

我国可回收垃圾资源化利用水平比较分析

Comparative Analysis on the Material Recycling of Municipal Solid Waste in China

摘要 生活垃圾中的可回收物在我国通常称为废品，本文选取生活垃圾中典型可回收物如废纸、废塑料等，分析了我国生活垃圾可回收物回收水平，并与欧盟、日本、美国、德国等发达国家和地区可回收物回收水平进行比较分析。分析认为，由于统计口径不一致、消费水平不同等因素，我国生活垃圾中可回收物回收利用水平被低估。

关键词 城市生活垃圾；可回收物；分类收集；资源化利用

文/徐海云

DOI: 10.14026/j.cnki.0253-9705.2016.19.008

生活垃圾及其处理方式

生活垃圾的分类

垃圾的含义实际上就是废弃无用的东西，所有的物品在完成其使用寿命后，最终的归宿就成为垃圾，因此，垃圾在它诞生时的条件就是无用或低价值。垃圾本身确实又是由多种材料和物质组成的，所以在这个意义上也可以认为“垃圾是放错位置的资源”。为促进清洁利用以及减少生活垃圾后端处理成本 and 环境影响，对于一些特定类别的生活垃圾在源头进行单独收集就是所谓的源头分类收集。

生活垃圾源头分类收集可分为两类，价值分类收集和环保分类收集。以经济收益为基础，材料循环利用为目的的生活垃圾分类收集可称为价值分类收集，这类收集主要体现为材料的回收利用如废纸、废金属、废玻璃、废塑料等回收。我国普遍存在的废品回收就属于这一类。以降低垃圾处理过程有害物质排放为基础，推进垃圾处理效果环境友好为目的的生活垃圾分类收集可称为环保分类收集，家庭有害垃圾的单独收集就属于这一类。价值分类收集的客观效果实现了垃圾回收利用。

生活垃圾的处理

生活垃圾处理可划分三种方式

即回收利用、焚烧处理与填埋处理。

回收利用又可划分为三种方式。一是保持其原有的使用功能的直接回收利用，比如将啤酒瓶等经过清洗后重新作为啤酒瓶使用，再如二手物品的使用；二是不再保持其原有的形态和使用性能，但还保持利用其材料的基本性能，如废金属回收利用、废纸再生、玻璃再生等；三是不再保持其原有的形态、使用性能和材料的基本性能，但还保持利用其部分分子特性等，如生物质有机垃圾的堆肥等。

发达国家垃圾管理战略或者说垃圾处理方式的选择原则首先是尽可能避免产生垃圾，产生了垃圾后尽可能进行回收利用，其中包括尽可能对可生物降解的有机物进行堆肥处理；其次是尽可能对可燃物进行焚烧处理并进行余热利用；最后是对不能进行其他处理的垃圾进行填埋处理。这里“尽可能”的含义就是以经济条件许可为前提，回收利用后的剩余垃圾处理主要有卫生填埋、焚烧处理两种方式。我国生活垃圾管理的原则是“减量化、资源化、无害化”，这与发达国家垃圾管理战略的精神是一致的。

城市垃圾的价值分类收集

到目前为止，我国相当部分居民在家庭中对废纸、塑料瓶、易拉罐等

价值较高的废物作为废品单独收集，然后卖给“拾荒人员”，这些拾荒人员大多来自农村，在城市居民区流动的或半固定的收集废旧物品，然后再卖给废旧物资回收站。我国目前对从事“拾荒”的人员没有完整统计，根据典型城市的调查估算，应在600万人以上，是环卫系统职工总数的2倍以上。这种废品回收的过程实际上就是生活垃圾的价值分类收集。我国总体上属于发展中国家，经济发展水平差距很大，农村剩余劳动力多，劳动力成本低，这种状况还将持续很长一段时间。由于我国通常将城市垃圾中可回收的物品一般称为“废品”，而将其余俗称为垃圾，其中被称为垃圾的由城市环卫部门负责处理，而废品的收运和处理由其他部门负责。因此，目前城市建设部门统计的城市垃圾清运量基本不能反映“废品”部分，此外，统计内容的差异使得我国城市垃圾的回收利用水平难以得到全面的统计和反映。

