites

** Estimated global impact is extrapolated from current site research and assessment coverage

World's Worst Pollution Problems 2010, Blacksmith Institute

铅是一种具有**很强神经毒性**的重金属，能对**神经、造血、消化、肾脏、心血管和内分泌**等多个系统造成危害，对于大脑正在发育，神经系统处于敏感期**儿童**伤害尤其严重，且**不可逆**。

中国铅污染

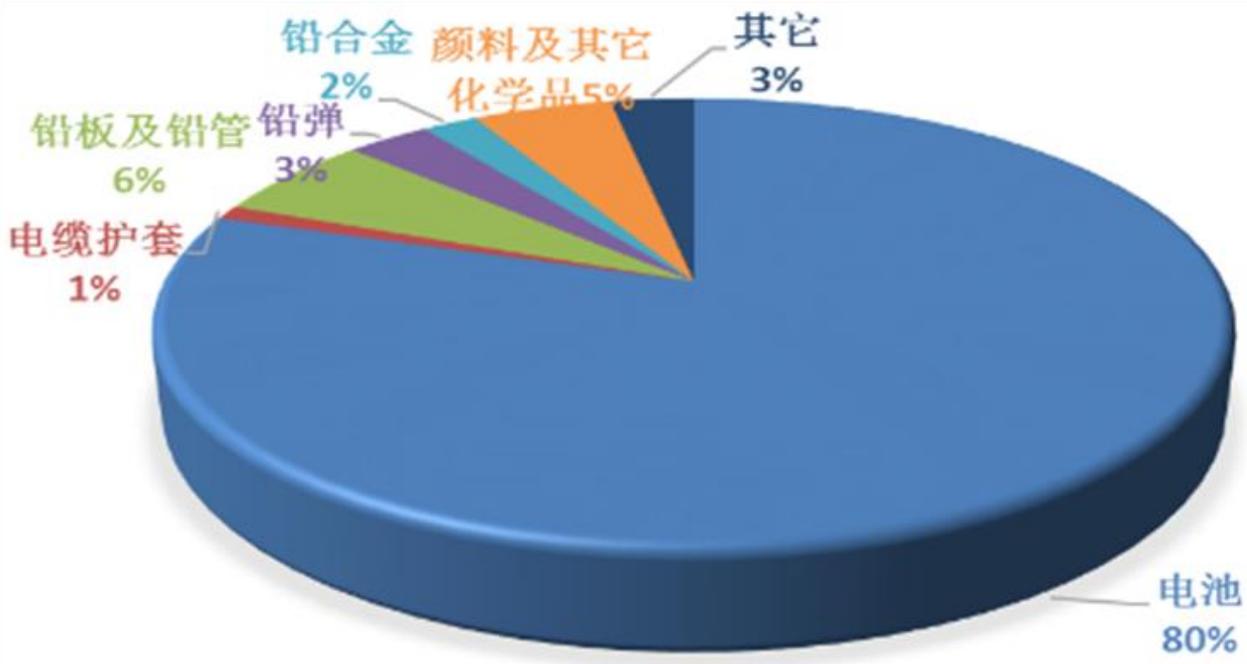


无铅化和铅酸蓄电池

无铅化:

无铅汽油: 已经在多个国家 (日本 1975, 美国 1992, 中国 2000)。

RoHS :电气和电子设备1000 ppm Pb (欧盟 2003)。

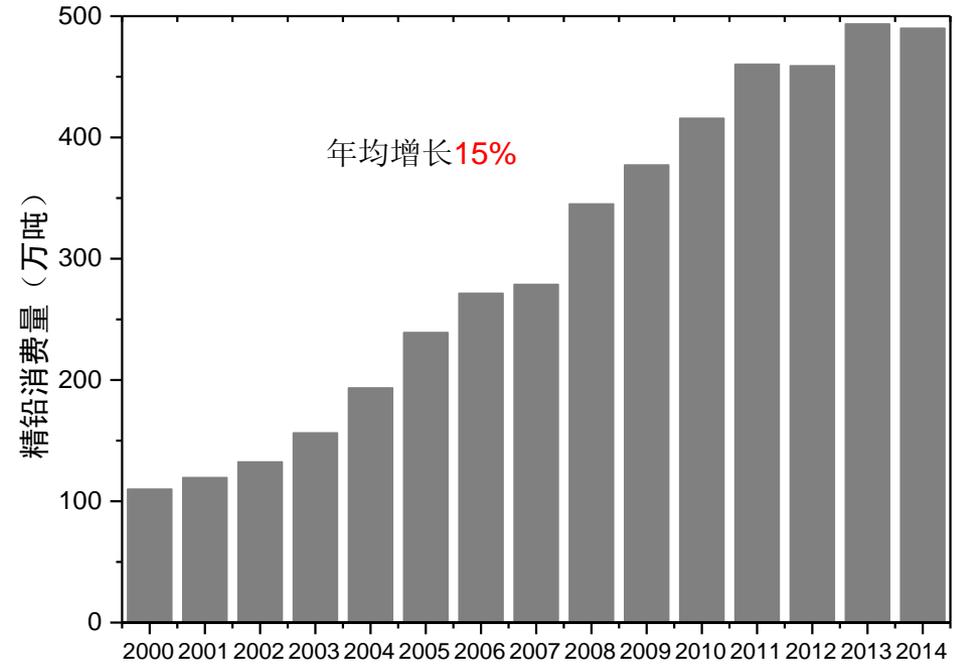
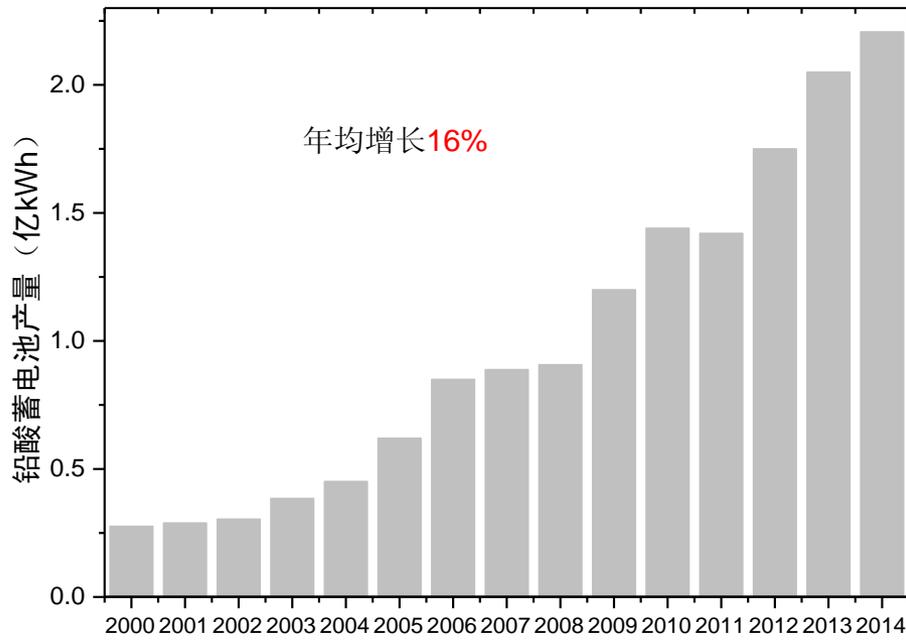


