



《蒙特利尔议定书》受控物质制冷剂回收再用 管理模式研究报告

Research Report on the Management Model of Refrigerant Recovery and
Reuse of Controlled Substances under the Montreal Protocol

生态环境部固体废物与化学品管理技术中心

2022.6.27

Solid Waste and Chemicals Management Center, MEE of PRC

June.27, 2022

关于作者

林军 胡俊杰 李仓敏 潘寻

ABOUT THE AUTHORS

Lin Jun Hu Junjie Li Cangmin Panxun (panxun@meesc.cn)

致谢

本研究由生态环境部固体废物与化学品管理技术中心化学品管理技术部统筹撰写，由能源基金会提供资金支持。

在本项目研究过程中，研究团队得到了中汽数据有限公司的大力支持，包括徐树杰、任家宝、王超前等，在此向他们表示诚挚感谢。

研究团队同时感谢以下专家在项目研究过程中作出的贡献：

胡建信	北京大学
陈敬良	中国制冷空调工业协会
薛庆峰	中国汽车工业协会汽车空调分会
王宝成	北京市污染源管理事务中心
王冬梅	天津市生态环境综合保障中心
田 晖	中国家用电器协会
窦艳伟	中国家用电器协会
尚舒文	生态环境部对外合作与交流中心
滑 雪	生态环境部对外合作与交流中心
李红旗	北京工业大学
曹 颖	国家应对气候变化战略研究和国际合作中心

ACKNOWLEDGEMENT

This report is a product of Solid Waste and Chemicals Management Center, MEE of PRC and is funded by Energy Foundation China.

The team is grateful for the generous support it received throughout this research from China Automotive Data Co., Ltd, including Xu Shujie, Ren Jiabao, Wang Chaoqian, etal.

The team would like to thank the following experts for their contribution to this research:

Hu Jianxin	Peking University
Chen Jingliang	China Refrigeration and Air Conditioning Industry Association
Xue Qingfeng	China Association of Automobile Manufacturers Automobile AC Branch

Wang Baocheng	Beijing Municipal Pollution Source Management Affairs Center
Wang Dongmei	Tianjin Ecological Environment Comprehensive Protection Center
Tian Hui	China Household Electrical Appliances Association
Dou Yanwei	China Household Electrical Appliances Association
Shang Shuwen	Foreign Cooperation and Exchange Center of the MEE, PRC
Hua Xue	Foreign Cooperation and Exchange Center of the MEE, PRC
Li Hongqi	Beijing University of Technology
Cao Ying	National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation of the MEE, PRC

-----报告正文-----

免责声明

若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。

凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

Disclaimer

Unless otherwise specified, the views expressed in this report are those of the authors and do not necessarily represent the views of Energy Foundation China. Energy Foundation China does not guarantee the accuracy of the information and data included in this report and will not be responsible for any liabilities resulted from or related to using this report by any third party.

The mention of specific companies, products and services does not imply that they are endorsed or recommended by Energy Foundation China in preference to others of a similar nature that are not mentioned.

目 录

摘 要.....	1
ABSTRACT.....	2
第一章 制冷剂的使用、报废和回收.....	3
1.1 制冷剂的发展.....	3
1.2 制冷剂的使用.....	4
1.2.1 家电生产行业.....	5
1.2.2 工商制冷行业.....	7
1.2.3 汽车生产行业.....	10
1.2.4 行业汇总.....	12
1.3 制冷剂的报废.....	13
1.3.1 家电行业制冷剂报废.....	13
1.3.2 汽车行业制冷剂报废.....	15
1.3.3 工商制冷行业制冷剂报废.....	16
1.3.4 行业汇总.....	17
1.4 制冷剂的回收.....	17
1.4.1 制冷剂回收的意义.....	17
1.4.2 制冷剂回收的政策.....	22
1.4.3 制冷剂回收概况.....	28
1.5 制冷剂的再生.....	28
1.6 本章小结.....	29
第二章 国外制冷剂回收再用管理制度.....	32
2.1 日本制冷剂的回收再用.....	32
2.1.1 政策法规.....	32
2.1.2 管理机制.....	37
2.1.3 技术要求.....	41
2.1.4 回收现状.....	42
2.1.5 小结.....	43
2.2 美国制冷剂的回收再用.....	43

2.2.1 政策法规.....	43
2.2.2 管理机制.....	44
2.2.3 技术要求.....	53
2.2.4 回收现状.....	53
2.2.5 小结.....	55
2.3 欧盟制冷剂的回收再用.....	55
2.3.1 政策法规.....	55
2.3.2 管理机制.....	56
2.3.3 回收现状.....	61
2.3.4 小结.....	62
2.4 本章小结.....	62
第三章 我国典型行业制冷剂回收再用现状.....	64
3.1 家电拆解行业制冷剂回收.....	64
3.1.1 政策技术要求.....	64
3.1.2 废家电回收现状.....	68
3.1.3 回收水平调研.....	68
3.1.4 行业制冷剂流向分析.....	72
3.2 汽车拆解行业制冷剂回收.....	80
3.2.1 政策技术要求.....	82
3.2.2 排放环节.....	85
3.2.3 回收利用.....	85
3.3 工商制冷行业制冷剂回收.....	89
3.3.1 回收技术要求.....	89
3.3.2 回收现状.....	90
第四章 问题剖析及对策建议.....	94
4.1 家电拆解行业.....	94
4.1.1 问题剖析.....	94
4.1.2 对策建议.....	96
4.2 汽车拆解行业.....	97

4.2.1 问题剖析.....	97
4.2.2 对策建议.....	98
附 录.....	100
附录 1 日本《家电回收法》中关于制冷剂的回收条款.....	100
附录 2 日本《汽车回收法》中关于制冷剂的回收条款.....	101
附录 3 日本《碳氟化合物合理使用及妥善管理法》主要内容设计.....	104
附录 4 美国《清洁空气法》中关于制冷剂的回收条款.....	105
附录 5 欧盟《关于臭氧层消耗物质的法规》中关于制冷剂的回收条款...	108
附录 6 欧盟《含氟气体法规》中关于制冷剂的回收条款.....	111
附录 7 欧盟《废弃电子电气设备指令》中关于制冷剂的回收条款.....	114

摘 要

我国是世界上最大的制冷剂生产、消费和出口国，但制冷剂回收工作尚处于起步阶段。从制冷剂的使用和报废两方面考虑，家电拆解行业、工商制冷行业和汽车拆解行业都是我国制冷剂回收重点领域，其中家电拆解行业成为目前我国制冷剂回收再利用的最主要来源。同欧美发达国家相比，我国制冷剂回收在体量和比例上都存在很大差距。

基于此，该研究报告主要内容包括以下三部分：（1）调研国外制冷剂回收再用管理制度，梳理分析可借鉴的管理经验。（2）全面掌握家电拆解行业制冷剂回收现状，摸清制冷剂回收种类、数量、再生去向等，剖析存在的主要问题；调研汽车拆解行业和工商制冷行业制冷剂回收现状，了解行业制冷剂消费结构及回收现状。（3）借鉴国外管理经验，重点针对家电拆解行业，提出有针对性的制冷剂回收再用管理对策建议。

研究发现：（1）发达国家针对制冷剂回收处置制定了明确的法律要求，在物质流、资金流、信息流、技术层面制定了清晰的制度设计。（2）从使用量看，2020年我国制冷剂消费量达到 33.2 万吨，家电生产、工商制冷和汽车生产行业占比分别为 54%、41%和 5%。从报废量看，2020 年中国制冷剂报废总量达 7.4 万吨，家电拆解、工商制冷和汽车拆解行业占比分别为 41%、41%、18%。从回收来看，2021 年家电拆解行业占国内制冷剂回收总量的比例超过 98%，制冷剂回收种类以 HCFC-22 为主。（3）2021 年，中国 31 个省份中有 27 个省份的家电拆解行业有制冷剂回收，国内 99.4%的回收制冷剂运往天津，99.9%的回收制冷剂采用简易再生技术，65%的回收产品用作发泡剂。相比之下，目前国内汽车拆解及工商制冷行业制冷剂的回收量及回收率低于家电拆解行业。

2021 年 8 月，项目组完成政策建议《我国废弃家电制冷剂回收问题亟待关注》并报送生态环境部部领导，黄润秋部长、赵英民副部长、邱启文副部长做批示，要求部固体司、大气司就相关情况及相关建议开展研究。2022 年 4 月完成《我国家电拆解行业含 ODS 制冷剂回收、再生利用现状专题调研报告》，就推进家电拆解行业制冷剂回收工作研提具体对策建议，已报送部大气司并获得认可，未来拟以签报形式上报部领导。

ABSTRACT

China is the world's largest producer, consumer and exporter of refrigerant, but the refrigerant recovery is still in its infancy. Considering the use and scrapping of refrigerant, the household appliance dismantling industry, the industrial/commercial industry and the automobile dismantling industry are key areas of refrigerant recycling, of which the household appliance dismantling industry has become the most important source in China. Compared with developed countries, there is a big gap in the amount and ratio of refrigerant recycling in China.

Based on the information above, the content of this report includes the following three parts: (1) investigate the refrigerant recovery and disposal management system and current status in the United States, Japan and the European Union, then summarized the experience that can be used for reference by China. (2) for the first time, carried out statistics on the refrigerant recovery amount, recovery type, flow direction, disposal method of all China's waste household appliance dismantling enterprises under Subsidy Fund in 2019, 2020 and 2021, respectively; investigate the current situation of refrigerant recovery in the automobile dismantling industry and the industrial/commercial industry, grasp the consumption structure and recovering status. (3) put forward relevant management countermeasures and suggestions for refrigerant recovering and disposal in the waste household appliance dismantling industry, based on the management experience of developed countries.

The research found that: (1) Developed countries promulgated clear legal requirement for refrigerant recovering and disposal, and formulated clear system design in terms of material flow, capital flow, information flow, and technology. (2) China's refrigerant consumption reached 332,000 tons in 2020, the household appliances, industrial/ commercial and automobile industries accounted for 54%, 41% and 5% respectively. The total amount of refrigerant scraped in China in 2020 reached 74,000 tons, with the three industries mentioned above accounted for 41%, 41%, and 18%, respectively. The household appliance dismantling industry accounted for 98% of the total domestic refrigerant recovering in 2021, and the main type of refrigerant recovered was HCFC-22. (3) In 2021, the household appliance disassembly industry in 27 of China's 31 provinces had refrigerant recovering, 99.4% of the recovered refrigerant was transported to Tianjin, 99.9% of the recovered refrigerant adopted simple recycling technology, and 65% of the recovered products was used as foaming agent.

In August, 2021, the project team completed the policy proposal *the refrigerant recovery in waste household appliances in China needs urgent attention* and submitted it to the leaders of MEE. Minister Huang Runqiu, vice minister Zhao Yingmin and Qiu Qiwen gave instructions on the proposal. In April, 2022, the project team completed *the special investigation report on the current status of ODS refrigerant recovery and disposal in China's waste household appliance disassembly industry*. It has been submitted to the Department of Atmosphere of MEE. Next, this report will be submitted to MEE leaders for future instruction.

第一章 制冷剂的使用、报废和回收

我国是全世界最大的制冷设备与制冷剂生产国和消费国,面对国际社会积极控制非 CO₂ 温室气体的趋势、国内与日俱增的制冷剂废弃量以及艰巨的温室气体“达峰”任务,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,因而制冷剂的淘汰、替代、回收、再用处理已成为制冷行业乃至全球关注的焦点。

1.1 制冷剂的发展

制冷剂,又称制冷工质、雪种,是在制冷系统中不断循环并通过其本身的状态变化完成能量转化的媒介物质。制冷剂的诞生由来已久。早在 1805 年埃文斯就提出了在封闭循环中使用挥发性流体的思路,用以将水冷冻成冰,这种系统在真空下将乙醚蒸发,并将蒸气泵到水冷式换热器,冷凝后再次使用。1834 年帕金斯第一次开发了蒸气压缩制冷循环,并且获得了专利。在他所设计的蒸气压缩制冷设备中使用二乙醚作为制冷剂。CO₂ 和 NH₃ 分别在 1866 年和 1873 年首次被用作制冷剂。化学氟(石油醚和石脑油)、二氧化硫(R-764)和甲醚等化学制品都曾被作为蒸气压缩用制冷剂,但仅应用于工业生产中,食物等存储仍然使用冬天收集或工业制备的冰块。1930 年代出现了一氟氯烃(CFCs)与含氢氯氟烃(HCFCs)制冷剂,一系列卤代烃制冷剂相继出现,杜邦公司将其命名为氟利昂(Freon)。

制冷剂的发展一共经历了四代技术的变革。第一代制冷剂为 CFCs 类物质,其中包括 CFC-11, CFC-12,这是最早出现的制冷剂。随着科学研究的不断深入,CFCs 被认为是导致臭氧层破坏的主要原因之一。1987 年缔结的《蒙特利尔议定书》以臭氧层消耗潜值(ODP)和全球变暖潜值(GWP)作为衡量制冷剂环保性的标准。ODP 的计算以制冷剂 CFC-11 的臭氧破坏影响作为基准,取 CFC-11 的 ODP 值为 1,其他物质的 ODP 是相对于 CFC-11 的比较值。GWP 的计算规定 CO₂ 为参照气体,设定其气候变暖潜值为 1,而其他物质的 GWP 是相对于 CO₂ 的比较值。

HCFCs 是取代 CFC 的第二代制冷剂,最具代表性的产品为人们所熟知的 HCFC-22,它几乎与第一代制冷剂同时问世,被广泛应用于空调,冷冻,发泡等

行业，其他的代表性产品包括 HCFC-142b (R142b) 和 HCFC-141b (R141b)。此类制冷剂对臭氧层破坏较 CFCs 小，在发达国家已淘汰，在我国应用广泛，目前正处于淘汰期。

氢氟碳化物 (HFCs) 作为第三代制冷剂，以 HFC-134a, HFC-410a 及 HFC-245fa 为代表，其 ODP 为 0。凭借着优秀的能效与环保特性，HFCs 自推出后在空调、制冷、发泡等行业得到了迅速且广泛的应用。尽管第三代制冷剂的 ODP 为 0，对臭氧层无破坏，但是具有高 GWP，对气候的制暖效应较强，大量使用仍会加速全球变暖。第三代制冷剂在国外应用广泛，目前在发达国家处于淘汰初期 (2019 年至 2024 年累计削减 10%)，发展中国家从 2029 年开始削减。一种制冷剂从开始淘汰到完全淘汰一般需要 20 年的时间，第三代制冷剂依然有很大的需求空间。

第四代制冷剂主要是指氢氟烯烃 (HFOs) 制冷剂，其为化学合成工质，相较第三代制冷剂的较低 GWP 而受到了广泛的关注并被应用。HFOs 代表产品包括 HFO-1234ze 和 HFO-1234yf。其中 HFO-1234yf 制冷剂是美国霍尼韦尔与杜邦公司共同开发的环保型制冷剂，目前正在欧美市场大力推广。由于当前 HFOs 制冷剂本身的高成本及相关专利和设备成本的提升，目前尚未进入规模化应用¹。

1.2 制冷剂的使用

我国制冷空调设备制造行业起步于新中国诞生之际的上世纪 50 年代，但在改革开放前，整个行业发展处于较低水平。上世纪 80 年代后，随着我国全面改革开放，制冷空调市场开始急速扩展，推动了行业的大发展。历经 40 年的时间，行业内已构建起了较为完整的上下游产业链，目前全行业规模以上制造企业超过千家，从业人员超过百万，中国已发展成为全球最大的制冷空调设备生产国和消费国，几乎所有种类的制冷空调产品在我国都有生产和供应，多种产品的产量位居世界第一。截至 2019 年，我国制冷空调行业的工业总产值（现价）为 6950 亿元人民币，其中，家用制冷空调设备行业（包括房间空调器、家用电冰箱和家用冷柜，不包括配件及配套产品）实现工业总产值 3500 亿元，工商用制冷空调行业（包括相关配件及配套设备）实现工业总产值 3450 亿元。制冷空调行业已

¹ 滑雪. 2019 年度中国制冷剂产品市场分析[J]. 制冷技术. 2020(40): 51-59.

成为我国装备工业的有生力量和国民经济的重要组成部分¹。

随着制冷行业的快速发展，制冷剂消费也在快速增长，根据中国政府公布的相关统计及中国制冷空调工业协会（CRAA）的调查，整个制冷空调行业 2013 年度 HCFCs 制冷剂的消费量超过 16 万吨，HFCs 制冷剂的消费量约为 10 万吨。家电行业、工商制冷、汽车行业是我国制冷剂消费三大主要行业。其中，家用制冷空调生产及维修领域 HCFCs 制冷剂消费量约 8 万吨，HFCs 制冷剂消费量约 4 万吨；工商制冷空调生产及维修领域 HCFCs 制冷剂消费量约为 8 万吨，HFCs 制冷剂消费量约 2.5 万吨；汽车空调生产领域和维修领域 HFCs 制冷剂消费量约 3.5 万吨²。

1.2.1 家电生产行业

我国目前是全球家电制造第一大生产国、出口国和消费国。有数据显示，我国家电保有量已超过 21 亿台³。

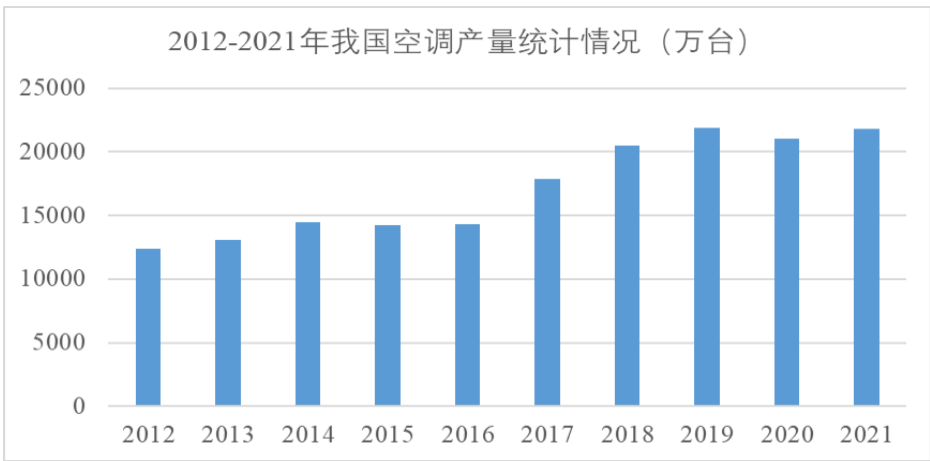


图 1-1 2012-2021 年我国空调产量统计情况

经过 30 多年的发展，我国空调行业逐渐进入稳定发展期，龙头品牌的竞争力持续增强，技术质量方面实现较大突破，产业规模不断扩大。中国空调产量持续占据全球 80% 以上份额⁴。国家统计局公布数据显示，2012-2019 年，我国空调产量从 1.24 亿台增长至 2.19 亿台，年复合增长率为 8.5%。2020 年，受到疫情的影响，我国家用空调产量为 2.11 亿台。随着疫情在国内得到有效的控制，房地产行业的逐渐回暖，以及其他利好政策因素等加持下，2021 我国年空调产量上

¹ 中国制冷空调工业协会. 制冷空调行业“十四五”规划[J]. 制冷与空调. 2021, 21(4): 1-15.

² 张朝晖. 《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.

³ 央视网新闻. <http://news.cctv.com/2020/07/10/ARTIODs30Pyz CKjzuVPSyNuX200710.shtml>.

⁴ <https://www.chinairn.com/hyzx/20210327/094447459.shtml>.

升至 2.18 亿台。

根据废弃电器电子产品制冷剂回收技术规范（T/CACE 023-2020），以家用空调制冷剂平均充注量为 0.8 kg 计算，我国 2021 年空调生产行业制冷剂消费量达到 17.4 万吨。

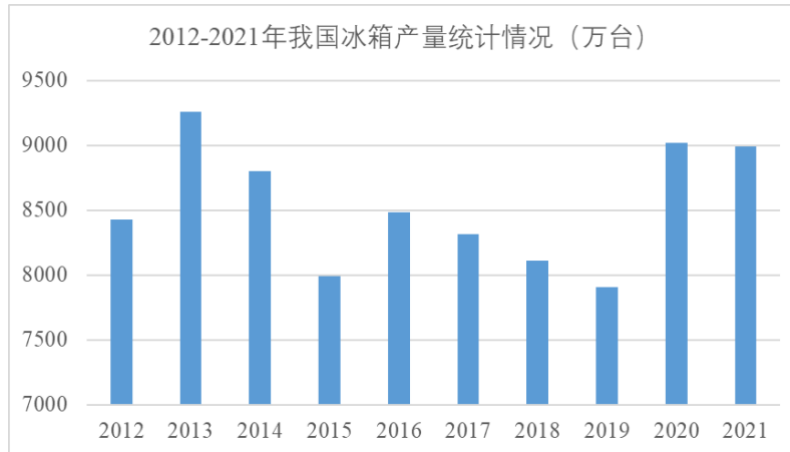


图 1-2 2012-2021 年我国冰箱产量统计情况

国家统计局公布数据显示，2012-2016 年，我国冰箱产量波动变化，自 2016 年以来，总体呈现下降趋势发展。至 2019 年我国冰箱产量为 7904 万台，为近 10 年来最低值。2020 年我国冰箱一改以往继续下降的发展态势，年增长率为 14%，达到 9015 万台。2021 年我国冰箱产量同 2020 年基本持平，为 8992 万台。

根据废弃电器电子产品制冷剂回收技术规范（T/CACE 023-2020），以冰箱制冷剂平均充注量为 0.11 kg 计算，我国 2021 年冰箱生产行业制冷剂消费量为 0.99 万吨。

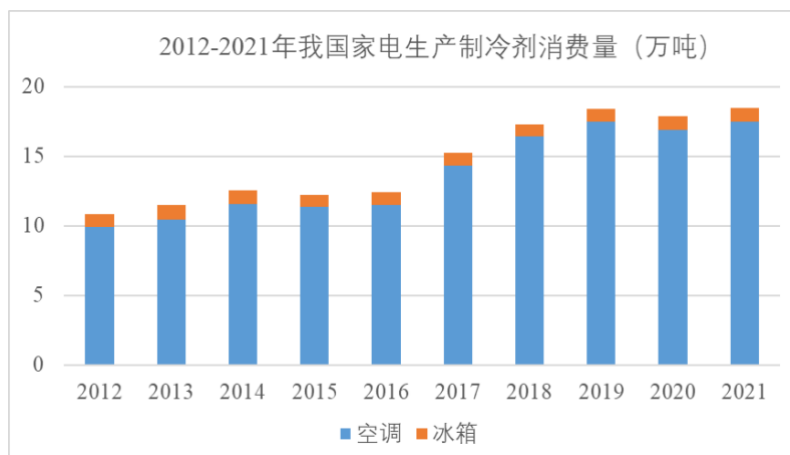


图 1-3 2012-2021 年我国家电生产制冷剂消费量

综合我国空调和冰箱生产情况，2012-2021 年我国家电生产制冷剂消费量呈上升趋势，从 2012 年的 10.8 万吨上升至 18.5 万吨，年复合增长率为 6.3%。其

中，冰箱用制冷剂占比从 2012 年的 8.5% 下降至 2021 年的 5.4%，空调用制冷剂占比从 2012 年的 91.5% 上升至 2021 年的 94.6%。

1.2.2 工商制冷行业

工商用制冷设备产品种类繁多，应用广泛，生产厂家众多。从上个世纪九十年代初以来，伴随中国经济的持续健康发展，中国工商制冷行业取得了巨大的进步，工商制冷空调行业一直保持着超过两位数的平均年增长率。据统计，工商制冷空调行业 2012 年的产值约 2500 亿元，2019 年产值增长至 3450 亿元。

1.2.2.1 行业制冷剂使用

根据不同的应用场合，工商制冷产品应用广泛，种类繁多，通常将终端产品按照以下大类进行分类统计¹：

（1）小型冷水（热泵）机组

冷水（热泵）机组是指使用水作为载冷剂，通过四通换向阀实现蒸发器与冷凝器功能转换，达到使载冷剂水被制冷剂冷却（加热），然后将载冷剂水输送到需要冷却（加热）空间中循环的制冷系统。小型冷水（热泵）机组应用于小型宾馆、小型写字楼，小型饭店和小型医院、别墅等场合，主要为涡旋式冷水（热泵）机组。小型冷水（热泵）机组主要采用 HCFC-22 为制冷剂，部分采用 HFC-410a 作为制冷剂。

2020 年，受新冠肺炎疫情影响，冷水（热泵）机组整体的市场表现不尽如人意，市场销售额为 191.8 亿元，同比下降 3.0%。

（2）大中型冷水（热泵）机组

大中型冷水（热泵）机组主要包括螺杆式冷水（热泵）机组、离心式冷水机组。大中型冷水（热泵）机组广泛应用在大型的写字楼、体育馆、商场、宾馆、工厂、饭店等大型工商用场合。其中，螺杆式冷水（热泵）机组主要采用 HCFC-22、HFC-134a 作为制冷剂；离心式冷水机组主要采用 HFC-134a 作为制冷剂，部分采用 HCFC-123 作为制冷剂。

（3）热泵热水机

热泵热水机采用制冷循环，将低品位热源（空气或水）的热量转移到被加热的水中制取热水的设备。与传统直接采用电、燃气、煤、油等能源制取热水方式

¹ 中国制冷空调工业协会，中国工商制冷空调行业 HFCs 制冷剂使用趋势研究报告。

相比，热泵热水机具有节能和环保的优势，近年来发展较快，广泛应用于宾馆、饭店、宿舍、游泳馆、美容院等制取热水的场合。热泵热水机主要采用 HCFC-22、HFC-134a 作为制冷剂，少部分采用 HFC-410a、HFC-407c 等作为制冷剂。

2020 年，我国热泵热水机国内销售额达到 16.3 亿元，同比下降了 16.5%。

（4）单元式空调机

单元式空调机涵盖的机种比较多，包括柜式空调机、屋顶式风冷空调（热泵）机组、风管送风式空调（热泵）机组、机房空调、洁净空调、医用空调、恒温恒湿机和除湿机等，该机型制冷量小到几千瓦，大到数百千瓦。它安装方便，使用灵活，因此应用广泛。单元式空调机主要采用 HCFC-22 作为制冷剂，部分采用 HFC-410a 作为制冷剂，少部分采用 HCFC-142b、HFC-407c 作为制冷剂。

2020 年，单元式空调机实现 137.2 亿元的市场规模，同比下降 18.1%。

（5）多联式空调（热泵）机组

一台或数台风冷室外机可连接数台不同或相同型式、容量的直接蒸发式室内机构成单一制冷循环系统，它可以向一个或数个区域直接提供处理后的空气。多联式空调（热泵）机组可实现室内机独立控制，具有使用灵活、占用安装空间较小、可不设专用机房等特点，应用在一部分商场、别墅、写字楼等场合。多联式空调（热泵）机组主要采用 HFC-410a 作为制冷剂。

2020 年，多联式空调（热泵）机组市场规模达到 552.1 亿元，同比增长 3.7%。

（6）冷冻冷藏设备和压缩冷凝机组

冷冻冷藏设备是用制冷方法冻结、贮藏易腐食品的设备。冷冻冷藏设备产品种类比较多，包括食品冷柜、运输冷藏设备、制冰设备、速冻装置、冻干设备、冷库、气调库、冷饮机等。压缩冷凝机组由压缩机，电动机、冷凝器及必要的辅助设备组成，大部分为制冷压缩机生产企业生产，部分由工程公司生产，购买压缩机做成压缩冷凝机组为工程配套使用。工商用冷冻冷藏设备和压缩冷凝机组主要采用 HCFC-22、NH₃ 作为制冷剂，部分采用 HFC-134a、HFC-404a 作为制冷剂。

冷库作为冷链物流的重要基础设施之一，在冷链需求不断增长的趋势下，全国冷库需求不断增长。截至 2020 年底，我国冷库总库容约为 5440 万吨，同比增长 7.7%；冷藏车销售量为 3.4 万辆，同比增长 17.1%。

1.2.2.2 行业制冷剂用量

根据 CRAA 测算，2012 年我国工商制冷行业制冷剂消费总量约 78360 吨，其中 HCFCs 制冷剂约 47060 吨；HFCs 制冷剂 23300 吨，包括 HFC-410a、HFC-134a、HFC-404a 等；消费的 NH₃ 制冷剂在 8000 吨左右¹。具体见表 1-1。

表 1-1 2012 年工商制冷行业各类产品制冷剂消费量

产品类型	HCFCs	HFCs	NH ₃	小计
小型冷水（热泵）机组	8700	800		9500
大中冷水（热系）机组	11510	6000		17510
热泵热水机	4600	700		5300
单元式空调机	16950	3400		20350
多联式空调（热泵）机组		11600		11600
工商用冷冻冷藏设备和压缩冷凝机组	5300	800	8000	14100
合计	47060	23300	8000	78360

在高增长模式下，基于能源消费情况与国家 GDP 构建模型，制冷剂消费增长可以分成两部分，一部分是与 GDP 增长率直接关联的，另一部分增长率符合高斯模型，因此可将预测的 GDP 增长速率应用到制冷剂消费的增长预期。根据世界银行的估计，中国 2015 年之后 GDP 的增长假设为 2016-2020 年按照 7% 增长，2021-2030 年按照 5.6% 增长。到 2030 年，国内工商制冷行业预计制冷剂消费总量将达到 17.8 万吨。从制冷剂消费增长的整个发展历程可划分三个阶段：起始发展期，高速增长期，饱和平稳期。2000 年之前属于起始发展期；从 2000 年至 2020 年，制冷剂消费进入了高速增长期；2020 年后增速降低，到 2050 年基本能达到饱和。

¹ 中国制冷空调工业协会. 中国工商制冷空调行业 HFCs 制冷剂使用趋势研究报告.