可回收垃圾资源化利用的国内外对比分析

废纸回收

废纸通常是生活垃圾回收中最大的部分。在电子阅读产品普及以前，

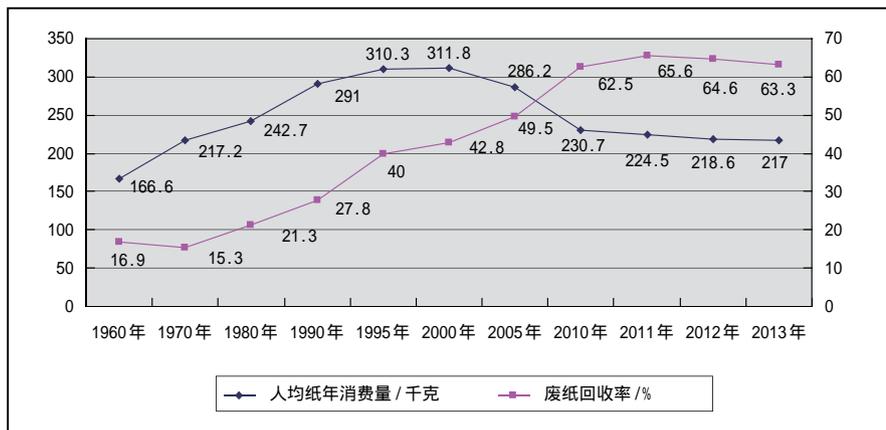


图1 1960—2013年美国人均纸年消费量及废纸回收率变化

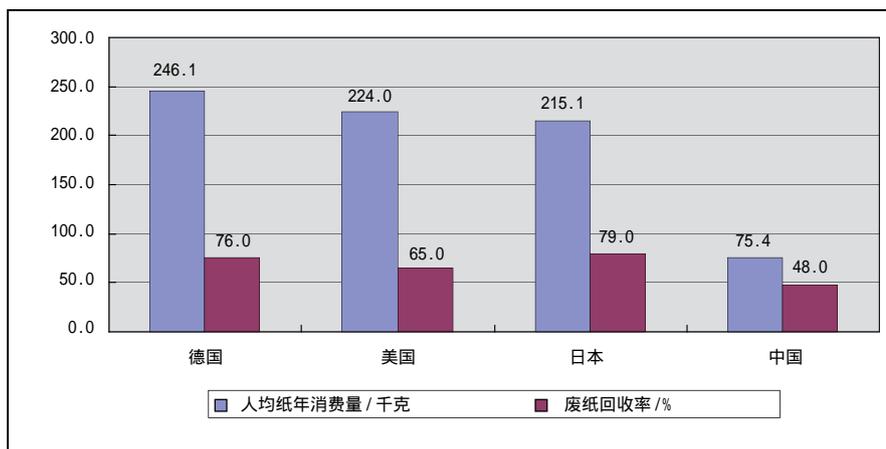


图2 2014年各国人均纸年消费量及废纸回收率比较

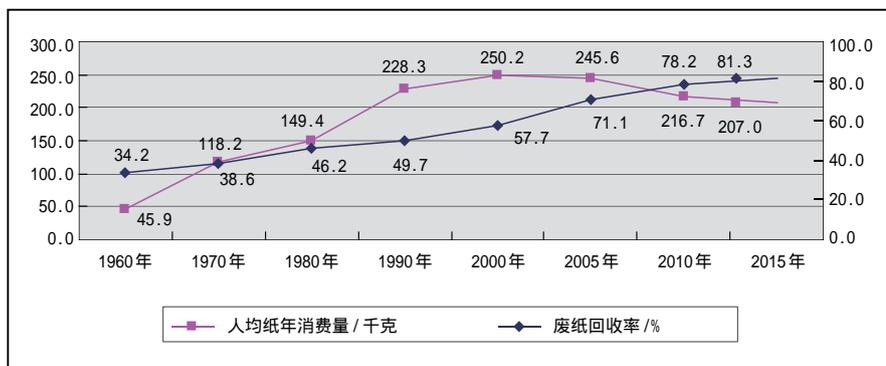


图3 1960—2015年日本人均纸年消费量及废纸回收率

废纸在生活垃圾中所占比例的增加常常伴随着经济发展水平的提高。美国在1960年人均纸年消费量就已经达到166.6千克，在2000年前后达到峰值300多千克，近些年随着电子阅读产

