

我国废家电制冷剂回收现状及对策建议

潘 寻, 李仓敏, 胡俊杰, 蒋京呈, 林 军

生态环境部固体废物与化学品管理技术中心, 北京

收稿日期: 2022年5月12日; 录用日期: 2022年6月16日; 发布日期: 2022年6月23日

摘 要

减少具有温室气体效应的消耗臭氧层物质的排放是协同“修复”臭氧层空洞和减缓温室效应的重要途径, 因而废家电制冷剂的淘汰、替代、回收、再用处理已成为全球关注的焦点。本研究系统梳理了目前国内制冷剂回收利用体系存在的问题, 统计分析了2018~2020年国内超过800万台废空调和冰箱的制冷剂回收水平, 对制冷剂回收领域温室气体减排效应进行了测算, 并针对如何提高制冷剂回收利用提出了相关对策建议。研究表明: 目前国内废家电回收体系存在回收渠道不完善、拆解企业盈利不足等一系列问题, 2018~2020年间国内报废空调和冰箱制冷剂平均回收量分别为165.1克/台和2.3克/台。2019年全国制冷剂理论回收量5612.2吨, 温室气体减排量1015.8万吨, 是美国、日本、欧盟同期水平的4.4倍、3.4倍和2.0倍。因此, 未来应进一步建立健全废家电规范回收与处理处置体系, 规范回收渠道、提高制冷剂回收及再利用, 进而实现产业的温室气体减排效益和健康可持续发展。

关键词

废家电, 制冷剂, 回收, 对策建议

Current Situation and Countermeasures of Refrigerant Recovery and Utilization of Waste Home Appliances in China

Xun Pan, Cangmin Li, Junjie Hu, Jingcheng Jiang, Jun Lin

Solid Waste and Chemicals Management Center, Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, Beijing

Received: May 12th, 2022; accepted: Jun. 16th, 2022; published: Jun. 23rd, 2022

Abstract

Reducing the emission of ozone-depleting substances with the GHG effect is an important approach

文章引用: 潘寻, 李仓敏, 胡俊杰, 蒋京呈, 林军. 我国废家电制冷剂回收现状及对策建议[J]. 环境保护前沿, 2022, 12(3): 570-576. DOI: 10.12677/aep.2022.123074

for synergistically repairing the ozone layer hole and reducing GHG emissions. The elimination, substitution, recovery and re-utilization of waste home appliances refrigerants have attracted considerable attention from the world. This study systematically sorted out existing problems in the present situation of the refrigerant recycling system in China. The refrigerant recycling levels of over 8 million waste air conditioners and refrigerators in China from 2018 to 2020 were analyzed statistically to calculate the GHG emission reduction effect on refrigerant recovery. Relevant countermeasures and suggestions were also proposed against the ways of improving the recovery and utilization of refrigerants. Results revealed a wide range of problems, such as ill-defined recovery channels and inadequate profitability, in the recovery system of waste home appliances in China. In specific, the average recovered amounts of scrap air conditioners and refrigerator refrigerants in China from 2018 to 2020 were 165.1 and 2.3 g/unit, respectively. In addition, the total theoretical recovered amount of refrigerants in 2019 was 5612.2 tonnes, and the GHG emission reached 10.158 million tonnes, which were 4.4, 3.4 and 2.0 times the levels of the United States, Japan and European Union, respectively, at the same period. Therefore, a sound recovery and treatment system should be established for waste home appliances to standardize recovery channels and elevate the recovery and re-utilization of refrigerants, thereby achieving GHG reduction as well as healthy and sustainable development in the industry.