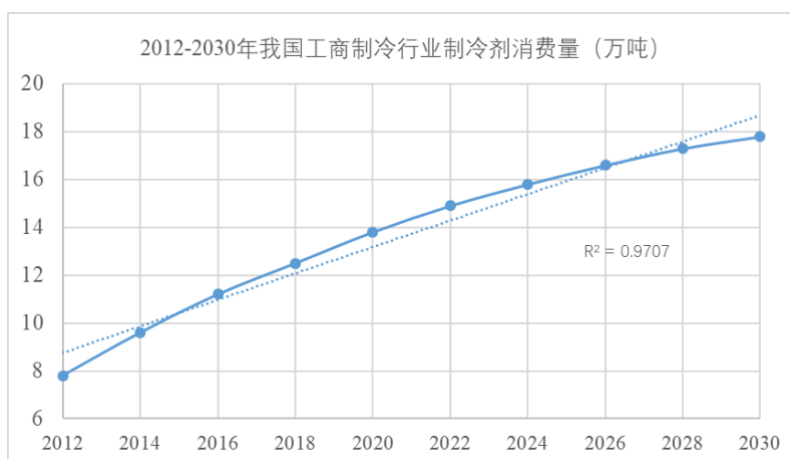


图1-4 2012-2030年我国工商制冷行业制冷剂消费量

1.2.3 汽车生产行业

1.2.3.1 行业生产概况

汽车是国民经济的重要支柱性产业，产业链长、涉及面广、带动性强、国际化程度高，在全球主要经济大国的产业体系中一直占据重要地位。

我国汽车产业历经七十余载的砥砺奋斗，已经建成全球规模最大、品类齐全、配套完整的汽车产业体系，成为制造强国建设的重要支撑，汽车产业在国民经济中的地位和作用持续增强，在稳增长、稳投资、稳就业、促消费方面发挥了重要作用。我国汽车产销量已连续12年蝉联全球第一。

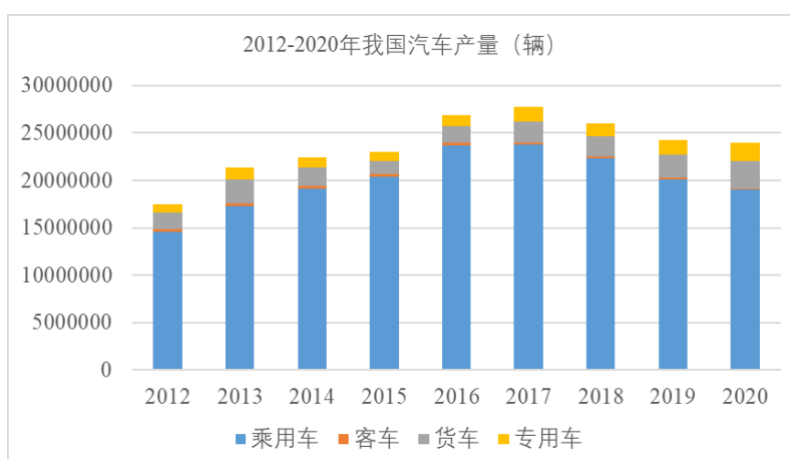


图1-5 2012-2020年我国汽车产量

根据中国汽车产业发展年报数据，如图1-5显示，2012-2020年我国汽车产量经历了两个阶段。从2012年至2017年，我国汽车产量从1748万辆逐年增长至2780万辆；从2017年至2020年，我国汽车产量从2780万辆逐年降低至2393万辆。乘用车在我国汽车生产中占据主要地位，产量比例在80%-88%之间。

1.2.3.2 行业制冷剂用量

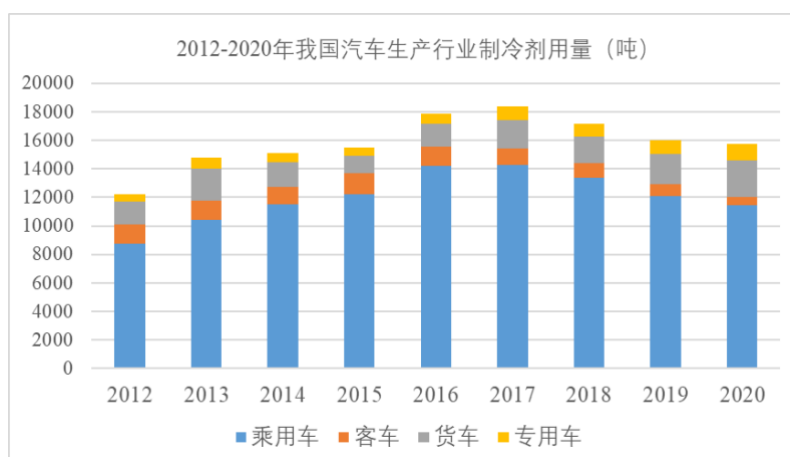


图 1-6 2012-2020 年我国汽车生产行业制冷剂用量

当前国内汽车产品空调系统制冷剂以 HFC-134a 为主，制冷剂加注量与系统设计、制冷量需求、管路连接长度、换热器数量有较大关系，不同空调系统制冷剂加注量存在较大差异。以乘用车每台 0.6 kg、客车每台 5 kg、货车每台 0.9 kg、专用车每台 0.6 kg 进行核算，2012-2020 年我国汽车生产行业消费制冷剂用量如图 1-6 所示。从 2012 年至 2017 年，我国汽车生产制冷剂用量从 12217 吨逐年增长至 18374 吨；从 2017 年至 2020 年，我国汽车生产制冷剂用量从 18374 吨降低至 15741 吨。

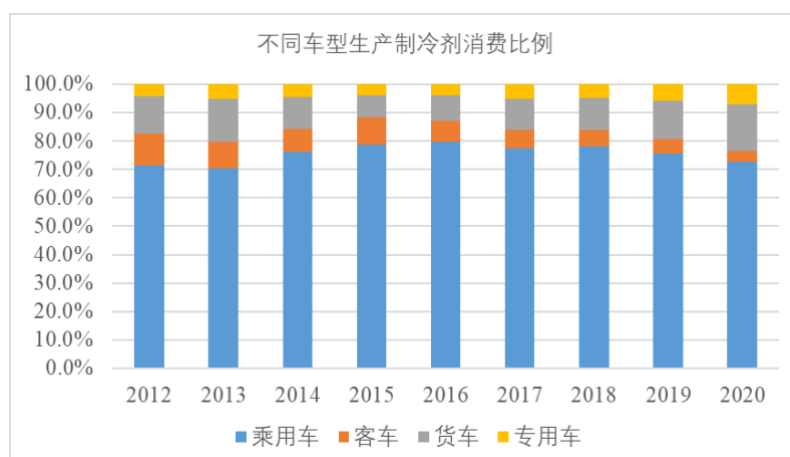


图 1-7 不同车型生产制冷剂消费比例

不同车型生产制冷剂消费比例如图 1-7 所示，乘用车生产在我国汽车制冷剂消费中占据主要地位，制冷剂使用比例在 70%-80% 之间；客车制冷剂使用比例在 4%-10% 之间；货车和专用车制冷剂使用比例分别在 8%-16% 以及 4%-7%。

1.2.4 行业汇总

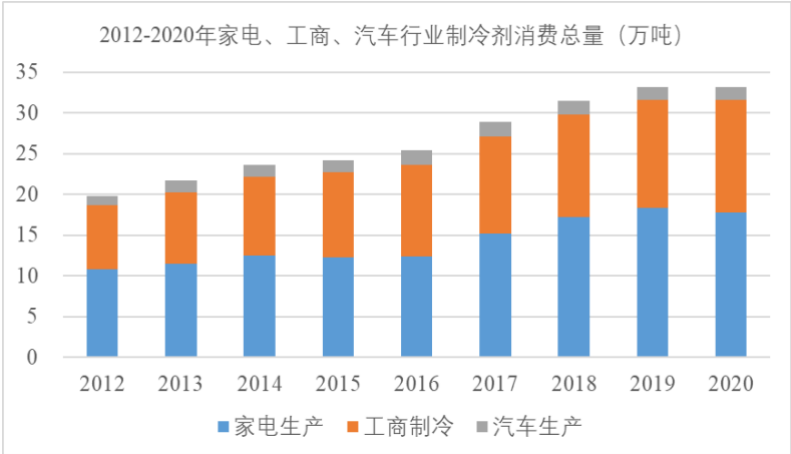


图 1-8 2012-2020 年家电、工商、汽车行业制冷剂消费总量

综合家电生产、工商制冷及汽车生产行业，制冷剂消费量从 2012 年的 19.9 万吨逐年上升至 2020 的 33.2 万吨，年增长率为 6.6%，具体如图 1-8 所示。

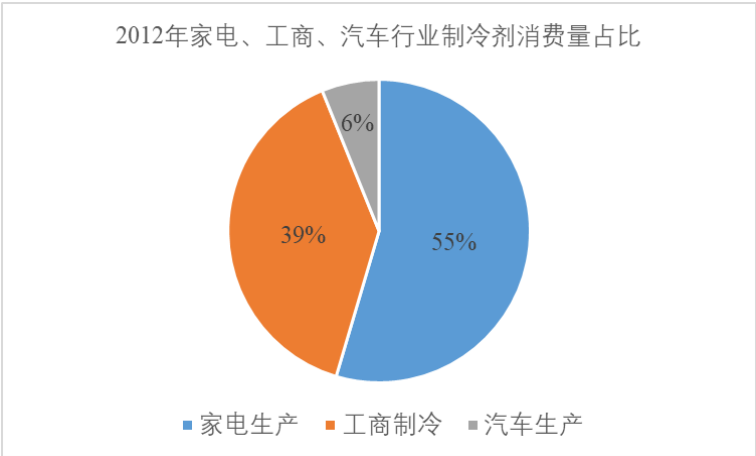


图 1-9 2012 年家电、工商、汽车行业制冷剂消费量占比

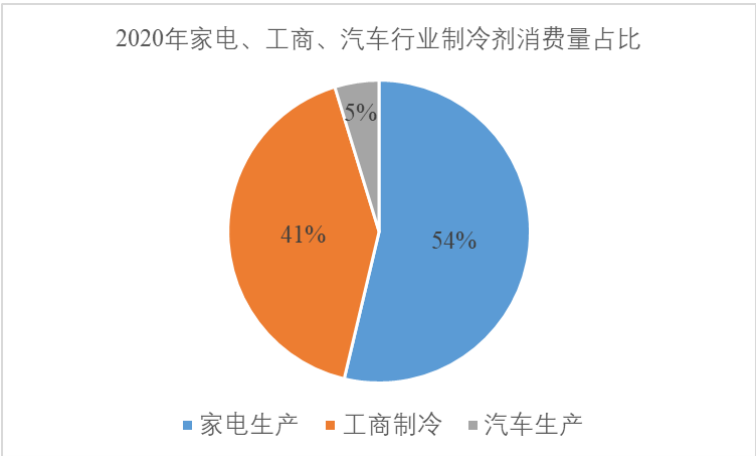


图 1-10 2020 年家电、工商、汽车行业制冷剂消费量占比

如图 1-9 及图 1-10 所示，2012 年家电生产行业制冷剂用量在三大行业中的

占比最高，为 55%；工商制冷行业和汽车生产行业制冷剂用量占比分别为 39% 和 6%。至 2020 年，家电生产、汽车生产行业制冷剂用量在三大行业中的占比均降低了一个百分点，分别为 54%和 5%；工商制冷行业制冷剂用量占比分别从 39% 提高到 41%。

1.3 制冷剂的报废

家用电器、汽车产品的使用日益广泛，在给人民群众生活带来方便的同时，更新淘汰下来的产品处置问题也随之而来。报废的家电、汽车产品富含可再生资源，有色金属、金、银等稀贵金属的含量远高于原矿石，制冷剂、再生塑料和其他产物的利用价值也较高。2009 年以前我国民间处置力量成为家用电器、汽车产品处理的中坚力量，拆解了大量的废弃电器和汽车，由于处理工艺不完善也浪费了大量资源，更为严重的是处理过程中缺乏环保设施，产生的废气、废水等对环境造成了不可逆转的伤害。废弃电器和汽车产品如何处理，如何避免环境风险成为亟待解决的课题¹。

1.3.1 家电行业制冷剂报废

1.3.1.1 家电报废总量

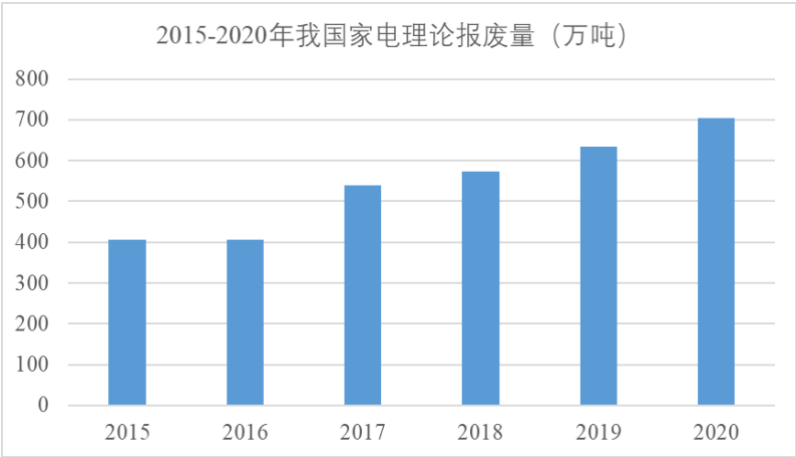


图 1-11 2015-2020 年我国家电理论报废量

中国家电研究院统计数据显示，自 2015 年以来，我国废弃家电理论报废重量呈逐年上升趋势，从 2015 年的 405.6 万吨上升至 2020 年的 703.6 万吨，年增长率超过 11.6%²。

1.3.1.2 空调报废量

¹ 高凯. 废弃电器电子产品回收处理行业发展建议[J]. 资源再生. 2020(04): 34-37.

² 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.

自 2015 年以来，我国空调理论报废量呈逐年上升趋势，其中数量从 2015 年的 2432 万台上升至 2020 年的 3884 万台，年增长率超过 9.8%；质量从 2015 年的 74.8 万吨增长至 2020 年的 148.4 万吨，年增长率为 14.7%。

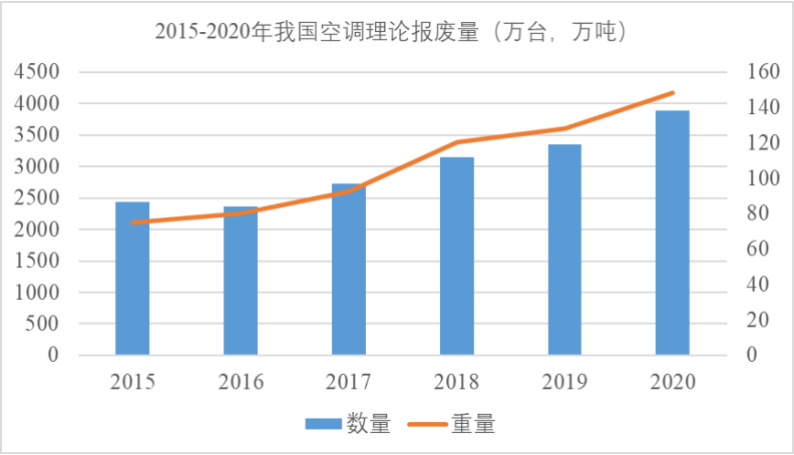


图 1-12 2015-2020 年我国空调理论报废量

1.3.1.3 冰箱报废量

自 2015 年以来，我国冰箱理论报废量呈总体上升趋势，其中数量从 2015 年的 1705 万台上升至 2020 年的 3695 万台，年增长率超过 16.7%；质量从 2015 年的 75.3 万吨增长至 2020 年的 160 万吨，年增长率为 16.3%。

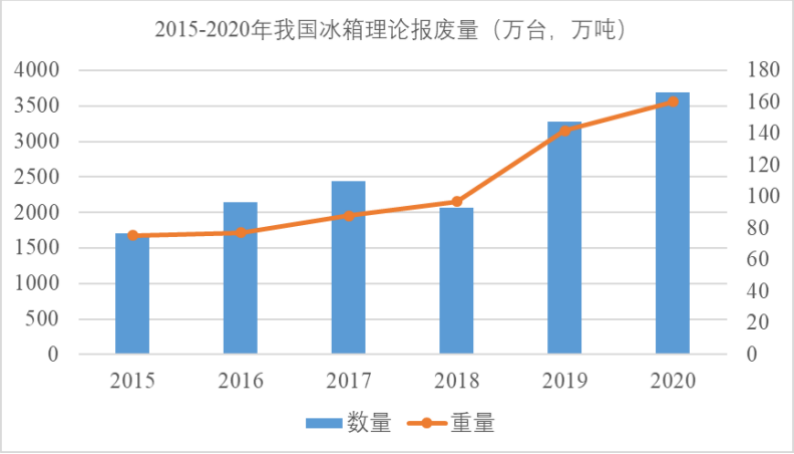


图 1-13 2015-2020 年我国冰箱理论报废量

1.3.1.4 制冷剂报废量

根据废弃电器电子产品制冷剂回收技术规范（T/CACE 023-2020），我国家用空调、冰箱制冷剂平均充注量分别按 0.8 kg 和 0.11 kg，正常使用状态下制冷剂逸散系数分别按 15%和 0.3%计算，如图 1-14 所示，我国家电制冷剂理论报废量从 2015 年的 18407 吨上升至 2020 年的 30462 吨，年增长率为 10.6%。其中，空调的报废量从 2015 年的 16538 吨上升至 2020 年的 26410 吨，年增长率为 9.8%；

冰箱的报废量从 2015 年的 1870 吨上升至 2020 年的 4052 吨,年增长率为 16.7%。空调报废制冷剂占家电报废总制冷剂的比例为 87%-90%; 冰箱报废制冷剂占家电报废总制冷剂的比例为 10%-13%。

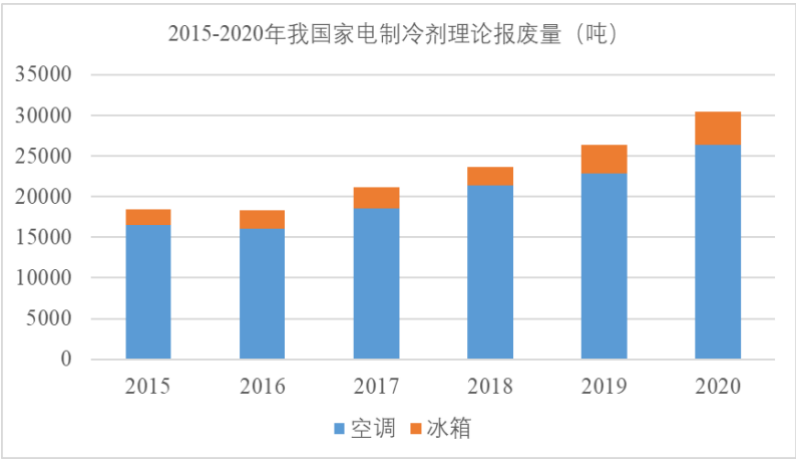


图 1-14 2015-2020 年我国家电制冷剂理论报废量

1.3.2 汽车行业制冷剂报废

1.3.2.1 汽车报废量

根据公开数据整理,从 2012-2020 年,我国汽车报废量从 335 万辆逐年上升至 1851 万辆, 年增长率超过 23.8%¹。

据公安部统计,2020 年全国机动车保有量达 3.72 亿辆²。虽然我国报废汽车数量近两年大幅增长,但报废率平均仅为保有量的 5%左右,低于发达国家的 7%;回收拆解率更是只有保有量的 0.6%,远低于发达国家的 5%-6%。

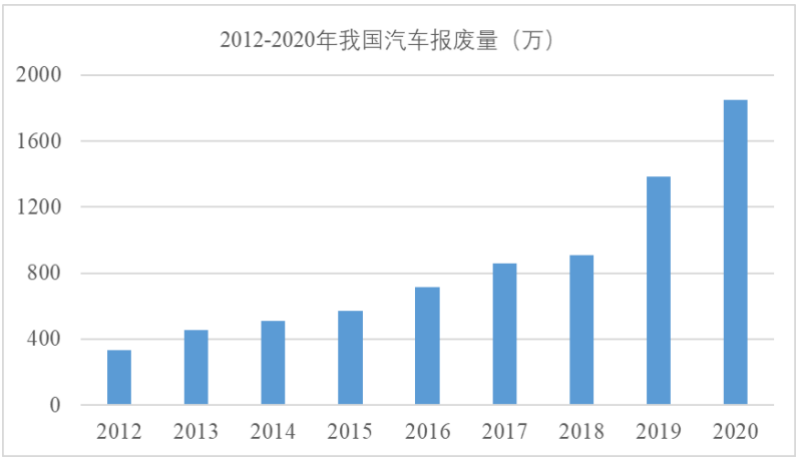


图 1-15 2012-2020 年我国汽车报废量

1.3.2.2 制冷剂报废量

¹ https://www.sohu.com/a/133930391_200899.

² <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1688550005034063010&wfr=spider&for=pc>.

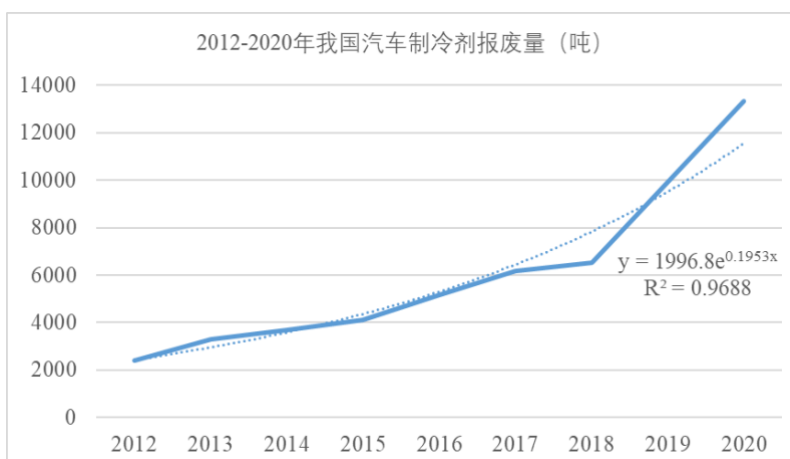


图 1-16 2012-2020 年我国汽车制冷剂报废量

以单车按加注量 0.72kg 计算，如图 1-16 所示，从 2012 年至 2020 年，我国汽车制冷剂报废量用量从 2412 吨逐年增长至 13327 吨，年增长率近 24%。2009 年国家推出四万亿投资，出台小排量车购置税减免、以旧换新、汽车下乡等多项刺激政策，我国汽车销量大幅攀升，其中 2009 年涨幅 47.5%，我国汽车产销量首次超越美国，跃居全球第一。以我国汽车报废年限 15 年计算，未来 2 年我国汽车制冷剂报废量还将显著提高。

1.3.3 工商制冷行业制冷剂报废

目前，国内尚未开展过工商制冷行业制冷剂消费与报废统计。基于行业内部调研、交流及统计，以超 1000 万人口城市每年工商制冷行业制冷剂报废量 1000 吨，100-1000 万人口城市每年工商制冷行业制冷剂报废量 100 吨，100 万以下人口城市每年工商制冷行业制冷剂报废量 10 吨进行估算，结果如表 1-2 所示。

截至 2021 年 4 月，我国共有超 1000 万人口城市 17 座（重庆、上海、北京、成都、天津、广州、深圳、保定、武汉、石家庄、哈尔滨、苏州、临沂、杭州、郑州、西安和南阳）¹，超 100 万人口城市 17 座 93 个，100 万以下人口城市 579 座（全国以直辖市 4 个，地级市 293 个，县级市 375 个，城市总数 672 计算）²。统计得到 2020 年我国 2020 年工商制冷行业制冷剂报废量 3.04 万吨。

表 1-2 2020 年工商制冷行业制冷剂报废量估算

城市类型	城市数量 (座)	制冷剂报废量 (吨/座)	小计 (吨)
人口>1000 万	17	1000	17000

¹ <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1682352735682951407&wfr=spider&for=pc>.

² <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1697524253594450410&wfr=spider&for=pc>.

100 万<人口<1000 万	76	100	7600
人口<100 万	579	10	5790
合计	672		30390

1.3.4 行业汇总

综合家电报废、工商制冷及汽车报废行业，2020 年制冷剂报废总量为 7.4 万吨，其中家电行业报废 3.05 万吨，占比 41.1%；工商制冷行业报废 3.04 万吨，占比 41.0%；汽车行业报废 1.33 万吨，占比 18%。具体结果如图 1-17 所示。

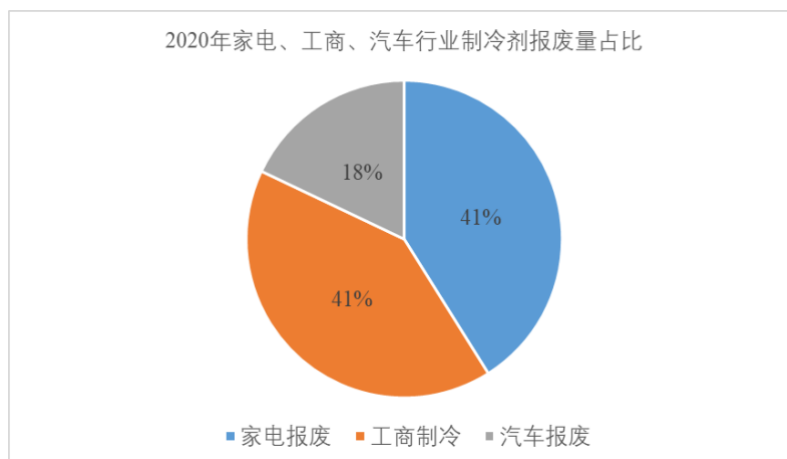


图 1-17 2020 年家电、工商、汽车行业制冷剂报废量占比

1.4 制冷剂的回收

1.4.1 制冷剂回收的意义

随着含制冷剂产品逐步达到使用报废年限，这些报废家用电器、汽车及工商制冷产品中所含制冷剂的妥善回收与处置也尤为重要。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客观全面的认识，回收意识有待加强。

（1）产生温室气体减排效益

制冷剂 GWP 值普遍为 2000-3000，回收再生 1 kg 制冷剂就相当于减排 2-3 吨 CO₂。美国环保署、日本经济产业省、欧盟环境署各自评估，2019 年制冷剂回收温室气体减排量分别为 230 万吨、299 万吨和 504 万吨¹²³。按本报告统计的国内现有回收水平（空调 161 g/台、冰箱 2.29 g/台，详见 3.1.3），我国 2019 年温室气体减排量分别是美国、日本、欧盟的 4.3、3.3 和 2.0 倍；如达到《废弃电器

¹ <https://www.eea.europa.eu/publications/fluorinated-greenhouse-gases-2020>.

² https://www.meti.go.jp/english/press/2020/0831_002.html.

³ <https://www.epa.gov/rad/program-results>.

电子产品制冷剂回收技术规范》(T/CACE 023-2020) 1 级要求 (空调 388 g/台, 冰箱 14.7 g/台), 我国温室气体减排量将分别达到美国、日本、欧盟的 10.6、8.2 和 4.9 倍。

(2) 缓解配额削减压力

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。在我国, CFC-12 已于 2007 年全面淘汰; 在 2007 年 9 月份召开的《蒙特利尔议定书》第 19 届缔约方大会上, 国际社会又进一步达成了“加速淘汰 HCFCs”的调整案, 该调整案规定: 对于议定书第 5 条款缔约方 (即通常所说的中国等发展中国家), 其 HCFCs 消费量与生产量选择 2009 年与 2010 年的平均水平作基准线, 在 2013 年将消费量与生产量冻结在此基准线上, 到 2015 年削减 10%, 到 2020 年削减 35%, 到 2025 年削减 67.5%, 到 2030 年完成全部淘汰, 具体如图 1-18 所示。积极开展制冷剂回收和再利用工作, 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。



图 1-18 我国 HCFCs 类物质淘汰进程

(3) 降低环境、安全风险

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 1 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 类易燃气体, 具体如表 1-3 所示。

由于具有较高的环境、安全风险，多种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。

表 1-3 常用制冷剂危害属性

名称	英文缩写	CAS	中国	日本	管控清单
二氟一氯甲烷	HCFC-22	75-45-6	加压气体 严重眼损伤/眼刺激, 类别 2B 生殖毒性, 类别 1B 特异性靶器官毒性-一次接触, 类别 3 (麻醉效应) 危害臭氧层, 类别 1	加压气体, 液化气体 严重眼损伤/刺激, 类别 2B 生殖毒性, 类别 2 特异性靶器官毒性-一次接触, 类别 1 (中枢神经系统, 心血管系统), 类别 3 (麻醉效应) 危害臭氧层, 类别 1	美国-TRI 美国-马萨诸塞州有毒物质清单 日本-化审法优先评估物质 日本-PRTR 加拿大 NPRI
二氟二氯甲烷	CFC-12	75-71-8	加压气体 特异性靶器官毒性-反复接触, 类别 1 危害臭氧层, 类别 1	加压气体, 液化气体 特异性靶器官毒性-一次接触, 类别 3 (麻醉效应) 危害臭氧层, 类别 1	美国-TRI 美国-马萨诸塞州有毒物质清单 日本-PRTR 加拿大 NPRI
二氟甲烷	HFC-32	75-10-5	易燃气体, 类别 1 加压气体		
五氟乙烷	HFC-125	354-33-6		加压气体, 低压液化气体	
四氟乙烷	HFC-134A	811-97-2		加压气体, 低压液化气体 特异性靶器官毒性-一次接触, 类别 3 (麻醉效应)	
三氟乙烷	HFC-143A	420-46-2 27987-06-0	易燃气体, 类别 1 加压气体	易燃气体, 类别 1 加压气体, 低压液化气体 危害臭氧层, 类别 1	

异丁烷	R600A	75-28-5	易燃气体，类别 1 加压气体，低压液化气体 生殖细胞致突变性，类别 1B 致癌性，类别 1A 生殖毒性，类别 1B 特异性靶器官毒性-一次接触，类别 1 (呼吸系统)，类别 3 (麻醉效应)"	欧盟-禁用农药助剂 加拿大现有物质名录 CMR 物质
-----	-------	---------	--	----------------------------------

TRI: 污染物释放与转移登记计划清单

PRTR: 关于掌握特定化学物质环境释放量以及促进改善管理的清单

NPRI: 污染物释放登记与转移制度清单

CMR: 致癌(Carcinogenic)、突变(Mutagenic)、有生殖毒性(Toxic to Reproduction)物质

综上所述，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。

1.4.2 制冷剂回收的政策

1.4.2.1 公约要求

《公约》缔约方大会、《蒙特利尔议定书》缔约方大会以及不受限制的工作小组会议（OEWG）决议中多次提及受控物质回收问题，按时间排序，如下表1-4所示。其中，2011年前的决议多为原则性限定，2011年后的决议多围绕哈龙回收进行约束。

2011年前的决议中主要内容如下：

- ✓ 明确回收、再循环、再生概念；
- ✓ 鼓励回收受控物质；
- ✓ 以前用过的控制物质可不计入进口或者出口消费量；
- ✓ 拥有再生设备的缔约国定期提交再生设施及其能力的清单；
- ✓ 出口国需为再生物质进行标识。

2011年后的决议中主要内容如下：

- ✓ 无法确定可在民用航空等领域持续加以利用的回收的、再循环的或再生的哈龙数量；
- ✓ 个别国家已回收哈龙，但不具备再循环和销毁设施，因此能否出口回收的哈龙至关重要；
- ✓ 回收哈龙的供应可能不足以满足民用航空的未来需求；
- ✓ 鼓励各缔约方在考虑到其本国和全球对哈龙的未来长期需求之前，不要销毁未受污染的回收的、再循环的或再生的哈龙；
- ✓ 必须从所有相关组织和缔约方获得更多的关于所有可用哈龙库和库存的信息。

表 1-5 公约关于受控物质回收的描述

会议	时间	描述
4th MOP	Nov 1992	对下列名词定义进行澄清： Recovery: 指在机械、设备、密封容器进行维修过程中或在它们被废弃之前将控制物质加以收集和储存； Recycling: 指通过一项基本净化过程，例如过滤或者干燥，将回收的控制物质加以再循环。就制冷剂而言，再循环通常涉及就地将在循环的物质再充入设备内； Reclamation: 指将一项回收的控制物质通过一些机制，例如过滤、干燥、蒸馏和化学处理等加以再处理和提高质量，以使该物质恢复符合规定的作业标准。再生往往涉及在异地的设施中进行这种加工。 促请所有缔约国采取一切实际可行措施，以防止将控制物质释放到大气中，这些措施包括： （a）采取措施，为再循环、再生或销毁目的，在维修和保养时以及在设备拆卸或处置前，回收下列设备所含有的议定书附件 A、B 和 C 所列控制物质； 1、固定的商业和工业制冷和空调设备； 2、移动制冷设备； 3、消防系统； 4、含有溶剂的清洁设备； （b）尽可能减少在制造、安装、运作和维修时从商业和工业空调和制冷系统中逸出的制冷剂； （c）在经济上可行且有利于环境的情况下销毁无用的 ODS。
6th MOP	Oct 1994	1、重申唯有以前用过的控制物质可不计入进口或者出口此类物质的国家的计算消费量。 2、不将此类物质计入一缔约国的计算消费量的条件是必须向秘书处汇报这类物质的进出口情况，各缔约国应尽力及时汇报这一情况。 3、请所有拥有再生设备的缔约国在 COP7 以及其后每年向秘书处提交一份它们国家现有的再生设施及其能力的清单。 4、请所有出口以前用过的物质的国家采取适当步骤，确保给这些物质贴上正确标签且与其所声明的性质相符，并通过秘书处向 COP7 报告任何有关的活动。

		5、请此类出口国尽力要求本国的公司在伴随此类出口货物的文件中列入以前用过受控物质的来源公司名称，并说明此种物质是否属于回收、再循环或再生物质以及任何其他现有资料，使人们能够核查此类物质的性质。
14th MOP	Nov 2002	注意到以往决议中与“使用过的受控物质”相关的术语，例如“recovered”，“recycled”和“reclaimed”没有统一使用，可能会被误解。敦促各缔约方从现在开始，在未来的决定中准确使用与“使用过的受控物质”相关的术语。
31st OEWG	Aug 2011	在印度，回收后的哈龙往往没有经过适当的净化和测试就被售出。 在中国，回收后的哈龙已被列为不可再使用的危险废物，但回收公司无意将其作为危险废物进行管理。
8th COP - 22nd	Nov 2011	只有当现有库存或回收甲基溴不能从数量和质量上充分满足甲基溴需要时，才允许针对关键用途生产和消费甲基溴。
32nd OEWG	Jul 2012	现有的销毁废物分类做法仍是确定回收工作是否在经济上可行的关键驱动力。
24th MOP	Nov 2012	亟需找到甲基溴在某些特定用途的替代品，应对回收和再利用系统予以完善。
33rd OEWG	Jun 2013	一些正在兴起的碳市场（如加利福尼亚）正在为回收和销毁提供激励。 中东地区的哈龙回收和储存仍然存在问题，有报告显示退役的哈龙是被储存而非回收。
34th OEWG	Jul 2014	考虑到制冷剂的回收以及制冷和空调设备的维修和养护的整体成本。 尽管已努力对那些回收的、再循环的或再生的哈龙的可得库存规模进行评估，但目前仍无法确定可在民用航空等领域持续加以利用的回收的、再循环的或再生的哈龙数量。 《蒙特利尔议定书》允许进口和出口回收的、再循环的或再生的哈龙，而且技术和经济评估小组还发现，目前对回收的、再循环的或再生的哈龙库存的分配情况可能与对此类库存的预期需求情况不相契合。
10th COP - 26th MOP	Nov 2014	个别国家已回收哈龙，以便尽可能重新利用，但不具备再循环和销毁设施，因此能否出口回收的哈龙至关重要。 全球已于 2009 年完全停止为受控用途生产哈龙，但尤其是民用航空领域内的某些其余用途在消防安全方面仍继续依赖回收的、再循环的或再生的哈龙库存。
36th OEWG	Jul 2015	行业目前生产的飞机，在其使用期限内回收哈龙 1301 可能供应不足。