铅酸蓄电池优势:

- 技术成熟,
- 价格便宜
- 安全
- 适应性强
- 易于回收

铅终端消费结构 (ILZSG)

铅酸蓄电池行业



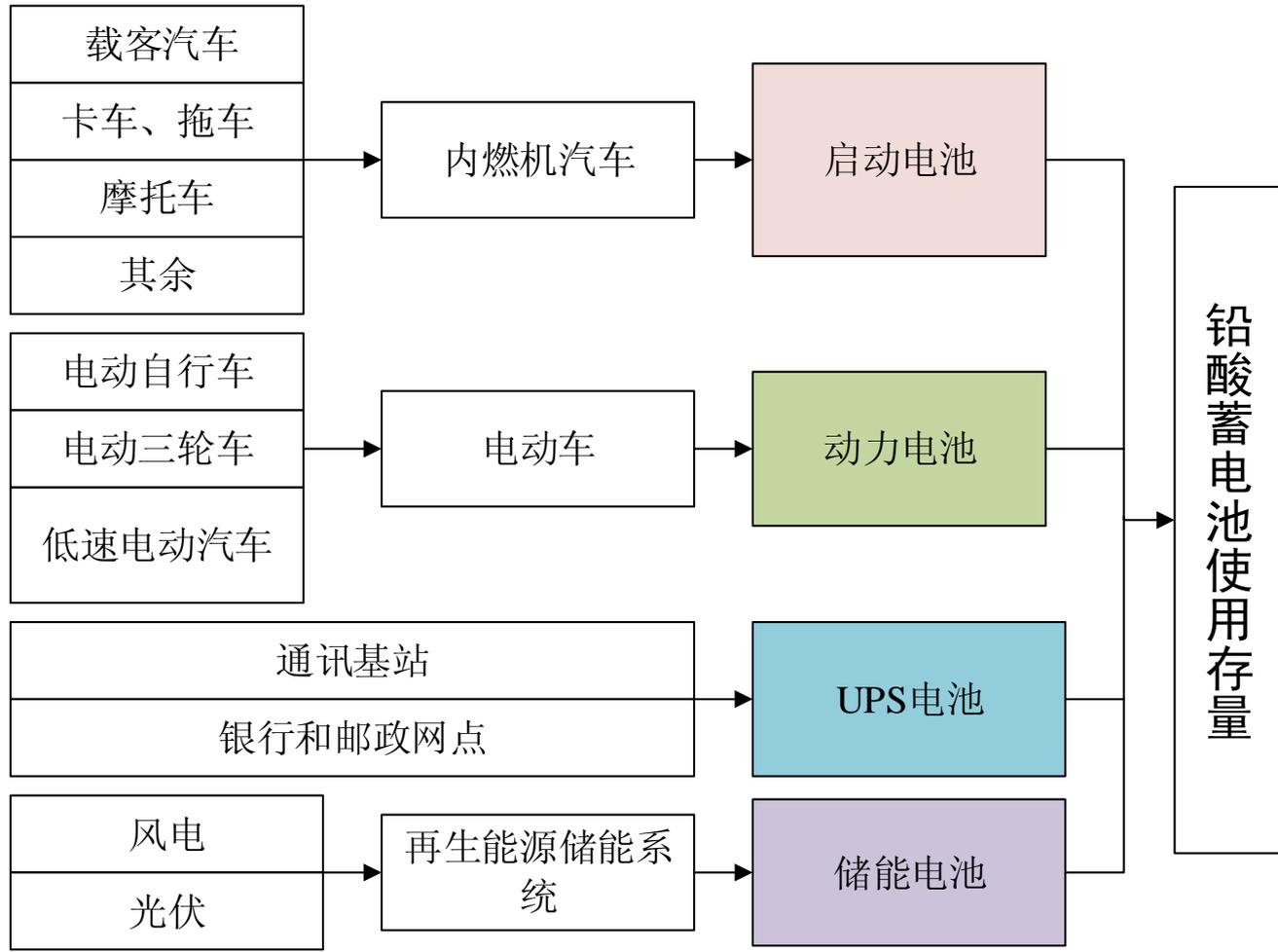
中国生产全球**40%**的铅酸蓄电池，也消耗了全球**50%**精铅，且**70%**都是矿生铅。

研究问题

- 随着铅酸电池使用的增长，中国社会经济系统中的铅存量是如何变化的？未来会如何变化？
- 未来中国铅需求会如何变化？
- 当前的铅使用存量是否能满足未来铅需求？铅需求将采取何种供应模式？

一、铅使用存量动态变化

铅酸蓄电池中铅使用存量核算：自下而上的方法



用户保有量 $u_{i,j} \eta_{i,j}$ 电池使用存量 $S' = \sum_i \sum_j u_{i,j} \eta_{i,j} n_{i,j}$ 铅使用存量 $S = \sum_i \sum_j (u_{i,j} \eta_{i,j} n_{i,j}) m_i$

铅酸蓄电池种类及其应用

使用存量计算

$$S_t = \sum_i^4 S'_{i,t} m_{i,t} = \sum_i^4 \sum_j (u_{i,j,t} \eta_{i,j,t} n_{i,j,t}) m_{i,t}$$

S_t 第 t 年所有铅酸蓄电池中铅的使用存量;

$S'_{i,t}$ 第 t 年铅酸蓄电池 i 的使用存量, 以电池容量计;

