

居民家庭生活碳排放特征及减排路径研究

——以昆明市为例

李云峰¹, 张大为², 王春香³, 焦镜泽¹

¹云南省宏观经济研究院, 云南 昆明

²昆明市生态环境科学研究院, 云南 昆明

³云南省环境科学学会, 云南 昆明

收稿日期: 2022年6月17日; 录用日期: 2022年6月28日; 发布日期: 2022年8月10日

摘要

采用排放系数法对昆明市2020年居民家庭生活碳排放量进行核算, 并从居住能耗、食物消费和交通出行三个维度分析了居民家庭生活的碳排放特征和减排路径。研究表明: ① 2020年, 昆明市居民生活碳排放总量年为793.42万t。其中, 居住能源消费、交通运输和食品消费的碳排放量分别占总排放量中的42.3%、34.0%和23.7%。② 根据居民家庭碳排放特征分析, 从优化居住能耗结构、鼓励居民调整膳食结构、增加公共出行分担率等方式构建减排路径, 则预计可在现有基础上减少近50%的碳排放量。③ 从加强基础设施建设, 加强企业运营管理, 加强制度保障措施, 强化宣传教育四个方面给出了实现居民家庭生活碳减排的对策建议。

关键词

家庭生活碳排放, 碳排放特征, 减排路径

Research on Carbon Emission Characteristics and Reduction Strategies of Household Life

—A Case Study in Kunming Region

Yunfeng Li¹, Dawei Zhang², Chunxiang Wang³, Jingze Jiao¹

¹Yunnan Macroeconomics Research Institut, Kunming Yunnan

²Kunming Ecological and Environmental Sciences Institut, Kunming Yunnan

³Yunnan Society for Environmental Sciences, Kunming Yunnan

Received: Jun. 17th, 2022; accepted: Jun. 28th, 2022; published: Aug. 10th, 2022

Abstract

The carbon emission coefficient method was used to calculate the household carbon emissions in Kunming Region, in 2020. Then the carbon emission characteristics and emission reduction path was analyzed from three dimensions of residential energy consumption, food consumption and transportation. The results showed that: ① In 2020, the household carbon emission was 793.42 million tons. Among them, carbon emissions from residential energy consumption, transportation and food consumption accounted for 42.3%, 34.0% and 23.7% of the total emissions, respectively. ② Based on the analysis of household carbon emission characteristics, it is estimated that the carbon emission can be reduced by nearly 50% by constructing emission reduction paths through optimizing residential energy consumption structure, encouraging residents to adjust their diet structure, and increasing the sharing rate of public travel. ③ The strategies were proposed to realize carbon emission reduction in household life from the four aspects of strengthening infrastructure construction, strengthening enterprise operation and management, strengthening institutional guarantee measures, strengthening publicity and education.

Keywords

Household Carbon Emissions, Carbon Emission Characteristics, Reduction Strategies

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

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

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



Open Access

1. 引言

全球气候变化已成为当前人类社会面临的最严峻问题之一。IPCC 第四次会议评估指出,过去 50 年间全球平均气温升高,超过 90%与人类燃烧化石燃料排放的温室气体有关[1]。我国政府高度重视气候变化问题,习近平总书记在 2020 年 9 月第 75 届联合国大会一般性辩论上宣布:“中国将提高国家自主贡献力度,CO₂ 排放力争于 2030 年前达到峰值,努力争取 2060 年前实现碳中和。”在我国明确“双碳”战略目标的背景下,作为重要碳排放源之一的居民家庭生活,研究其碳减排路径将有着重要的现实意义。

近年来,关于居民家庭生活碳排放的研究受到许多学者的关注。从研究内容看,大多研究对居民家庭生活的碳排放进行分类讨论:一类是关注居民消费引起的碳排放[2] [3] [4];另一类,则重点研究居民出行、生活过程中的能源消耗所引起的碳排放[5] [6] [7]。从研究方法上来看,生命周期评价分析、IPCC 参考方法、投入产出分析方法和消费者生活方式分析方法等研究方法被广泛应用于居民生活家庭碳排放领域的研究[8]-[13]。总体来看,目前的研究主要是对居民家庭生活某一方面的碳排放进行分析,而综合分析居民家庭生活碳排放特征及其减排路径的研究则相对较少。