品的普及，纸消费量有明显下降（见图1）。

据《中国造纸工业年度报告》报告显示，尽管这些年我国纸消费量不断增长，2014年达到1.0071亿吨，但

我国人均纸消费量仍处于较低水平，人均纸年消费量75.4千克左右，约为发达国家的1/3（见图2），低于美国20世纪60年代人均消费水平（见图1）。在人均纸消费水平较低的情况下，废纸回收率难以达到较高数值，一方面不能回收的废纸如卫生纸等占有较高的比例，另一方面，短时间内不会废弃的图书、杂志等也占有较高的比例。例如，日本在20世纪60年代，人均纸年消费量低于100千克时，废纸回收率也不到40%（见图3）。

高回收率往往是在高消费的条件下实现的。例如，对比德国1995年到2014年的纸消费量、废纸回收量可以发现（见图4），1995年废纸收集率为67%，2014年废纸回收率提高到74%，增加了7个百分点，但未单独收集利用的废纸量并没有减少，1995年是515.3万吨，2014年是529.3万吨，未单独收集利用的人均废纸量达到60千克以上（见图5）。

对于废纸回收利用水平不能简单地对比回收率，需要考虑消费量、实际废弃量。我国废纸回收实际状况足可以说明废纸回收率是比较高的。尽管我国的废纸回收率还不到50%（见图7），明显低于发达国家和发达地区废纸回收率（见图2），但如果在相同消费水平条件下比较，我国废纸回收率又显著高于发达国家如美国、日本（见图1、图3）。国内有些观点认为我国废纸回收率较低，我国废纸回收的潜力还很大，这是不符合事实的。人均消费量高，回收率即使高，绝对废弃量仍然高。人均消费量低，回收率不高，绝对废弃量却可能较低。例如：人均年消费量200千克，回收率65%，废弃比例35%，人均年废弃量为70千克；人均年消费量50千克，回收率30%，废弃比例70%，人