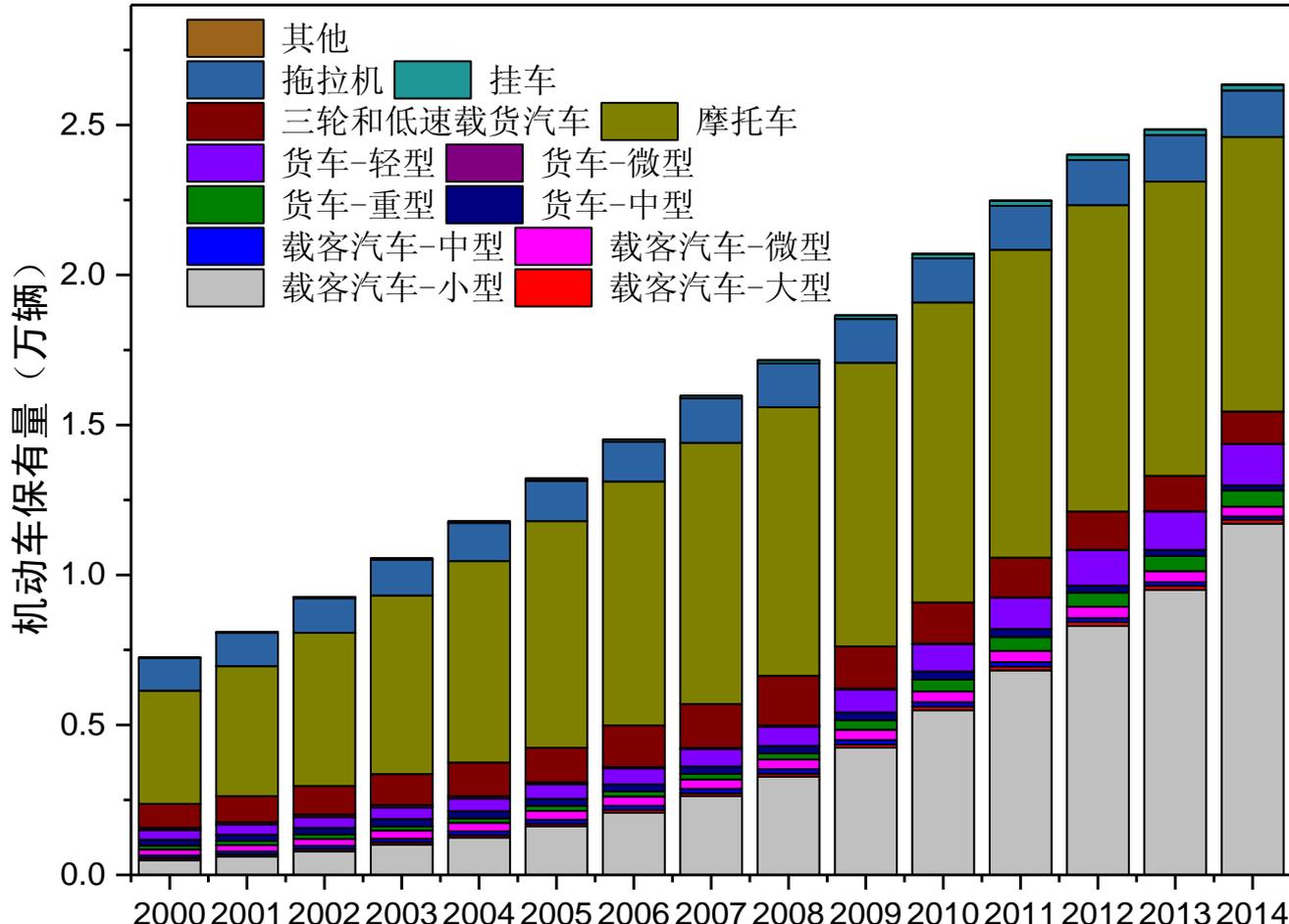
$m_{i,t}$ 第 t 年单位容量铅酸蓄电池 i 的铅含量, kg/kWh;

$u_{i,j,t}$ 第 t 年铅酸蓄电池 i 的用户 j 存量;

$\eta_{i,j,t}$ 第 t 年铅酸蓄电池 i 在其用户 j 中的市场份额;

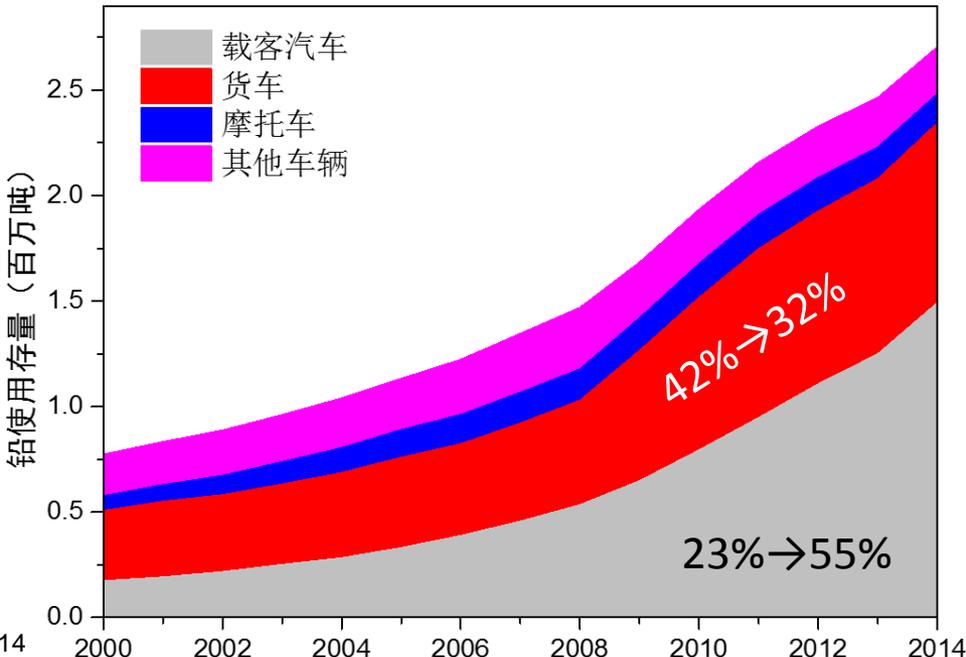
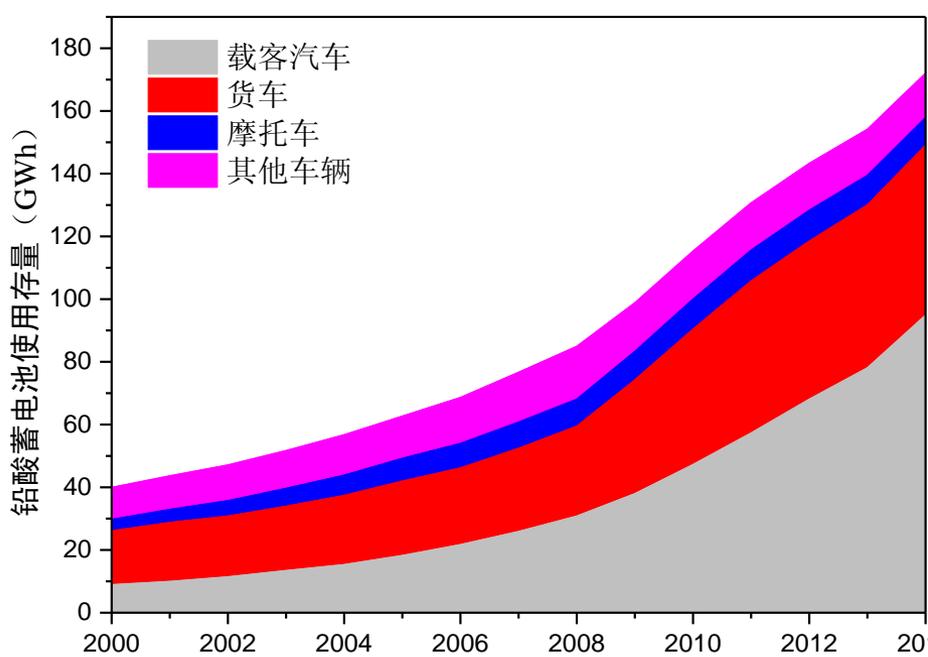
$n_{i,j,t}$ 第 t 年使用铅酸蓄电池 i 的单位用户 j 的电池使用容量。