本文将 2020 年昆明市居民生活数据为样本,采用部门数据收集和入户调查两种方式相结合,选择居民家庭居住能耗、食物消费和交通出行三个方面对昆明市居民家庭生活碳排放量进行核算及分析。在摸清昆明市居民家庭碳排放量、不同排放来源构成、不同排放来源内部特征的基础上,探索昆明市居民家庭生活碳减排路径。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 数据来源

本研究所需数据分为昆明市居民家庭生活碳排放核算基础数据和居民家庭生活碳排放特征分析相关数据两类。其中，居住能耗、食物消费等数据，通过《昆明市统计年鉴》《云南调查年鉴》获取；交通出行和特征分析相关数据则为抽样调查数据。具体数据内容和来源见表 1。

Table 1. Basic data for accounting household life carbon emissions

表 1. 居民家庭生活碳排放核算基础数据

数据类型	数据内容	数据来源
居住能耗数据	居民家庭电力、液化石油气、管道煤气、管道天然气、自来水、煤炭消耗量数据。	统计数据
食物消费数据	居民家庭粮食、肉类、禽类、蛋类、水产品、蔬菜、白酒、啤酒、鲜瓜果、牛奶、酸奶消费量数据。	统计数据
交通出行数据	被调查家庭各成员调查时段内出行目的、出行方式、出行里程统计相关信息等数。	调查数据
特征分析相关数据	统计样本对象家庭人口数及人口规模、住户类型等；出行调查样本家庭人口、车辆拥有情况、车辆基本情况等。	调查数据

2.2. 研究方法

核算方法采用《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》[14]中推荐的碳排放系数核算方法，各类排放源碳排放系数见表 2。居民家庭生活中居住能耗、食物消费碳排放量计算方法见式(1)。

$$C_d = \sum AD_i \times EF_i \tag{1}$$

式中： C_d 为居民家庭生活居住能耗和食物消费碳排放总量； AD_i 为不同消费品种消费量； EF_i 为不同消费品种排放系数。

家庭交通出行碳排放量，则采用对有车、无车家庭交通出行方式的抽样调查数据对排放系数进行本地化处理后，再结合调查样本家庭人口结构进行计算。计算方法如下：

$$C_j = \sum_i^m \sum_j^n L_{ij} \times EF_j \tag{2}$$

式中： C_j 为居民家庭生活交通出行碳排放总量； L_{ij} 为家庭居民在不同出行方式下的出行里程数； EF_j 为不同出行方式下的碳排放系数； m 为家庭成员的人数； n 为出行方式种类。

Table 2. Carbon emission coefficient values

表 2. 碳排放系数

碳排放类型	单位	排放系数	来源	
居住能耗碳排放	电力	Kg/Kw·h	0.5271	参考文献[15]
	液化石油气	kg/kg	3.29	
	管道煤气	kg/m ³	0.97	
	管道天然气	kg/m ³	2.17	参考文献[14]
	煤炭	kg/kg	2.11	
	自来水	kg/m ³	0.3	

Continued

食物消费碳排放	粮食	kg/kg	0.94	参考文献[17]
	肉类	kg/kg	1.4	
	禽类	kg/kg	1.4	
	蛋类	kg/kg	4.8	
	水产品	kg/kg	1.75	
	蔬菜	kg/kg	0.28	
	白酒	kg/kg	2	
	啤酒	kg/瓶	0.2	
	鲜瓜果	kg/kg	0.35	
	牛奶	kg/kg	1.9	
	酸奶	kg/kg	2.2	
交通出行碳排放	城市公交	g/人·km	17.5	调研后计算获取
	地铁	g/人·km	62.1	
	自驾车	g/人·km	108.5	
	出租车	g/人·km	87.6	