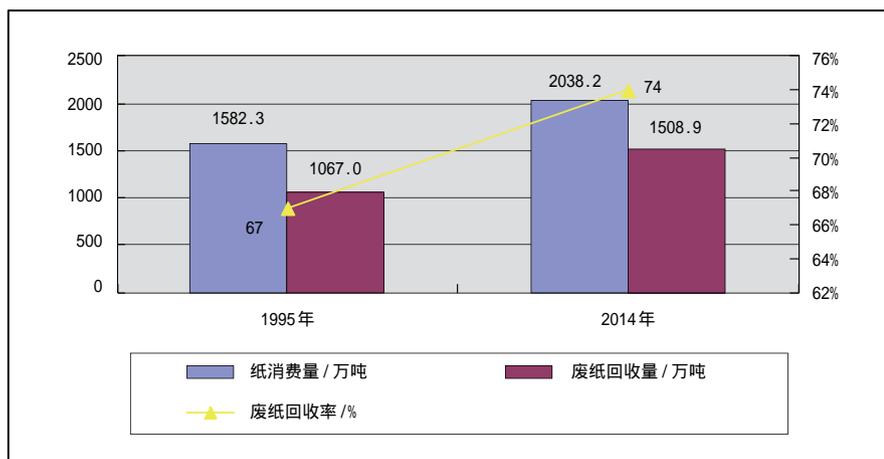


图4 1995—2014年德国废纸回收率对比

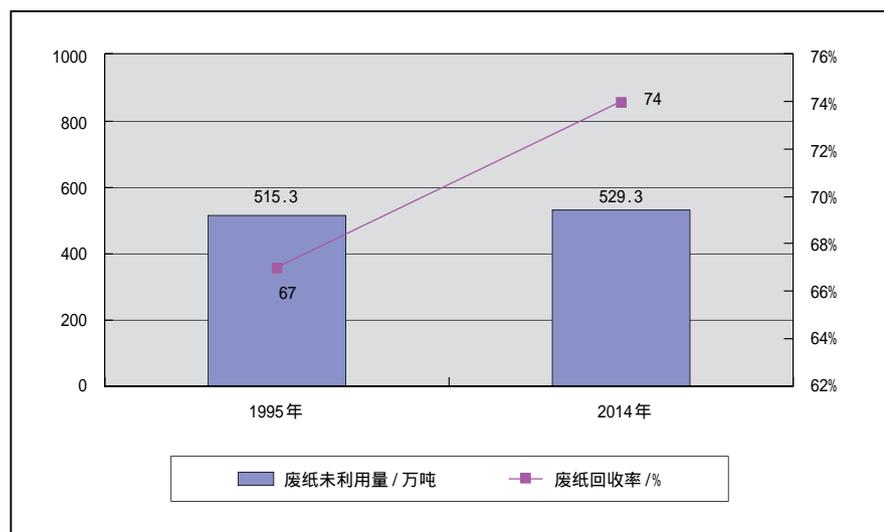


图5 1995—2014年德国废纸未利用量及回收率对比

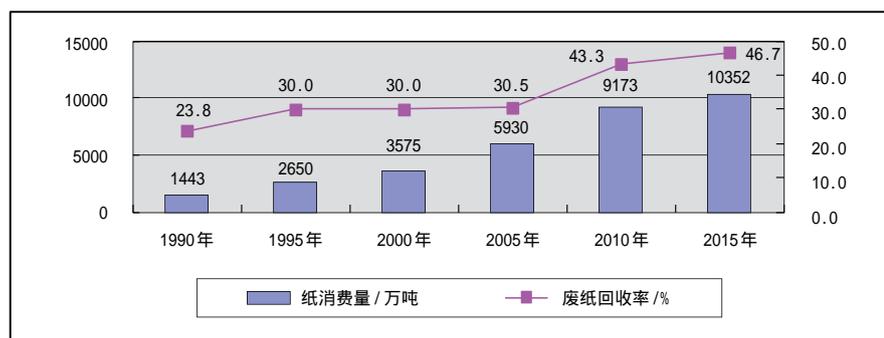


图6 1990—2015年我国纸消费量以及废纸回收率

均年废弃量为35千克。例如，2013年美国废纸回收率达到63.3%，其中废报纸的回收率为67%，废纸箱的

回收率为88.5% (Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States:

Facts and Figures for 2013)。我国没有确切的废报纸和废纸箱的回收率统计，但从办公室和居民的抽样调查看，废报纸和废纸箱的回收率都在95%以上。

美国2012年废纸回收率65%，而进入垃圾处理场中的废纸为14.8%；日本东京废纸回收率接近80%，而日本东京垃圾焚烧厂焚烧垃圾的废纸含量在40%~50%；我国废纸回收率不到50%，而进入垃圾场的废纸含量不足5%。这些都充分说明，与美国、日本等发达国家相比，我国废纸回收水平名义较低，实质较高。

废塑料回收

废塑料是生活垃圾中可回收物增长最快的部分。根据《中国资源综合利用年度报告(2014)》公布的数据(见表1)，2009—2013年我国废塑料回收利用率为23%~29%。

上述废塑料回收利用率计算方法是用废塑料回收量除以塑料消费量，而不是国际上通行的算法，国际上废塑料回收利用率的计算方法是用废塑料回收量除以废塑料产生量，这样计算方法更符合实际，因为在塑料消费中，占有较大比例的工程塑料不会在短时间内转变为废物。如果按照国际通行的废塑料回收利用率的计算方法，我国废塑料回收率将由23%~29%变为41%~47%(见图7)。

由于统计口径的不一致，我国废塑料回收利用水平被严重低估。以欧盟为例，欧洲塑料协会不仅把废塑料材料回收利用统计为回收利用，而且把进入带有余热利用的垃圾焚烧设施废塑料也算作回收利用。例如，德国2013年废塑料产生量568万吨，统计废塑料回收利用率为99%，其中57%是进行焚烧处理并余热利用，42%是作为材料进行回收利用。而作为