27th MOP	Nov 2015	若干代表借此机会，列举了他们希望看到列入下一个四年期评估范围内的领域，包括拟议替代品物质的回收、再循环、储存、处置及销毁。
38th OEWG	Jul 2016	一些国家缺乏哈龙回收设施，因此被迫出口仍在产生哈龙排放的物质。 缔约方需要多边基金的支助，以协助它们管理和处置废弃制冷剂。虽然多边基金目前不为此提供支助，但小岛屿发展中国家和缺乏对这些物质进行回收、再循环、销毁所需资源的其他缔约方非常希望在本次会议上进一步讨论该事项。 回收哈龙的供应可能不足以满足民用航空的未来需求。
28th MOP	Oct 2016	对于维护保养部门：鼓励氢氟碳化合物的再循环和回收。
39th OEWG	Jul 2017	几乎所有用于检疫和装运前用途的甲基溴都排放到大气层，虽然有可用的回收系统，但往往没有使用。
11th COP - 29th MOP	Nov 2017	邀请缔约方自愿重新评估本国的进出口限制，以便协助进口和出口回收、再循环或再生哈龙，管理这些哈龙的库存。 全球已于 2009 年完全停止为受控用途生产哈龙，但在可预见的未来，在民用航空领域等某些其余用途在消防安全方面将继续依赖回收的、再循环的或再生的哈龙库存。 鼓励各缔约方在考虑到其本国和全球对哈龙的未来长期需求之前，不要销毁未受污染的回收的、再循环的或再生的哈龙，并考虑采用最佳的存储和维护做法以尽量减少排放的方式保存未受污染的回收的、再循环的或再生的哈龙，以用于预期的未来需求。
40th OEWG	Jul 2018	只要用过的哈龙可以得到充分净化，则在航空界使用这种回收物质是明智之举。 关于哈龙的问题，一位代表敦促所有缔约方继续致力于哈龙的收集和回收，评估商船上安装的哈龙数量，以及从拆船活动中回收的哈龙数量和质量，以更新关于哈龙未来可得性的报告。
MOP30	Nov 2018	必须从所有相关组织和缔约方获得更多的关于所有可用哈龙库和库存的信息，以确保这些哈龙被回收、再使用和跨境转移以满足今后的需求。
41st OEWG	Jul 2019	到 2020 年，泡沫塑料中的大部分臭氧消耗物质发泡剂难以从垃圾填埋场中回收，为发泡剂回收的经济合理性再添挑战。

		从消防应用中回收的氢氟碳化物可满足现有消防设备维修所需氢氟碳化物的 75%。 由于安装有哈龙 1301 灭火系统的商船即将达到使用年限，在这些商船退役后，灭火系统中的部分哈龙 1301 可回收并重新用于其他应用。 哈龙技术选择委员会将继续与海事组织合作，预计将来可回收和再利用的数量。
MOP31	Nov 2019	许多代表介绍了其本国在多边基金和执行机构的协助下为逐步淘汰臭氧消耗物质、执行其含氢氯氟烃管理计划的各个阶段开展的工作。概述了一系列广泛的活动，包括空调部门的制冷剂回收和再循环。
COP12	Nov 2020	哈龙技术选择委员会指出，无法预测今后对哈龙的需求如果各组织销毁而不是回收哈龙，哈龙可能会更快耗尽。 甲基溴的排放是由许多因素造成的，正在通过回收来努力减少其排放。

1.4.2.2 国内政策

(1) 大气污染防治法

第八十五条 国家鼓励、支持消耗臭氧层物质替代品的生产和使用，逐步减少直至停止消耗臭氧层物质的生产和使用。

国家对消耗臭氧层物质的生产、使用、进出口实行总量控制和配额管理。

(2) 消耗臭氧层物质管理条例

第十九条 从事含消耗臭氧层物质的制冷设备、制冷系统或者灭火系统的维修、报废处理等经营活动的单位，应当向所在地县级人民政府环境保护主管部门备案。

专门从事消耗臭氧层物质回收、再生利用或者销毁等经营活动的单位，应当向所在地省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门备案。

第二十条 从事含消耗臭氧层物质的制冷设备、制冷系统或者灭火系统的维修、报废处理等经营活动的单位，应当按照国务院环境保护主管部门的规定对消耗臭氧层物质进行回收、循环利用或者交由从事消耗臭氧层物质回收、再生利用、销毁等经营活动的单位进行无害化处置。

从事消耗臭氧层物质回收、再生利用、销毁等经营活动的单位，应当按照国务院环境保护主管部门的规定对消耗臭氧层物质进行无害化处置，不得直接排放。

第二十一条 从事消耗臭氧层物质的生产、销售、使用、回收、再生利用、销毁等经营活动的单位，以及从事含消耗臭氧层物质的制冷设备、制冷系统或者灭火系统的维修、报废处理等经营活动的单位，应当完整保存有关生产经营活动的原始资料至少 3 年，并按照国家环境保护主管部门的规定报送相关数据。

(3) 绿色高效制冷行动方案

积极推动制冷剂再利用和无害化处理，并严格控制制冷剂的泄漏和排放。

加大对制冷产品回收处理的监管，规范废旧制冷产品和制冷剂的回收、拆解和再利用。

(4) 消耗臭氧层物质和氢氟碳化物环境管理“十四五”规划

重点支持开展受控物质生产、销售、使用、回收、再生利用或销毁的全生命周期研究等科技投入。

1.4.3 制冷剂回收概况

1.4.3.1 回收总量

我国制冷剂回收产业发展迅速，但仍落后于发达国家。近年来欧盟制冷剂回收量已突破万吨，美国和日本的回收量也分别超过 7000 吨和 6000 吨。我国制冷剂回收量 2015 年仅 113 吨，随着生态环境部相关管理力度加强，至 2021 年制冷剂回收量增长率近 50%。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。

1.4.3.2 回收比例

欧盟要求含有 ODS 和 GWP 大于 15 的报废产品在处理前，必须将制冷剂回收，针对 CFCs、HCFCs 和 HFCs 制冷剂回收率应大于等于预期量的 90%，从聚氨酯泡沫中分离出的 CFCs、HCFCs 和 HFCs 发泡剂回收率应当大于等于预期量的 90%，且处理后的聚氨酯中 CFCs、HCFCs 和 HFCs 的含量应小于 0.2%¹；美国环保署要求任何从事小电器修理或处理的人员，必须回收 80%-90%的制冷剂（根据电器的生产年代和制冷系统的使用状况）。目前国内制冷剂回收水平在 165 克/台和 2.3 克/台左右，在考虑制冷剂在正常使用状态下逸散的因素下，目前空调和冰箱制冷剂回收比例仅为 40%和 14%。

1.5 制冷剂的再生

目前，回收后制冷剂的处理处置方式包含再生和销毁两种。其中，再生又分为蒸馏再生及简易再生两种技术。蒸馏再生技术产品纯度高，通常可达到 99.5% 以上；而简易再生处理后制冷剂的纯度仅能达到 98%左右。但是，受限于投资成本，目前国内制冷剂再生企业多采用简易再生技术，其工艺流程如图 1-19 所示，主要包括以下步骤。

（1）预处理，再生企业检测（第一次）接收到的制冷剂，根据检测结果将同类型制冷剂集中储存；

（2）除油及杂质，通过气相回收法去除制冷剂中的油和杂质；

（3）检测（第二次），测定纯度，确认再生后用作制冷剂或发泡剂；

（4）除气，通过气相快速导出法去除不凝性气体；

（5）除水，通过分子筛吸水技术去除水分；

¹ 王海涛. 制冷剂高效回收与创新模式[J]. 家电科技. 2019(2): 101-103.

- (6) 检测（第三次），确认是否达到制冷剂产品标准；
- (7) 贮存，制冷剂充注入同类型产品储罐。

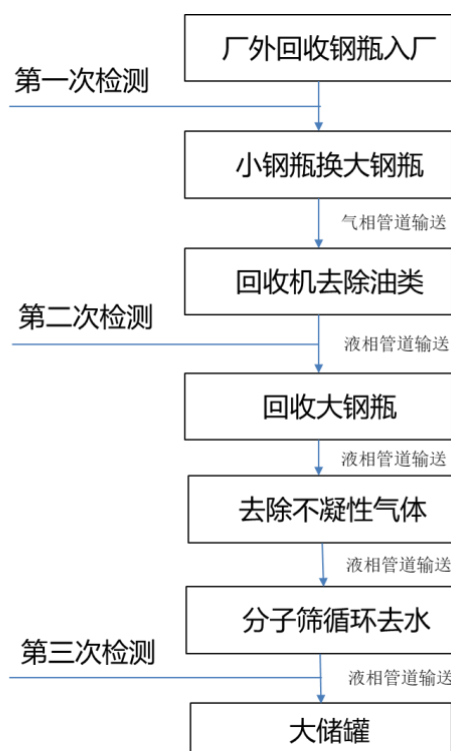


图 1-19 制冷剂简易再生流程图

单质制冷剂通过以上处理达标即可被再利用；混合制冷剂如只是配比不合格的进行再次混配合格后亦可被再利用；单质不合格和混合制冷剂不能再次进行混配的用作挤塑板行业（XPS）发泡剂。

1.6 本章小结

(1) 制冷剂的发展依次经历了氯氟烃、含氢氯氟烃、氢氟碳化物和氢氟烯烃四代技术变革。目前发达国家已全面淘汰 HCFCs 的使用；我国是世界上最大的制冷剂生产、消费和出口国，HCFCs 制冷剂正处于淘汰期。

(2) 从制冷剂的消费方面看，家电生产、工商制冷及汽车生产行业是制冷剂重点使用领域，制冷剂消费总量从 2012 年的 19.9 万吨逐年上升至 2020 的 33.2 万吨，年增长率为 6.6%。其中家电生产行业制冷剂用量在三大行业中的占比最高，2020 年的比例为 54%；工商制冷行业及汽车生产行业制冷剂用量占比分别为 41%和 5%。

(3)从制冷剂的报废方面看，我国家电制冷剂理论报废量从 2015 年的 18407 吨上升至 2020 年的 30462 吨，年增长率为 10.6%。综合家电报废、工商制冷及

汽车报废行业，2020 年制冷剂报废总量为 7.4 万吨，其中家电行业报废 3.05 万吨，占比 41.1%；工商制冷行业报废 3.04 万吨，占比 41.0%；汽车行业报废 1.33 万吨，占比 18%。

（4）制冷剂回收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”，我国陆续出台相关政策及制度要求，制冷剂回收产业发展迅速，但回收总量及回收比例依然明显落后于发达国家。

第二章 国外制冷剂回收再用管理制度

国际上先后达成《关于保护臭氧层的维也纳公约》、《蒙特利尔议定书》等以保护全球大气环境，促进消除制冷剂带来的环境风险。

近年来，国际社会十分重视废制冷剂的回收利用和无害化处理处置相关问题。日本、美国、以及欧盟等发达国家和地区对于制冷剂类物质的回收以及处置技术相对比较明确，形成了从报废、收集、运输和处理处置全过程的规范化管理体系及管理制度。有效借鉴日本、美国、欧盟制冷剂回收再用管理模式有利于我国在制冷剂管理和控制方面的进一步提升。

2.1 日本制冷剂的回收再用

1988年，日本制定《限制特定物质臭氧层保护法》。随着《蒙特利尔议定书》不断修正，日本的《限制特定物质臭氧层保护法》也经过了多次修订，并加快了削减进程。近年来，日本制冷剂回收量逐渐上升，目前每年制冷剂的回收量在5000吨左右，其中年再生量超过1000吨，占日本每年制冷剂回收量的20%。

2.1.1 政策法规

表2-1 日本碳氟化合物相关政策法规

年份	政策法规
1987	批准《蒙特利尔议定书》
1988	为了推动制造商、进口商减少碳氟化合物的生产和消耗，发布《臭氧层保护法》
1989	公布《特定氟利昂的排放控制使用合理化指南》和《特定氟利昂生产及进口规定》
1991	通过对特定物质等的规定，对《臭氧层保护法》进行部分修改（1991 年第 69 号法令）
1995	实现 CFC 生产完全淘汰
1998	发布《家电回收法》
2001	发布《碳氟化合物回收及销毁法》，替代《臭氧层保护法》
2002	发布《汽车回收法》
2007	第一次修订《碳氟化合物回收及销毁法》
2009	修订《家电回收法》和《汽车回收法》（2009 年第 61 号法令）
2013	6 月开始第二次修订《碳氟化合物回收及销毁法》
2015	将《碳氟化合物回收及销毁法》更名为《碳氟化合物合理使用及妥善管理法》。于 2015 年 4 月 1 日实施。该法案旨在提供碳氟化合物全生命周期的管理模式，包括对使用碳氟化合物的商用制冷设备和空调开

	展周期性的核查，并在其报废时回收碳氟化合物
2018	批准《〈蒙特利尔议定书〉基加利修正案》
2019	对《碳氟化合物合理使用及妥善管理法》进行修订，进一步加强设备管理者的责任（令和元年法律第二十五号）

为加强碳氟化合物控制，保护臭氧层，应对气候变化，日本政府自上世纪 90 年代发布了一系列法律规章。

1988 年，日本制定《限制特定物质臭氧层保护法》；1998 年公布了《特定家庭用机器再商品化法》（简称《家电回收法》）；2001 年颁布了《碳氟化合物回收及销毁法》；2002 年颁布了《汽车回收法》；2015 年将《碳氟化合物回收及销毁法》更名为《碳氟化合物合理使用及妥善管理法》，至此建立了在家电、汽车和工商制冷行业中规范开展制冷剂回收和处理处置的法律体系。

（1）《家电回收法》



图 2-1 《家电回收法》管理要求

该法规的核心内容是：家电生产企业必须承担回收和利用废弃家电的义务，家电销售商有回收废弃家电并将其送交生产企业再利用的义务，消费者也有承担

家电处理、再利用的义务。具体运作流程为：当丢弃产品（如冰箱、洗衣机、空调等）前，用户必须委托已注册的回收企业对制冷剂进行回收，索要制冷剂回收证书；家电销售商有义务回收本店卖出的待报废家电，消费者将废家电交给销售商时需出具制冷剂回收证书，同时需要支付一定的处理费用，用于废家电的收集、运输和再生，如丢弃一台家用冰箱约需支付约 250 元人民币；随后要求家电销售商出具一张“家电回收票”粘贴在报废家电上，并可通过该票追踪家电的回收处置。制冷剂经回收企业收集后统一处理处置。《家电回收法》中关于制冷剂的回收条款详见附录 2-1。

(2) 《汽车回收法》



图 2-2 《汽车回收法》管理要求

车载空调管理依据是 2002 年公布的《汽车回收法》。该法明确规定了机动车主回收空调制冷剂的责任、费用支付机制，回收处置方的资质要求和所有过程的信息上报汇总要求。该法要求，报废机动车在拆解前必须回收制冷剂；报废机动车应交给制冷剂回收机构按照相关标准回收制冷剂，随后进行再生或交付给车辆制造商；制冷剂回收机构要求车辆制造商支付制冷剂回收费；制冷剂回收机构

应在当地进行注册登记，并定期报告回收和再利用的制冷剂数量。

具体运作流程为：机动车主需要为自己购买的汽车额外支付一笔回收费。回收费包括 5 项费用：汽车残渣破碎费（Automobile Shredder Residue, ASR）、制冷剂处理费、安全气囊处理费、资金管理费和信息管理费。回收费有三种支付方式：一是在买车时交给经销商；二是在年审时交给交通局；三是在车辆废弃时交给在地方政府注册的回收商（如经销商或维修厂）。报废汽车被统一运送至制冷剂回收机构进行制冷剂回收，然后进入拆解厂拆解，最后进行破碎处理。《汽车回收法》中关于制冷剂的回收条款附录 2-2。

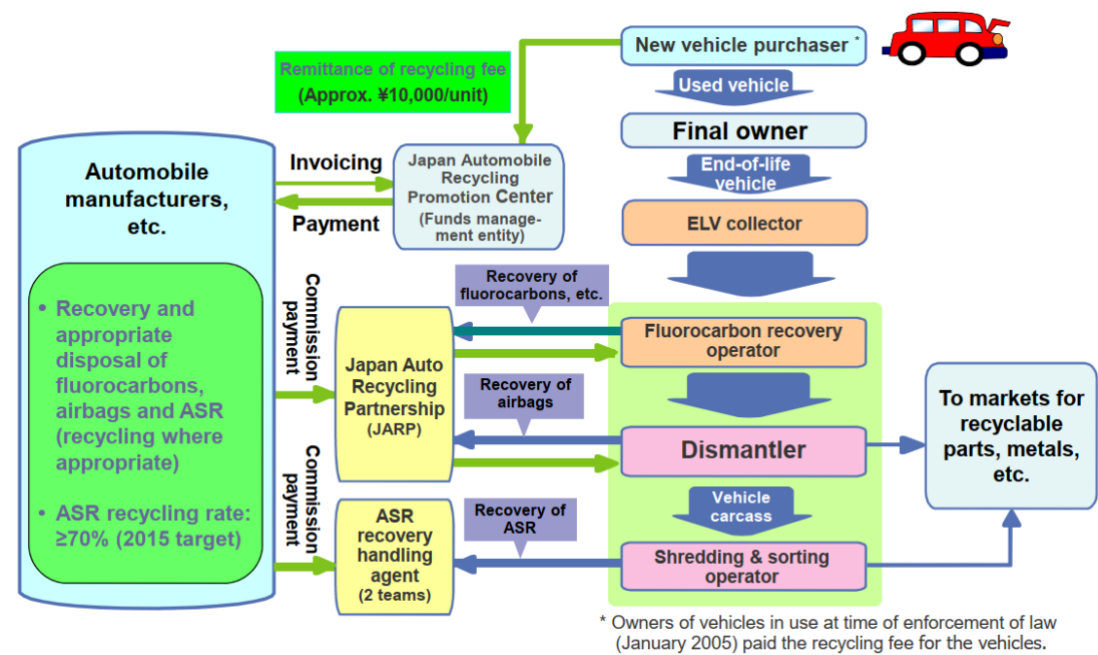


图 2-3 日本机动车报废流程

(3) 《碳氟化合物合理使用及妥善管理法》

该法规适用范围主要为商用空调、制冷设备和冷藏车车载空调。根据该法，禁止将用于商用制冷设备、空调机和车载空调的制冷剂随意排入大气。当含有制冷剂的设备需要维修或退役时，业主需委托在市级或县级政府注册的回收商（如经销商或维修厂）回收制冷剂，提交委托申请表，并支付制冷剂回收、再生或销毁相关费用，具体如图 2-4 所示。碳氟化合物合理使用及妥善管理法主要内容设计详见附录 2-3。

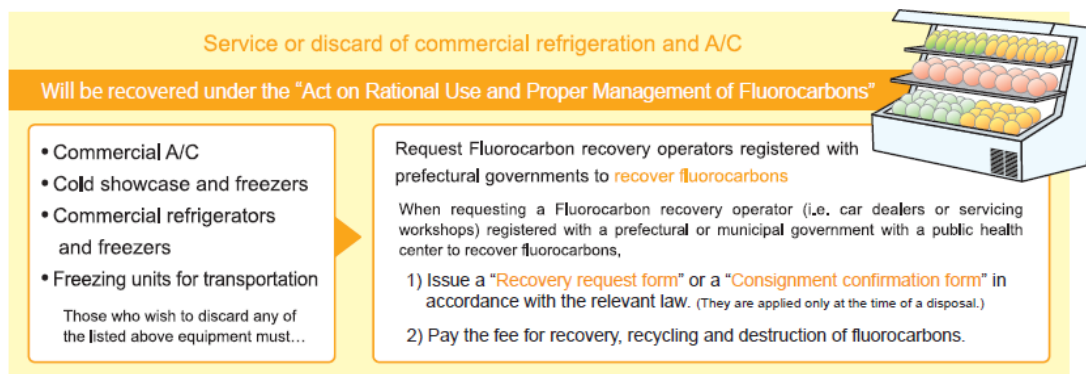


图 2-4 《碳氟化合物合理使用及妥善管理法》管理要求

此外,《碳氟化合物合理使用及妥善管理法》规定了 14 类指定产品的生产商和进口商应该确保该类产品的 GWP 值在特定年份达到特定值。特定值基于目前制冷剂最低的 GWP 值确定,通过生产商和进口商各类产品的 GWP 加权平均值计算得出。该特定值需同时考虑安全性、经济性和能源节约特性。以下 11 类物质均为指定产品,如果有新的要求,将对新的产品开展审核。

表2-2 特定产品及GWP目标值

指定产品类型	目前主流制冷剂及 GWP 值	目标 GWP 值	目标年
民用空调	R410(2090)、R32(675)	750	2018
商场\商店\办公空调			
1、制冷剂小于 3 吨。	R410A(2090)、R32(675)	750	2020
2、制冷剂大于等于 3 吨。	R410A(2090)	750	2023
3、采用离心式冷水机	R134a(1430)、R245fa(1030)	100	2025
汽车空调	R134a(1430)	150	2023
冷凝单元及固定冷冻冰箱 (≥ 1.5KW)	R404A(3920)、R410A(2090) R407C(1770)、CO ₂ (1)	1500	2025
中央系统冷冻冰箱设备	R404A(3920)、NH ₃ (1)	100	2019
采用硬质聚氨酯泡沫的冰箱或冷柜	HFC-245fa (1030) HFC-365mfc (795)	100	2024
带冷冻功能的自动售货机		100	2024
硬质聚氨酯泡沫储备溶液		100	2020
硬质聚氨酯泡沫储备溶液 (不包括家用产品)		100	2024
硬质聚氨酯泡沫绝缘材料		100	2024
装有推进剂的喷雾器	HFC-134a (1430) HFC-152a (124)、DME (1)	10	2019

2.1.2 管理机制

2.1.2.1 成立制冷剂回收管理机构

日本制冷和空调工业协会（JRAIA）、日本制冷空调承包商协会（JARAC）以及日本制冷剂制造商协会（JFMA）联合成立了制冷剂回收技术推广中心（RRC），并于1998年10月更名为制冷剂回收推进技术中心（英文为Refrigerant Recycling Promotion and Technology Center，简称RRC）。该中心一直以三家联合管理的方式运营，并取得了很好的成效。RRC主要职能包括以下四部分：一是对从事制冷剂的回收的专业人员进行培训和认证；二是对制冷剂回收工厂进行资格认证；三是分别就制冷剂回收、再循环的设备以及制冷剂再生技术研究制定相关标准；四是宣传制冷剂回收、编制人员培训教材。

2.1.2.2 明确各利益方职责

Life cycle of fluorocarbons

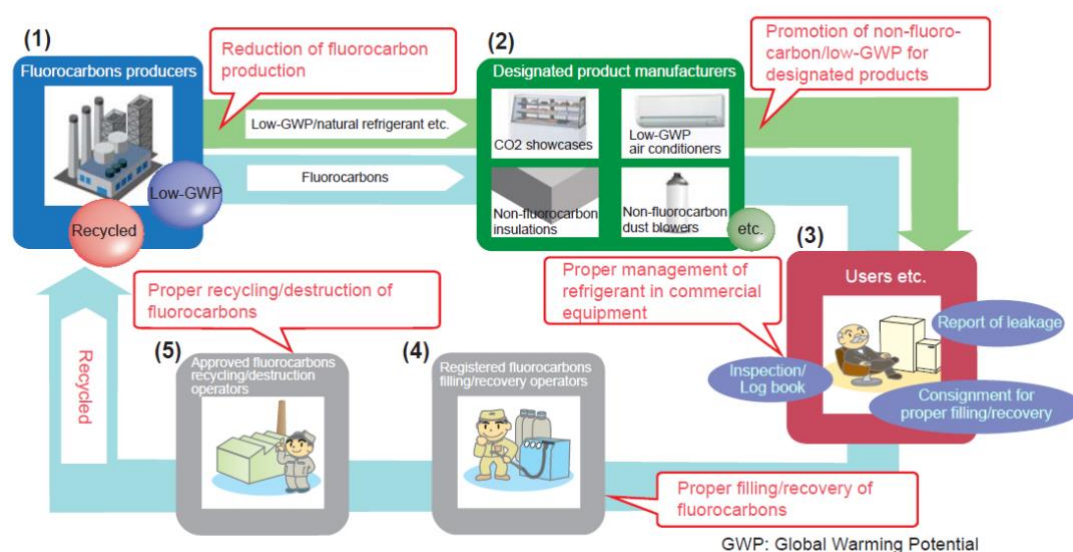


图2-5 制冷剂全生命周期管理示意图

日本采用制冷剂全生命周期管理模式，具体如图2-5所示，其中各利益相关方职责如下：

（1）碳氟化合物气体制造商

碳氟化合物生产商、进口商应基于政府减少HFC消耗量的预估，努力减少HFC的消耗量、生产及进口；根据政府制定的评估标准生产ODS的替代品。生产商、进口商必须以减少ODS的GWP值为目的，同时安装必要的设施设备以生产

可以替代的ODS。

(2) 指定产品（商业制冷设备、冰箱、空调、绝缘材料、喷雾剂等）生产商

指定产品生产商/进口商必须努力实现指定产品降低GWP值的目标。GWP值是根据日本市场上的指定产品中最低的GWP值确定的，同时考虑安全性、经济性和能源节约特性。

(3) 指定产品（商用冰箱/空调设备）用户

- 指定产品用户对ODS的回收、运输、循环利用和销毁付费。
- 指定产品用户根据主动性评价标准对设备进行检查，按照用户手册要求记录日志。如发现泄漏问题，严禁在不修补的情况下进行填充。
- 当碳氟化合物气体泄漏超过1000吨CO₂当量时，用户必须向政府报告估算的泄漏量。
- 用户必须委托已注册的回收企业开展碳氟化合物气体的填充和回收。
- 当丢弃产品时，用户（处置者）必须委托已注册的回收企业对碳氟化合物气体进行回收。用户需向产品的收集者出具气体回收证书。
- 用户/处置者在丢弃产品后的3年内需妥善保存产品的检查日志、气体销毁/回收证书、委托证书。

(4) 注册气体回收企业

- 气体回收企业必须在当地政府注册，通过认证。
- 回收企业必须遵守气体填充/回收相关标准。
- 如果不能独立开展气体再生，气体回收企业必须将气体交付给有资质的企业进行气体销毁\回收。
- 气体回收企业可以向信息处理中心登记填充/回收ODS数据，信息中心会以电子文件的方式将数据反馈给用户。

(5) 合法的碳氟化合物气体销毁\回收利用企业

- 气体销毁\回收利用企业必须基于自身的业务运营情况得到政府的批准。
- 获得批准的企业必须按照相关标准销毁\回收由注册气体收集企业回收并交付的气体。
- 负责销毁ODS的机构对销毁ODS收取一定费用。

(6) 主要拆除承包商

- 拆除承包商必须向用户确认待拆除建筑是否含有碳氟化合物气体，并以文件的形式将确认结果告知用户。
- 如果待拆除建筑含有碳氟化合物气体，承包商必须要求用户回收气体，或者调整拆除合同以纳入气体回收。

(7) 家电收集者

- 家电收集者不能收集没有碳氟化合物气体回收证书的设备。
- 设备用户必须向家电收集者出具气体回收证书的副本。

2.1.2.3 开展人员及机构认证

(1) 人员认证

为了可靠地回收制冷剂，回收人员必须了解制冷剂和回收装置的操作，以及安全方面的法律知识。

RRC中心为此制定了培训项目和教材，培训指导员，支持全国范围内举办培训班，努力普及制冷剂回收技术，并培训RRC注册的制冷剂回收工程师。在RRC注册的制冷剂回收工程师是被氟利昂排放控制法的部长令认定为“具有足够知识的人”的私人资格。

资格有效期为3年。如果想延续资格，需要每三年更新一次。

资格获取流程为：申请→ 参加研讨会并通过考试 → RRC 注册 → 颁发制冷剂回收工程师注册证书

研讨会（考试也在同一天举行）为一天。资格注册考试 1 小时，不能只参加考试，考试费用约 900 人民币。课程内容：碳氟化合物与全球环境、制冷空调设备及制冷剂、冷媒回收装置及配件、制冷剂回收工作、制冷剂回收的具体例子、回收制冷剂的处理...再利用/销毁、制冷空调设备及安全卫生相关法律法规。

资格注册考试采用记分表法（铅笔或自动铅笔，橡皮擦），25 题 60 分钟，4 选 1 题，可参考资料。如果没有参加（缺席）或失败，只能在一年内以新考试费用的一半重新参加考试。

待认证的机构必须至少有一名 RRC 注册的制冷剂回收工程师或制冷剂碳氟化合物处理工程师，且拥有或租用制冷剂回收装置。从申请到颁发证书大约需要2到3个月的时间。申请费用约1700元人民币，每 3 年更新一次，更新费用为560元人民币，如不续签，将自动失去资格。



图2-8 经认证的制冷剂回收机构登记证

2.1.3 技术要求

表2-3 制冷剂再生处理标准

工质	CFC-12	R-502	HCFC-22	HFC-134a
外观	无色、清澈、透明			
纯度	≥99.78%	≥99.78%	≥99.78%	≥99.78%
杂质 1	<0.02% (CFC-11)	<0.02% (CFC-11, 114)	<0.02% (CFC-11)	<0.02% (CFC-11)
杂质 2	<0.2%	<0.2%	<0.2%	<0.2%
水分 (质量分数)	<0.001%	<0.001%	<0.002%	<0.002%
酸含量 (质量分数)	<0.0001%	<0.0001%	<0.0001%	<0.0001%
不凝性气体 (体积分数)	<1.5%	<1.5%	<1.5%	<1.5%

蒸发残渣 (体积分数)	<0.01%	<0.01%	<0.01%	<0.01%
杂质 1: 易分解的制冷剂; 杂质 2: 除杂质 1 以外的制冷剂。				

由于待再生的制冷剂是高压气体，因此在再生制冷剂时，应具备处理高压气体有关的工作和设备；必须采取适当措施保证设备的质量，以确保经认证的再生制冷剂质量标准 and 的再生纯度；至少聘用一名回收制冷剂 ODS 的分析工程师。

2.1.4 回收现状

表2-4 日本制冷剂回收、再生及销毁量

年份	回收量 (吨)	再生量 (吨)	占比 (%)	销毁量 (吨)	占比 (%)
2012	4543	1084	23.9	3474	76.1
2013	4463	1176	26.3	3293	73.7
2014	4423	1316	29.8	3099	70.1
2015	5783	965	16.7	4818	83.3
2016	6032	1248	20.7	4784	79.3
2017	5852	1309	22.4	4543	77.6
2018	5714	1350	23.6	4364	76.4
2019	5628	1510	26.8	4118	73.2

2012 年至 2019 年间，日本制冷剂回收总量在 4423 吨至 6032 吨。其中，再生量在 965 吨至 1510 吨之间，除了 2015 年再生量占比为 16.7%，其余年份再生量占比在 20.7%至 29.8%之间。销毁量在 3099 吨至 4818 吨之间，占回收量的比例在 70.1%至 83.3%之间。

表2-5 日本不同类型制冷剂销毁量

年份	销毁量 (吨)	CFC (吨)	占比 (%)	HCFC (吨)	占比 (%)	HFC (吨)	占比 (%)
2015	4818	190	3.9	2464	51.1	2161	44.9
2016	4784	150	3.1	2363	49.4	2268	47.4
2017	4543	123	2.7	2037	44.8	2378	52.3
2018	4364	116	2.7	1786	40.9	2457	56.3
2019	4118	93	2.3	1538	37.3	2476	60.1

表2-6 日本不同类型制冷剂再生量

年份	再生量 (吨)	CFC (吨)	占比 (%)	HCFC (吨)	占比 (%)	HFC (吨)	占比 (%)
2015	965	35	3.6	733	76.0	197	20.4
2016	1248	30	2.4	868	69.6	350	28.0
2017	1309	38	2.9	845	64.6	426	32.5
2018	1350	23	1.7	846	62.7	480	35.6

2019	1510	16	1.1	867	57.4	627	41.5
------	------	----	-----	-----	------	-----	------

2015 年至 2019 年间，日本制冷剂销毁量在 4118 吨至 4818 吨之间。其中，CFC 销毁量在 93 吨至 190 吨，占比逐年下降，从 3.9%降低至 2.3%；HCFC 销毁量 1538 吨至 2464 吨，占比逐年下降，从 51.1%降低至 37.3%；HFC 销毁量为 2161 吨至 2476 吨，占比逐年上升，从 44.9%提高至 60.1%。

2015 年至 2019 年间，日本制冷剂再生量逐年增加，从 965 吨上升至 1510 吨。其中，CFC 再生量在 16 吨至 38 吨，占比从 3.6%降低至 1.1%；HCFC 再生量 733 吨至 868 吨，占比逐年下降，从 76.0%降低至 57.4%；HFC 再生量为 197 吨至 627 吨，占比逐年上升，从 20.4%提高至 41.5%。

2.1.5 小结

日本采用制冷剂全生命周期管理模式，法律要求明确，运行机制完备。此外，日本的制冷剂回收主要有以下几个特点：一是设立了专门的制冷剂回收机构，确保制冷剂回收过程的规范化；二是在日本行业协会下设立回收利用中心，负责行业回收处理费的制定和管理；三是建立了制冷剂回收报告制度，对全国范围内的制冷剂回收信息有了明确的统计和监督。

虽然日本没有针对制冷剂回收率制定明确的指标，但是在较为完善的制冷剂回收、再利用和销毁方面的法规以及良好的市场经济机制共同作用下，制冷剂回收企业具有充分的回收动力，日本制冷剂回收量逐渐上升。日本针对制冷剂回收的管理对我国具有较好的借鉴作用。

2.2 美国制冷剂的回收再用

美国国会 1976 年颁布《资源保护和循环利用法》，对固体废物的回收利用制定了完善的管理制度，其中包括对有害废弃物的管理。常见制冷设备，如空调、冰箱等，与其他传统的再生资源相同，由处理企业依靠市场机制进行回收利用，政府主要以环境保护标准为手段进行管理和监察。

2.2.1 政策法规

美国 1990 年修订《清洁空气法》，该法规定要求最大限度地回收、循环使用制冷剂；在处置电器、机器或其他物品之前或者交付回收再利用之前，应将该等电器、机器或其他物品中的制冷剂清除；任何人在维护、保养、维修或处置电器或工业加工制冷设备过程中，故意排放或以其他方式故意释放或处置作为该电

器中的制冷剂，使其进入环境的，均属非法行为；从事维护、维修、修理或处置可能释放制冷剂进入大气的设备的技术人员必须通过相关认证，回收企业和设备也需要通过美国环保局（EPA）的认证。《清洁空气法》中关于制冷剂回收的条款详见附录 2-4。

2.2.2 管理机制

（1）机构认证

根据规定，ODS 的使用和排放应减少到可实现的最低水平，并应最大限度地回收和回用。对于使用过的 ODS 及其替代物质（例如 HFC）制冷剂转售给新的拥有者，需要由 EPA 认证的制冷剂回收单位回收，禁止在维护、维修、修理或处置空调或制冷设备（包括 MVAC 系统）时故意释放（排放）任何制冷剂。对于制冷剂可以返回到同一系统或同一个人拥有的其他系统中，则不需要再生。经认证制冷剂回收单位，可在 EPA 网站查询，目前已公布的认证单位共 66 家，公布的信息包括单位名称、联系方式、接受回收制冷剂的区域和是否接受外单位制冷剂回收等¹。

如申请制冷剂回收单位认证，需要提交如下信息：

- 回收单位名称、地址，以及开展回收业务的区域；
- 法人和联系人姓名；
- 回收设备品牌、型号和序列号等信息；如果设备是定制的，提供设备、工艺说明和照片。如果设备直接从空调或者制冷设备回收制冷剂，设备必须满足 EPA 的要求，通过空调供暖和制冷协会（AHRI）或保险商实验室（UL）的认证。
 - 制冷剂分析设备；如果采用独立实验室，提交实验室名称、地址和电话以及制冷剂分析设备列表。
 - 使用 AHRI 标准 700-2016 中规定的方法验证每批回收制冷剂的规格的证明。
 - 使用 AHRI 标准 700-2016 中规定的方法对每批再生制冷剂的规格进行认证。如果实验室无法使用 AHRI 标准 700-2016 中规定的方法来验证制冷剂的纯度，则个人应对失败负责。
 - 回收过程中排放不超过 1.5%的制冷剂证明。

¹ <https://www.epa.gov/section608/epa-certified-refrigerant-reclaimers>.