3. 居民家庭生活碳排放及结构特征

3.1. 碳排放量核算结果

经核算, 2020年昆明市全市居民生活碳排放总量为793.42万t(碳排放构成见图1)。其中, 由居住能耗产生的排放量最大, 达335.62万t, 占总排放量的42.3%; 由交通出行产生的碳排放量为269.76万t, 占总排放量的34.0%; 由食物消费产生的碳排放量最小, 在总排放量中的占比为23.7%。

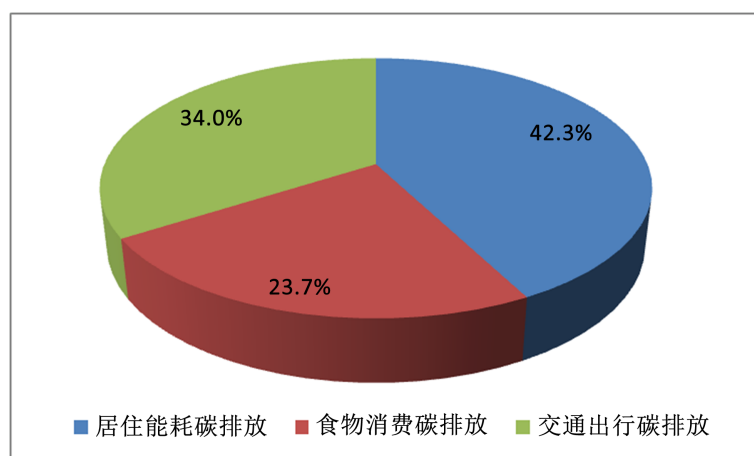


Figure 1. Diagram of the composition of household carbon emissions in Kunming region in 2020

图 1. 2020 年昆明市居民家庭碳排放构成

3.2. 居住能耗碳排放构成及其特征

根据《昆明市统计年鉴(2021)》, 截至2020年末, 全市常住人口为846.3万人, 其中: 城镇人口674.25

万人，农村人口 172.05 万人。由此计算得到 2020 年全市居民由居住能耗产生的碳排放量为 355.62 万 t。从其构成来看，电力消耗碳排放量是最大的排放来源，占居民能耗总排放量的 68.28%；其次是管道煤气、煤炭、液化石油气、管道天然气、自来水等消耗产生的碳排放(见表 3)。

从城镇和农村居民分类来看，城镇住户碳排放量主要由电力和管道煤气消耗产生，其中电力消耗产生的碳排放量在城镇住户居住能耗碳排放总量中的占比最大，达到 72.1%，管道煤气碳排放量占比为 12.1%，其它能耗产生的碳排放量占比均不到 10%。农村住户的居住能耗碳排放量主要由电力和煤炭消耗产生，其产生的碳排放量占比分别为 55.0%、36.8%。

Table 3. Carbon emission and composition of residential energy consumption
表 3. 居住能耗碳排放量及其构成

种类	全市居民		城镇居民		农村居民	
	排放量(万 t)	占比(%)	排放量(万 t)	占比(%)	排放(万 t)	占比(%)
电力	242.82	68.28	176.92	72.1	60.63	55
管道煤气	33.89	9.53	29.69	12.1	0.33	0.3
煤炭	31.22	8.78	2.21	0.9	40.57	36.8
液化石油气	17.82	5.01	13.99	5.7	2.54	2.3
管道天然气	15.22	4.28	13.50	5.5	0.00	0
自来水	14.65	4.12	9.08	3.7	6.17	5.6

从居民家庭人口规模分析(见图 2)，城镇住户居民家庭碳排放量随着家庭常住人口增加，其人均碳排放量整体上呈减少趋势，对比 1 人户~5 人户，人均碳排放量逐户变化率分别为：14.9%、-4.0%、-16.8%、-10.0%，折合户均碳排放量分别依次增加：129.8%、44.0%、10.9%、12.5%，可见随着人口增加其户均碳排放量的增速在减缓。农村住户居民家庭碳排放量也随着家庭人口规模呈下降趋势。由此可见，多人户的家庭因其水、电力等居住能源可以实现多人共享，人均碳排放量可以得到有效降低。