表1 2009—2013年我国废塑料回收利用情况

年份	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
塑料消费量/万吨	4170	4693	5230	5467	5879
废塑料产生量/万吨	2353	2800	2871	3414	3292
废塑料再生利用量/万吨	1732	2000	2188	2488	2154
废塑料回收量/万吨	1000	1200	1350	1600	1366
废塑料进口量/万吨	732	801	838	888	788
废塑料回收率(发改委, 2014)	24%	26%	26%	29%	23%

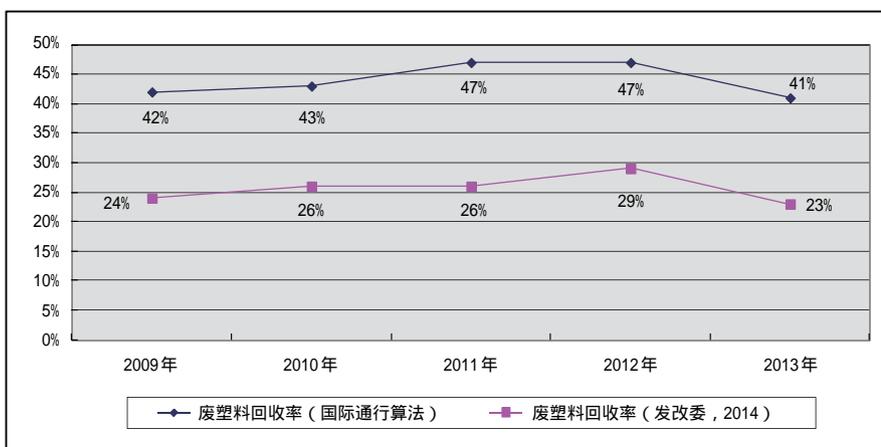


图7 2009—2013年我国废塑料回收率两种计算结果

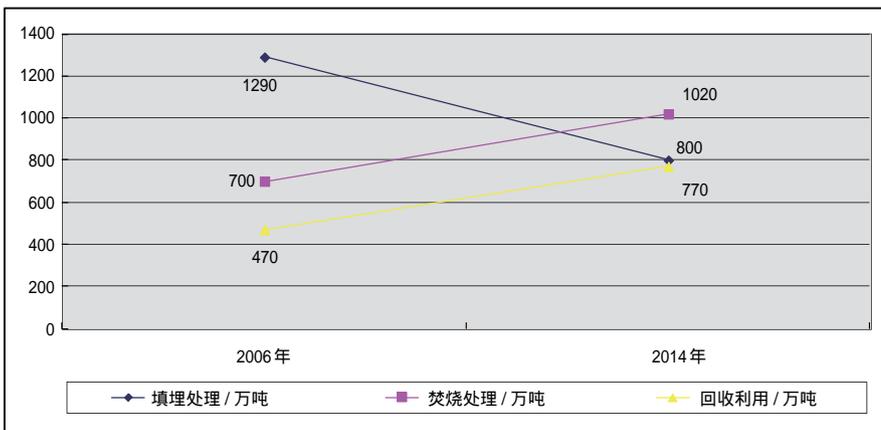


图8 2006-2014年欧盟废塑料回收利用变化

材料回收利用的42%部分，有超过一半即23%为出口处理，作为原料进行回收利用只占1%，其余18%作为功能性材料进行回收利用（数据来源：Consultic）。根据欧洲塑料协会的

统计，2006年欧盟27个国家废塑料产生量2460万吨，回收利用率47%，其中材料回收利用470万吨，利用率为19%，焚烧利用为700万吨，利用率为28%；到2014年废塑料产生量2590

万吨，回收利用率提高到69%，其中材料回收利用为30%，焚烧利用为39%（见图8）。这期间，伴随着生活垃圾填埋比例降低，焚烧比例的提高，欧洲废塑料材料回收利用与焚烧利用都有明显增长，而且废塑料焚烧利用增长略高于材料利用的增长。