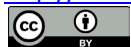
Keywords

Waste Home Appliances, Refrigerant, Recycling, Countermeasures and Suggestions

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

制冷剂是一种能够在制冷系统中不断循环并通过自身状态变化完成能量转化的媒介物质,其发展一共经历了氯氟烃(CFCs)、含氢氯氟烃(HCFCs)、氢氟碳化物(HFCs)和氢氟烯烃(HFOs)四代技术变革。目前,发达国家已经全面淘汰 HCFCs 的使用,我国 HCFCs 制冷剂已走向淘汰末期。根据《蒙特利尔议定书》,我国已于 2007 年完成 CFCs 的全面淘汰,并将于 2030 年完成 HCFCs 生产量与消费量的全面淘汰。尽管如此,由于具有较高的毒性、消耗臭氧潜能值(ODP)与全球变暖潜能值(GWP),制冷剂的回收问题已成为制冷行业乃至全球关注的焦点[1][2]。

我国是全球最大的制冷剂生产国和消费国。据统计,2020 年我国 HCFCs 生产量和消费量分别为 32 万吨和 22 万吨,占发展中国家总量的 88%和 61%;HFCs 生产量和消费量分别为 63 万吨和 28 万吨,占全球总量的 80%和 36% [3]。家电生产及维修是应用制冷剂的主要行业之一,2020 年 HCFCs 和 HFCs 消费量分别为 7.5 万吨和 10 万吨,占国内消费总量的比例超过 34%和 36%。未来,我国家电行业仍有很大成长空间,对制冷剂的需求总量也将不断扩大,另一方面,随着我国家电产品的更新换代,产品报废数量急速增长,因此制冷剂报废、回收和再生问题逐渐凸显[4]。

欧美发达国家针对制冷剂回收制定了明确的法律要求、清晰的制度设计和完善的市场机制。一是在物质流层面,基于扩大生产者责任原则建立报废产品回收处置机制,要求生产企业确保回收处置体系的顺利运行。二是在资金流层面,要求消费者交纳制冷剂回收费,指定独立第三方管理资金,确保制冷剂回收处置各方利益。三是在信息流层面,基于全生命周期管理建立制冷剂回收、处置报告制度,并对制冷剂回收处置信息进行统计、核查和管理。四是在技术层面,开展回收处置企业、回收人员、回收设备

认证；规范制冷剂回收操作流程；制定回收率指标；针对各类制冷剂制定不同的再生标准。目前，欧盟制冷剂年回收量已突破万吨，美国的年回收量也超过 7000 吨。

我国制冷剂回收工作尚处于起步阶段，回收量从 2015 年的 100 吨左右迅速增长至 2021 年超过千吨，但由于起步较晚，回收量仍明显落后于欧美发达国家，且远低于国内生产使用量级规模。因此，做好废家电产品中的制冷剂回收、处置工作已迫在眉睫。

2. 制冷剂回收的重要意义

由于制冷剂无色无味的特殊物理性质及其对自然环境危害的“非即时性”，社会上对制冷剂尚未有全面客观的认识和了解，对于制冷剂的回收意识有待强化。

根据我国及日本《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS)分类，多种制冷剂危害指标达到一类，属于高风险化学物质，如：二氟一氯甲烷(HCFC-22)具有 1 类生殖毒性，异丁烷(R600A)具有 1 类致癌性及生殖细胞致突变性，二氟二氯甲烷(CFC-12)和四氟乙烷(HFC-134A)具有 1 类特异性靶器官毒性，二氟甲烷(HFC-32)和三氟乙烷(HFC-143A)属于 1 类易燃及加压气体。由于具有较高的环境风险和安全风险，我国现阶段常用制冷剂已被纳入欧盟、美国、日本多个有毒有害物质管控清单。

CFC-12 和 HCFC-22 均属于消耗臭氧层物质(ODS)，ODP 值分别为 1 和 0.055。其中，CFC-12 已于 2007 年全面淘汰，HCFC-22 也将于 2030 年完成生产量与消费量的全面淘汰[5]。积极开展制冷剂回收和再生处理工作，不仅能够有效地控制 ODS 无组织排放，也可以减少削减制冷剂生产配额所产生的不利影响。

HFCs 虽然对臭氧层的危害没有 CFCs 和 HCFCs 大，但其 GWP 值普遍为 2000~3000，也就是说，回收再利用 1 kg 的 HFCs 制冷剂对自然环境而言就相当于减排 2~3 吨 CO₂ [6]。欧盟环境局(EEA)、日本经济产业省(METI)、美国环保局(EPA)评估，2019 年通过回收制冷剂减少的温室气体排放量分别为 504 万吨、298.8 万吨和 230.0 万吨[7] [8] [9]。