启动电池（SLIBs）- 车辆保有量和电池用量



车辆类型	Ah/辆	车辆类型	Ah/辆	车辆类型	Ah/辆
轿车	60	大型	150*2	重型	180*2
乘用车 MPV/SUV	80	客车 中型	150	货车 中型	120*2
交叉型车	50	小型	100	轻型	100
低速汽车	45	摩托车	8	微型 ¹¹	50

启动电池使用存量

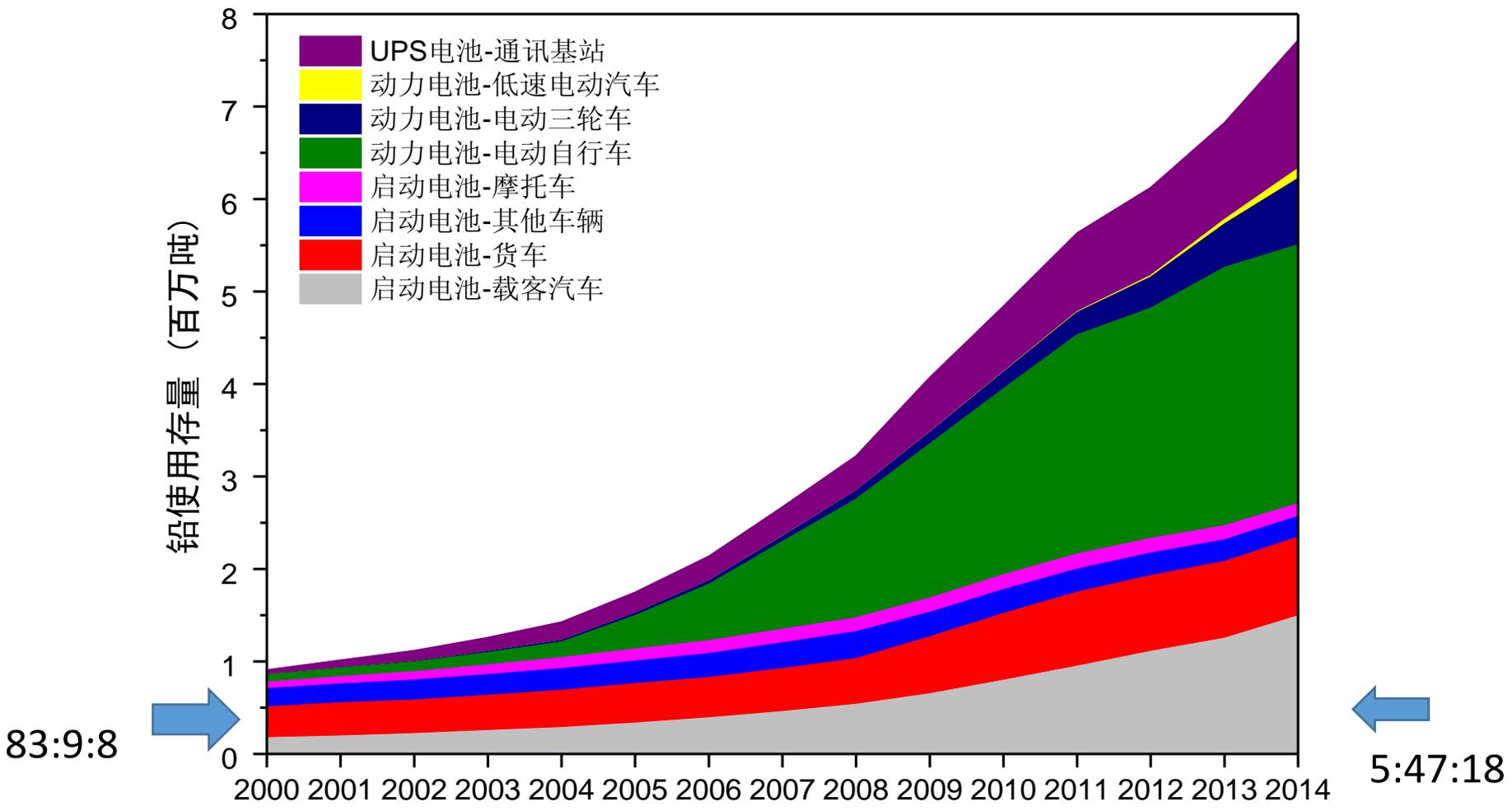


2000 : 40 GWh 2014: 172 GWh, 年均增长11%

2000 : 0.78 Mt 2014: 2.7 Mt, 年均增长9.4%

Pb /kWh SILBs: 2000,19.3 kg; 2014,15.7 kg

铅使用存量变化



铅使用存量：2000，0.78 Mt； 2014，7.7 Mt，年均增18%

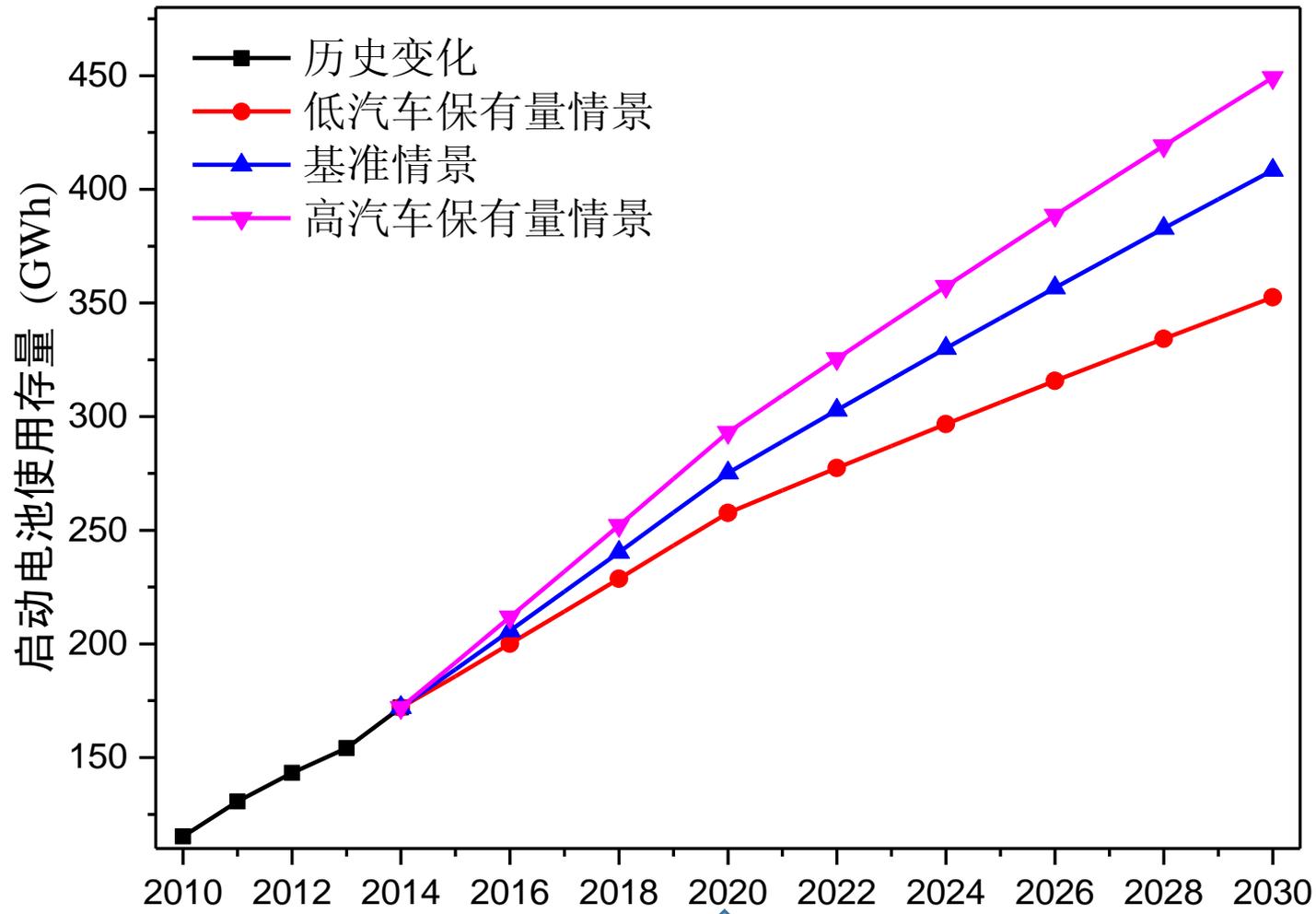
二、铅使用存量情景分析

情景设计

$$S_t = \sum_i^4 S'_{i,t} m_{i,t} = \sum_i^4 \sum_j (u_{i,j,t} \eta_{i,j,t} n_{i,j,t}) m_{i,t}$$

- 电池用户存量($u_{i,j,t}$)
 - 机动车和新能源汽车保有量
 - 电动车保有量
 - 通讯、银行和邮政行业发展趋势
 - 再生能源发展目标
- 铅酸蓄电池市场份额 ($\eta_{i,j,t}$)
 - 启动电池仍保持绝对优势
 - 其余电池正在被锂电池取代
- 单位用户电池使用量 ($n_{i,j,t}$)
 - 用户和使用行为变化
- 电池铅含量 ($m_{i,j,t}$)
 - 电池技术进步