扣除废塑料焚烧回收利用部分，中国大陆废塑料回收利用率明显高于欧盟。以2012年数据作为对比，中国大陆废塑料回收量是1600万吨，废塑料回收率是46.9%，进口废塑料量是888万吨，合计回收废塑料是2488万吨，废塑料利用量占当年塑料消费量比例为45.5%；而2012年，欧盟（27国）废塑料回收量是660万吨，废塑料回收率是26%，而欧盟回收的废塑料45%约300万吨用于出口（其中87%出口到中国大陆），实际本土废塑料利用量约360万吨，废塑料利用量占当年塑料消费量比例为8%（见图9、图10）。

据日本塑料制品协会公开统计数据，2014年日本废塑料排出量926万吨，有效利用量768万吨，有效利用率达到83%。这一利用率看起来很高，但实际上如果仅计算材料回收利用233万吨，回收利用的比例只有25%。之所以统计出这么高的有效利用率，是因为把进入生活垃圾焚烧厂的废塑料也算作有效利用，只要这个生活垃圾焚烧厂有余热利用。此外，进行材料回收利用的废塑料大部分用于出口（2014年出口160多万吨，其中90%是出口到中国大陆），在日本本土进行材料回收利用不足7%，在这7%中，还包括约3%喷入高炉作为还原剂利用，因此，日本废塑料中作为塑料原料回收利用的比例只有4%。