- 回收过程中产生的废物将根据所有适用的法律和法规进行处理的证明。
 - 确认回收方必须保留向其发送待回收材料的人员的姓名和地址以及向他们发送回收材料的数量（制冷剂和污染物的总量）的记录。此类记录应在交易基础上保存。
 - 确认回收商必须保留按制冷剂类型发送给他们进行回收的物料数量，按制冷剂类型回收的制冷剂质量以及废料质量的记录。回收方必须在次年 2 月 1 日之前每年向 EPA 报告此信息。
 - 认证证书不能转让，回收制冷剂实体发生变化的，新所有者必须在所有权变更后 30 天内申请新认证；
 - 未遵守 40 CFR 第 82 部分 F 子部分相关规定的，撤回或暂停回收方认证。
 - 证明信息中信息真实准确的证明。
- 此外，还必须对如下信息进行说明：
- 只接受本单位回收的制冷剂，还是也接受外部技术人员和承包商回收的制冷剂。
 - 公众可以联系的联系人姓名，网站，电子邮件地址和电话号码。
 - 接受旧制冷剂的州或城市地区。
 - 是否参与了 AHRI 制定的自愿性回收计划。

（2）设备认证

美国 EPA 已制定了制冷剂回收设备的认证方案。根据这个方案，EPA 批准 AHRI 和 UL 开展设备认证工作，两个机构可以提供认证设备的信息。认证设备可标识为：该设备已通过 AHRI/UL 认证，达到 EPA 关于制冷剂回收再生最低要求。美国 EPA 要求在 1993 年 11 月 15 日或之后生产的上述设备，需经由美国 EPA 批准的测试机构进行测试，以确保这些设备满足美国 EPA 的要求。用于空调与制冷设备（除小型制冷空调设备外）的制冷剂回收设备，必须按 ARI-740 标准进行测试。用于小型制冷空调设备的制冷剂回收设备，也必须按 ARI-740 或美国 EPA 最终规范（1993 年 5 月 4 日颁布）的附录 C 进行测试。

对于小型制冷空调设备，如果采用的回收设备是 1993 年 11 月 15 日及之后生产的，如果小型设备上的压缩机是可运转的，则必须从小型制冷空调设备中回收 90% 的制冷剂；如果小型设备上的压缩机是不可运转的，则必须回收 80% 的

制冷剂¹。如果采用的回收机组或再循环机组是 1993 年 11 月 15 日之前制造的，那么必须从小型制冷空调设备中回收 80%的制冷剂。

（3）人员认证

《清洁空气法》第 608 条法规（40 CFR Part 82，F 子部分）要求维护、维修、处置可能将制冷剂释放大气中的设备的技术人员必须经过认证²。在最终处置环节从小家电、机动车空调中回收制冷剂的技术人员不需要经过认证³。

技术人员的定义为为执行以下任何活动的个人：

- 将软管和仪表连接到设备上或从设备上拆下，以测量设备内的压力。
- 将制冷剂添加到设备中或从设备中移除制冷剂。
- 任何其他破坏机动车辆空调（MVAC）类设备或小家电设备完整性的活动。

从 1994 年 11 月 14 日起，美国 EPA 要求所有处理制冷剂的技术人员，必须通过资格认证。有四种认证的类型，只有获得认证的技术人员才能购买制冷剂。

- 通过 1 类（小型制冷空调设备，如家用空调）考试的技工，有资格在维护修理整体式末端空调器（制冷剂量等于或者小于 5lb（2.3kg））过程中，可以回收制冷剂。仅有获得 1 类认证或全能认证的技工，方能从这些设备中回收制冷剂。
- 通过 2 类（高压与超高压设备，如工业制冷设备或冷藏设备）考试的技工，有资格在维护修理高压设备（高压 HFC-134a、HCFC-22、R500、R502、CFC-114；超高压 CFC-13、R503，还有新的 400 系列的替代混合物制冷剂）过程中回收制冷剂。仅有获得 2 类认证或全能认证的技工，方能从这些设备中回收制冷剂。
- 通过 3 类（低压设备，如冷水机）考试的技工，有资格在维护修理低压设备（CFC-11、HCFC-123）过程中回收制冷剂。仅有获得 3 类认证或者全能认证的技工，方能从这些设备中回收制冷剂。
- 获得全能证书的技工，有资格在维护修理小型制冷空调设备、高压设备和方能从这些设备中回收制冷剂。也就是说，这些技工有资格回收任何

¹ <https://www.epa.gov/section608/refrigerant-recovery-and-recycling-equipment-certification>.

² <https://www.epa.gov/section608/section-608-technician-certification-0>.

³ <https://www.epa.gov/section608/epas-refrigerant-management-program-questions-and-answers-section-608-certified>.

类型的空调与制冷设备（汽车空调除外）内的制冷剂。

1 类、2 类或 3 类资格考试共有 50 个题，包括 25 个基础题和 25 个 1 类、2 类或 3 类的专题。全能资格考试包括 25 个基础题和 25 个 1 类专题、25 个 2 类专题及 25 个 3 类专题，共 100 个题。

基础题包括以下内容：

环境影响：氯对臭氧的破坏，CFC 和 HCFC 制冷剂，识别 CFC、HCFC 和 HFC 制冷剂，了解制冷剂类型对大气的影响，平流层臭氧消耗对健康和环境的影响，平流层臭氧消耗的证据以及 CFC 和 HCFC 的作用。

《清洁空气法》及《蒙特利尔议定书》：CFC 淘汰日期，R-22 淘汰日期，维修时禁止通风，处置时禁止排放，替代制冷剂禁止排放，清洁大气法规定的最高处罚，蒙特利尔议定书国际协定。

《清洁空气法》第 608 条：高压和低压制冷剂的定义/识别，独立回收/再循环设备的定义，识别规则涵盖的设备，对回收和回收设备进行第三方认证，再生制冷剂标准，销售限制。

替代制冷剂和润滑油：没有“插入式”替代品，替代制冷剂与许多与 CFC 和 HCFC 制冷剂一起使用的润滑剂不兼容，分馏问题——混合物的不同组分以不同速率泄漏的趋势。

制冷剂：制冷循环不同点的制冷剂状态（蒸气与液体）和压力，制冷量表（颜色代码、不同类型的范围、正确使用），泄漏检测。

三“R”定义：回收、循环利用、再生。

回收技术：需要避免混合制冷剂，影响回收速度的因素（环境温度、回收或回收设备的尺寸、软管长度和直径等）。

脱水：在服务结束时排空系统以消除空气和湿气。

安全问题：接触制冷剂的风险（例如缺氧、心脏影响、冻伤、长期危害），个人防护设备（手套、护目镜、自给式呼吸器），可重复使用钢瓶与一次性钢瓶，气瓶装满 80% 以上的风险，使用氮气而不是氧气或压缩空气进行泄漏检测，使用带有氮气的压力调节器和安全阀。

海运：制冷剂钢瓶所需的标签（制冷剂标识、DOT 分类标签）。

技工在必要时可多次参加任何一种资格考试。通过考试的要求是每一部分答

对 72%，即每一部分的 25 道题中答对 18 题。当再次参加考试时，只要重复回答未通过的那部分的问题。如果参加全能考试的技工未能通过全部考试，但通过了基础题考试和至少一种其他部分的专题考试，那么他可获得已通过考试的类别的资格证书。考试有监考，均为闭卷，不允许带任何种类的笔记或文章到考场内，也不允许带计算器。

如果技工只采取 1 类试卷邮递的方式，那么考试是开卷的，但通过考试的要求是答对 84% 的题目而不是 72%。如果以后要求其他认证，那么必须重新参加有监考的基础题的考试。

目前资格证书尚无失效日期，但是在技工获得资格证书后，如果美国 EPA 规范的内容有所变化，那么技工有责任与规范的任何改变保持一致。

经回收的和/或经再循环的制冷剂，可以不受限制地返回到同一制冷系统内，或同一物主的其他制冷系统内。然而，美国规定从 1993 年 8 月 12 日起，美国 EPA 要求如果制冷剂的物主改变，则必须将制冷剂清洁到 ARI-700 的纯度标准，并用化学分析法证实制冷剂达到了该标准。该过程称为再生（不是再循环），而满足这些条件的制冷剂称为再生制冷剂。

必须确认制冷剂满足 ARI-700 的纯度要求，才能合法地将该制冷剂充入第二个物主的制冷设备之中（除将该制冷剂转移到第二个物主的回收、再循环和再生设备外）。有些技工认为，只要不是售出制冷剂，就可以把制冷剂转移到不同物主的制冷设备中，这种观点是错误的。只有在证实该制冷剂符合 ARI-700 标准纯度要求后，才能将它转移到不同物主的制冷设备中。该要求对汽车空调不适用，汽车空调中的制冷剂必须满足汽车工程师协会（SAE）的纯度标准的要求。

（4）废家电回收体系建设

美国属于联邦制国家，在废家电回收处理立法方面主要由所属各州负责。生产者责任延伸制度（EPR）是目前美国各州有关废家电回收方面的主要责任制度。废家电回收渠道包括市政部门、销售商、回收商、非盈利机构或环保组织、生产者或行业组织、政府伙伴关系项目等，其中生产者多通过行业组织机构参与回收。

伊利诺伊州：要求家电生产者、回收者、循环利用者、翻新再制造者每年向管理机构（伊利诺伊州环保署）进行注册。生产者、回收者及循环再生者每年向州管理部门提交其年度回收情况报告。生产者需上报其回收及循环再用的废旧电

子产品重量，回收者需提供回收废弃电子产品的地点、回收产品的总量并提供其回收产品流向下游循环利用者或翻新再制造者的清单及产品总量，循环利用者需提供其废旧电子产品的收集点、回收产品的总重量，并承诺按要求实施适用的环境健康与安全培训措施、遵守出口法律、不使用监狱劳工等。

生产者每年注册费为 5000 美元，对于年销售量低于 250 台的生产者注册费为 1250 美元；循环利用者与翻新再制造者每年支付 500 美元。各利益相关方所支付的费用统一置于废物循环再用基金，用于回收项目的管理与维护。

印第安纳州：要求生产者、回收者、循环利用者每年向管理机构（印第安纳州环境管理部）进行注册，并向州废家电回收管理计划主管部门提交一份年度回收总结报告。生产者的年度报告包括过去 1 年内销售设备总重量，回收、循环再生的废旧电子产品总重量；回收者需报告其州内总回收量（单位磅）及其下游循环再生者的名单信息表；循环再生者需报告其上 1 年度内循环再生或采取措施进行最终处置的废家电产品总量，上游物料来源的所有回收者信息清单及其遵循州法律的证明材料。

生产者第一年注册费 5000 美元，第二年开始每年 2500 美元外加浮动的循环再生费用。对于年产设少于 100 台的生产者不需缴纳注册费。所支付的费用统一置于电子废物循环再用基金，该基金可以转移至或用于环境管理部门，用于回收项目的管理维护，如果注册费超过管理费用，则按比例返还给生产者。

密歇根州：要求生产者、循环利用者每年向管理机构（密歇根州环境质量部）进行注册，要求生产者在上报商标品牌基础上提交其上一年度回收到的废电器产品总量（单位磅），同时必须提供教育消费者如何及在哪里返回需回收的电器的细节信息，详细说明其循环利用或再使用所回收电器的流程和方法，识别其下游的废家电回收者与循环利用者。循环利用者需承诺按要求维护好环境健康与安全管理系统、不使用监狱劳工等，并向州环境质量部报告其上一年度循环再生的废弃电子产品总量（单位磅）。

生产者每年注册费 3000 美元，但若某年基金的总额度超过 60 万美元，则第二年不再向生产者收取注册费。生产者所支付的费用统一置于废物循环再用基金，用于回收项目的管理维护，支付旨在为居民提供废物回收相关知识与信息的宣传和教育计划。

加利福尼亚州：该州是唯一在废电器处理方案中征收“预付回收费”的州。消费者在购买电器时要缴纳 6-10 美元不等的回收处理费，零售商有责任将这笔费用存放入统一账户。加州资源回收利用部门 Cal Recycle 有权使用该账户上的经费支付收集者、回收利用者和其他管理费用。收集者、回收利用者只有向 Cal Recycle 提出申请，成为政府授权机构后才能申请支付相关费用。

（5）有责任地废弃设备（RAD）计划

美国实行的《清洁空气法》第 608 条要求在拆除或处置设备前回收消耗臭氧层物质和氢氟碳化物制冷剂。联邦法律还要求在设备处置或回收之前，对一般废物、汞、废油和多氯联苯（PCBs）进行适当的管理和储存。然而，联邦法规并不要求回收设备中的发泡剂。为了推进含有制冷剂废电器的管理工作，美国于 2006 年启动了有责任地废弃设备（responsible appliance disposal, RAD）计划，目的是保护臭氧层，减少温室气体排放。

在美国有多达 25% 的空调/冰箱被转卖到二级市场，继续使用这些较老的、效率较低的设备会消耗更多的能源。RAD 是一项自愿性合作伙伴计划，与公共服务行业，零售商，制造商，州和地方政府机构，分支机构及其他机构合作，以现有的最佳环境实践处理旧的制冷设备以保护地球的气候和臭氧层。RAD 的使命就是从消费者那里收集旧的、低效的制冷设备，并与回收商合作，以确保符合联邦法律的所有材料的正确处理。除此之外，RAD 合作伙伴承担了从报废电器中回收泡沫绝缘材料的责任。在整个 RAD 计划中，各参与方都有一定的职责。

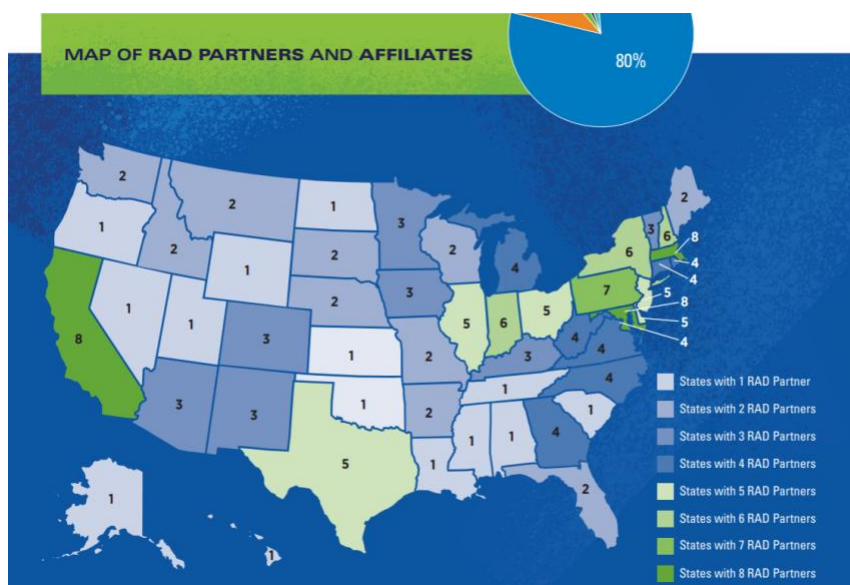


图 2-9 美国 2019 年 RAD 计划合作伙伴分布

首先，政策的制定方为 EPA，其职责为：①作为 RAD 计划的开发和发展实施的技术交流中心；②计算 RAD 计划每年和累积的效益，包括 ODS 和温室气体的节约排放量以及该过程节约的成本；③通过新闻发布、案例研究和社交媒体，为 RAD 合作伙伴取得的成绩做背书。

其次，RAD 合作伙伴，其职责为：①采用最优的运作方式参与到废电器的回收过程中。所有的 RAD 合作伙伴都鼓励废旧/低能耗的冰箱、冷冻机、空调设备和除湿机的退役，并对这些设备采取最优的回收/处理方式，包括但不限于对制冷剂/绝缘泡沫进行适当的回收或者销毁；安全处置危险废物（PCBs 和汞等）；对废油进行适当的回收利用；在可能的范围内回收所有可回收的、耐用的材料（金属、塑料和玻璃）。②在制冷设备退役时，应使用经 EPA 认证的制冷剂回收设备有效地进行制冷剂回收。制冷剂一旦被回收，必须由经 EPA 认证的再生机构再生，或使用经过批准的销毁技术进行销毁。③ EPA 为 RAD 的合作伙伴提供了一份 RAD 年度报告表格，需要 RAD 的合作伙伴每年提交给 EPA。根据 RAD 参与者提供的基础信息，电子报告表格自动计算合作伙伴在废电器回收处理过程中的环境效益，让每个合作伙伴看到其处置方案产生的积极影响。报告表格信息包括：收集的电器的数量和使用年限；回收和销毁的制冷剂的类型和数量；发泡剂的种类和数量以及回收或销毁的数量；金属、塑料和玻璃的回收量；回收或销毁的危险废物和废油的数量；与旧电器退役有关的节能数据等。

第三，联邦州署，其职责为：①通过信息传播和战略拓展，将 RAD 项目推广到国内潜在的合作对象，目的是增加他们所在州和社区的环境效益。②作为 RAD 计划的一个技术交流/资源中心，支持 RAD 计划发展并拓展现有的/新的/潜在的合作伙伴。③通过新闻发布、文章和奖励为 RAD 合作伙伴取得的成就提供认可。④与合作伙伴交换关于 RAD 计划的发展、实施和最佳实践的信息。⑤指定一名代表作为 RAD 计划的协调员，并通知 EPA 任何关于指定联络员变更的信息。

第四，消费者。消费者需要通过 RAD 模式进行废旧制冷设备的处置。首先消费者需要在 RAD 计划中找到附近的 RAD 合作伙伴。大多数的 RAD 合作伙伴会直接从消费者的家里回收旧制冷设备（比如冰箱、冰柜、空调设备和除湿机等）。在消费者上交废旧制冷设备的时候，RAD 合作伙伴甚至可能提供一种财务激励，

比如奖励或退款。这些设备将被送往回收设施，使用最好的环境实践和技术，对环境有害物质进行处理处置。对于设备的上门回收费用和/或处置费用各不相同。例如，市政公共工程部门可能会免费回收含制冷剂的设备，或者可能会收取此项服务的费用，具体取决于设备类型。

一些零售商在为购买制冷设备的消费者提供送货上门和交付设备的时候，可以同时提供回收和处置旧设备的服务。根据零售商的不同，这项服务可能收取 10 到 50 美元的费用。有“折价”政策的零售商，也可以为旧冰箱/冰柜提供免费的取货/处理服务，甚至还可以付钱给消费者，然后零售商上门取货。



图 2-10 美国 2019 年 RAD 计划运行情况

- RAD 的环境效益包括：
- 减少家庭能源消耗，这将为消费者节省金钱并防止温室气体排放
 - 避免释放造成臭氧消耗和气候变化的 ODS 和 GHGs
 - 通过回收（而不是垃圾填埋）设备中包含的金属，塑料和玻璃节省垃圾填埋场的空间和能源
 - 避免释放废油，以免损坏肝脏，大脑，免疫系统和生殖系统
 - 避免释放汞，这可能导致神经系统发育受损和与人类神经系统有关的其他问题
 - 避免释放多氯联苯，因为多氯联苯可能具有致癌性和非癌性健康影响

2.2.3 技术要求

美国汽车工程师学会（SAE）制定了系列标准规范制冷剂回收再利用纯度及回收设备性能：SAE J 2099 《用于移动空调系统的回收 HFC-134a 和 HFO-1234yf 的纯度标准》、SAE J 2851 《移动汽车空调系统中被污染 HFC-134a 或 HFO-1234yf 制冷剂的回收设备》、SAE J 3030-2020 《用于回收 R-1234yf 和 R-134a 的汽车制冷剂回收再循环再充注设备》、SAE J 2843 《R-1234yf (HFO-1234yf) 移动空调系统易燃制冷剂的回收再循环再充注设备》。空调供暖和制冷协会（AHRI）也制定了制冷剂纯度标准。具体如表 2-7 所示。

图 2-7 美国制冷剂标准

标准	SAE (HFC-134a)	AHRI				
		单质氟碳 制冷剂	单质碳氢 制冷剂	CO ₂	共沸 制冷剂	碳氢混合 制冷剂
纯度	≥98%		≥99.5%	≥99.9%		
水分 (mg/kg)	<50	<10	<10	<10	<10	<10
酸含量 (%)		<0.0001%	<0.0001%		<0.0001%	<0.0001%
不凝性气 体 (%)	<1.5%	<1.5%	<1.5%	<1.5%	<1.5%	<1.5%
蒸发残渣 (%)		<0.01%	<0.01%	<0.0005%	<0.01%	<0.01%
油 (mg/kg)	<500					

2.2.4 回收现状

美国将回收的制冷剂分为 ODS 物质及 HFC 物质两大类。2015-2019 年间，ODS 物质再生量分别为 4315 吨、4900 吨、4808 吨、4284 吨和 4188 吨；2017-2019 年间，HFC 的再生量分别是 2269 吨、2340 吨和 2747 吨，制冷剂再生总量达到 7077 吨、6624 吨和 6935 吨。美国历年制冷剂再生量如图 2-11 所示。

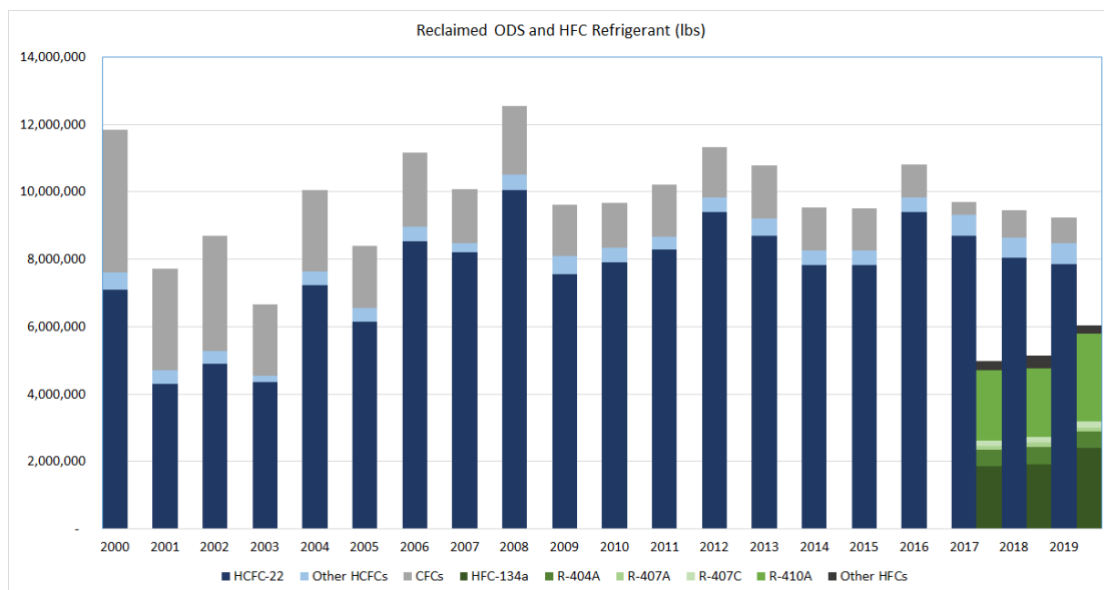


图 2-11 2000-2019 年美国历年制冷剂再生量

HCFC-22 在 ODS 类再生物质中的占比最高，2015-2019 年间的再生量分别为 3543 吨、4268 吨、3937 吨、3648 吨和 3559 吨，占比在 82%-87%之间。HFC 物质中，HFC-410A 占比最高，2017-2019 年在 HFC 中占比在 39%-43%之间。

2019 年，HCFC-22 在 ODS 和 HFC 合计总量中的占比为 51%；同年日本制冷剂再生总量 1510 吨，其中 HCFC-22 为 835 吨，在总量中的占比为 55%，同样为再生比例最高的物质。

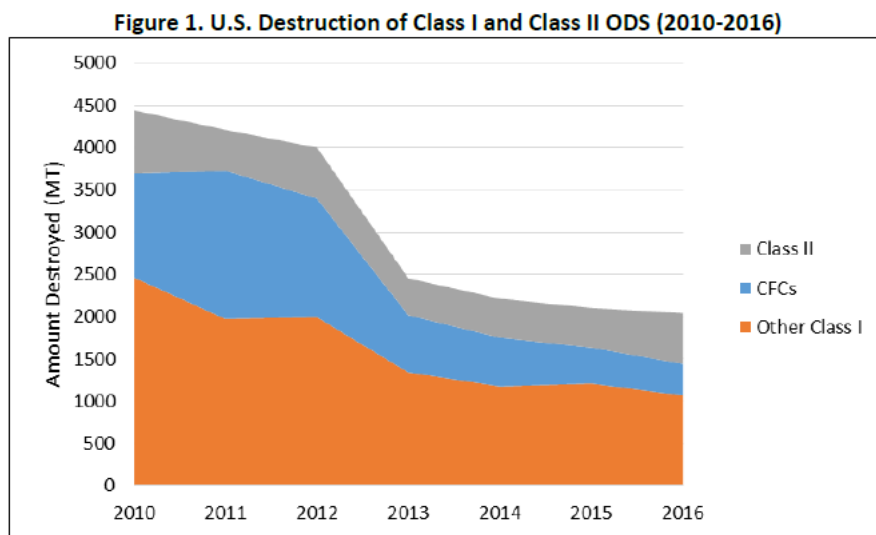


图 2-12 2010-2016 年美国历年制冷剂销毁量

如图 2-12 所示，美国 ODS 的销毁量从 2010 年到 2016 年下降了 50% 以

上，其中 I 类 ODS 的销毁量降幅最大¹。在此期间，I 类 ODS 销毁量减少了近 61%，从 2010 年的总计约 3690 吨减少到 2016 年的约 1440 吨。II 类 ODS 销毁量有所不同，但自 2010 年以来保持相对稳定，最高销毁量为 2010 年 749 公吨，2013 年销毁量为 437 吨。

综上数据，美国 2015 年及 2016 年 ODS 回收量约为 6315 吨和 6900 吨，再生比例分别为 68.3%和 71.0%。

2.2.5 小结

美国的制冷剂回收主要有以下几个特点：一是针对制冷剂回收率制定明确的指标，如果设备上的压缩机是可运转的，则必须从制冷空调设备中回收 90%的制冷剂；如果设备上的压缩机是不可运转的，则必须回收 80%的制冷剂。二是采取行动计划，推动制冷设备中废弃制冷剂、汞、废油和多氯联苯等有毒有害物质的协同处置。三是回收制冷剂中再生的比例较高，2015-2016 年的再生比例在 70%左右，远高于日本和欧盟。

2.3 欧盟制冷剂的回收再用

2.3.1 政策法规

欧盟针对制冷剂使用的立法分为臭氧层消耗物质和含氟温室气体两类。针对臭氧层消耗物质的管理，欧盟于1994年颁布《关于臭氧层消耗物质的法规》（第2037/2000号），后经修改颁布了第1005/2009号法规，要求对制冷设备维修过程中的制冷剂及废弃制冷设备中的制冷剂进行回收；制冷剂再利用时须在容器上贴上标签，表明该物质已回收，并标明设备内所含物质的种类和数量；并规定从业人员最低资格。针对含氟温室气体的使用，欧盟于2006年颁布《含氟气体法规》（第842/2006号），后经修改颁布了第517/2014号法规，同样要求对维修设备及废弃设备中的制冷剂进行回收，禁止向大气排放氟化温室气体；制冷设备、车辆中制冷剂的回收由经过认证的人员操作；成员国相互之间认可颁发的证书和培训证明。《关于臭氧层消耗物质的法规》及《含氟气体法规》中关于制冷剂的回收条款详见附录2-5和2-6。

2003年2月，欧盟公布《废弃电子电气设备指令》，简称《WEEE指令》。《WEEE指令》要求报废电子电气设备的生产者（包括进口商）承担其产品废弃

¹ <https://www.epa.gov/ods-phaseout>.