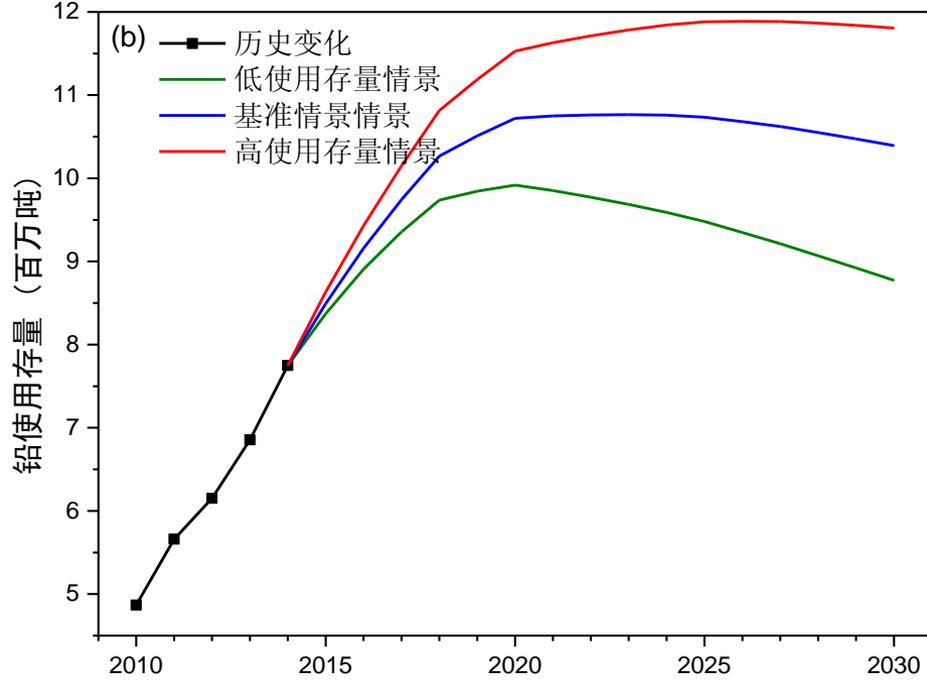
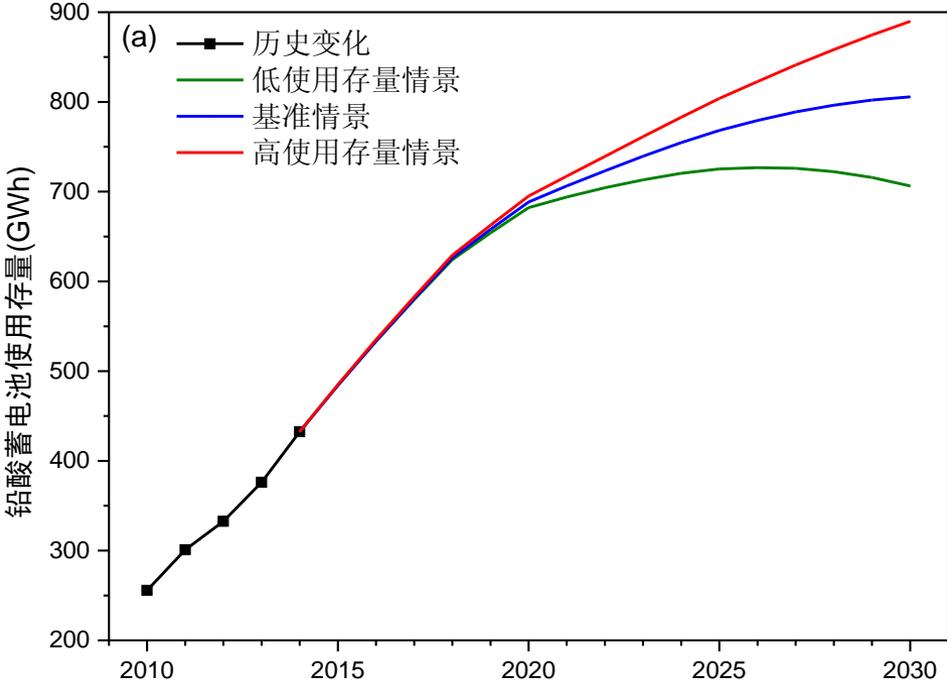
启动电池使用情景分析