美国塑料回收比例约为10%，2012年为8.8%，2013年为9.2%，

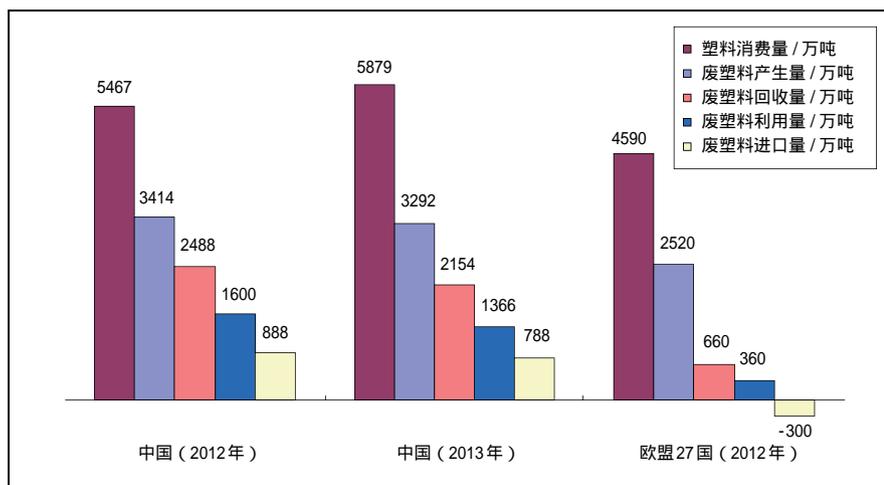


图9 中国与欧盟废塑料回收利用量对比

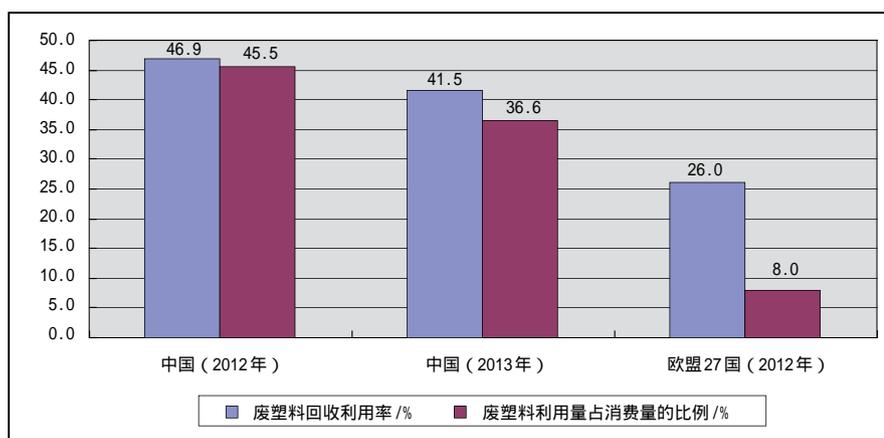


图10 中国与欧盟废塑料回收利用比例对比

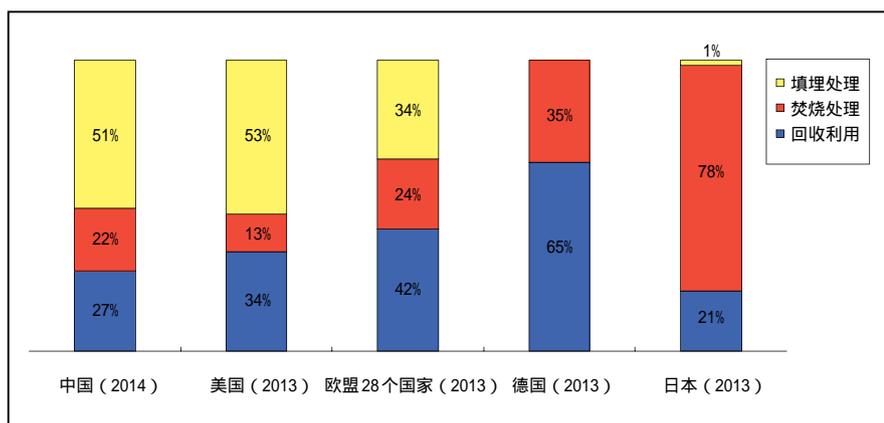


图11 中国生活垃圾回收利用率与主要发达国家和地区对比

(2000年回收比例为5.8%)。废塑料产生量约为废纸的一半, 2013年约2900万吨, 回收量270万吨。2012年

美国出口废塑料215万吨(其中出口到中国169万吨, 占79%), 在美国本土的回收率只有2%左右。其中PET瓶回收率2012年为30.8%, 2013年为31.2%(2000年回收率为22.1%)。

综上所述, 中国废塑料实际回收利用率也明显高于日本、欧洲、美国等发达国家。

易拉罐回收

铝制饮料罐(俗称易拉罐)是单位重量回收价值较高的废物, 具有反映生活垃圾回收利用水平的典型意义。我国易拉罐回收利用水平没有确切的统计, 实际上也明显高于发达国家的回收率。例如, 2015年3月16日, 来自布鲁塞尔的报道指出, 欧洲铝制饮料罐回收利用率达到创纪录水平。2012年欧洲29个国家铝制饮料罐回收率达到69.5%, 回收量为275亿个, 相当于39万吨再生铝。欧洲铝业协会[The European Aluminium Association (EAA)]认为这一接近70%的回收率具有里程碑意义, 对于实现2020年80%目标具有重要意义。

根据巴西铝业协会和巴西铝罐回收协会[The Brazilian Aluminium Association (ABAL) and the Brazilian Association of Aluminium Cans of High Recyclability (ABRALATAS)]公布的数据, 2012年, 巴西铝制饮料罐回收率达到97.9%, 继续保持世界领先水平, 2012年巴西共回收铝制饮料罐26.71万吨(市场消费量27.28万吨), 折合年回收铝制饮料罐198亿个, 相当于每天回收5410万个, 每小时回收230个。2000年, 日本、巴西、美国、阿根廷、欧洲(平均)铝制饮料罐回收率分别是80.6%、77.7%、62.1%、50%、43%, 而2012年巴西为97.7%, 美国为67%, 2011年日

本为92.5%，2010年阿根廷为91.1%，2010年欧洲平均为66.7%。2001年后，巴西的铝制饮料罐回收率一直处于领先地位。显然，上述的世界第一并没有包括中国，中国并没有具体的统计数据，但毫无疑问，中国的铝制饮料罐回收率接近100%，因为在垃圾场中的铝制饮料罐常常是百里难捡一。

结论

根据中国大陆废纸回收量，通过类比法估算出2014年中国大陆生活垃圾回收利用水平约为27%，名义上高于日本，低于美国、欧盟以及德国（见图11），但实际情况并非如此。由于不同国家统计口径不同，简单比较生活垃圾回收利用率并不能完全反映回收利用水平。