后回收处理的责任，生产者和作为代表的第三方机构负责建立回收利用系统，并承担收集、处理、回收利用费用；提出电子电气设备的收集率指标，以及不同类别电子电气设备再生利用率和回收利用指标。同时，要求含有ODS和GWP大于15的报废产品在处理前，必须将气体回收（包括电冰箱中的发泡剂），并按照（EC）No 2037/2000《关于臭氧层消耗物质的法规》进行处理。2008年，欧盟委员会对《WEEE指令》进行评估和修订。2012年7月4日，《WEEE指令》修订案正式公布，2012年7月生效。修订后的《WEEE指令》保留了对ODS和GWP大于15气体的回收要求，并将气体回收要求指向（EC）No 1005/2009。《WEEE指令》中关于制冷剂的回收条款详见附录2-7。

为了规范和评估电冰箱发泡剂的回收效果，2007年，欧洲家用电器制造商委员会和欧洲电子回收协会制定了制冷器具中CFCs、HCFCs和HFCs的回收要求和相应的检测规范。其中，针对CFCs、HCFCs和HFCs的制冷剂回收率应大于等于预期量的90%；从聚氨酯泡沫中分离出的CFCs、HCFCs和HFCs发泡剂回收率应当大于等于预期量的90%，且处理后的聚氨酯中CFCs、HCFCs和HFCs的含量应小于0.2%¹。

2.3.2 管理机制

2.3.2.1 废弃家电管理制度

欧盟废弃家电管理制度的核心是EPR组织及其运行制度。EPR是“生产者责任延伸”（Extended Producer Responsibility）的英文缩写，其中心思想是使生产商应承担的环境责任，不仅在产品的生产过程之中，而且还要延伸到产品整个生命周期，特别是废弃后的回收和处置。通常，生产者责任延伸包括经济责任、循环利用责任和信息披露责任。EPR组织是由生产企业自愿加盟，或由商业协会共同组建的实施“生产者责任延伸”的按企业化模式运作的非营利组织，设有董事会。收费标准的制定和费用的管理都交由EPR组织来自行操作。处理费的征收方式有两种：一种是在新产品的销售价格的基础上明码标出处理费，使消费者了解具体的数额，通常称为“可见收费”；另一种是将处理费隐含在销售价格之中，称为“不可见收费”。采取可见收费方式使得费用收缴变得简单和透明，并在消费者中产生积极的回收意识。虽然EPR字面上是生产商负责，但是，由于废电器

¹ 王海涛. 制冷剂高效回收与创新模式[J]. 家电科技. 2019(2): 101-103.

已经成为生产和生活中不可缺少的消费品，品种多达上百种，因此，仅仅依靠生产商进行收集与处理是难以实现的。因此，欧盟大多数成员国采用了联合机制（Collective System），即政府、生产商、消费者共同参与电子废物的收集与处理。

德国：联邦环境署为电子废物回收处理的回收管理体系主管部门，EAR（Elektro-Altgerate-Register）基金会（2004年8月19日由27个电子电器设备生产商和3个协会联合成立的行业非盈利组织）根据联邦环境署授权，履行中立的机构注册、资金结算职责。生产商需向基金会缴纳少量会费维持其运行。德国废家电收集系统由4500个公共废物管理机构设立的收集点、30000个商业收集点，以及1000个生产商提供的收集点组成。德国市政部门开设的大型收集站，居民和企业可以免费将电器送交收集站。由生产商或受委托的专业环保公司设立的收集点，一般针对企业和商家，收集点也设在企业或商家内部。销售电器的商场，商场在销售的同时也负责回收旧电器。

荷兰：负责家用电器回收的组织NVMP成立于1999年，是荷兰金属和电子产品处置协会依据《白色家电和褐色家电回收处理法》建立的，主要处理白色电器和小家电。NVMP系统1999年1月开始运行，目前，加入NVMP的生产商或进口商会员有1500家，几乎涵盖全部大、小家电市场。NVMP实施可见收费，消费者在购买商品时支付回收处理费，收费标准根据不同种类设定，与品牌、重量、体积、销售价格无关，生产商根据产品种类和销售数量每两个月向NVMP基金会缴纳一次处理费用，NVMP将回收处理费的管理委托给一家独立财务公司。市政的回收点仅仅负责废家电的收集和分类，之后的处理费用都由NVMP负担。单台电器的处理费，从1欧元（如咖啡机和真空吸尘器等）到17欧元（如冰箱、冰柜等）不等。NVMP负责协调荷兰境内废家电产品的收集和运输，向市政回收点、地区分类中心、零售商和小学提供废电器回收服务。NVMP通过招投标方式在各个区域分别与一定数量的下游处理商签订商业合同。

比利时：2001年7月，比利时建立了全国统一的废家电回收系统—recupel，负责废家电的收集、运输和处理。这是由15个行业联合会建立并经营的一个非营利回收组织。Recupel分为七大产品分部：棕色和白色电器、音响设备、小家电、信息技术和办公设备、电动工具、照明设备以及其他电器（医疗器械、实验室器

械、运动器械、传感器等)。七个产品分部独立运营,独立核算。截至2016年底,Recupel已经有5000多个会员企业。每年年底,Recupel都要按照当年的成本效益核算,制定下一年度的收费标准,Recupel会员企业每月报告销售数量,并据此将回收费用交给Recupel。Recupel对其会员进行审查,确保数据的真实可靠性,发现逃避责任的生产商,对其进行惩罚。Recupel建立了严格的财务管理制度,每年请独立的审计机构对其财务进行审计,编写年度报告。Recupel共有2000多个回收点,其中2/3的收集点是市政回收点,1/5的收集点是零售店。这些回收点可以通过互联网或传真要求Recupel从回收点免费取走收集到的废电器。

瑞典:2001年,瑞典开始实施《电器电子产品生产者责任延伸制法令》,生产商必须为产品报废后的回收处理进行负责。为了履行法律义务,生产商、经销商及地方当局成立了一个非营利性的全国性回收系统El Kretsen,负责大部分电子废物的回收处理,该系统由20多家相关行业协会拥有和运营,由生产商和进口商承担费用。企业可以选择加入该组织,也可以独立承担自己产品的回收责任。El Kretsen采取不可见收费模式。销售产品时,进口商和生产商将废品管理专项费用加入发票中,以承担产品的回收成本。目前,El Kretsen系统在瑞典290座城市拥有600个收集点,消费者可以免费将电子废物交给600个收集点中的任意一个,也可以采取“以旧换新”的形式将设备退还给生产商。El Kretsen系统的运行费用由生产商根据其销售规模和产品种类来分担,主要的成本包括从收集点开始的运输费、再生费以及信息收集费,其中再生费是主要成本。

瑞士:瑞士废电器回收体系主要由3家非盈利性机构构成:瑞士信息、通讯和组织技术协会(SWICO)、瑞士废物管理基金会(S.EN.S)及瑞士照明设备回收基金(SLRS)。其中,S.EN.S负责收集和回收家用白色电器。

瑞士采取预付回收费(Advance Recycling Fee, ARF)机制,当消费者购买新产品时,就支付了一定数额的ARF,ARF通过零售商、生产商和进口商被存入到由SWICO、S.EN.S及SLRS管理的基金中,然后支付给收集点、运输者和再生利用厂或处置厂。ARF基金主要有四方面用途,一是公共收集点的运行费;二是运输费,用于将收集点或者零售商收集的电子废物运至处理厂;三是废电器的处理和再生利用费;四是管理费。ARF基金是浮动和透明的,每年都聘请专业会计师事务所对ARF基金进行核算。如果上一年度ARF经费使用有结余,下一年度将减

少针对不同废电器的ARF收费，反之将增加。消费者可以通过零售商的以旧换新服务或送至瑞士境内300多个指定回收点，免费交投手中的废电器，然后根据电子废物的类型由相应的回收系统运输至所签约的处理商处进行无害的处理。

废电器收集体系的下游——废电器处理企业，既可以是EPR组织管理下独立经营性企业，也可以是与多个EPR组织合作的独立企业。但不管是何种类型，这样的企业成立在欧洲各国政府都要有严格的审批程序，除有一定资金、相对高的技术及设备要求外，还有一定的环保要求，其生产的再生材料必须符合绿色环保要求。

欧盟国家将废电器的拆解处理及再生资源回收称作废电器的预处理。各收集点将收集到的废旧家电送到制造商委托的预处理厂进行处理，包括手工拆解、分类、分拣出有害部件及有毒有害物质。各预处理企业之间实行自由竞争，生产厂家选择预处理企业采取招标的方式，以降低成本。制冷剂、溴化阻燃剂、汞、铅、镉、二氧化铍、废机油等有毒有害废物必须送到资质条件要求更高的专业处理厂家进行处理。

以废冰箱为例，典型处理工序为：将冰箱内部的金属网、玻璃等部件拆除，然后抽取出制冷剂和润滑油的混合物，用分离设备将其分开，润滑油卖给机油厂，制冷剂运送到专业处理厂，在1800℃下销毁。具体如图2-13所示。

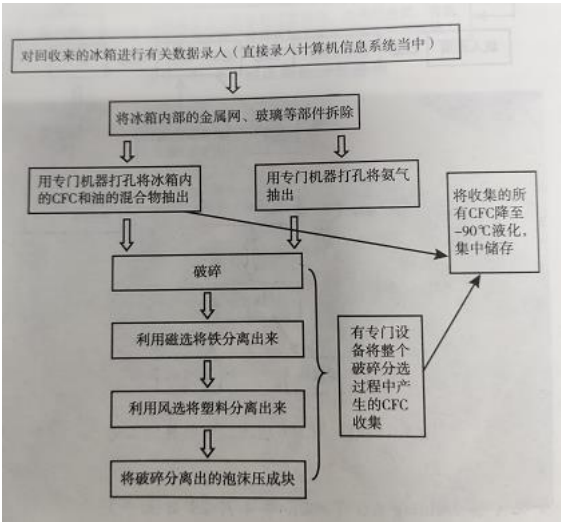


图2-13 冰箱典型处理工艺和流程

2.3.2.2 报废汽车管理制度

为保证汽车工业的可持续发展，欧盟委员会于2000年5月24日颁布了《关于报废汽车的指令2000/53/EC》（End-of-life vehicle, ELV 指令），后期对其进行

不断补充和完善。

ELV 指令规定，相关行业（销售点、回收企业、保险公司、拆解企业、破碎企业、再生利用企业、处理企业）应采取必要措施，保证废车和二手车部件回收处理体系的建立，要建立一套体制来确保把出示拆解证明用作报废车辆注销的条件。对于 2002 年 7 月 1 日以后的新车及 2007 年 1 月 1 日以后的全部废车，各国应采取必要的措施确保报废车辆免费交给已获认证的回收处理企业回收，最终所有者不负担费用，而是由生产者担负全部或大部分的回收、处理费用。该指令还要求欧盟各国应在报废车辆存储、处理场所和拆解规范等方面提出最低技术要求，报废处置期间应拆除蓄电池和液化气罐，拆除有爆炸危险的部件（如气囊等），拆除含汞部件，分离、收集并保存燃料、各种油类、制冷剂、防冻液及废车上的其他液体等，以防止报废汽车处理过程中所造成的污染。

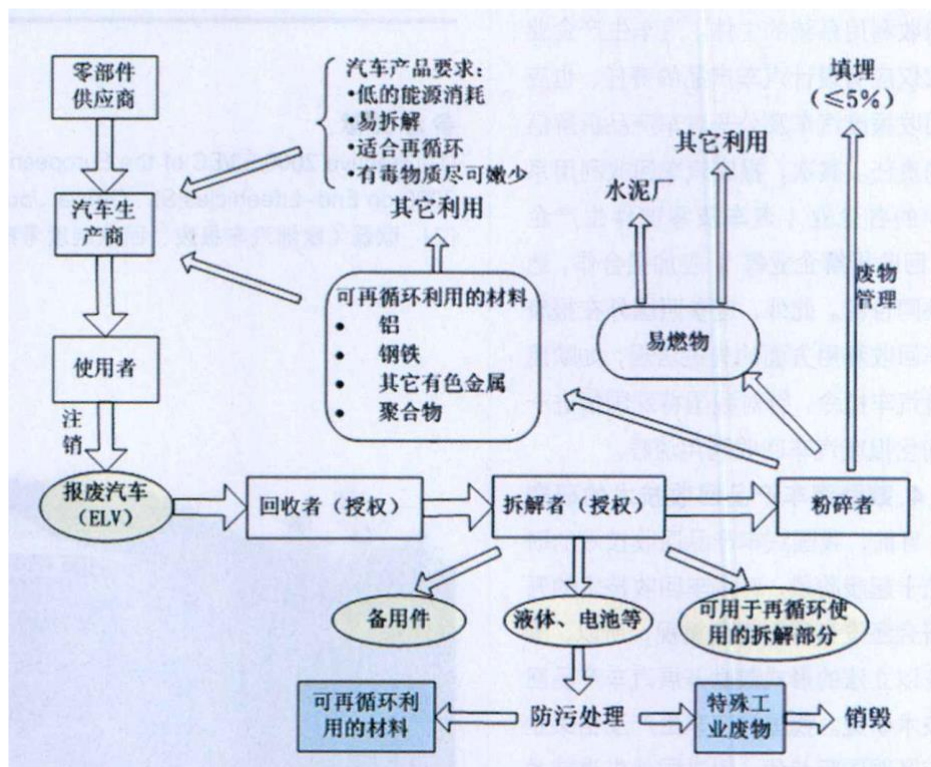


图 2-14 欧盟报废汽车再生利用主要流程

2.3.3 回收现状

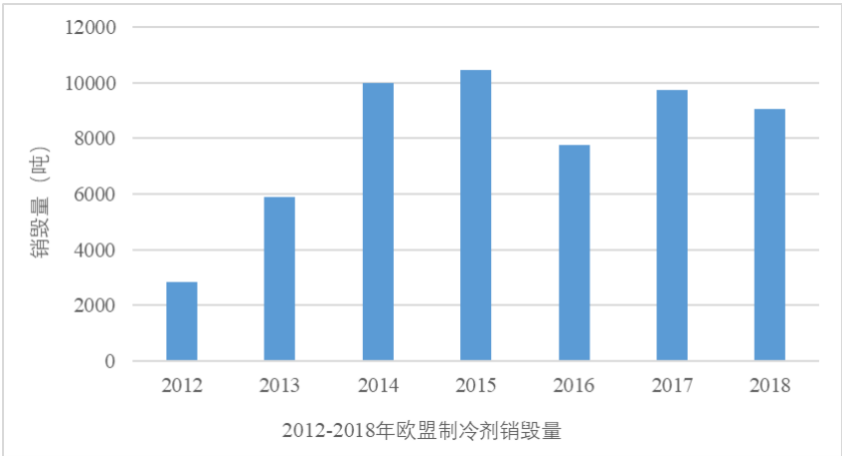


图2-15 2012-2018年欧盟制冷剂销毁量

2012年至2018年，欧盟制冷剂销毁量为2845吨提升至9056吨，其中2015年销毁量最高，为10440吨。其他年份销毁量如图2-15所示。

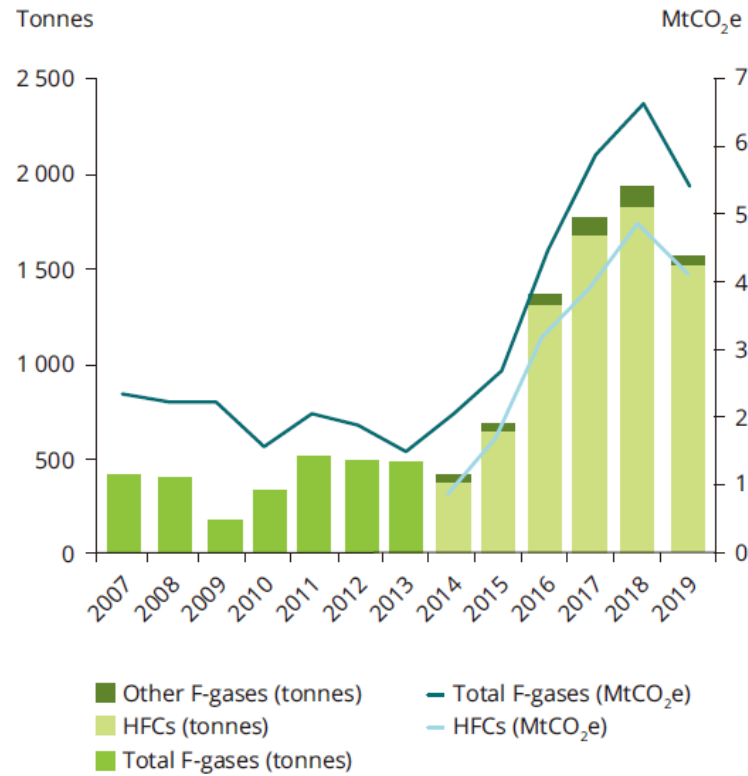


图2-16 2007-2019年欧盟制冷剂再生量

2015至2019年，欧盟制冷剂再生总量分别为679吨、1364吨、1751吨、1934吨和1523吨，其中HFC占据主导，其再生量分别为647吨、1314吨、1659吨、1829吨和1478吨。就温室气体减排量而言，2015至2019年欧盟制冷剂再生所产生的减排量分别是240万吨、410万吨、550万吨、620万吨和500万吨CO₂当量。

综上数据，欧盟2015-2018年制冷剂回收量分别为11118吨、9117吨、11500吨和11990吨，制冷剂再生比例分别为6.1%、15.0%、15.2%和16.1%，制冷剂销毁比例分别为93.9%、85.0%、84.8%和83.9%。

2.3.4 小结

《关于臭氧层消耗物质的法规》要求对制冷设备维修过程中的制冷剂及废弃制冷设备中的制冷剂进行回收，成为各成员国实行消耗臭氧层物质控制的基本指南。《含氟气体法规》同样要求对维修设备及废弃设备中的制冷剂进行回收。针对 CFCs、HCFCs 和 HFCs 的制冷剂回收率应大于等于预期量的 90%。2012-2018 年，欧盟制冷剂销毁量区间为 2845 吨提升至 9056 吨。2015-2019 年，欧盟制冷剂再生量从 679 吨提升至 1523 吨。尽管欧盟制冷剂回收总量已突破万吨，但制冷剂再生比例最低，只有 6.1%至 16.1%；销毁比例超过 80%。

2.4 本章小结

总体看，日本、美国、欧盟制冷剂回收管理有以下共同点：一是基于扩大生产者责任的原则建立回收再利用机制，要求家电、汽车等生产企业对制冷剂回收负主要责任，还要确保整个回收再利用体系的顺利运行。二是消费者要在购买、废弃、维修产品时交纳包括制冷剂回收再利用在内的费用，不但拓宽了制冷剂处理处置资金渠道，也增强了消费者节约资源和爱护环境的意识。三是指定专门组织管理资金，如日本成立了汽车再生促进中心、家电制品协会成立家电再生利用券管理中心；欧盟成立 ERP 机构（由企业资源加盟、或由协会共同组建）管理资金；美国收缴的回收费由各州委会或独立第三方组织管理。考虑到总体社会成本的经济原则，使参与制冷剂回收利用的各利益方都有利可图。四是有效利用企业间的竞争和合作，企业不能对回收费用进行随意设定，回收利用体系的实施、运行以及建立统一的回收物流渠道也需要各企业之间相互协调。

主要不同点包括：日本的制冷剂回收由专业的制冷剂回收机构操作，而欧美的制冷剂回收由家电、汽车等拆解企业操作；日本并未像美国、欧盟一样针对制冷剂回收率制定明确的指标；美国回收的制冷剂多采用再生的处理方式，而日本和欧盟多采用销毁的方式进行处理。

第三章 我国典型行业制冷剂回收再用现状

中国是全世界最大的制冷设备与制冷剂生产国和消费国,面对国内与日俱增的废弃电器电子、汽车产生量以及艰巨的温室气体“达峰”任务,减少具有温室气体效应的 ODS 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,因而制冷剂的淘汰、替代、回收、再用处理已成为制冷行业乃至全球关注的焦点。本章节调研了我国废弃家电拆解行业、汽车拆解行业以及工商制冷行业制冷剂回收利用现状,梳理我国现有行业管理政策和技术规范要求,开展了废弃家电拆解行业制冷剂回收、再生、回用全过程流向分析,识别了汽车拆解行业制冷剂回收工艺流程及处置情况,剖析了行业现有政策和技术要求在实施过程中存在的问题,并针对如何提高制冷剂回收利用提出了相关对策建议。

3.1 家电拆解行业制冷剂回收

我国目前是全球家电制造第一大生产国、出口国和消费国。随着行业的快速发展,行业内的制冷剂消费也在快速增长。随着含 ODS 产品逐步达到使用报废年限,报废空调、冰箱等家用电器产品中所含的 ODS 制冷剂的妥善回收与处置也尤为重要。目前国内制冷剂回收体系并不成熟,导致制冷剂回收利用水平较低,不仅严重危害生态环境,而且也造成了大量的资源浪费。

3.1.1 政策技术要求

(1) 消耗臭氧层物质管理条例

第十九条 专门从事消耗臭氧层物质回收、再生利用或者销毁等经营活动的单位,应当向所在地省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门备案。

第二十条 从事含消耗臭氧层物质的制冷设备、制冷系统或者灭火系统的维修、报废处理等经营活动的单位,应当按照国务院环境保护主管部门的规定对消耗臭氧层物质进行回收、循环利用或者交由从事消耗臭氧层物质回收、再生利用、销毁等经营活动的单位进行无害化处置。

从事消耗臭氧层物质回收、再生利用、销毁等经营活动的单位,应当按照国务院环境保护主管部门的规定对消耗臭氧层物质进行无害化处置,不得直接排放。

第二十一条 从事消耗臭氧层物质的生产、销售、使用、回收、再生利用、

销毁等经营活动的单位，以及从事含消耗臭氧层物质的制冷设备、制冷系统或者灭火系统的维修、报废处理等经营活动的单位，应当完整保存有关生产经营活动的原始资料至少 3 年，并按照国务院环境保护主管部门的规定报送相关数据。

(2) 废弃电器电子产品回收处理污染控制导则（GB/T 32357-2015）

导则附录 C 将氯氟烃（CFC）、含氢氯氟烃（HCFC）、氢氟碳化物（HFC）、碳氢化合物（HC）指定为废弃电器电子产品在拆解过程中产生的严控拆解物，要求如果采用机械破碎分选工艺，严控拆解物在破碎前应进行拆除，并分类管理。

(3) 废弃电器电子产品处理要求 第 2 部分：含制冷剂的电器（GB/T 38099.2-2019）

标准限定了含制冷剂废弃电器的处理要求和处理流程（详见图 6-1）、以及保温层材料的处理要求。

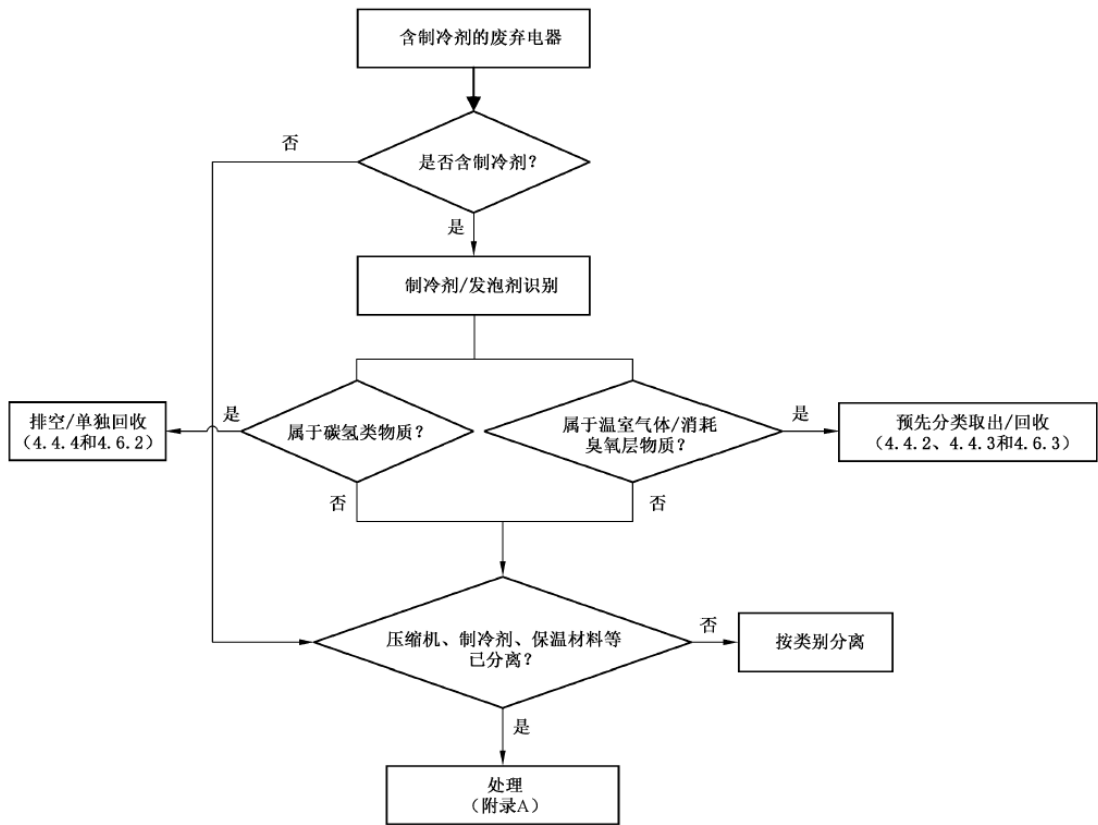


图 3-1 含制冷剂废弃电器的处理流程

(4) 废弃电器电子产品拆解处理情况审核工作指南

- 指南“拆解处理过程规范性”要求，对每个抽查日，选择关键点位中能够清晰辨识整机拆解、CRT 屏锥分离、荧光粉收集、制冷剂收集等涉

及关键拆解产物或者危险废物类拆解产物操作过程的视频监控画面，检查操作过程的规范性情况。

- “冰箱、空调拆压缩机前未回收属于消耗臭氧层物质的制冷剂”、“含有消耗臭氧层物质的制冷剂出厂未交由所在地省级环境保护部门备案的单位或持有危险废物经营许可证、具有销毁技术条件的单位处理”均属于应当予以扣减的不规范拆解处理情形。

(5) 废弃电器电子产品处理污染控制技术规范（HJ 527-2010）

规范要求：

- 废弃空调器、冰箱和其他制冷设备在收集过程中，应避免制冷剂泄漏。
- 运输废弃冰箱、空调室应防止制冷剂释放到空气中。
- 在拆解压缩机及制冷回路前应抽取制冷剂设备压缩机中的制冷剂和润滑油。抽取装置应密闭，确保不泄漏，抽取制冷剂的场所应设有收集液体的设施。
- 抽取的制冷剂、润滑油混合物经分离后，制冷剂应存放于密闭压力钢瓶中，润滑油应存放于密闭容器中并交给有相关资质的企业或危险废物处理厂进行处理或处置。

(6) 废弃电器电子产品规范拆解处理作业及生产管理指南

指南要求：

- 电冰箱（含冰柜）分类入库时，如有条件，建议检查制冷剂、保温层发泡剂的种类。通过冰箱标示或者压缩机上标示辨识制冷剂、保温层发泡剂种类。
- 建议按是否含有易燃易爆物质对冰箱进行分类、分尺寸竖直放入周转筐入库，登记制冷剂、发泡剂种类、容积等信息。其中，制冷剂及发泡剂均为氟利昂类物质的可归为同一类，进入室内贮存场地贮存；制冷剂及发泡剂为非氟利昂类的易燃易爆物质的可归为同一类，进入专用的室外贮存场地贮存。
- 贮存使用环戊烷发泡剂、异丁烷制冷剂（600a 制冷剂）等的电冰箱，应注意贮存环境的通风。
- 拆解异丁烷（600a）制冷剂的电冰箱时，工人应当穿着防静电工作服。

- 冰箱、空调制冷剂预先抽取等环节产生的有机废气应当经活性炭吸附净化后引至高处排放。
- 对于制冷剂为消耗臭氧层物质的，应当按照《消耗臭氧层物质管理条例》的要求对消耗臭氧层物质进行回收、循环利用或者交由从事消耗臭氧层物质回收、再生利用、销毁等经营活动的单位进行无害化处置，或具有相关处理能力的焚烧设施处置（如工业固体废物焚烧设施或危险废物焚烧设施），不得直接排放。
- 废弃电器电子产品中含有消耗臭氧层物质的制冷剂应当回收，并提供或委托给依据《消耗臭氧层物质管理条例》（国务院令 第 573 号）经所在地省（区、市）环境保护主管部门备案的单位进行回收、再生利用，或委托给持有危险废物经营许可证、具有销毁技术条件的单位销毁。
- 制冷剂抽取工位，应当清楚辨识工人的操作全过程，无遮挡、无死角。
- 处理含消耗臭氧层物质的电冰箱、空调时，应当具有将制冷系统中的制冷剂和润滑油抽提和分离的专用设备。应当具有存放制冷剂的密闭压力钢瓶或装置。

（7）《废弃电器电子产品处理企业资格审查和许可指南》

- 可能产生污染的区域（含制冷剂抽取区）需安装中央监控设备。
- 电冰箱或房间空调器的制冷剂应当回收并提供或委托给依据《消耗臭氧层物质管理条例》（国务院令 第 573 号）经所在地省（区、市）环境保护主管部门备案的单位进行回收、再生利用或者委托给持有危险废物经营许可证并具有相应经营范围的单位销毁。

（8）废弃电器电子产品制冷剂回收处理技术规范

规范对制冷剂作业基本条件、回收工艺、工艺要求、制冷剂的储存、制冷剂的利用和处理、制冷剂漏氟率要求进行了规定。同时，对制冷剂平均回收量进行了限定：家用空调、冰箱平均制冷剂回收率 1 级要求为 $\geq 95\%$ ，2 级要求为 $\geq 90\%$ 。

（9）电子废物污染环境防治管理办法

- 拆解电子废物，应当首先将铅酸电池、镉镍电池、汞开关、阴极射线管、多氯联苯电容器、制冷剂去除并分类收集、贮存、利用、处置。

3.1.2 废家电回收现状

尽管目前国内相关规范、指南对废旧电器电子中制冷剂的操作条件、回收工艺、储存、利用和处理等进行了较为详细的规定，但是，每年进入正轨拆解企业的废旧冰箱和空调的比例有限。

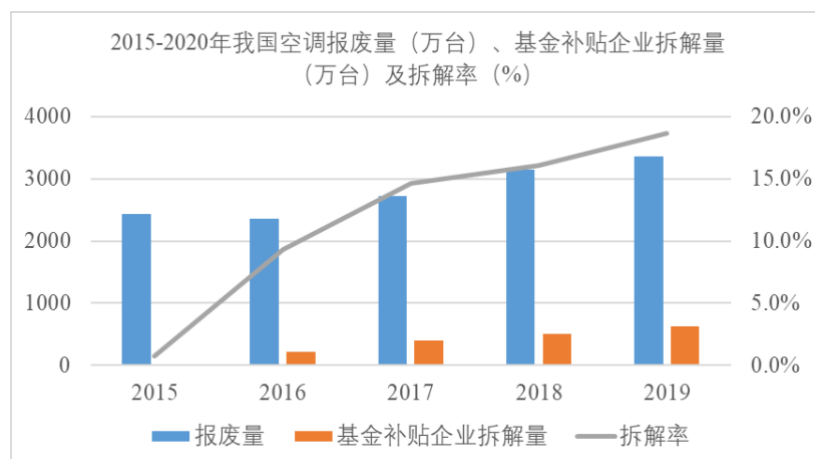


图 3-2 2015-2020 年我国空调报废量、基金补贴企业拆解量及拆解率

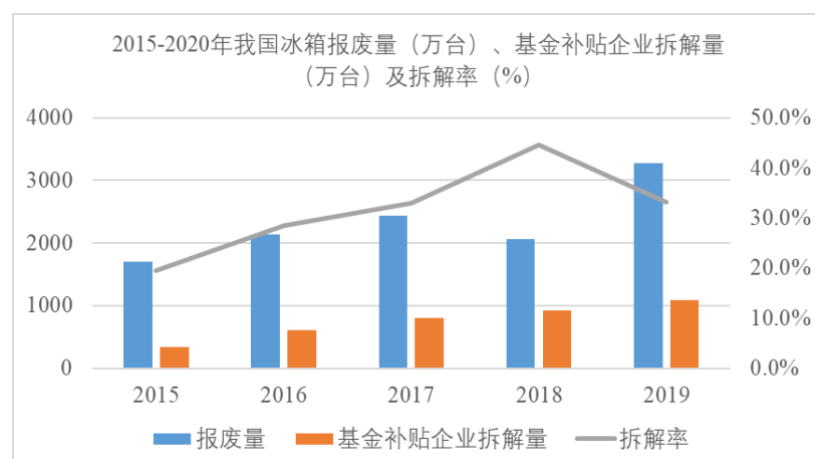


图 3-3 2015-2020 年我国冰箱报废量、基金补贴企业拆解量及拆解率

3.1.3 回收水平调研

3.1.3.1 基金补贴拆解企业分布

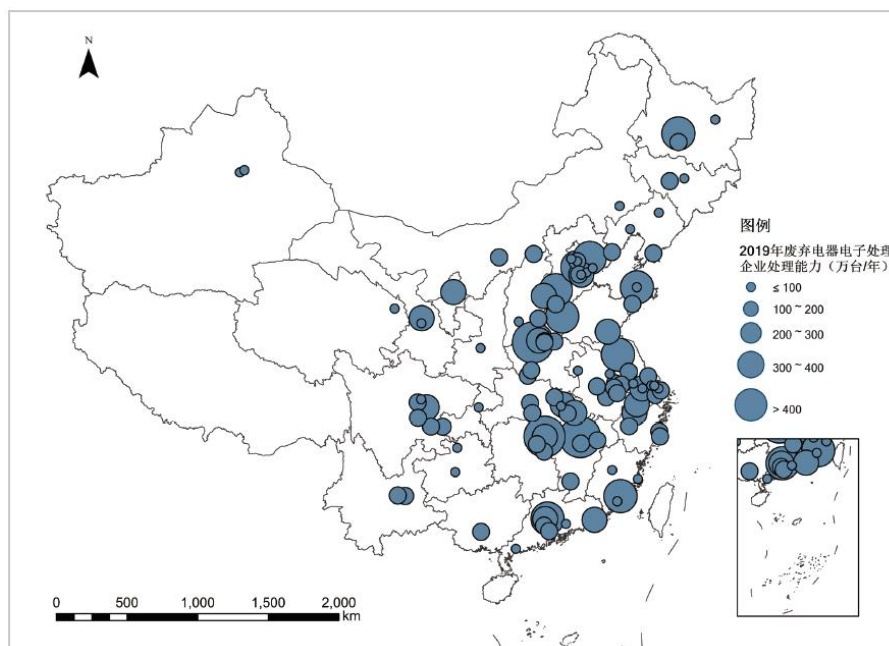


图 3-4 国内 109 家基金补贴拆解企业地理分布及处理能力

我国自 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 家基金补贴拆解企业。上述企业地理分布及处理能力见图 3-4。