250, 270, 290 百万量机动车
(其中500万新能源汽车)
70, 75, 80百万辆摩托车

400, 470, 520 百万辆机动车
(2000万辆新能源)
60, 65, 70 百万辆摩托车

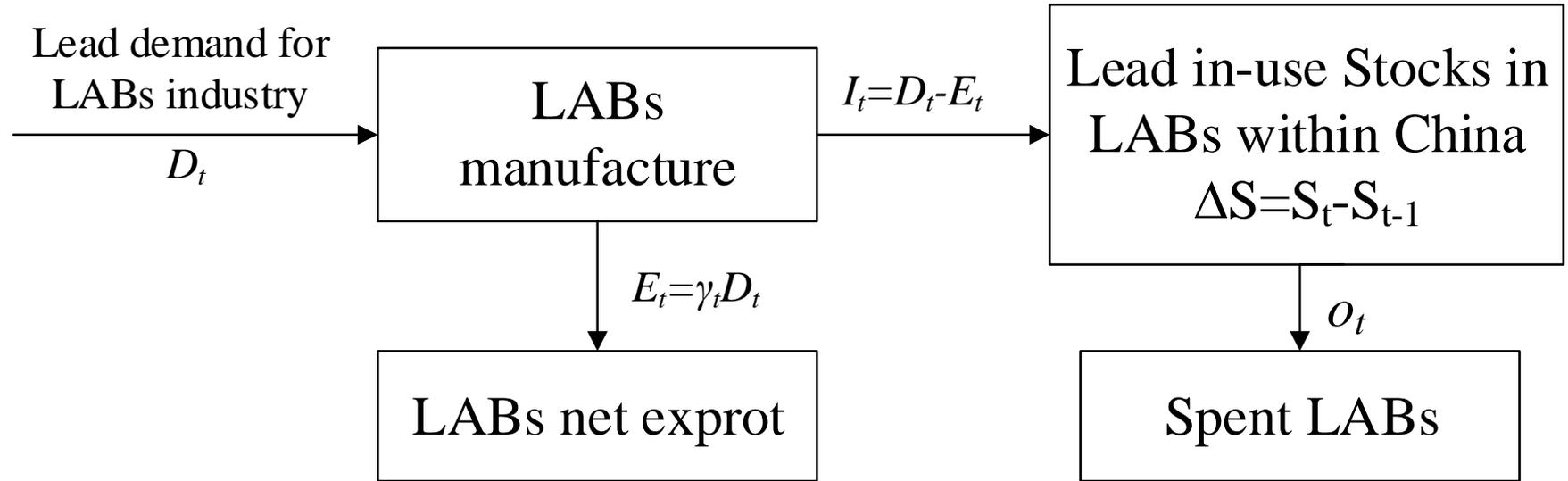
铅酸蓄电池及铅存量



2030电池使用存量706-890 GWh ， 铅使用存量8.8-11.8 Mt ， 2020-2026达到峰值

三、未来铅供求模式

铅需求和供给