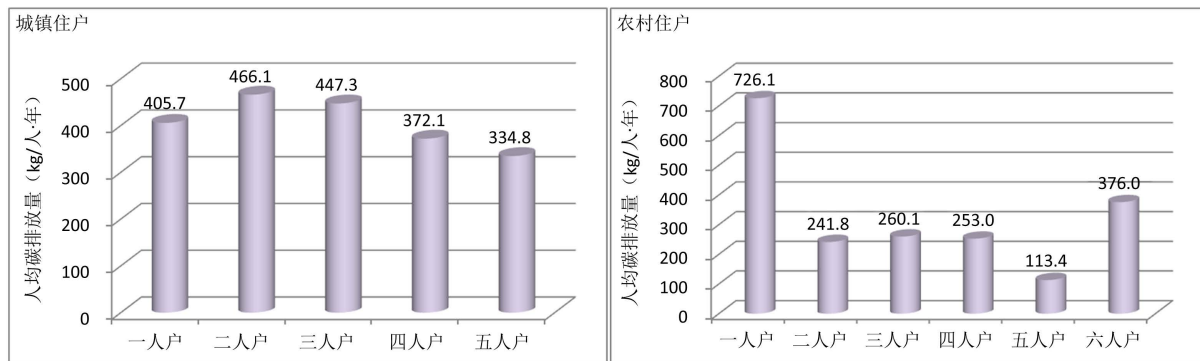


Figure 2. Diagram of the per-capita residential carbon emissions under different household types and population size
图 2. 不同住户类型不同人口规模下人均居住耗碳排放量

3.3. 食物消费碳排放构成及其特征

结合全市人口统计数据，2020 年全市食物消费碳排放量为 188.04 万 t。其中，粮食和肉类消费产生的碳排放量占比最大，分别为 36.1%、16.2%。全市居民家庭食物消费碳排放量结构见表 4。

按城镇住户和农村住户分类，在城镇住户食物消费碳排放中，粮食、肉类、蔬菜、奶类、蛋类消费

产生的碳排放量占比较大,分别为31.8%、15.6%、12.1%、11.8%、11.0%。农村住户食物消费碳排放中,粮食、肉类、蔬菜消费产生的碳排放量占比较大,分别为46.5%、17.4%、9.3%。由此可见,无论是城镇居民还是农村居民,粮食和肉类食物消费已经成为了最大的食物消费碳排放源。

Table 4. Carbon emission and composition of food consumption

表 4. 食物消费碳排放量及其构成

种类	全市居民		城镇居民		农村居民	
	排放量(万 t)	占比(%)	排放量(万 t)	占比(%)	排放量(万 t)	占比(%)
粮食	67.88	36.1	38.87	31.8	30.60	46.5
肉类	30.46	16.2	19.07	15.6	11.45	17.4
蔬菜	21.06	11.2	14.79	12.1	6.12	9.3
蛋类	19.37	10.3	13.44	11.0	5.66	8.6
奶类	17.11	9.1	14.42	11.8	1.58	2.4
禽类	8.84	4.7	5.87	4.8	2.96	4.5
水产品	8.65	4.6	6.60	5.4	1.78	2.7
鲜瓜果	8.46	4.5	6.36	5.2	1.91	2.9
酒及饮料	6.21	3.3	2.81	2.3	3.75	5.7

不同类型居民家庭人口规模条件下,人均食物消费碳排放量分析结果见图3。城镇住户居民家庭随着常住人口增加,其人均碳排放量整体上呈减少趋势,对比1人户~5人户,人均碳排放量逐户变化率分别为:13.8%、25.2%、34.2%、36.8%,折合户均碳排放量分别依次增加:127.6%、12.3%、-12.3%、71.0%,可见随着人口增加其户均碳排放量的增速在减缓。农村住户居民家庭食物消费碳排放量随着家庭常住人口增加,其人均碳排放量呈波动趋势,但2人户以上的人均食物消费碳排放量均小于1人户。对比1人户~6人户,人均碳排放量逐户变化率分别为:-41.2%、45.1%、-47.0%、80.4%、-59.3%,折合户均碳排放量逐户变化率分别为:17.6%、117.6%、-29.3%、125.5%、-51.2%。总体来说,多人户的家庭其人均食物消费碳排放量相对较小。