3.1.3.2 调研企业选取

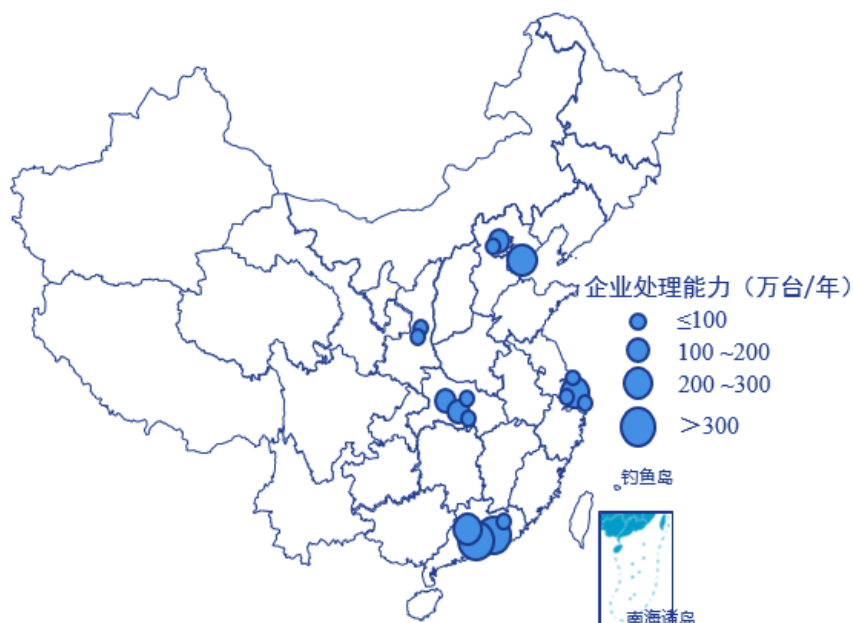


图 3-5 17 家废弃电器电子产品处理拆解企业地理分布及处理能力

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，具体如图 3-5 所示。并统计上述

企业 2018-2020 年空调、冰箱拆解量及制冷剂回收量。废空调和冰箱的样本数均超过 400 万台,空调平均单台回收量 160 克左右,冰箱平均单台回收量 2 克左右。

3.1.3.3 制冷剂回收量数据分析

(1) 按年份划分

分别对 2018、2019、2020 年空调及冰箱制冷剂回收量进行统计分析。其中,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。

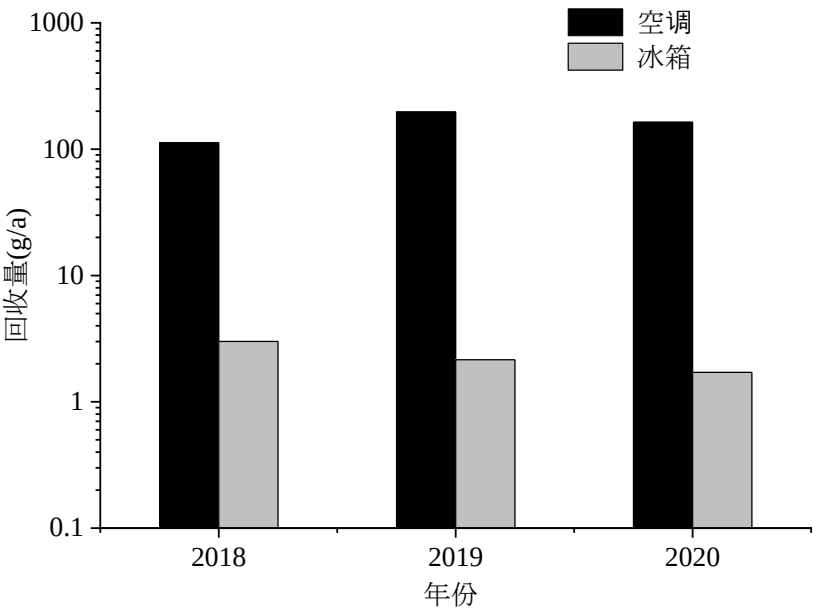


图 3-6 2018-2020 年国内废弃电器电子制冷剂回收量

(2) 按区域划分

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。就空调来说,天津平均制冷剂回收量最高,其余依次是北京、上海、湖北、广东以及陕西。就冰箱来说,上海的平均制冷剂回收量最高,其余依次是天津、陕西、湖北、广东以及北京。

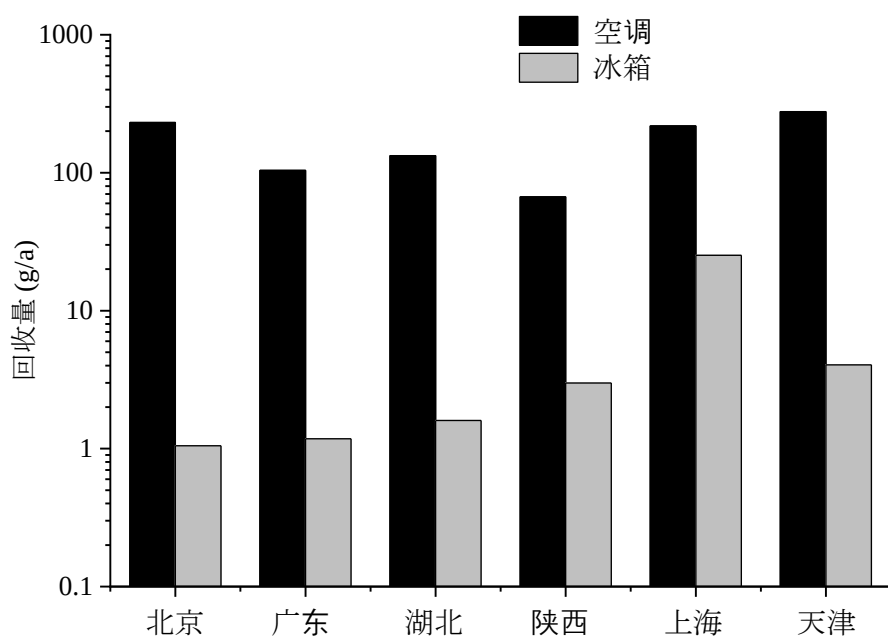


图 3-7 2018-2020 年国内不同地区废弃电器电子制冷剂回收量

(3) 按企业划分

按企业统计，2018-2020 年间，天津某企业空调制冷剂回收量最高，广东某企业空调制冷剂回收量最低，最高值为最低值的 14.8 倍。

就冰箱而言，上海某企业制冷剂回收量最高，湖北某企业制冷剂回收量最低，最高为最低的 108 倍。

3.1.3.4 制冷剂回收量温室气体效应

表 3-1 2019 年日本制冷剂回收温室气体效应

名称	回收量 (吨)	GWP (CO ₂ eq/t)	温室气体减排量 (T CO ₂ eq)
R11	12	4750	57000
R12	4	10900	43600
R22	835	1810	1511350
R123	32	77	2464
R32	0.6	675	405
R134a	73	1430	104390
R404A	90	3750	337500
R407C	138	1980	273240
R410A	325	2025	658125
合计	1509.6		2988074

2019 年我国房间空调器理论报废量 3353.7 万台，电冰箱理论报废量 3275.7

万台。以现有平均回收量计算，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 504.6 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、日本和欧盟的 4.4 倍、3.4 倍和 2.0 倍。

3.1.4 行业制冷剂流向分析

3.1.4.1 2019 年制冷剂回收、流向及处置方式

（1）2019 年，从回收端看，全国 22 省份有制冷剂产出。按区域划分，天津市、广东省、江苏省制冷剂回收量分列全国前三位。

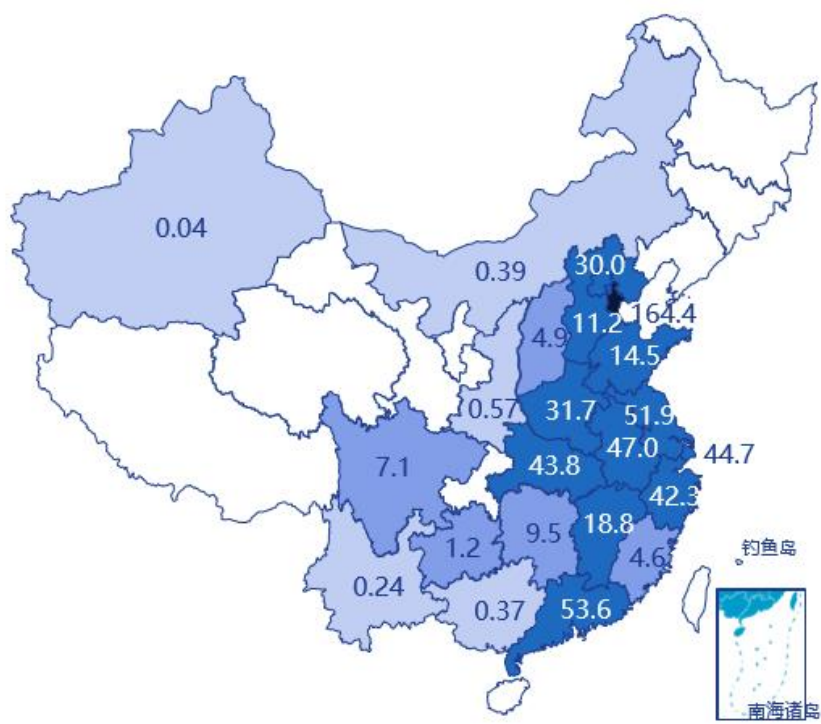


图 3-8 2019 年国内各省制冷剂回收量（吨）



图 3-9 2019 年全国回收制冷剂流向

(2) 从处置端看，按区域划分，占比 86.6%的制冷剂流向天津市，占比 7.8%的制冷剂流向河南省，占比 4.5%的制冷剂未标明去向，此外，流向上海市、四川省、浙江省、山东省、安徽省的制冷剂比例均不超过 1%。

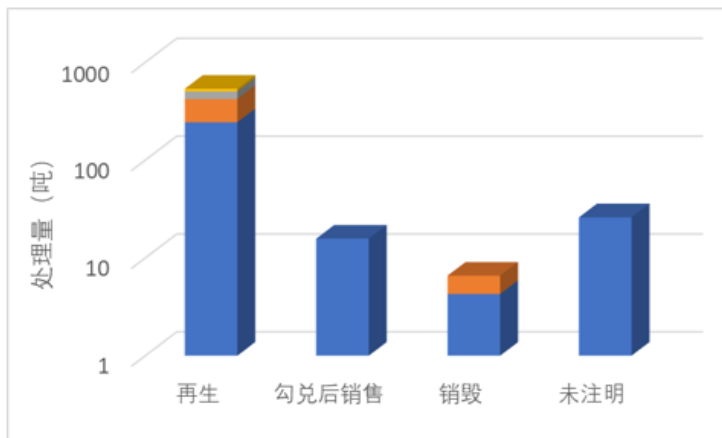


图 3-10 2019 年全国回收制冷剂处置方式

(3) 按处置方式划分，如图 3-10 所示，流向天津市的制冷剂全部采用再生工艺，其中占比 74.4%的再生产品用作发泡剂，占比 13.4%的再生产品销售至上海，经二次销售用作制冷剂或发泡剂，占比 12.2%的制冷剂销售至广州，经二次销售用作制冷剂或发泡剂。

流向河南省的制冷剂经过再生后销售给下游空调维修企业。此外，流向上海、四川、浙江、山东、安徽省的 6.6 吨制冷剂直接销毁。

直接销毁的制冷剂中，占比 64.9%的采用焚烧方式，占比 35.1% 的采用等离子裂解方式。



图 3-11 2019 年全国再生制冷剂流向

(4) 末端处置后，如图 3-11 所示，占比 37.8%的流向天津市，占比 33.4%的流向河北省，占比 7.8%的流向河南省，占比 7.5%的流向上海市，占比 6.9%的流向广东省，剩余的制冷剂流向北京市和辽宁省。

3.1.4.2 2020 年制冷剂回收、流向及处置方式

(1) 2020 年，从回收端看，全国 23 省份有制冷剂产出。按区域划分，天津市、浙江省、江苏省制冷剂回收量占比分别为 19.0%、11.0%和 10.2%，分列全国前三位。

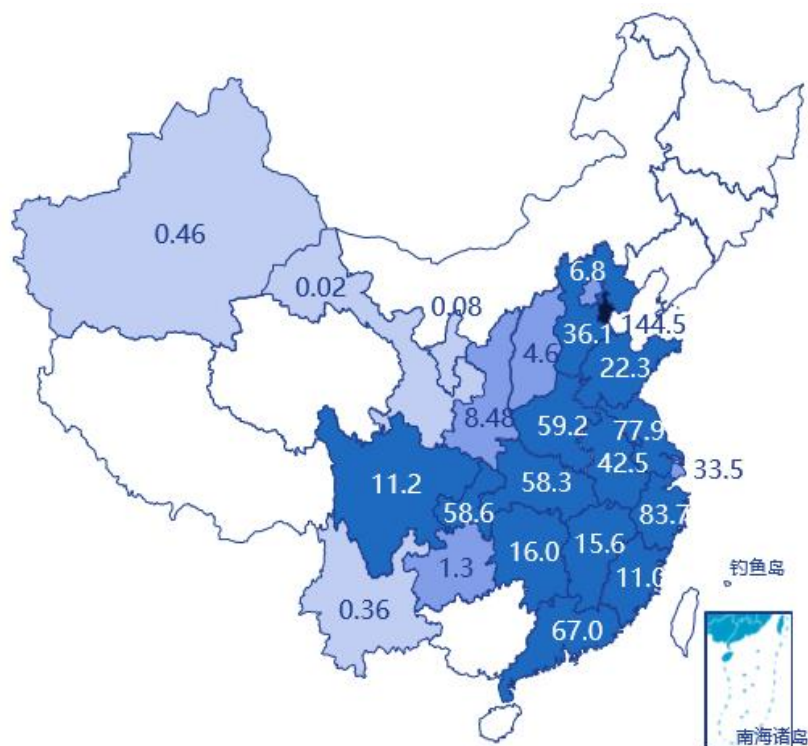


图 3-12 2020 年国内各省制冷剂回收量（吨）

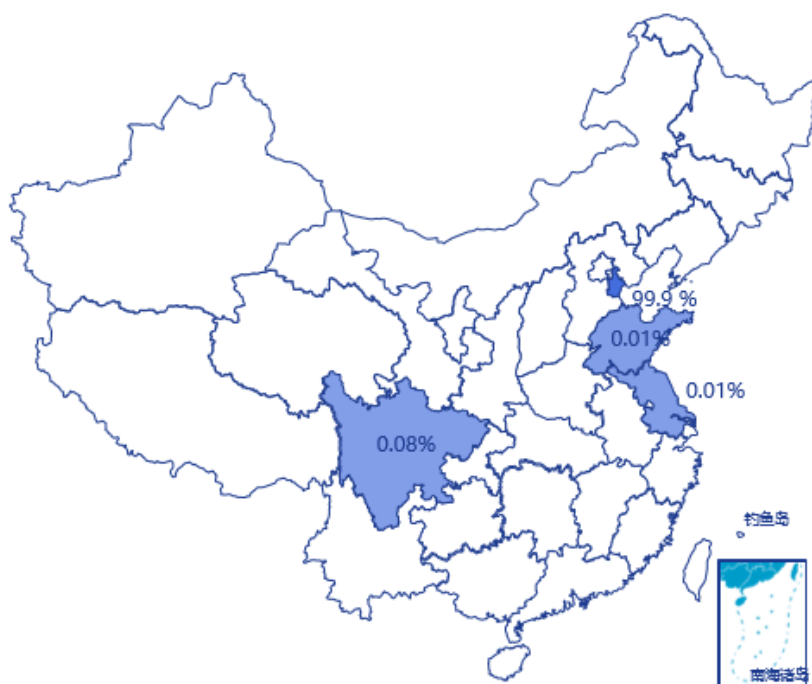


图 3-13 2020 年全国回收制冷剂流向

(2) 从处置端看，如图 3-13 所示，按区域划分，占比 99.9%的制冷剂流向天津市，占比 0.08%的制冷剂流向四川省，占比 0.01%的制冷剂流向江苏省，占

比 0.01%的制冷剂流向山东省。

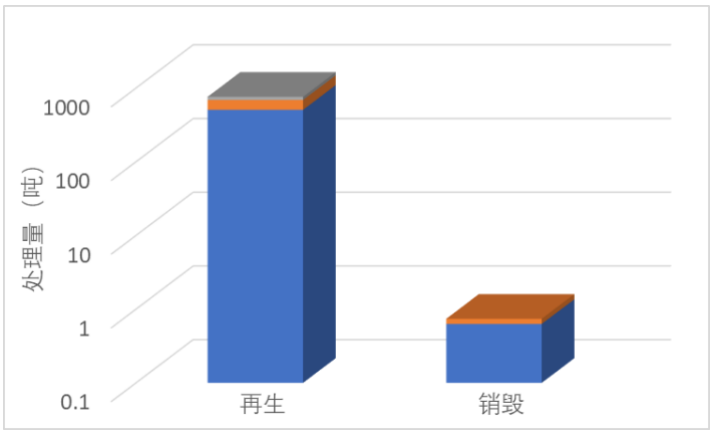


图 3-14 2020 年全国回收制冷剂处置方式

(3) 按处理方式划分，如图 3-14 所示，占比 73.6%的再生制冷剂用作发泡剂，占比 13.3%的再生制冷剂销售至上海，经二次销售用作制冷剂或发泡剂，占比 13.1%的再生制冷剂销售至广州，经二次销售用作制冷剂或发泡剂。

采用直接销毁方式处置的制冷剂中，占比 85.1%的采用等离子裂解方式，占比 14.9%的采用焚烧方式。

(4) 末端处置后，如图 3-15 所示，2020 年，占比 63.6%的再生制冷剂流向河北省，占比 12.1%的制冷剂流向天津市，占比 12.0%的制冷剂流向上海市，占比 11.9%的制冷剂流向广东省，占比 0.5%的制冷剂流向辽宁省。



图 3-15 2020 年全国再生制冷剂流向

3.1.4.3 2021 年制冷剂回收、流向及处置方式

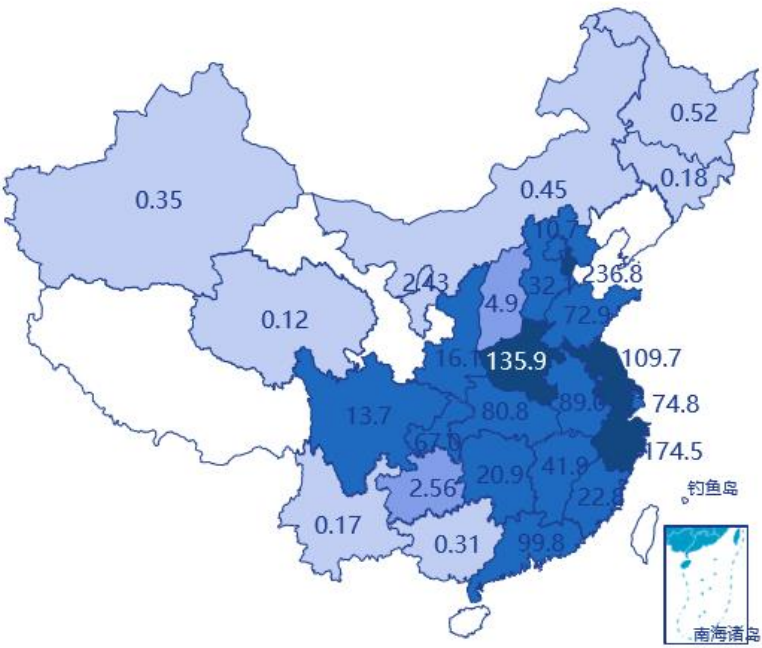


图 3-16 2021 年国内各省制冷剂回收量（吨）

（1）2021 年，从回收端看，全国 27 省份有制冷剂产出。按区域划分，天津市、浙江省、河南省制冷剂回收量占比分别为 18.1%、13.3%和 10.4%，分列全国前三位。



图 3-17 2021 年全国回收制冷剂流向

(2) 从处置端看，如图 3-17 所示，按区域划分，2021 年，占比 99.4%的制冷剂流向天津市，占比 0.55%的制冷剂流向河南省，流向四川省、江苏省的制冷剂占比分别为 0.05%和 0.03%。

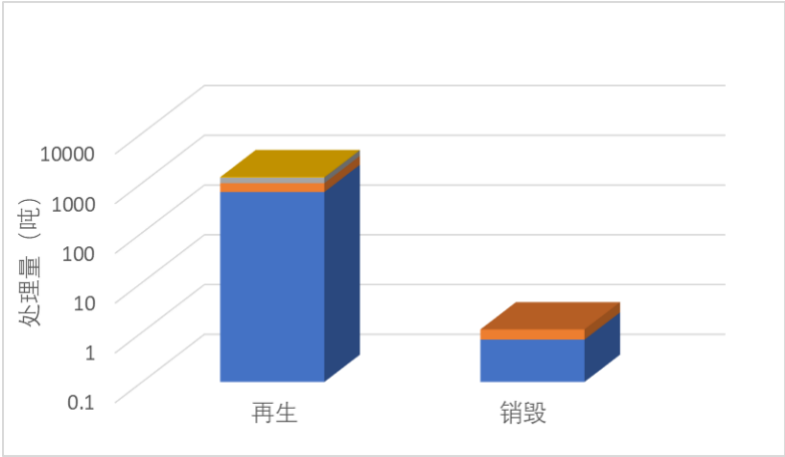


图 3-18 2021 年全国回收制冷剂处置方式

(3) 2021 年，按处理方式划分，如图 3-18 所示，全国占比 99.9%的制冷剂采用再生方式，占比 0.1%的制冷剂直接销毁。

再生制冷剂中，占比 50.1%的用作发泡剂，占比 25.5%的经二次销售用作制冷剂或发泡剂，占比 2.1%的用于制冷剂，此外，剩余制冷剂为企业库存。

直接销毁的制冷剂中，占比 62.3%的采用等离子裂解方式，占比 37.7%的采用焚烧方式。



图 3-19 2021 年全国再生制冷剂流向

末端处置后，如图 3-19 所示，2021 年，占比 49.8%的再生制冷剂流向河北省，占比 23.6%的再生制冷剂流向天津市，占比 16.4%的再生制冷剂流向上海市，此外，流向河南、辽宁、北京的制冷剂占比分别为 0.55%、0.31%和 0.18%。

3.1.4.4 数据分析

从回收体量看，全国 109 家基金补贴废弃家电拆解企业 2019 年到 2021 年制冷剂回收量年均增长率 49.9%。

表 3-2 2019-2021 年我国各省制冷剂回收量分布

	>100 吨	100-10 吨	<10 吨	合计
2019 年	1	11	10	22
2020 年	1	14	8	23
2021 年	4	13	10	27

从回收省份看，2019 年全国有 22 个省回收制冷剂，2020 年为 23 个省，2021 年为 27 个省。从各省回收量看，如表 3-2 所示，2019 年，全国仅有 1 个省制冷剂回收量超过 100 吨，11 个省制冷剂回收量在 10 吨至 100 吨之间；到 2021 年，全国有 4 个省制冷剂回收量超过 100 吨，13 个省制冷剂回收量在 10 吨至 100 吨之间。

就各省制冷剂回收行业集中度而言，如表 3-3 所示，2019 年 CR1、CR5 和 CR10 分别为 28.2%、62.0%、90.6%，到 2021 年，该数据分别降低至 18.1%、57.7%、87.0%。

表 3-3 2019-2021 年我国各省制冷剂回收行业集中度

	CR1	CR5	CR10
2019 年	28.2%	62.0%	90.6%
2020 年	19.0%	56.8%	87.1%
2021 年	18.1%	57.7%	87.0%

从回收企业看，2019 年全国有 71 家废弃家电拆解企业回收制冷剂，2020 年为 64 家，2021 年达到 81 家。从各企业回收量看，如表 6-4 所示，2019-2021 年，全国仅有 1 个省制冷剂回收量超过 100 吨。2019 年，全国有 16 家企业制冷剂回收量在 10 吨至 100 吨之间；到 2021 年，该数据提高至 35 家。

表 3-4 2019-2021 年我国各企业制冷剂回收量分布

	>100 吨	100-10 吨	<10 吨	合计
2019 年	1	16	54	71
2020 年	1	23	40	64
2021 年	1	35	45	81

就各企业制冷剂回收行业集中度而言，如表 3-5 所示，2019 年 CR1、CR5 和 CR10 分别为 26.0%、45.2%、60.9%，到 2021 年，该数据分别降低至 15.5%、38.3%、54.4%。

表 3-5 2019-2021 年我国各企业制冷剂回收行业集中度

	CR1	CR5	CR10
2019 年	26.0%	45.2%	60.9%
2020 年	17.2%	40.0%	57.4%
2021 年	15.5%	38.3%	54.4%

2019-2021 年，全国废弃家电拆解回收量最大的省份是天津市，回收量最大的企业为 TCL 奥博（天津）环保发展有限公司。

3.2 汽车拆解行业制冷剂回收

1994 年之前，中国汽车行业普遍使用 CFC-12 作为空调制冷剂。CFC-12 是一种 ODP 为 1 的 ODS。为保护臭氧层，原国家环境保护总局于 1999 年 7 月 26 日发布“关于中国汽车行业新车生产限期停止使用 CFC-12 汽车空调器的通知”，要求“从 2002 年 1 月 1 日起，所有新生产的汽车必须停止装配以 CFC-12 为工质的汽车空调器”。目前，中国国内销售的乘用车、货车及大巴主要使用 ODP 为 0 的 HFC-134a 等 HFCs 类制冷剂作为 CFC-12 的环保替代品。尽管汽车行业使用的 HFCs 制冷剂 ODP 为 0，但是其 GWP 普遍为 CO₂ 的 1000-2000 倍，随着汽车空调、房间空调等行业的快速发展，HFCs 制冷剂已成为近年来使用量增长最为迅速的温室气体，加速了全球变暖进程。因此，2016 年国际社会达成了限控 HFCs 的《〈蒙特利尔议定书〉基加利修正案》，要求各国逐步削减 HFCs 的生产及消费。

全球大部分汽车生产强国都制定并发布了汽车行业 HFCs 削减的管控时间表，并取得了良好的成效。欧盟 2006/40/EC 指令对汽车空调 HFCs 的管控范围为 M1 类及 N1 类产品，其中条款 5 规定，“从 2011 年 1 月 1 日起，禁止新设计的车型采用 GWP 值高于 150 的制冷工质，从 2017 年 1 月 1 日起，所有新生产

的汽车禁止采用 GWP 值高于 150 的制冷工质”。目前，欧盟新生产的 M1、N1 类车型已经实现 100%制冷剂 GWP 降低到 150 以下。EPA 于 2015 年 7 月修订发布的重要新替代品政策（SNAP）清单，将 HFC-134a 列入汽车空调的不可接受之替代品中，规定“自 2021 年起在轿车和轻型载货汽车的新型空调系中禁用 HFC-134a，自 2026 年起所有新生产的汽车中禁用 HFC-134a”¹。目前，美国 Light-Duty Vehicle 的 HFC-134a 制冷剂替代率已经接近 70%。2014 年，日本对《碳氟化合物回收与销毁法》进行了修订，并更名为《碳氟化合物合理使用和妥善管理法》，扩大了法律监管范围，要求“从 2023 年开始新生产 10 座（或以下）乘用车车型空调系统禁止使用 HFC-134a”。

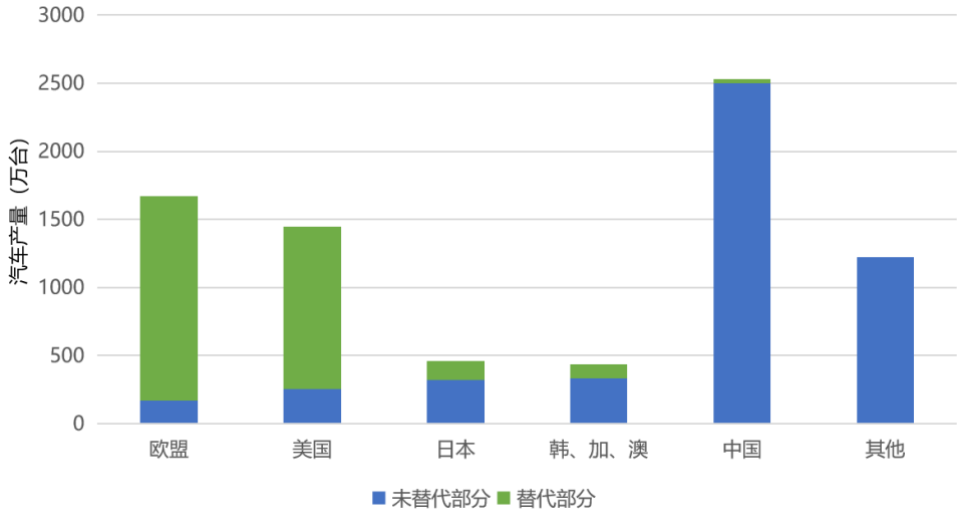


图 3-20 2020 年主要汽车生产国汽车空调制冷剂使用情况

我国是全世界最大的 HFCs 生产及消费国，全世界 60%以上的 HFCs 产能来自中国。汽车行业是中国 HFCs 重点消费行业，根据测算 2020 年汽车行业消费 HFCs 制冷剂约 3.2 万吨，生产领域及维修领域制冷剂消费量分别为 1.8 万吨及 1.4 万吨。电动汽车新增电池热管理及制热需求，其空调制冷剂加注量普遍高于传统燃油车，随着汽车行业的高速发展以及电动化渗透率的提升，汽车行业 HFCs 的需求将逐步增长。基于中国汽车生产量预测、保有量、维修率、单车制冷剂消费量数据测算，预计到 2030 年汽车行业 HFCs 制冷剂消费量将达 5.6 万吨。

在汽车生命周期过程中，约 37%制冷剂将随着汽车的运行而逐渐泄漏到环境空气中，剩余部分的制冷剂将会残留在汽车空调中并在维修或报废环节排放。因

¹ <https://www.epa.gov/snap/substitutes-mvac-passenger-air-conditioning-light-duty-medium-duty-heavy-duty-and-road-vehicles>.