$$S_t - S_{t-1} = I_t - O_t$$

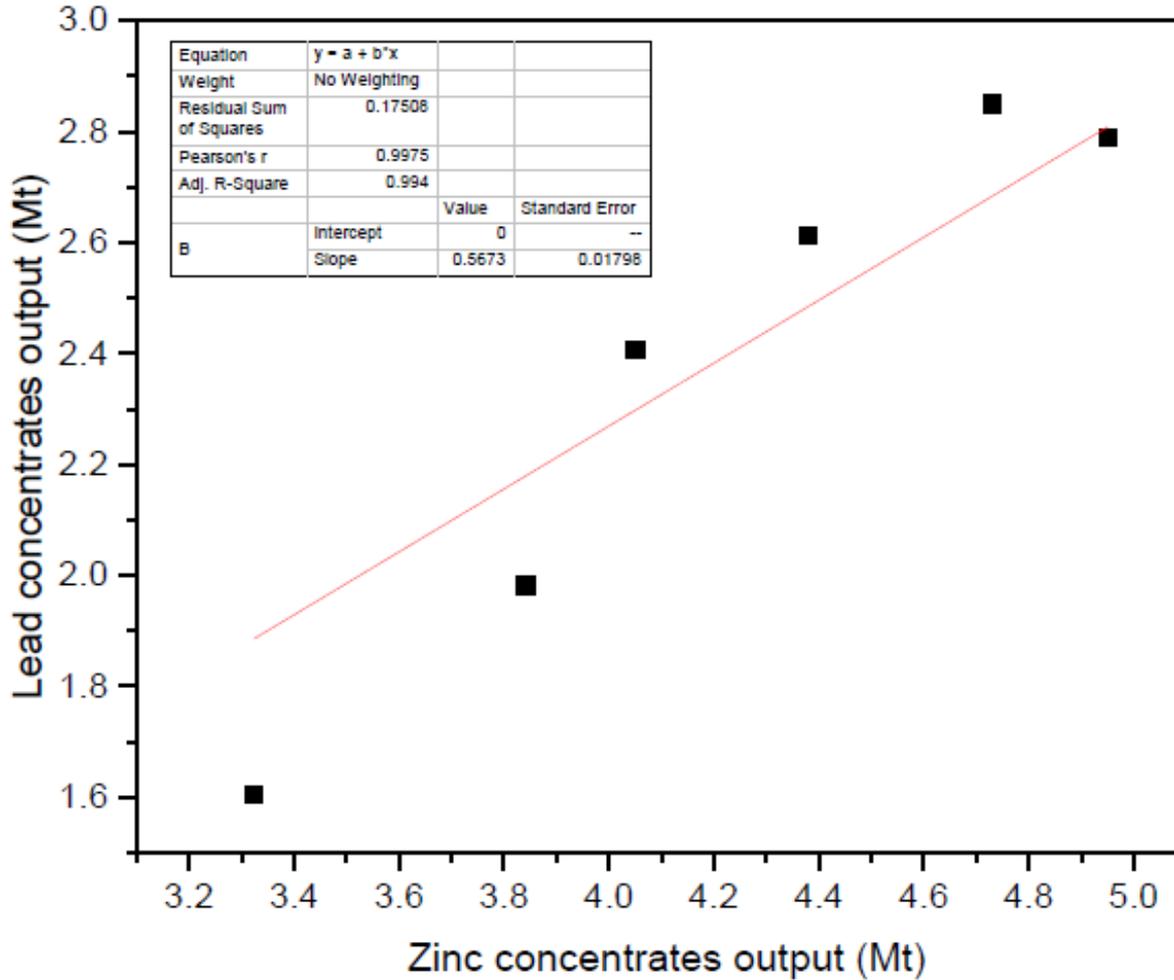
报废电池

$$O_t = \sum_i^4 O_{i,t} = \sum_i^4 \sum_{a=1}^{a_{i,max}} I_{i,(t-a)} g_{i,a}$$

电池行业铅需求

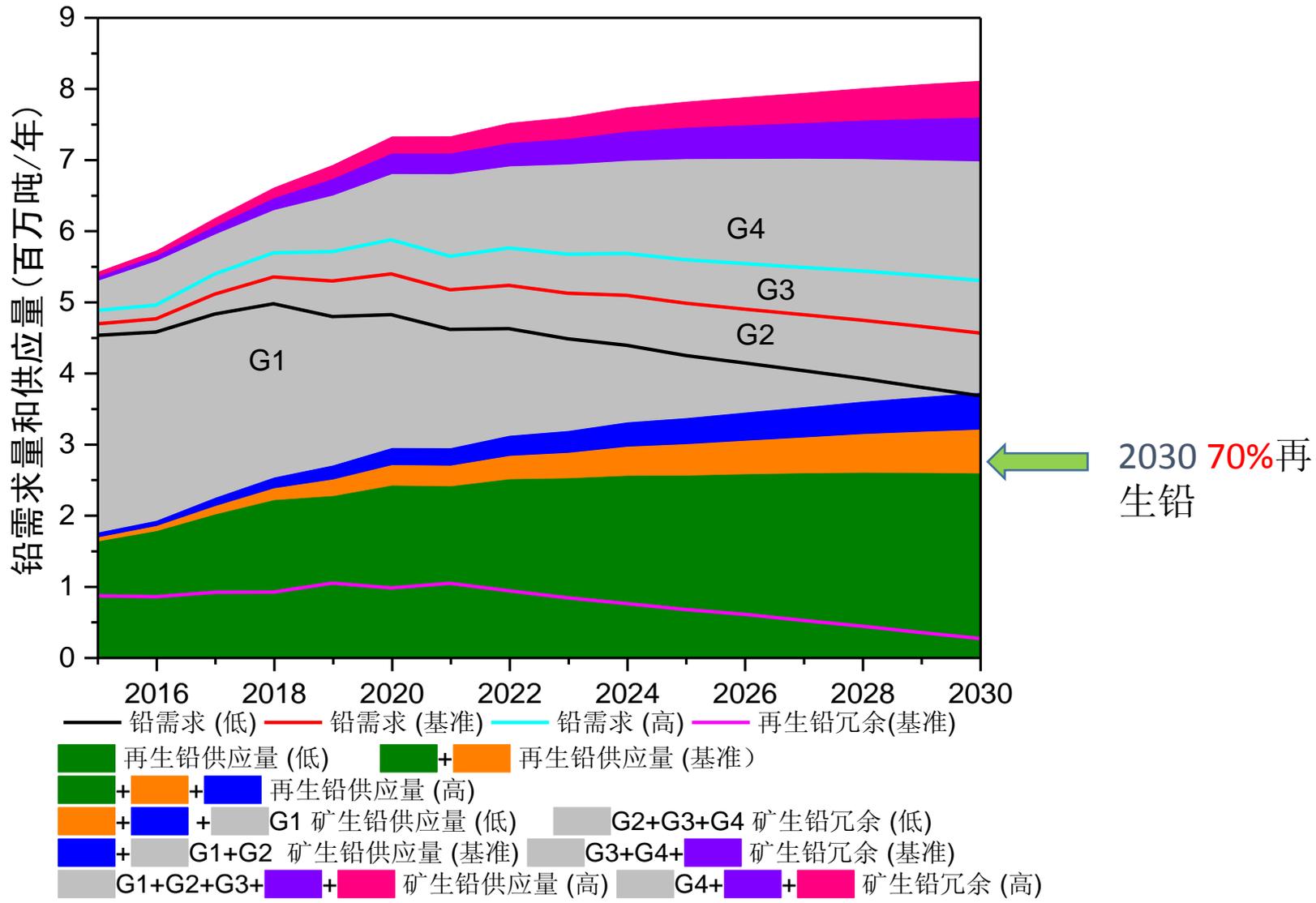
$$D_t = I_t + E_t = I_t + \lambda_t D_t$$