因此，积极开展制冷剂回收工作，既可以实现降低环境安全风险、减少臭氧层消耗、减缓温室气体效应“协同增效”，也是实现双碳目标、推动国家履约、提升管理水平、维护大国形象的必要之举。

3. 目前我国制冷剂回收利用现状

3.1. 回收政策不完善

从国内外废制冷剂出台的管理政策来看，美国、日本及欧盟等国家和地区在制冷剂类物质的回收管理、处理处置等方面相对比较明确，从全生命周期的角度制定与其相关的政策，要求最大限度地回收、循环使用制冷剂，并严禁向大气直接排放，目的是消除或减少制冷剂的遗散和其潜在的环境风险[10]。相较于国外，国内制定的制冷剂回收利用政策主要涉及制冷剂的指导性管理，缺乏回收率量化要求，目前国内从事制冷剂回收、处置的企业较少，因此与其相关的监管环节也较为薄弱。

3.2. 回收渠道分散

目前，我国废家电产品回收处理形成了以流动商贩为代表的非正规回收渠道和以回收企业为代表的正规回收渠道之间复杂的竞争态势。无法贴近居民的生活成为正规回收渠道最大的弊端，也是导致回收量不足的重要原因之一。据统计显示，2019 年我国只有 28% 的废家电产品能够通过正规渠道回收处理[11] [12]。绝大部分废弃产品通过走街串巷的流动回收商贩进入非正规渠道，不是流入二手交易市场，就是被随意非法拆解，制冷剂在非法拆解过程中被人为放空，对环境造成影响。

3.3. 回收基金不足

目前，我国废家电拆解企业的主要收入来源是拆解物的销售收入以及基金补贴，其中，补贴收入约

占拆解业务收入的 60%左右,国内正规拆解企业收入严重依赖拆解基金补贴。2012 年印发的《废弃电器电子产品处理基金征收使用管理办法》中,我国基金补贴标准为电冰箱 80 元/台,房间空调器 35 元/台。2015 年 11 月,财政部、环保部等四部委发布公告(2015 年第 91 号),调整基金补贴标准,电冰箱仍为 80 元/台、房间空调器提高至 130 元/台。2021 年 3 月,废家电产品处理基金补贴标准再次调整,其中电冰箱降低至 55 元/台,房间空调器降低至 100 元/台。补贴标准下调进一步压缩正规拆解企业生存空间。

3.4. 回收总量偏低

从回收体量上看,近年来年欧盟制冷剂回收处置量最高,达到 7700~10,400 吨,美国的回收量为 6600~7100 吨,相比之下,我国同期制冷剂回收处置量不足 1000 吨[13]。主要原因一是大量废弃电器通过个体回收流入非法拆解企业,制冷剂在拆解过程中被直接排空。二是部分商贩在收集废电器后出于牟利剪断蒸发器和压缩机的连接铜管,造成制冷剂的大量泄漏。三是部分正规企业制冷剂的环境风险认知较低,回收制冷剂的意识较为薄弱,为了降低经营成本,未对制冷剂进行有效收集[14]。因此相较于国内生产使用制冷剂的量级规模,目前回收与再利用的体量基本可以忽略不计。

3.5. 回收认证缺失

国外凡是从事制冷剂回收相关工作的机构、人员和设备均需要通过国家的认证或者许可,同时通过相应的资格许可测试。如美国要求从事制冷剂再生的企业必须得到 EPA 的资质认证,制冷剂回收设备必须通过检测部门的资格认证,技术人员必须通过资格认证考试。同样,在欧洲进行制冷剂回收、循环利用或者销毁制冷剂需要得到由欧盟认可认证机构的认证[15] [16]。目前国内规定了从事制冷剂的回收、再利用和销毁的企业仅需在环保部门进行备案即可进行相关的产业活动,对企业或者人员的资格认定较为简易,既缺乏统一的制冷剂再利用的标准和规范,又缺少相关的人员培训,因此存在一定的环境安全风险。