此，妥善回收及处理汽车报废环节残余制冷剂对削减 HFCs 排放尤为重要。

目前，国内汽车行业制冷剂回收情况不容乐观，回收制冷剂经济价值低、回收制冷剂转运困难、回收后下游再生企业少、监管政策不严格等问题导致拆解企业无主动回收制冷剂的动力，因此绝大部分报废拆解企业在拆解环节直接将制冷剂释放入环境，不对残余制冷剂进行回收。据测算，2020 年全国汽车行业报废拆解环节空调系统中制冷剂的排放量约为 1.3 万吨，相当于 1859 万吨 CO₂。加强汽车行业制冷剂回收利用工作，既能实现可观的温室气体减排效果，又能通过回收制冷剂再用减少汽车行业对新产制冷剂的消费，是支撑国家“双碳”目标及“HFCs 削减履约”目标达成的必要举措。

3.2.1 政策技术要求

中国政府高度重视汽车空调制冷剂的削减和替代工作，1991 年中国正式加入《蒙特利尔议定书》，推动 CFCs 类制冷剂的淘汰工作，汽车行业是最先完成 CFCs 空调制冷剂淘汰的行业之一。汽车行业完全淘汰 CFCs 的新车加注消费后，中国开启了汽车维修行业 CFCs 淘汰工作。目前，相关管理部门制定了《机动车维修管理规定》（中华人民共和国交通运输部令 2019 年第 20 号）及《报废机动车回收管理办法》（中华人民共和国国务院令 第 715 号）对汽车空调维修及拆解回收要求做出了规定，并且针对维修及报废过程中制冷剂的回收制定了一系列标准规范。

3.2.1.1 机动车维修相关政策/技术

（1）《机动车维修管理规定》（2005 年 6 月）

从事汽车维修经营业务的设备、设施的具体要求按照国家标准《汽车维修业开业条件》（GB/T 16739）相关条款的规定执行。

（2）《汽车维修业开业条件》（GB/T 16739-2014）（2015 年 1 月实施）

汽车空调维修应至少有一名经过专业培训的汽车空调维修人员、汽车空调冷媒回收净化加注设备。

（3）《汽车空调制冷剂回收、净化、加注工艺规范》（JT/T 774-2010）（2010 年 7 月实施）

标准规定了适用于汽车空调维修行业的汽车空调制冷剂回收、净化、加注作业工艺流程（详见图 3-21）及工艺要求。

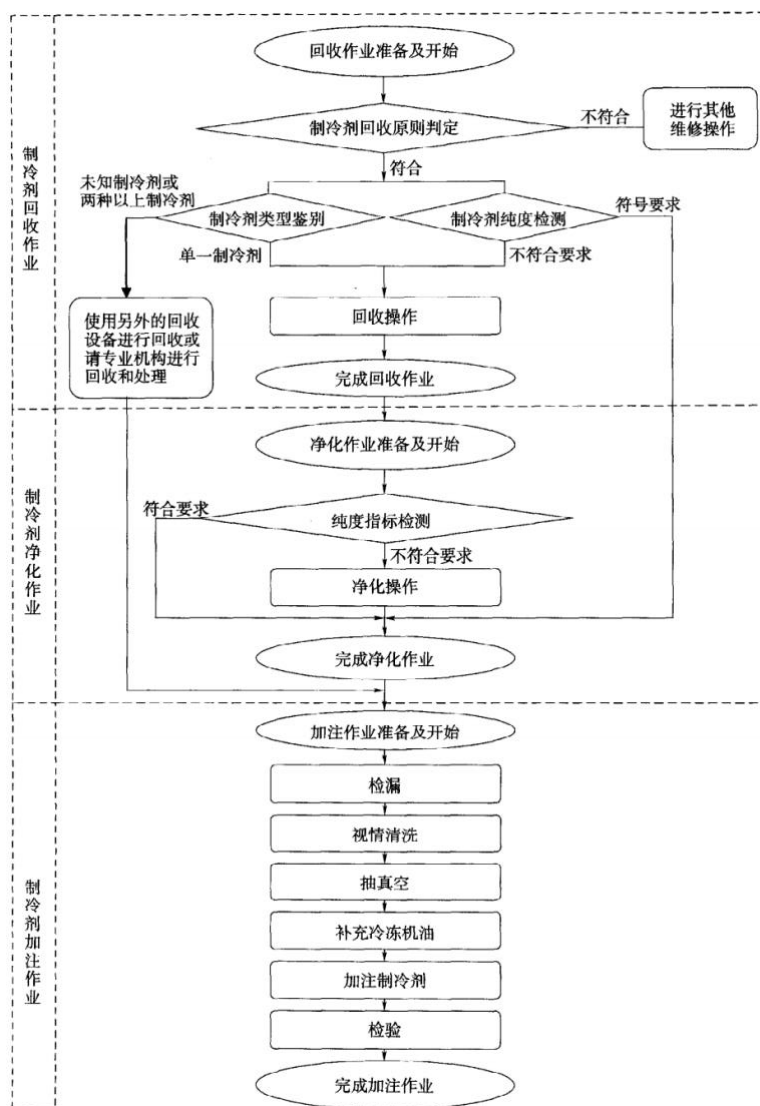


图 3-21 汽车空调制冷剂回收、净化、加注作业工艺流程

3.2.1.2 机动车报废相关政策/技术

(1)《报废机动车回收管理办法》(2019 年 6 月实施,代替 2001 年 6 月《报废汽车回收管理办法》)

国家对报废机动车回收企业实行资质认定制度。未经资质认定,任何单位或者个人不得从事报废机动车回收活动;

拆解报废机动车,应当遵守环境保护法律、法规和强制性标准,采取有效措施保护环境,不得造成环境污染。

(2)《报废机动车回收管理办法实施细则》(中华人民共和国商务部令 2020 年第 2 号)(2020 年 9 月实施)

资质认定与管理中规定取得报废机动车回收拆解资质认定应符合国家标准

《报废机动车回收拆解企业技术规范》(GB 22128)的场地、设施设备、存储、拆解技术规范,以及相应的专业技术人员要求,符合环保标准《报废机动车拆解环境保护技术规范》(HJ 348)要求。

(3)《报废机动车回收拆解企业技术规范》(GB 22128-2019)(2019年12月实施,代替2009年1月的《报废机动车回收拆解企业技术规范》)

设施设备要求中规定报废机动车回收拆解企业需要配备机动车空调制冷剂收集装置(2009)和分类存放各种制冷剂的密闭容器(2019);

拆解技术要求中规定在预处理阶段用专用设备回收汽车空调制冷剂(2009);

贮存技术要求中规定不同类型的制冷剂应分别回收,使用专门容器单独存放(2019)。

(4)《报废机动车拆解环境保护技术规范》(HJ 348-2007)

报废机动车拆解、破碎环境保护基本要求中规定废空调制冷剂属于危险废物,应按照危险废物的有关规定进行管理和处置;

报废机动车拆解、破碎企业运行环境保护要求中规定应在排除残留的各种废油液后拆除空调器,并且规定报废机动车中的废制冷剂应用专用工具拆除并收集在密闭容器中,不得向大气排放。回收后的制冷剂应由具有《危险废物经营许可证》并可以处置该类废物的单位进行处理处置,并严格执行危险废物转移联单制度。

(5)《报废机动车拆解污染控制技术规范(征求意见稿)》(HJ 348-2011)

2021年生态环境部组织对《报废机动车拆解环境保护技术规范》进行修订,编制形成《报废机动车拆解污染控制技术规范(征求意见稿)》,进一步完善了报废机动车拆解过程中制冷剂回收、贮存、处置要求,有关要求如下。

传统燃料报废机动车在开展拆解作业前,应彻底抽排下列液体:废油液(燃油、发动机油、变速器/齿轮箱(包括后差速器和/或分动器)油、动力转向油、制动液等石油基油或者合成润滑剂等,下同)、冷却液、挡风玻璃清洗液、制冷剂等,并使用专用容器回收贮存,操作场所应有防漏截流措施,上述液体不得遗撒或泄漏。

报废机动车拆解产生的废制冷剂,涉及《中国受控消耗臭氧层物质清单》所列物质应当按照国家相关规定进行管理,涉及危险化学品的制冷剂应当按照相关

危险化学品安全管理；

废制冷剂应交由持有相应资质的单位利用和处置。

3.2.2 排放环节

汽车空调制冷剂排放包含运行泄漏、维修排放及报废排放三个主要环节，具体排放情况如下。

（1）运行泄漏，汽车空调正常运行过程中，汽车空调系统中的制冷剂可经接头、阀件等处逸散而产生泄漏。据调研，我国汽车空调制冷剂运行泄漏控制水平差异较大，泄漏率在 10-50 克/年。

（2）维修排放，汽车空调维修过程时，需要先将空调内残余制冷剂进行回收处理，但是目前仅有小部分品牌 4S 店对制冷剂进行回收处理，大部分 4S 店及小型维修点会直接排空制冷剂，导致了残余制冷剂的排放。

（3）报废排放，汽车报废过程中，需按要求回收残余制冷剂，但是大部分报废汽车拆解企业并未对制冷剂进行回收，造成残余制冷剂的全部排放。并且拆解时的不当操作可能造成汽车空调系统的破损，也会导致制冷剂的排放。

根据测算，2020 年汽车空调运行泄漏、维修及报废环节制冷剂排放量占比如下。

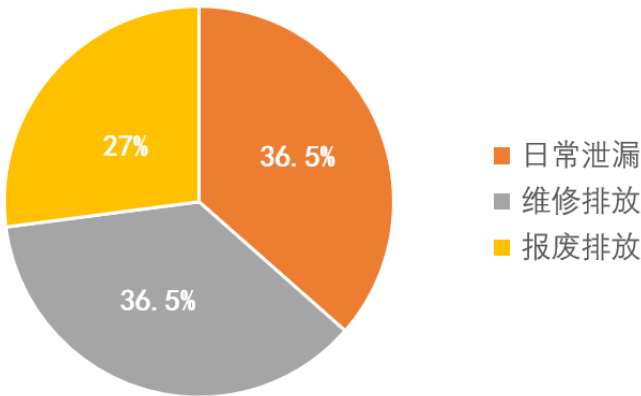


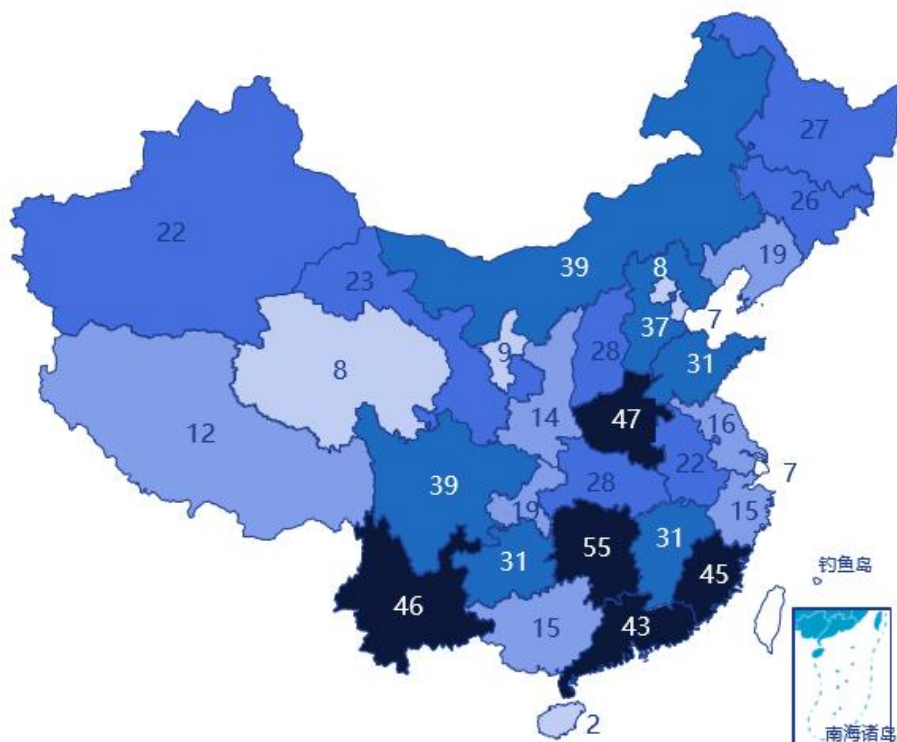
图 3-22 汽车空调制冷剂不同环节排放量占比

3.2.3 回收利用

3.2.3.1 回收企业分布

根据《报废机动车回收拆解企业技术规范》（GB 22128-2019）要求，报废环节汽车空调内残余制冷剂需要由报废汽车拆解企业回收并交由具备资质的处置

根据商务部数据,截至 2021 年 2 月 22 日,全国共有报废机动车回收拆解企业 771 家,分布在 31 个省、自治区及直辖市,具体如图 3-23 所示。其中,湖南、河南、云南、福建和广东拆解企业数量分别为 55 家、47 家、46 家、45 家和 43 家,分列全国前五位。



2012 至 2020 年，我国汽车理论报废量从 335 万台上升至 1851 万台，年增长率为 23.8%¹。相比之下，我国报废汽车正规回收拆解行业发展缓慢，回收拆解量从 2012 年的 115 万台上升至 2020 年的 240 万台，年增长率为 8.3%²³。如图 3-24 所示，进入正规回收拆解企业的报废汽车比例呈明显下降趋势，比例从 2012 年的 34.3%下降至 2020 年的 13.0%。

尽管《报废机动车回收管理办法》及相关标准规范中规定了报废机动车拆解过程中需要对制冷剂进行回收并提出了回收设备的要求,但是绝大部分报废机动车拆解企业并没有对制冷剂进行回收,仅有小部分企业对报废汽车中的制冷剂进

³ <http://www.crra.com.cn/xhdt/202203/28/574111.shtml>.

行了实际回收。

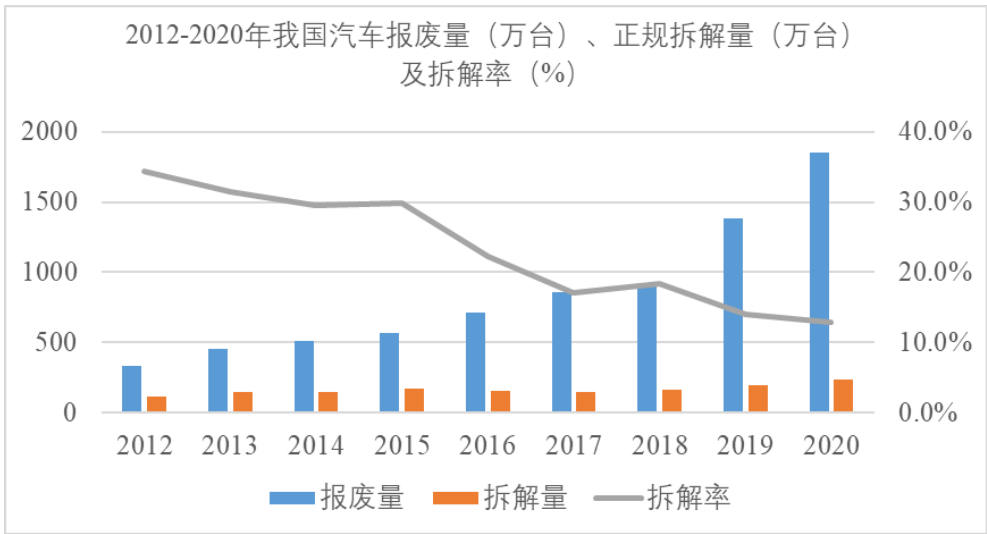


图 3-24 2012-2020 年我国汽车报废量、正规拆解量及拆解率

3.2.3.2 回收工艺流程

《报废机动车回收拆解企业技术规范》(GB 22128-2019) 及《报废机动车拆解环境保护技术规范》(HJ 348-2007) 中规定报废机动车拆解过程中需要在预处理阶段拆除铅酸电池及排空废液后使用专用制冷剂回收机进行制冷剂回收操作，并要求将回收后的制冷剂使用专用容器贮存，并交由资质单位进行处置。但是两项标准中并没有针对报废汽车空调制冷剂回收工艺流程给出详细规定。根据调研，报废拆解环节制冷剂回收工艺流程一般包含以下流程：

(1) 判断空调制冷剂剩余量，通过检查汽车空调外观判断蒸发器、管路、压缩机是否已破坏，若发现破损则认定汽车空调内制冷剂已泄漏完全，不进行回收。

(2) 回收操作，打开汽车前舱盖板，按照仪器说明书，将制冷剂回收机管路连接至汽车空调系统的高低压制冷剂加注口，然后启动回收机进行制冷剂回收。

(3) 完成回收操作，根据空调系统压力、抽取时间判断是否完成全部制冷剂回收，完全抽取后断开管路。

回收后的制冷剂一般临时储存在制冷剂回收机的储罐中，待储罐内的回收制冷剂达到一定量后（一般为储罐标称质量的 80%），将储罐转移至专门的贮存设施。

3.2.3.3 回收水平调研

调研企业按照地理分布、处理能力，选取 6 家报废汽车拆解企业，并统计上述企业 2020 年报废汽车拆解量及制冷剂回收量，具体调研数据如表 3-6 所示。根据调研，仅有小部分企业对汽车空调制冷剂进行了实际回收，并且单车制冷剂回收量区间为 5g-50g 左右。

表 3-6 报废汽车拆解行业制冷剂回收调研数据

地区	名称	汽车拆解量 /辆	制冷剂回 收量/kg	单车回 收量/g
湖北	格林美（武汉）循环产业园	20000	1000	50
广东	东莞市物资再生利用有限公司	6000	50	8
广东	惠州市安达金属回收公司	3000	15	5
广东	广东赢家汽车拆解有限公司	3800	0	0
天津	天津市国联报废机动车回收拆 解有限公司	14000	0	0
天津	天津万星再生资源有限公司	2000	0	0

2020 年中国报废汽车正规拆解企业回收量约 217 万辆，结合目前行业单车制冷剂平均回收量计算，2020 年汽车行业正规拆解企业报废环节制冷剂回收量约 47.7 吨，与日本年回收制冷剂 700 吨的水平差距显著。2020 年我国汽车理论报废总量超过 1800 万辆，假设我国汽车制冷剂泄漏控制及报废回收过程得到有效监管及规范、回收市场可以良好运行，报废汽车制冷剂回收率达到日本汽车行业水平（68%），则我国汽车拆解行业回收总量可达 8800 吨制冷剂，相当于直接减排 1258 万吨 CO₂。此外，制冷剂的回收再用还可削减新制冷剂的消费，并减少新制冷剂生产过程中约 10 万吨 CO₂ 排放¹。

3.2.3.4 处理处置

目前，回收制冷剂处置方式包含销毁及再生两种。制冷剂销毁方式有等离子体法、燃烧法、水泥窑焚化法、高温水蒸气热分解法、过热蒸汽反应法、液体中燃烧法和液体喷射焚化法，我国制冷剂处置企业选用的技术主要为焚烧销毁技术。制冷剂回收再生技术包含简易再生及蒸馏再生技术，蒸馏再生技术再生纯度高，可达到新产制冷剂产品标准（GB/T 36765-2018 汽车空调用 1,1,1,2-四氟乙烷（气雾罐型）），而简易再生处理后制冷剂仅能达到 98%左右的纯度。但是，受限干蒸馏再生投资成本高，国内多使用简易再生技术，具体步骤如下。

（1）预处理，检测接受到的制冷剂，根据检测结果将同类型制冷剂集中储

¹ 王子伟.汽车空调生命周期气候性能评估模型[J]. 制冷技术. 2014, 34(4): 1-7.

存；

- (2) 除油及杂质，通过气相回收法去除制冷剂中的油和杂质；
- (3) 检测，测定纯度，确认用作制冷剂或发泡剂；
- (4) 除气，通过气相快速导出法去除不凝性气体；
- (5) 除水，通过分子筛吸水技术去除水分；
- (6) 检测，制冷剂第三次检测，确认是否达到制冷剂产品标准；
- (7) 贮存，制冷剂充注入同类型产品储罐。

3.3 工商制冷行业制冷剂回收

中国制冷行业自二十世纪九十年代起，随着中国经济的腾飞迅速发展壮大，制冷行业产品产量大、品种多，位居全球首位。工商制冷空调设备与系统在我国应用非常广泛，制冷产品的技术不断更新，制冷设备市场保有量不断增加，设备的保养和维护需求也不断增加。

3.3.1 回收技术要求

目前，工商制冷行业制冷剂回收技术要求只有中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会于 2011 年 1 月联合发布《制冷空调设备和系统 减少卤代制冷剂排放规范》(GB/T 26205-2010)，其中规定了固定安装制冷、空调及热泵设备和系统在回收、销毁、维修和报废等处理的过程中减少卤代制冷剂排放的方法和要求。

(1) 制冷剂的回收

充注量大于 5kg 的固定安装的制冷、空调和热泵设备和系统中使用的制冷剂，应从设备中回收（再生）或重新用于这些设备，或者装入合适的容器中运送去再加工，不应排放到大气中。对于充注量不大于 5kg 的系统，宜回收制冷剂。

(2) 制冷剂的转移、运输

从系统或设备中取出的制冷剂，应被转移到现场准备的合适压力容器中储存，或者运输到其他地方，不应重复使用一次性制冷剂储存容器。

安全方面，制冷剂的转移、运输以及储存，都应遵循相应的安全条例。制冷剂应存放在适合的特定容器中，容器应用颜色代码标识。制冷剂容器不应过量充装。即使在充装操作中的瞬间，也不应超过容器的设计最大工作压力。制冷剂和油的混合物比单独的制冷剂密度小，充装制冷剂和油的混合物时，容器的容量将

会减小。制冷剂不应被放置在已经储存不同类型或未知制冷剂的容器中，已经储存在容器中的制冷剂不应排放到大气中。

运输方面，应采取安全的方式运输制冷剂，并应遵循相关法律法规的要求，包括注册登记，获得许可等。

（3）制冷剂的销毁

如果回收的制冷剂不被再生或再加工，则应由国家有关部门认可的机构进行销毁。

（4）制冷剂的处理和储存

储存方面，制冷剂应按照当地的法律和法规安全储存，储存场所应干燥，避免天气对制冷剂储存的影响，减少对制冷剂容器的腐蚀。除了设计用于露天储存之外，所有容器应避免阳光直射。

系统连接方面，充注管道应采用与制冷剂兼容的材料。

（5）系统维修

从事制冷和空调系统维护的人员应经过相关的培训，从事制冷剂处理的人员应取得相关证书。

对于有泄漏但没有量化每年制冷剂损失的大系统，不应再加注制冷剂。小修理（指不涉及压缩机、冷凝器、蒸发器和辅助热交换器盘管的更换）时，在系统或其组件与大气连通之前，可先将压力均衡来防止制冷剂损失。大修理时，应将需修理的系统部分隔离，以减少制冷剂在回收过程中的损失。如无法隔离，应将系统中的制冷剂抽取到系统的贮液器或其他合适的容器中，然后才能进行修理。制冷剂不应排放到大气中。

（6）系统监控

对于制冷剂充注量为 90kg 或更多的系统，建议每年至少进行两次检查，确认有无泄漏。该检查包括系统的视觉检查、任一设备运行记录的检查 and 核实制冷剂充注容量的检查。如发现有泄漏迹象或系统制冷剂减少，应进行泄漏检测。

3.3.2 回收现状

工商制冷设备的保有量规模不断扩大，制冷维修行业也随之出现并不断发展壮大。据估算，目前中国房间空调器的维修企业在 110000 家左右，工商制冷维修企业超过 10000 家，从业人员达上百万人。制冷剂主要以 HCFC-22 为主，其

余采用 HCFC-123、HCFC-142b 等。

目前工商制冷维修处理企业主要分为以下几大类：

(1) 一些大型制冷设备生产厂家自有的、针对自己产品的专业维修处理企业。主要担负着本企业产品的现场安装、施工和质保期内的维修处理服务（一般针对主流或重点市场区域），也部分承担用户委托的质保期以外的后期服务。这些企业由生产厂家或其母公司管理、运营，具有严格的管理规范和较高的技术水平、完善的人员培训体系、对人员的素质要求也很高。因此，员工的责任意识较强、操作规范、产品的维修质量也较高。这类企业数量一般较少。

(2) 一些大型制冷设备生产厂家为了满足其非重点市场区域的维修保养需要，往往具有一些签约企业，负责本公司产品在当地的业务（多为二、三级市场区域）以及部分的现场施工业务，以降低其运营成本。签约企业一般都是当地有一定规模和实力的独立维修企业，生产厂家对这些企业往往具有较强的制约力，也进行类似的资质认定和不定期的技术培训。

(3) 第三类是社会上的第三方企业。这类企业一般规模较小，但数量很多，占企业总数近 90%¹。这类企业往往无固定的技术依托和规范的人员培训体系，技术水平和人员素质参差不齐、操作的随意性也较强、维修质量不能得到充分保证。且其生存压力通常较大，软、硬件配置相对不足，人员流动性也较大，但由于价格低廉，市场需求旺盛。这类企业往往具有很宽的业务范围，愿意承担任何制冷产品的安装、保养、维修、拆解业务。

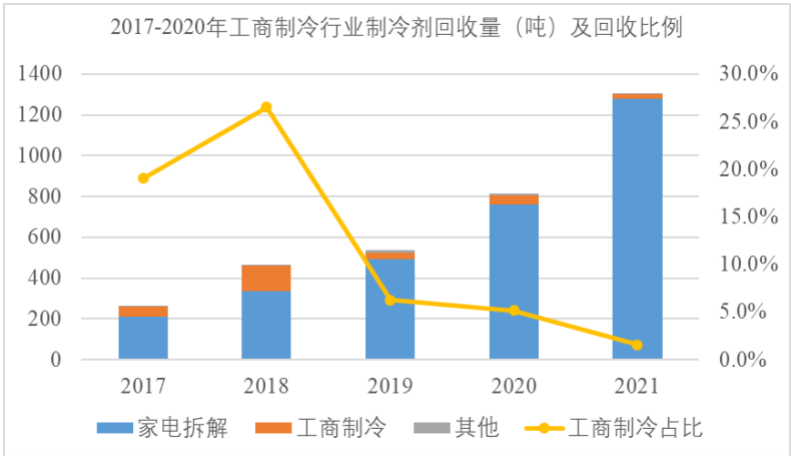


图 3-25 2017-2020 年工商制冷行业制冷剂回收量及回收比例

统计目前国内唯一的实际开展制冷剂回收再生企业制冷剂来源，结果如图

¹ 成建宏.中国制冷空调实际运行状况调研报告.

3-25 所示，2017 至 2020 年，我国工商制冷行业制冷剂回收量在 20.1 吨至 121.9 吨之间。但是由于家电拆解行业制冷剂回收量的逐年上升，工商制冷行业制冷剂回收量占比近年来呈下降趋势，从 2018 年的 26.5%降低至 2021 年的 1.5%。

总体而言，工商制冷行业企业性质各异、规模不一、技术水平和人员素质参差不齐、维修质量也各不相同。行业整体情况比较复杂，与家电拆解行业相比具有很大的差距，这些决定了我国工商制冷行业的制冷剂回收再用工作将是一个艰巨和长期的任务。

第四章 问题剖析及对策建议

总体看，我国制冷剂回收再用政策引导逐步加强，监管力度逐渐强化，产业发展迅速，但现阶段仍存在政策衔接度不够、技术水平有待提高、商业模式创新匮乏等问题。本报告梳理了日本、美国、欧盟等发达国家/地区制冷剂回收再用管理政策和技术，调研了我国典型行业制冷剂回收再用现状，剖析了现有政策和技术要求实施过程中存在的问题，并以问题为导向，从制约产业健康可持续发展方面提出以下政策建议。

4.1 家电拆解行业

4.1.1 问题剖析

（1）政策法规不完善

欧美发达国家从全生命周期的角度制定与制冷剂相关的政策，形成了报废、回收、运输、再生和处置全过程的规范化管理体系，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。相较于国外，目前国内制定的回收利用政策主要侧重于制冷剂指导性管理。以备案为例，消耗臭氧层物质管理条例要求“专门从事消耗臭氧层物质回收、再生利用或者销毁等经营活动的单位，应当向所在地省、自治区、直辖市人民政府环境保护主管部门备案”，目前国内绝大多数省份生态环境部门未对制冷剂相关企业信息进行公布，备案从事制冷剂回收、再生和销毁的企业信息缺失，与其相关的监管环节也较为薄弱，无法形成有效的链式管理。

（2）回收总量不足

从回收总量看，我国废家电拆解企业制冷剂回收量 2015 至 2021 年增长率超过 50%。但由于起步较晚，回收量仍明显落后于欧美发达国家。近年来欧盟制冷剂回收量已突破万吨，美国和日本的回收量也分别超过 7000 吨和 6000 吨。目前国内制冷剂回收体量远低于生产使用量级规模。主要原因一是大量废弃电器流入基金补贴外拆解企业及非法拆解企业，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压缩机和线路板的连接铜管，造成制冷剂的大量泄漏。三是部分基金补贴拆解企业对制冷剂的环境风险认知较低，为降低经营成本，未对制冷剂进行有效收集。因此目前国内制冷剂回收体量远低于国内生

产使用量级规模。

（3）回收比例不高

欧盟要求含有 ODS 和 GWP 大于 15 的报废产品在处理前，必须将制冷剂回收，针对 CFCs、HCFCs 和 HFCs 制冷剂回收率应大于等于预期量的 90%，从聚氨酯泡沫中分离出的 CFCs、HCFCs 和 HFCs 发泡剂回收率应当大于等于预期量的 90%；美国环保署要求任何从事小电器修理或处理的人员，必须回收 80%-90% 的制冷剂（根据电器的生产年代和制冷系统的使用状况）。目前国内制冷剂回收水平在 160 克/台和 2 克/台左右，在考虑制冷剂在正常使用状态下逸散的因素下，目前空调和冰箱制冷剂回收比例仅为 40%和 14%。

（4）回收企业准入门槛高

目前，国内仅有天津某企业实际开展制冷剂回收再生工作，主要原因如下：一是回收再生企业要求高，由于废制冷剂多属于危险化学品，需要回收再生企业具有危险化学品经营（带仓储）许可证，接受应急、环保等部门的监督管理。二是原料供应不足。因为基金补贴机制，我国目前制冷剂的回收主要集中在废弃家电拆解行业，进入回收环节的废弃制冷剂分散且数量不多，导致制冷剂再生技术欠缺发展动力。三是处理成本高，由于在收集阶段缺乏分类管理要求，增加了后期处理成本，目前制冷剂处置费用高昂，一般为 4-10 万元/吨。四是低纯度的再生制冷剂市场前景不明。由于缺乏精馏处理技术，目前企业采用简单物理净化工艺，低纯度制冷剂销售给对质量要求不高的挤塑板发泡企业，销售使用前景堪忧。

（5）认证体系缺失

国外从事制冷剂回收相关工作的机构、人员和设备普遍需要通过国家的认证或许可。如美国要求制冷剂回收企业必须取得环保署的资质认证，回收设备必须通过检测部门的资格认证，技术人员须通过资格认证考试。欧盟各成员国对于具备认证资格的人员采取互通共享政策。近年来，生态环境部借助《蒙特利尔议定书》多边基金，开展了人员培训、设备配置、意识提升等一系列示范活动，有效推进了制冷剂的回收工作，但目前对相关企业或人员的资格认定仍较为简易，国内大部分从事制冷剂回收处理的工作人员未经培训上岗，处理设备标准不同，且缺乏统一的制冷剂再生操作标准和规范，存在较大的环境风险。

4.1.2 对策建议

(1) 完善回收体系，强化监督管理

健全废弃家电回收渠道，优化国家基金补贴动态调整机制，建立废电器回收平台，为消费者提供可行的收集途径，逐步提高基金补贴拆解企业废弃家电拆解及制冷剂回收量。同时，通过完善立法和执法机制、强化执法能力，加大对基金补贴外处理企业和非法处理企业的查处力度，减少废家电回收和拆解环节制冷剂人为排放行为，形成有效的监管体系。

(2) 探索行业认证，规范操作流程

借鉴国外制冷剂回收行业认证管理经验，梳理国内回收设备及专业技术人员等相关能力匹配要求，研究制冷剂回收机构准入条件，探索“强化政府监管，完善社会监督，引导行业自律”的管理模式。出台制冷剂分类收集技术规范并严格操作流程，提高制冷剂量化回收与国家相关政策的协同，降低制冷剂回收、再生、销毁环节产生的环境风险。

(3) 扶持产业发展，加强成本分析

制定促进制冷剂回收利用的产业激励及财政扶持政策，提高回收处理企业的积极性，鼓励建立区域性收集中转站，降低制冷剂回收利用成本。全面掌握回收企业制冷剂收集来源、收集量、再生技术、再生量、销售渠道、销售价格等信息，开展企业成本效益分析，识别制约产业发展的经济因素。