以日本为例，2013年日本的生活垃圾回收利用率约为21%，美国生活垃圾回收利用率为34%，但实际上日本的生活垃圾回收利用水平明显高于美国。近几年，美国的铝制易拉罐回收率只有50%~55%，而日本铝制易拉罐回收率达到90%以上。美国的塑料回收利用率约为10%，而日本达到20%~22%。与德国相比，2013德国的生活垃圾回收利用率是65%，实际上日本与德国的生活垃圾回收利用水平是相当的。德国把大量园林垃圾都列为回收利用，日本没有；德国把一部分余热利用率高的垃圾焚烧厂也算作回收利用。

以德国和中国的焚烧生活垃圾为例，2013年，德国焚烧生活垃圾2190万吨，炉渣产生量约为576.94万吨，在焚烧的炉渣中还回收了46万吨铁类金属和5.8万吨有色金属。德国是分类收集比较严格的国家，但是垃圾焚烧炉渣量超过25%，焚烧后从炉渣中

回收的铁类金属占焚烧垃圾量2.1%，有色金属量占焚烧垃圾量0.26%。人们常说中国国内没有垃圾分类，可与德国相比，国内焚烧生活垃圾炉渣占焚烧垃圾的比例以及焚烧后金属占焚烧量的比例都较低，这恰恰说明我国的垃圾分类实际上水平很高。

可回收垃圾收集的主体是拾荒人员，垃圾回收利用产业链完整、市场规模效益大，这是我国的特点，也是其他发展中国家不具备的优势。我国生活垃圾回收利用水平实际上较高，甚至高于发达国家。以废纸、废塑料计算，我国人均进入生活垃圾最终处理厂（场）废弃量约为日本、德国的50%，不到美国的1/3。我国进入生活垃圾处理场的生活垃圾水分高、灰分高、热值低，此外，我国垃圾回收利用还为全球做出了巨大贡献，根据国际固体废物协会2014年公布的研究报告，中国大陆进口了所有发达国家废塑料交易量的56%，废纸交易量的51%。

因此，要客观认识我国生活垃圾资源化水平，厘清生活垃圾分类收集的方向，当务之急是建立全口径垃圾废品统计制度，摸清、掌握可回收垃圾数量、种类，以及回收利用的去向。^{HB}

主要参考文献

- [1] United States Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery. Materials and Waste Management in the United States Key Facts and Figures[EB/OL]. <https://www.epa.gov/smm/advancing-sustainable-materials-management-facts-and-figures#Materials>.
- [2] 中国造纸协会. 中国造纸工业2015年度报告[EB/OL]. 2016-05-10. <http://www.chinappi.org/rep/20160510092325153367.html>.

- [3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 中国资源综合利用年度报告（2012）[EB/OL]. 2013-04-08. http://hzs.ndrc.gov.cn/zhly/201304/t20130412_602086.html.
- [4] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 中国资源综合利用年度报告（2014）[EB/OL]. 2014-10-09. http://www.sdpc.gov.cn/xwzx/xwfb/201410/t20141009_628793.html.
- [5] 商务部流通业发展司. 中国再生资源回收行业发展报告2016[EB/OL]. 2016-05-25. <http://ltfzs.mofcom.gov.cn/article/zttzn/an/201605/20160501325666.shtml>.
- [6] Japan Paper Recycling Promotion Center. 2014 Statistics of Recovered Paper in Japan[EB/OL]. <http://www.prpc.or.jp>.
- [7] Japan Paper Recycling Promotion Center. 2013年、2014年世界のパルプ及び紙・板紙生産量と紙・板紙消費量[EB/OL]. <http://www.prpc.or.jp>.
- [8] VERBAND DEUTSCHER PAPIERFABRIKEN E. V., Papier 2015, Ein Leistungsbericht, Papiererzeugung, Papierverbrauch und Altpapierverbrauch[EB/OL]. <http://www.umweltbundesamt.de/>.
- [9] The Association of Plastics Manufacturers in Europe. Plastics - the Facts 2011-2015[EB/OL]. <http://www.plasticseurope.org>.
- [10] 一般社団法人プラスチック循環利用協会. フロー図の見方、データの変遷[EB/OL]. <http://www.pwmi.or.jp>.

（作者系中国城市建设研究院有限公司总工程师，教授级高级工程师）