4. 目前我国制冷剂回收利用现状

4.1. 企业选取

自 2012 年至今,生态环境部、财政部等 5 部委先后公示了 5 批共 109 家正规废弃电器电子产品处理拆解企业名单。调研企业按照地理分布、处理能力,选取北京、上海、天津、陕西、湖北和广东的 17 家废弃电器电子产品处理拆解企业,并统计上述企业 2018~2020 年空调、冰箱拆解量及制冷剂回收量。其中,空调拆解总量 4,073,553 台,制冷剂回收总量 672.7 吨,平均单台回收量 165.1 克;冰箱拆解总量 4,248,371 台,制冷剂回收总量 9.757 吨,平均单台回收量 2.3 克。

4.2. 制冷剂回收量数据分析

4.2.1. 按年份

分别对 2018、2019、2020 年空调及冰箱制冷剂回收量进行统计分析,结果如图 1 所示。空调在连续三年的制冷剂平均回收量分别为 112.6 g/台、197.4 g/台及 163.7 g/台,单批次最大回收量分别是 850.0 g/台、333.3 g/台、342.7 g/台;冰箱在连续三年的制冷剂平均回收量分别为 3.0 g/台、2.2 g/台及 1.7 g/台,单批次最大回收量分别是 69.1 g/台、42.1 g/台、46.7 g/台。相比之下,废空调 2019 年及 2020 年制冷剂回收量较 2018 年有了大幅度的提高,但废冰箱三年间的制冷剂回收量没有大幅度的变化。

4.2.2. 按区域

分别对 2018~2020 年北京、广东、湖北、陕西、上海、天津空调及冰箱制冷剂回收量进行统计分析,

结果如图 2 所示。就空调来说,天津平均制冷剂回收量最高,为 277.0 g/台,其余依次是北京 的 231.2 g/台、上海 218.3 g/台、湖北 133.0 g/台、广东 103.9 g/台以及陕西的 66.8 g/台,上述六地单批次最大回收量分别是北京 850.0 g/台、广东 264.1 g/台、湖北 333.3 g/台、陕西 202.5 g/台、上海 339.0 g/台以及天津的 321.6 g/台。就冰箱来说,上海的平均制冷剂回收量最高,为 25.2 g/台,其余依次是天津的 4.1 g/台、陕西 3.0 g/台、湖北 1.6 g/台、广东 1.2 g/台以及北京 1.1 g/台,上述六地单批次最大回收量分别是北京 2.7 g/台、广东 2.5 g/台、湖北 69.1 g/台、陕西 18.7 g/台、上海 46.7 g/台以及天津的 6.0 g/台。

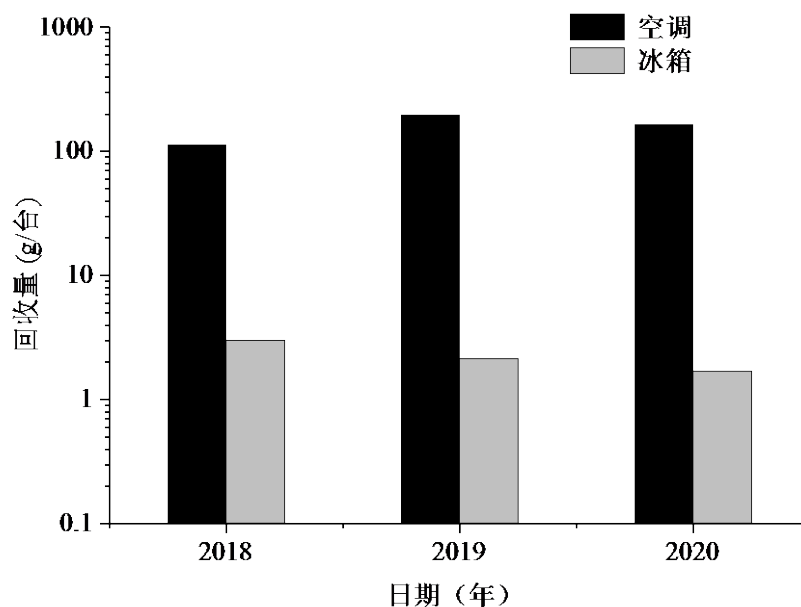


Figure 1. Refrigerant recovery amounts of domestic air-conditioning and refrigerator in 2018~2020