矿生铅生产



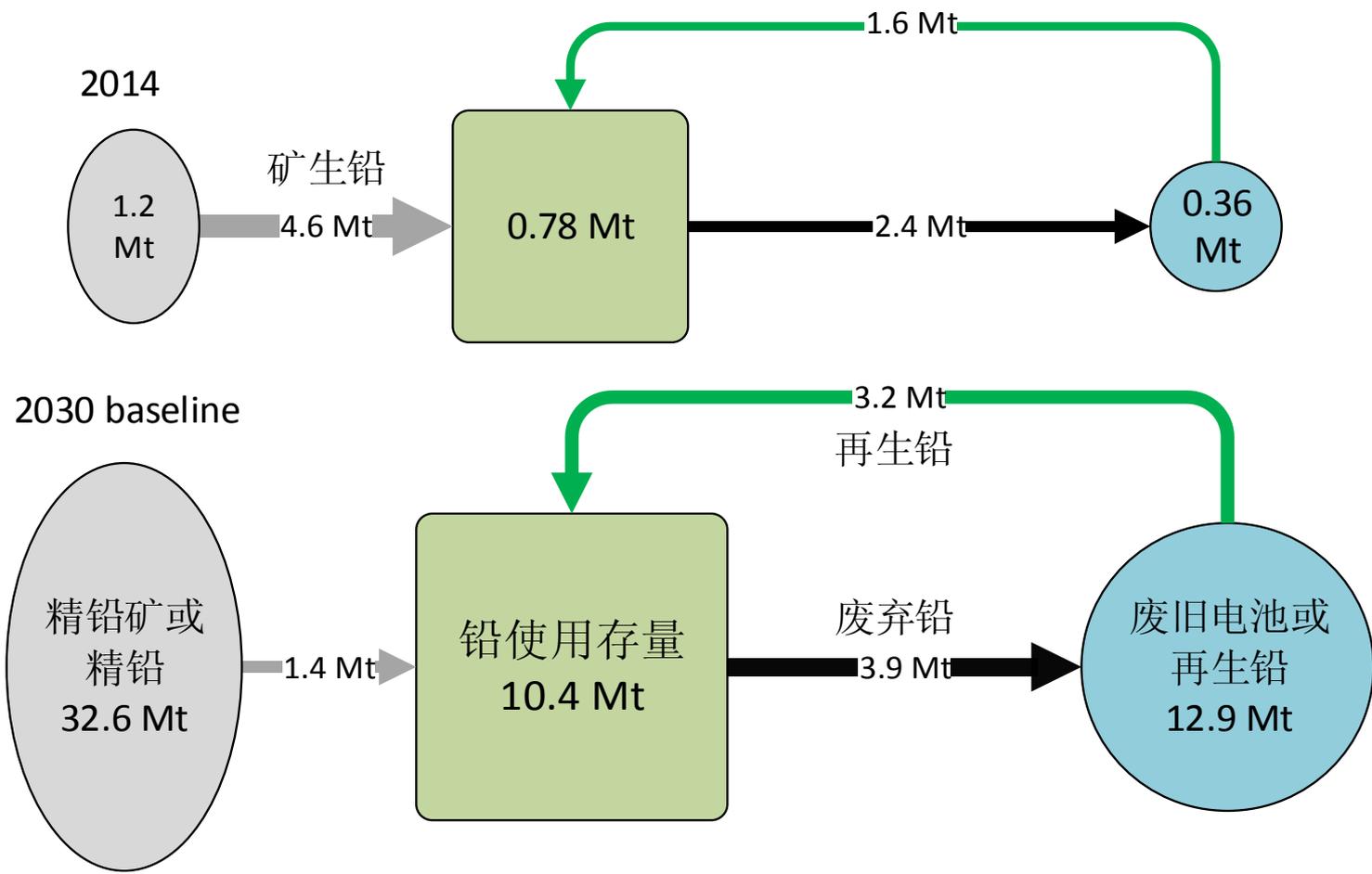
产生1 t 矿生精铅矿，同时生产0.58 t矿生精铅矿

铅供求模式（再生铅达到国家设定目标）



铅需求在2018-2020年达到峰值，2030年在3.7-5.3 百万吨/年

各部分铅存量分析



2030年，冗余的铅在**精铅矿**中为**29.2-36.6**百万吨，在**废旧电池**中为**12.8-13.0**万吨，合计为**42.0-49.6**万吨，是使用存量的**3.5-5.7**倍。

政策建议

- 统筹矿生铅、再生铅以及锌资源开发和生产
 - 限制矿生铅产能增长，发展再生铅再生锌产业
 - 限制进口精铅矿
- 完善铅酸蓄电池行业资源和环境管理
 - 鼓励大企业实施电池产品生产责任制延伸
 - 在铅酸蓄电池产业链内形成铅循环高效利用
- 适当调整含铅产品出口政策

谢谢！

Uncovering the Evolution of Lead In-Use Stocks in Lead-Acid Batteries and the Impact.
Wei Liu, Lujun Chen, Jinping Tian. Environmental Science & Technology, 2016, DOI:
[10.1021/acs.est.6b00775](https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00775).