(4) 提高技术支撑，强化日常监测

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，为履约执法及时提供技术保障，建立与我履约大国相适应的技术支撑体系。加强监测能力和日常监测，将重点风险企业纳入各级政府部门的日常监管范围，建立健全制冷剂排放风险预警制度。

(5) 加强污染防治，开展替代品评估

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，加快技术规范制定工作，有效减少制冷剂环境排放。结合国内履约进程及制冷剂淘汰计划，筛选未来主流替代品开展环境风险评估，重点围绕替代产品向环境中的释放途径、暴露水平、迁移转化和环境效应开展研究，为后续环境管理决策、制冷剂替代路径选择提供科学依据。

4.2 汽车拆解行业

4.2.1 问题剖析

汽车拆解行业同家电拆解行业制冷剂回收利用存在共性问题。比如：大量报废汽车流入非正规拆解渠道，以 2020 年为例，我国汽车理论报废量为 1851 万台，进入全国 771 家正规拆解企业的汽车量仅为 218 万台。制冷剂在拆解过程中被直接排空，导致目前国内汽车行业制冷剂回收体量远低于生产使用量级规模。此外，汽车拆解行业同样存在回收体量不足、回收比例不高、回收操作不规范、处置成本太高等问题。除了上述共性问题，汽车拆解行业还存在以下特有问题。

（1）回收制冷剂经济价值低

汽车拆解企业回收制冷剂后可交由资质企业进行制冷剂销毁及再生利用两种处置途径。如进行销毁，汽车拆解企业需要向销毁企业付处理费。如进行再生，回收量在 2 吨以下需要向再生企业付费，超过 2 吨才能获取 3000 元/吨的收益。同家电拆解行业相比，报废汽车拆解企业制冷剂回收量偏低，一是拆解绝对数量低，2019 年全国 771 家正规拆解企业平均拆解量只有 2529 台，同年基金补贴内废弃家电拆解企业空调平均拆解量为 57330 台。二是汽车拆解行业制冷剂回收率更低，以 2018 年为例，全国拆解量最高的企业是深圳市报废车回收有限公司，全年拆解量为 82207 台，制冷剂回收量约 1.8 吨。因此，当年全国所有汽车拆解企业年回收量达不到 2 吨，制冷剂回收不但经济效益，还提高了企业运行成本，企业无自主回收意愿。

（2）监督管理缺失

《废弃电器电子产品拆解处理情况审核工作指南》中明确规定：“拆解冰箱、空调压缩机前未回收或未有效收集属于 ODS 的制冷剂属于不规范行为，相应拆解数量不予补贴；收集的制冷剂未交由相应资质单位处理的，该季度所有涉及空调、冰箱拆解数量不予补贴”。由于有基金补贴制度及视频监控等手段，基金补贴内报废家电拆解企业制冷剂回收环节得到有效监管。相比之下，报废机动车拆解相关标准规范中只规定了报废过程中需要对汽车空调制冷剂及进行回收，但是并没有明确规定回收操作详细规范要求，以及回收过程中的监管措施。因此，在实际操作过程中汽车拆解企业往往存在设备缺乏维护、回收人员缺少培训、回收操作缺乏管理等问题，导致设备失效、回收人员意识淡薄、回收操作流程不规范

等问题，进而降低了制冷剂回收率。

（3）转运困难

国内报废汽车拆解企业 700 余家分散在全国各地。与之对应的是，我国实际开展再生业务的企业为数不多，大多数报废汽车拆解企业回收制冷剂后需要长途运输至制冷剂再生企业，特别是由于回收总量较少，运输成本较家电拆解企业更高。此外，《报废机动车拆解环境保护技术规范》（HJ 348-2007）规定“报废机动车中的废空调制冷剂属于危险废物，应用专用工具拆除并收集在密闭容器中，不得向大气排放。废制冷剂回收后的制冷剂应由具有《危险废物经营许可证》并可以处置该类废物的单位进行处理处置，并严格执行危险废物转移联单制度。”该要求增加了报废汽车拆解回收制冷剂跨省转移的难度，有制冷剂回收的报废汽车拆解企业普遍就近选择企业进行销毁处理。

4.2.2 对策建议

（1）探索建立制冷剂回收处理基金补贴制度

参考家电行业制冷剂回收管理模式及日本报废汽车回收基金补贴模式，建立机动车制冷剂回收处理基金征收及使用制度。在消费者采购汽车产品的时候，缴纳汽车产品报废制冷剂回收费用，设计基金管理中心统一管理征收基金，按回收量及处置量向拆解企业、运输企业、处置企业支付。

（2）细化制冷剂回收流程

借鉴国内外汽车制冷剂回收标准体系经验，系统梳理汽车空调制冷剂回收人员要求、设备要求及技术流程，编制行业制冷剂回收再生技术规范，明确拆解环境条件、设备仪器、人员操作、工艺流程、制冷剂存储、拆解信息记录要求等；编制再生制冷剂标准，明确再生制冷剂纯度等关键指标要求，引导不同品质再生制冷剂适用行业。

（3）加强制冷剂回收监管

建立汽车拆解制冷剂回收定期检查制度以及奖惩措施，组织专业监察人员，开展监察整顿活动，打击拆解企业在拆解废汽车空调过程中将制冷剂无组织排放的违法行为。设立监督举报热线，充分调动公众监督力量。

（4）推动制冷剂回收技术研发

加大对报废汽车制冷剂回收再用技术的资金支持及科研力度，提升我国报废

汽车制冷剂回收再生技术能力，提高制冷剂的回收率及再生品质，为制冷剂回收再用提供技术保障。

（5）开展制冷剂回收成本效益分析

针对制冷剂的产生、收集、贮存、再利用和销毁等环节开展制冷剂回收处理行业生命周期研究，统计全国汽车拆解行业制冷剂收集来源、收集量、再生利用量、再生利用后去向以及销毁量等基础数据，核算制冷剂回收产生的温室气体减排效益、环境效益及经济效益，进一步加强对制冷剂回收处理全流程的风险管控。

附 录

附录 1 日本《家电回收法》中关于制冷剂的回收条款

该法规核心内容是对家电制造商、零售商、消费者的责任进行了明确。各相关方的职责为：

- (1) 家用电器的制造商和进口商：回收其生产的报废家电产品
 - 从零售商收回他们生产或进口的家用电器；
 - 负责废旧家电的循环再利用；
 - 公布这些废旧家电的回收费用。
- (2) 家用电器的零售商：收集和运输废旧电器
 - 从废弃家电的商业机构收回其销售的家用电器；
 - 根据购买新电器而替代旧电器的消费者的要求收回旧家电，并且采用适当的方式将旧家电运送至该电器的制造商和进口商；
 - 将家电回收的票据签发给制造商，并且将复印件交给废弃者；
 - 在商店的窗户上公示收集和运输的费用。
- (3) 消费者：支付回收费用
 - 适当地废弃；
 - 支付收集和回收的费用：每丢弃一台废旧电视机、洗衣机、空调器、电冰箱，其所有人应分别支付2700日元、2400日元、3500日元、4600日元的费用。

附录 2 日本《汽车回收法》中关于制冷剂的回收条款

《汽车回收法》中关于制冷剂回收再用的内容如下：

- Article 10 When an End-of-Life Vehicle has been collected, the Collection Operator shall promptly deliver the End-of-Life Vehicle to a Fluorocarbons Recovery Operator if a Specified Air Conditioner is installed in the End-of-Life Vehicle and to a Dismantling Operator if one is not installed.

第10条 报废车辆回收后，如果报废车辆安装了特殊的空调，汽车回收商应及时将报废车辆交付给碳氟化合物回收企业；如果没有安装，则将报废汽车交付给拆解企业。

- Article 12 When an End-of-Life Vehicle has been collected, the Fluorocarbons Recovery Operator shall recover the Fluorocarbons from the Specified Air Conditioner installed in the End-of-Life Vehicle in accordance with standards relating to recovery of Fluorocarbons specified by ordinance of the competent minister.

第12条 收集报废车辆后，碳氟化合物回收企业应按照与该法令有关的与回收碳氟化合物有关的标准，从安装在报废车辆中的空调中回收碳氟化合物。

- Article 13 (1) When the Fluorocarbons are recovered pursuant to the provisions of the preceding article, except for instances in which the Fluorocarbons themselves are to be recycled, the Fluorocarbons Recovery Operator shall deliver the Fluorocarbons to Vehicle Manufacturers, etc. who shall collect the Parts Specified for Recycling, etc. pursuant to the provisions of Article 21.

第13条第（1）款：根据前条的规定回收碳氟化合物时，除非碳氟化合物本身需要回收（用作制冷剂和其他产品的原料，或使其处于正常状态，将它们无偿地或有偿地转让给使用它们作为制冷剂或其他产品原材料的实体；以下也应适用），碳氟化合物回收经营者应将碳氟化合物交付给车辆制造商等。

- Article 14 When the Fluorocarbons are recovered pursuant to the provisions of Article 12, the Fluorocarbons Recovery Operator shall, after recovering said Fluorocarbons, promptly deliver the End-of-Life Vehicles to a Dismantling Operator.

第14条 依照第十二条回收碳氟化合物的规定，碳氟化合物回收商应当在回收该碳氟化合物后，及时将报废车辆交付拆解经营者。

- Article 23 (1) When Fluorocarbons are delivered to Vehicle Manufacturers, etc. (Vehicle Manufacturers, etc. prescribed in the preceding paragraph; the same shall apply hereinafter in this article), as specified by ordinance of the competent minister, the Fluorocarbons Recovery Operators may request payment of an amount of money (hereinafter referred to as the "Fluorocarbons Recovery Fee") specified by said Vehicle Manufacturers, etc.

第23条第（1）款根据主管部长法令的规定，在向车辆制造商等（前款规定的车辆制造商等）交付碳氟化合物时，碳氟化合物回收经营者可以要求车辆制造商支付“碳氟化合物回收费”。

- (4) The Vehicle Manufacturers, etc. shall publicize in advance the Fluorocarbons Recovery Fee and the Designated Recovery Fee specified by ordinance of the competent minister.

第（4）款 车辆制造商等应事先公布主管部长法令规定的碳氟化合物回收费和指定回收费。

- Article 24 (2) When there are Vehicle Manufacturers, etc. who have not paid the Fluorocarbons Recovery Fee or Designated Recovery Fee as prescribed in Paragraph 3 of the preceding Article or have not published pursuant to the provisions of Paragraph 4 of the same Article without a justifiable ground, the competent minister may recommend that said Vehicle Manufacturers, etc. pay or publish the Fluorocarbons Recovery Fee or Designated Recovery Fee by a set due date.

第24条第（2）款 如果有汽车制造商等未缴纳前条第3款规定的碳氟化合物回收费或指定的回收费，或未按照该条第4款的规定进行公布且没有合理的理由，主管部长可建议上述车辆制造商等在设定的到期日之前缴纳碳氟回收费或指定的回收费。

- Article 53 (1) Entities who intend to engage in Fluorocarbons Recovery Operations shall be registered by the governor having jurisdiction over the address of the business office where the operations are to be carried out.

第53条第（1）款拟从事碳氟化合物回收业务的实体，应在对进行该业务的营业所地址具有管辖权的管理者处进行注册登记。

- Article 54 (1) An entity who intends to be registered as set forth in Paragraph 1 of the preceding article (hereinafter referred to as "Parties Applying to Register as Fluorocarbons Recovery Operators") shall submit a written application indicating the following matters to the governor.

第五十四条第（一）款 拟按照前条第一款规定进行注册登记的实体（以下简称“申请登记为碳氟化合物回收经营者的当事人”）应向管理者提交表明以下事项的书面申请。包括姓名、法人地址、营业场所、回收碳氟化合物类型等、回收所采用的设备等。

- Article 81 (5) The Fluorocarbons Recovery Operators, as specified by ordinance of the competent minister, shall report to the Information Management Entity the amount of Fluorocarbons recovered and reused within the specified period of time, the Vehicle number of the End-of-Life Vehicles relating to the Fluorocarbons and other matters specified by ordinance of the competent minister for each period of time specified by ordinance of the competent minister.

第81条第（5）款 主管部长法令规定的碳氟化合物回收经营者应向信息管理实体报告在规定的时间内回收和再利用的碳氟化合物的数量，以及相应的报废车辆的数量。

附录3 日本《碳氟化合物合理使用及妥善管理法》主要内容设计

该法规明确工商制冷设备维修、废弃时制冷剂回收的相关规定,明确生产者、从业者、地方公共团体、国民与国家各主体职责,规定从事制冷剂回收必须进行登记,获得回收许可,回收、搬运、破坏过程中应遵守标准,每年上报回收量和销毁量。其中

- 第九条至第十一条介绍了氟利昂制造商应采取的措施;
- 第十二条至第十五条介绍了指定产品的制造商应采取的措施;
- 第十六条至第二十六条介绍了第一种特定产品的管理者应采取的措施;
- 第二十七条至第四十九条介绍了对第一种特定产品的氟利昂类填充以及从第一种特定产品中回收氟利昂类的措施;
- 第五十条至第六十二条介绍了从第一种特定产品中回收氟利昂进行再生的措施;
- 第六十三条至第七十三条介绍了氟利昂的破坏;
- 第七十四条、第七十五条介绍了相关费用的负担;
- 第七十六条至第八十五条介绍了信息申报及处理。

附录 4 美国《清洁空气法》中关于制冷剂的回收条款

《清洁空气法》第六篇—平流层臭氧保护

第 7671g 节 国家回收和减排计划

The regulations under this subsection shall include requirements that:

(A) reduce the use and emission of such substances to the lowest achievable level, and

(B) maximize the recapture and recycling (净化) of such substances.

本小节项下的条例应包括下列各项要求:

(A) 将此类物质的使用和排放减少到可达到的最低水平, 和

(B) 最大限度地回收和循环利用这些物质。

➤ Requirements that class I or class II substances contained in bulk in appliances, machines or other goods shall be removed from each such appliance, machine or other good prior to the disposal of such items or their delivery for recycling.

要求在处置电器、机器或其他物品之前或者交付回收再利用之前, 应将该等电器、机器或其他物品中大量的第一类或第二类物质从该等电器、机器或其他货物中清除。

➤ Effective July 1, 1992, it shall be unlawful for any person, in the course of maintaining, servicing, repairing, or disposing of an appliance or industrial process refrigeration, to knowingly vent or otherwise knowingly release or dispose of any class I or class II substance used as a refrigerant in such appliance (or industrial process refrigeration) in a manner which permits such substance to enter the environment. De minimis releases associated with good faith attempts to recapture and recycle or safely dispose of any such substance shall not be subject to the prohibition set forth in the preceding sentence.

自 1992 年 7 月 1 日起, 任何人在维护、保养、维修或处置电器或工业加工制冷设备过程中, 故意排放或以其他方式故意释放或处置作为该电器 (或工业加工制冷设备) 中的制冷剂的任何第一类或第二类物质, 使其进入环境的, 均属非法行为。与本着真诚态度试图回收和循环利用或安全处置任何此类物

质有关的微量释放不受上一句中规定的禁令限制。

第 7671h 节 机动车空调器检修

➤ (2)(A) The term "approved refrigerant recycling equipment" means equipment certified by the Administrator (or an independent standards testing organization approved by the Administrator) to meet the standards established by the Administrator and applicable to equipment for the extraction and reclamation of refrigerant from motor vehicle air conditioners. Such standards shall, at a minimum, be at least as stringent as the standards of the Society of Automotive Engineers in effect as of November 15, 1990, and applicable to such equipment (SAE standard J-1990).

“核准的制冷剂回收设备”一词是指经署长（或经署长核准的独立标准测试组织）核证符合署长制定的适用于从机动车空调器中提取和回收制冷剂设备标准的设备。该等标准至少应与 1990 年 11 月 15 日生效的汽车工程学会的适用于该等设备的标准（SAE 标准 J-1990）一样严格。

➤ Effective January 1, 1992, no person repairing or servicing motor vehicles for consideration may perform any service on a motor vehicle air conditioner involving the refrigerant for such air conditioner without properly using approved refrigerant recycling equipment and no such person may perform such service unless such person has been properly trained and certified.

自 1992 年 1 月 1 日起，为获取报酬而修理或维修机动车的人员，如未适当使用经核准制冷剂回收设备，不得对机动车空调器进行涉及此类空调器制冷剂的任何维修，而且除非此人经过适当培训和认证，否则不得开展此类维修。

➤ Effective 2 years after November 15, 1990, each person performing service on motor vehicle air conditioners for consideration shall certify to the Administrator either—(A) that such person has acquired, and is properly using, approved refrigerant recycling equipment in service on motor vehicle air conditioners involving refrigerant and that each individual authorized by such person to perform such service is properly trained and certified; or

从 1990 年 11 月 15 日起两年内，每位为获取报酬而维修机动车空调器之人

应向署长证明：此人已获得并正在恰当使用涉及制冷剂的机动车空调器上运行的经核准制冷剂回收设备，而且经此人授权进行此类维修的每个人都经过适当培训和认证。

附录 5 欧盟《关于臭氧层消耗物质的法规》中关于制冷剂的回收条款

- (7)Under Regulation (EC) No 2037/2000, as from 2010, virgin hydrochlorofluorocarbons can no longer be used for the maintenance or servicing of refrigeration and air conditioning equipment. In order to minimise the risk of illegal use of virgin hydrochlorofluorocarbons as recycled or reclaimed material, only reclaimed or recycled material should be used in maintenance or servicing operations. The re-selling of recycled hydrochlorofluorocarbons should be prohibited, and recycled hydrochlorofluorocarbons should only be used when recovered from such equipment and only by the undertaking which carried out or mandated the recovery. For consistency this exemption should also apply to heat pump equipment.

(7)根据（欧共体）第 2037/2000 号条例，自 2010 年起，禁止将新的氟氯烃用于制冷和空调设备的维护或维修。为最小化非法使用原生氟氯烃的风险，在维护或维修中仅允许使用再利用或再循环材料。再循环的氟氯烃禁止转售，仅可用于对此类设备的回收，且仅可由进行回收或授权回收的企业使用。出于一致性考虑，此豁免也适用于热泵设备。

- (20)To reduce the release of controlled substances into the atmosphere, provision should be made for the recovery of used controlled substances and the prevention of leakages of controlled substances.

(20)应就使用过的受管制物质的回收和防止泄漏作出规定，以减少其向大气中的排放。

- 3. By way of derogation from Article 5, until 31 December 2014, reclaimed hydrochlorofluorocarbons may be placed on the market and used for the maintenance or servicing of existing refrigeration, air-conditioning and heat pump equipment, provided that the container is labelled with an indication that the substance has been reclaimed and with information on the batch number and name and address of the reclamation facility.

3. 作为对第 5 条的减损，2014 年 12 月 31 日前，可将回收的氟氯烃投放市场，用于现有制冷、空调和热泵设备的维护或维修，但须在容器上贴上标签，表明该物质已回收，并注明回收设施的批号、名称和地址。

- 4. Until 31 December 2014, recycled hydrochlorofluorocarbons may be used for the maintenance or servicing of existing refrigeration, air-conditioning and heat pump equipment provided that they have been recovered from such equipment and may only be used by the undertaking which carried out the recovery as part of maintenance or servicing or for which the recovery as part of maintenance or servicing was carried out.

4. 2014 年 12 月 31 日前，可将回收的氟氯烃用于现有制冷、空调和热泵设备的维护或维修，但它们必须回收自这些设备，且仅可由作为维护或维修的一部分进行回收的企业，或作为维护或维修的一部分进行回收的目标企业使用。

- 6. When reclaimed or recycled hydrochlorofluorocarbons are used for maintenance or servicing, the refrigeration, air-conditioning and heat pump equipment concerned shall be labelled with an indication of the type of substance, its quantity contained in the equipment and the label elements set out in Annex I to Regulation (EC) No 1272/2008 for substances or mixtures classified as Hazardous to the Ozone Layer.

6. 将再利用或再循环氟氯烃用于维护或维修时，应在相关制冷、空调和热泵设备上贴上标签，标明设备内所含物质的种类和数量，以及关于臭氧消耗物质或混合物的（欧共体）第 1272/2008 号条例附件一中所列的标签元素。

- 7. Undertakings using reclaimed or recycled hydrochlorofluorocarbons for maintenance or servicing shall keep a record of the undertakings that have supplied reclaimed hydrochlorofluorocarbons and of the source of recycled hydrochlorofluorocarbons.

7. 将再利用或再循环的氟氯烃用于维护或维修时，企业应记录再生氟氯烃的供应者以及来源。

- Controlled substances contained in refrigeration, air-conditioning and heat pump equipment, equipment containing solvents or fire protection systems and fire extinguishers shall, during the maintenance or servicing of equipment or before the dismantling or disposal of equipment, be recovered for destruction, recycling or reclamation.

制冷、空调和热泵设备、含溶剂设备或消防系统和灭火器中所含的受管制物质，应在设备维护或维修期间，或在设备拆除或处置前予以回收，以供销毁、再循环或再利用。

- 5. Member States shall take steps to promote the recovery, recycling, reclamation and destruction of controlled substances and shall define the minimum qualification requirements for the personnel involved.

5. 成员国应采取措施，促进受管制物质的回收、再循环、再利用和销毁，并规定有关人员的最低资格要求。

附录 6 欧盟《含氟气体法规》中关于制冷剂的回收条款

该法规要求企业报告含氟氟化温室气体和其他温室气体的生产、进口、出口、原料使用和销毁。企业必须使用统一的报告格式向欧盟环境署汇报以上相关内容。

- The intentional release of fluorinated greenhouse gases into the atmosphere shall be prohibited where the release is not technically necessary for the intended use.

在技术上不必要向大气排放氟化温室气体的情况下，应禁止向大气排放氟化温室气体。

- Operators of equipment that contains fluorinated greenhouse gases shall take precautions to prevent the unintentional release ('leakage') of those gases. They shall take all measures which are technically and economically feasible to minimise leakage of fluorinated greenhouse gases.

含有氟化温室气体的设备的操作人员应采取预防措施，防止这些气体的自然释放（“泄漏”）。应采取一切技术上和经济上可行的措施，尽量减少氟化温室气体的泄漏。

- Operators of equipment which is required to be checked for leaks pursuant to Article 4(1), shall establish and maintain records for each piece of such equipment specifying the following information:

根据第4条第（1）款要求（含有5吨CO₂当量或更多的氟化温室气体且不含在泡沫中的设备的经营人应确保检查设备是否有泄漏）检查泄漏的设备的经营人应为每件此类设备建立并保持记录，说明以下信息：

- ✓ whether the quantities of installed fluorinated greenhouse gases have been recycled or reclaimed, including the name and address of the recycling or reclamation facility and, where applicable, the certificate number;

已安装的氟化温室气体是否经过再循环或回收，包括再循环或回收设施的名称和地址，以及在适用情况下的证书编号；

- ✓ the quantity of fluorinated greenhouse gases recovered;

回收的氟化温室气体的数量；

- ✓ if the equipment was decommissioned, the measures taken to recover and dispose of the fluorinated greenhouse gases.

如果设备退役，为回收和处置氟化温室气体所采取的措施。

- Operators of stationary equipment or of refrigeration units of refrigerated trucks and trailers that contain fluorinated greenhouse gases not contained in foams shall ensure that the recovery of those gases is carried out by natural persons that hold the relevant certificates provided for by Article 10, so that those gases are recycled, reclaimed or destroyed.

含有不含于泡沫中的氟化温室气体的固定设备或冷藏车和拖车的制冷装置的经营人应确保这些气体的回收由持有第10条规定的相关证书的自然人进行，以便这些气体得到再循环、再利用或销毁。

- The undertaking that uses a fluorinated greenhouse gas container immediately prior to its disposal shall arrange for the recovery of any residual gases to make sure they are recycled, reclaimed or destroyed.

在处置氟化温室气体容器之前使用氟化温室气体容器的企业应安排回收任何残余气体，以确保这些气体得到再循环、再利用或销毁。

- Operators of products and equipment not listed in paragraph 1, including mobile equipment, that contain fluorinated greenhouse gases shall arrange for the recovery of the gases, to the extent that it is technically feasible and does not entail disproportionate costs, by appropriately qualified natural persons, so that they are recycled, reclaimed or destroyed or shall arrange for their destruction without prior recovery.

含有氟化温室气体的未列入第1款的产品和设备，包括移动设备的经营人，应在技术上可行且不产生不成比例的费用范围内，安排由适当合格的自然人回收这些气体，使其得到再循环、再利用或销毁，或应安排在不事先回收的情况下销毁这些气体。

- The recovery of fluorinated greenhouse gases from air-conditioning equipment in road vehicles outside the scope of Directive 2006/40/EC of the European Parliament and of the Council (1) shall be carried out by appropriately qualified natural persons.

欧洲议会和理事会第2006/40/EC号指令（1）范围以外的道路车辆空调设备中氟化温室气体的回收应由具有适当资格的自然人进行。

- For the recovery of fluorinated greenhouse gases from air-conditioning equipment in motor vehicles falling within the scope of Directive 2006/40/EC only natural persons holding at least a training attestation in accordance with

Article 10(2) shall be considered appropriately qualified.

对于从属于指令2006/40/EC范围内的机动车空调设备中回收氟化温室气体，只有根据第10条第（2）款至少持有培训证书的自然人才被视为具有适当资格。

- Member States shall recognise certificates and training attestations issued in another Member State in accordance with this Article. They shall not restrict the freedom to provide services or the freedom of establishment because a certificate was issued in another Member State.

成员国应承认另一成员国根据本条颁发的证书和培训证明。它们不得因证书在另一成员国颁发而限制提供服务的自由或设立的自由。

- Where the obligations under this Article relating to the provision of certification and training would impose disproportionate burdens on a Member State because of the small size of its population and the consequent lack of demand for such training and certification, compliance may be achieved through the recognition of certificates issued in other Member States.

如果本条规定的有关提供证书和培训的义务会对一个成员国造成不成比例的负担，因为该国人口较少，因而对此种培训和证书缺乏需求，则可通过承认其他成员国颁发的证书来实现遵守。

- Reclaimed or recycled fluorinated greenhouse gases shall be labelled with an indication that the substance has been reclaimed or recycled, information on the batch number and the name and address of the reclamation or recycling facility.

再利用或再循环的氟化温室气体应贴上标签，标明该物质已被再利用或再循环、批号信息以及回收或再循环设施的名称和地址。

附录 7 欧盟《废弃电子电气设备指令》中关于制冷剂的回收条款

- The purpose of this Directive is to contribute to sustainable production and consumption by, as a first priority, the prevention of WEEE and, in addition, by the re-use, recycling and other forms of recovery of such wastes so as to reduce the disposal of waste and to contribute to the efficient use of resources and the retrieval of valuable secondary raw materials.

本指令的目标是实现可持续的生产和消费。首先，预防 WEEE 的产生。然后，通过再使用、再生利用和其他形式的回收利用减少废物的处置，从而有效利用资源、开发有价值的二次原料。

- The preparing for re-use, recovery and recycling of waste cooling equipment and the substances, mixtures or components thereof should be in accordance with the relevant legislation of the Union, in particular Regulation (EC) No 1005/2009 of the European Parliament and of the Council of 16 September 2009 on substances that deplete the ozone layer (10) and Regulation (EC) No 842/2006 of the European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on certain fluorinated greenhouse gases.

报废制冷设备及其物质、混合物、部件的准备再使用、回收利用和再生利用，应满足欧盟相关法律规定，特别是 2009 年 9 月 16 日发布的欧洲议会和欧盟理事会关于消耗臭氧层物质的（EC）第 1005/2009 号条例(10)，和 2006 年 5 月 17 日发布的欧洲议会和欧盟理事会关于氟化温室气体的（EC）第 842/2006 号条例。

- The collection, storage, transport, treatment and recycling of WEEE as well as its preparation for re-use shall be conducted with an approach geared to protecting the environment and human health and preserving raw materials and shall aim at recycling valuable resources contained in EEE with a view to ensuring a better supply of commodities within the Union.

WEEE 的收集、储存、运输、处理、再生利用以及准备再使用应在符合保护环境和人体健康、保护原生材料的原则下进行，并以再生利用 EEE 中有价值的资源为目标，以确保在欧盟更好地供应商品。

- Where appropriate, priority should be given to preparing for re-use of WEEE and its components, sub-assemblies and consumables. Where this is not preferable, all WEEE collected separately should be sent for recovery, in the course of which a

high level of recycling and recovery should be achieved. In addition, producers should be encouraged to integrate recycled material in new equipment.

在适当情况下，应优先考虑准备再使用WEEE及其部件、子部件、耗材。如果不可行，所有分类收集的WEEE应被送去进行回收利用，以实现高水平的再生利用和回收利用。另外，应鼓励生产者在新产品中使用再生材料。

- Member States shall, without prejudice to the requirements of Union legislation on the proper functioning of the internal market and on product design, including Directive 2009/125/EC, encourage cooperation between producers and recyclers and measures to promote the design and production of EEE, notably in view of facilitating re-use, dismantling and recovery of WEEE, its components and materials.

成员国不得违背欧盟立法关于内部市场正常运转和产品设计的要求，包括第2009/125/EC号指令，鼓励生产者和再生利用者间的合作，提升EEE的设计和生产的措施，特别是促进WEEE及其部件和原料再使用、拆卸和回收利用。

- Member States shall adopt appropriate measures to minimise the disposal of WEEE in the form of unsorted municipal waste, to ensure the correct treatment of all collected WEEE and to achieve a high level of separate collection of WEEE, notably, and as a matter of priority, for temperature exchange equipment containing ozone-depleting substances and fluorinated greenhouse gases, fluorescent lamps containing mercury, photovoltaic panels and small equipment as referred to in categories 5 and 6 of Annex III.

成员国应采取适当的措施，减少未分类的WEEE以市政垃圾的形式进行处置，保证所有收集的WEEE被适当处理，达到较高的WEEE的分类收集水平。特别要优先考虑含有消耗臭氧物质和氟化温室气体的温度交换设备、含汞的荧光灯灯泡、光伏太阳能板和附件三中规定的第5类和第6类小型设备。

- Member States shall ensure that the collection and transport of separately collected WEEE is carried out in a way which allows optimal conditions for preparing for re-use, recycling and the confinement of hazardous substances.

成员国应确保，分类收集的WEEE以一种易于准备再使用、再生利用和限制有害物质的方式进行收集和运输。

- Member States shall ensure that producers or third parties acting on their behalf set up systems to provide for the recovery of WEEE using best available techniques.

成员国应确保生产者和作为其代表的第三方机构建立回收利用系统，并为WEEE的回收利用采用可用的最佳技术。

- Member States shall encourage the development of new recovery, recycling and treatment technologies.

成员国应鼓励开发新的回收利用、再生利用和处理技术。

- Member States shall ensure that producers provide at least for the financing of the collection, treatment, recovery and environmentally sound disposal of WEEE from private households that has been deposited at collection facilities set up under Article 5(2).

- 成员国应确保，生产者至少承担收集、处理、回收利用和以环保的方式处置在根据第5条第(2)款规定设立的收集点堆放的来自私人家庭的WEEE的费用。

- Member States shall ensure that the financing of the costs for the collection, treatment, recovery and environmentally sound disposal of WEEE from users other than private households resulting from products placed on the market after 13 August 2005 is to be provided for by producers.

成员国应确保，在2005年8月13日以后投放市场的，来自非私人家庭的WEEE的收集、处理、回收利用和以环保方式处置的费用由生产者承担。

- Member States shall adopt appropriate measures so that consumers participate in the collection of WEEE and to encourage them to facilitate the process of re-use, treatment and recovery.

成员国应采取适当的措施，使消费者参与WEEE的收集，并且鼓励他们促进WEEE的再使用、处理和回收利用。

- Member States shall collect information, including substantiated estimates, on an annual basis, on the quantities and categories of EEE placed on their markets, collected through all routes, prepared for re-use, recycled and recovered within the Member State, and on separately collected WEEE exported, by weight.

成员国应收集每年的信息，可以是有依据的估测。信息内容包括在成员国每年销售的，通过各种渠道收集、准备再使用、再生利用、回收利用的 EEE

的数量和种类，以及单独收集的出口 WEEE 的重量。

- equipment containing gases that are ozone depleting or have a global warming potential (GWP) above 15, such as those contained in foams and refrigeration circuits: the gases must be properly extracted and properly treated. Ozone-depleting gases must be treated in accordance with Regulation (EC) No 1005/2009.

含有消耗臭氧层、或者含有全球变暖潜力（GWP）指数超过15的设备，例如在发泡材料和制冷循环中的气体：气体必须以正确的方式抽取出来和进行处理。臭氧层消耗气体必须按照第（EC）NO 1005/2009 号条例的要求进行处理。