图 1. 2018~2020 年国内空调及冰箱制冷剂回收量

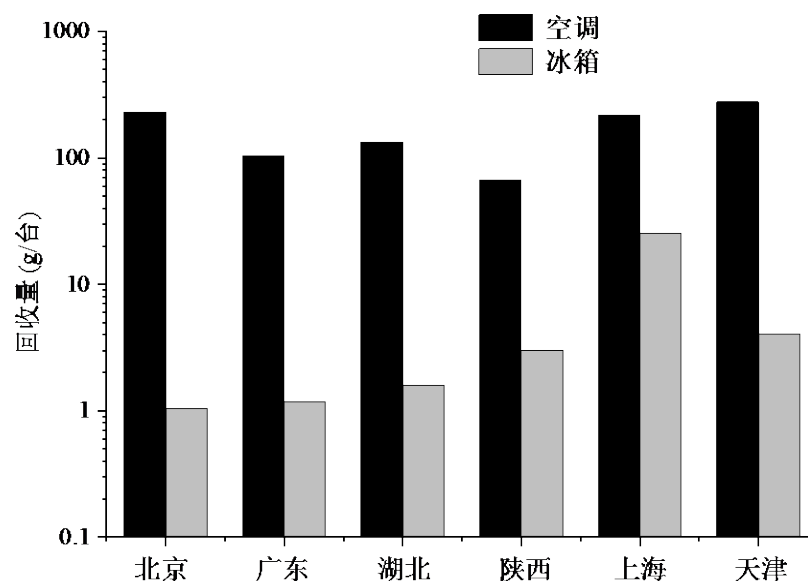


Figure 2. Refrigerant recovery amounts of air-conditioning and refrigerator of different provinces in 2018~2020

图 2. 2018~2020 年国内不同省份空调及冰箱制冷剂回收量

4.3. 制冷剂回收量温室气体效应

2019年我国报废房间空调器3353.70万台,报废电冰箱3275.74万台[17]。以平均单台空调回收量165.1 g,平均单台冰箱回收量2.3 g计算,2019年我国废弃空调制冷剂回收量为5537.0吨,废弃冰箱制冷剂回收量75.2吨,合计5612.2吨。如按废电冰箱和废空调报废期为10年,2010前后制冷剂主要为HCFC-22进行核算(GWP为1810),2019年通过回收制冷剂减少的温室气体排放量为1015.8万吨。2019年美国、日本、欧盟通过回收制冷剂减少的温室气体排放量分别为230.0万吨、298.8万吨和504.0万吨。因此,按照现有的回收利用水平,我国通过回收制冷剂产生的温室气体减排量分别是美国、日本、欧盟的4.4倍、3.4倍和2.0倍。

废弃电器电子产品制冷剂回收处理技术规范(T/CACE 023-2020)于2020年12月发布,其中对制冷剂平均回收量进行了要求。空调和冰箱平均冷媒回收质量一级要求分别为388 g/台和15.6 g/台。如果可以达到上述回收标准,制冷剂回收总量为13523.4吨,温室气体减排量2447.7万吨,将分别是美国、日本、欧盟的10.6、8.2和4.8倍。

5. 结论

1) 我国废家电制冷剂回收目前存在回收政策不完善,回收渠道分散,回收基金不足,回收总量偏低,回收认证缺失等一系列问题。欧美发达国家针对制冷剂回收制定了明确的法律要求、清晰的制度设计和完善的市场机制,相关经验对我国有很好的借鉴意义。

2) 对我国六省市17家废弃电器电子产品处理拆解企业2018~2020超过800万台废空调、冰箱制冷剂回收量进行统计分析,废空调平均单台回收量165.1克,废冰箱平均单台回收量2.3克。废空调制冷剂回收量呈上升趋势,废冰箱制冷剂回收量变化不大。

3) 制冷剂回收可产生显著的温室气体减排效应,按照国内现有的回收水平,2019年我国通过回收制冷剂产生的温室气体减排量分别达到美国、日本、欧盟的4.4倍、3.4倍和2.0倍。按T/CACE 023-2020中一级回收标准,我国温室气体减排量将分别是美国、日本、欧盟的10.6、8.2和4.8倍。

4) 针对我国废家电制冷剂回收现状,提出以下建议:一是完善废家电回收体系,强化政府监督管理,形成有效的监管体系;二是逐步完善回收企业、人员、设备认证体系建设,严格按照相关操作规范进行制冷剂的分类;三是在生产环节引导企业明确制冷剂信息标识,在回收环节利用电子标签、物联网等先进信息化手段建立制冷剂信息追踪网络;四是加强制冷剂环境污染控制技术研发,加大可行技术推广应用,有效减少制冷剂环境排放。

基金项目

能源基金会“蒙约受控物质回收再用管理模式研究”项目(G-2105-32870),国家重点研发计划课题(2018YFC1902801)。

参考文献

- [1] 滑雪,李雄亚,韩美顺. 2019年度中国制冷剂产品市场分析[J]. 制冷技术, 2020, 40(S1): 51-59.
- [2] 洪岚,龙珍. 江苏废弃家电产品制冷剂回收处置现状及对策[J]. 资源节约与环保, 2018(11): 103-104+107.
- [3] 宓宏,王双双,江天乐,等. 我国空调用制冷剂回收再生的机遇与挑战[J]. 制冷学报, 2021, 42(2): 45-52+99.
- [4] 张朝晖,陈敬良,高钰,等. 《蒙特利尔议定书》基加利修正案对制冷空调行业的影响分析[J]. 制冷与空调, 2017, 17(1): 1-7+15.
- [5] 高恩元,韩美顺. 2020年度中国制冷剂产品市场分析[J]. 制冷技术, 2021, 41(S1): 51-59.
- [6] 孔明,余晓明,邵乃宇. 制冷剂回收技术研究进展与回收体系设计[J]. 制冷技术, 2016, 36(1): 50-54+70.

-
- [7] European Environment Agency (2020) Fluorinated Greenhouse Gases 2020. EEA Report No 15/2020. <https://www.eea.europa.eu/publications/fluorinated-greenhouse-gases-2020>
- [8] METI (2020) Aggregate Amounts of Recycled Fluorocarbons by Type in FY2019. https://www.meti.go.jp/english/press/2020/0831_002.html
- [9] USEPA. U.S. Environmental Protection Agency's Responsible Appliance Disposal (RAD) Program. <https://www.epa.gov/rad/program-results>
- [10] 张贺然, 于可利, 邱金凤, 等. 美国、欧盟、日本的制冷剂回收处置现状[J]. 资源再生, 2018(11): 48-51.
- [11] 孙玥, 徐宁静. 废弃电器电子产品拆解企业面临的问题及原因分析[J]. 物流工程与管理, 2019, 41(3): 123-125.
- [12] 王琛莹. 我国仅 1/10 废弃电器电子产品经正规渠道拆解[EB/OL]. http://zqb.cyol.com/html/2015-08/10/nw.D110000zgqnb_20150810_1-07.htm, 2021-07-06.
- [13] 宋阳. 国内外废制冷剂回收利用及处理处置政策对比研究[J]. 环境与可持续发展, 2018, 43(5): 121-123.
- [14] 邓毅, 滑雪, 李淑媛, 等. 废弃电器电子产品处理行业制冷剂规范化管理对策研究[J]. 环境科学与管理, 2020, 45(5): 39-43.
- [15] 王海涛, 田晖, 蔡毅. 制冷剂高效回收技术与创新模式[J]. 家电科技, 2019(2): 101-103.
- [16] 王海涛, 孙姣, 王星, 等. 制冷剂排放回收现状分析[J]. 家电科技, 2014(10): 85-87.
- [17] 中国家用电器研究院. 中国废弃电器电子产品回收处理及综合利用行业白皮书 2019[EB/OL]. <https://www.doc88.com/p-99629254337819.html>, 2021-07-06.