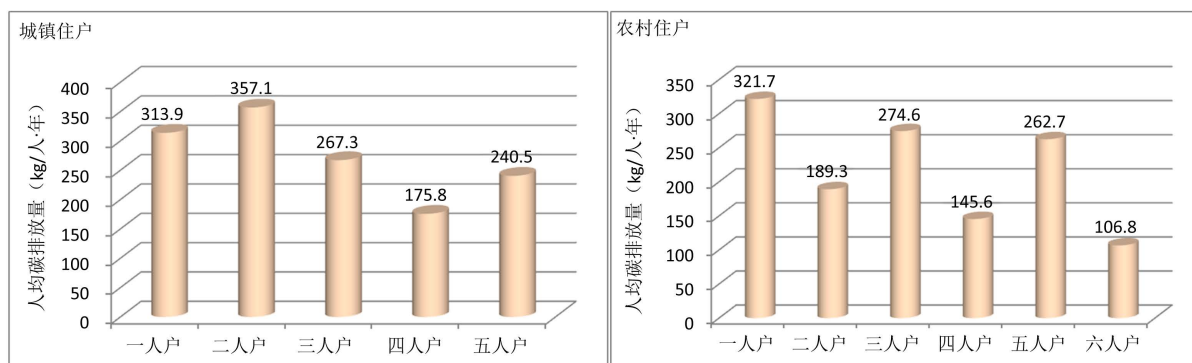


Figure 3. Diagram of the per-capita food consumption carbon emissions under different household types and population size
图 3. 不同住户类型不同人口规模下人均食物消费碳排放量

3.4. 交通出行碳排放构成及其特征

根据《昆明市统计年鉴(2021)》,截至2020年末,全市机动车保有量为297.01万辆。通过抽样调查,

全市有车家庭和无车家庭比例为 78.7:21.3。由此计算, 2020 年全市由居民家庭生活交通出行产生的碳排放量 269.76 万 t(排放量及其构成见表 5)。其中: 由自驾车出行产生的碳排放量占全市交通出行碳排放总量的 80.0%, 是最主要的排放源; 其次是由城市公交出行所产生的碳排放, 占比为 10.1%; 由地铁出行和出租车出行产生的碳排放在全市居民交通出行碳排放中的比重分别为 5.8%和 4.1%。

从有车和无车家庭出行方式分析, 有车家庭交通出行产生的碳排放量占全市交通出行碳排放总量的 84.5%, 是无车家庭交通出行碳排放的 5.5 倍。有车家庭中, 自驾车出行所产生的碳排放比例最高, 达到 94.5%; 地铁出行、城市公交出行和出租车出行所产生的碳排放比例较小, 分别为 2.5%、2.4%和 0.6%。对于无车家庭, 城市公交出行是交通出行碳排放的主要来源, 其碳排放占比达到 52.1%, 出租车出行和地铁出行所产生的碳排放差别较小, 分别为 24.3%和 23.6%。

Table 5. Carbon emission and composition of transportation
表 5. 交通出行碳排放量及其构成

出行方式	全市居民家庭		有车居民家庭		无车居民家庭	
	排放量(万 t)	占比(%)	排放量(万 t)	占比(%)	排放量(万 t)	占比(%)
自驾车	215.81	80	215.41	94.5	—	—
城市公交	27.25	10.1	5.47	2.4	21.78	52.1
地铁	15.65	5.8	5.70	2.5	10.16	24.3
出租车	11.06	4.1	1.37	0.6	9.87	23.6

通过对有车和无车家庭出行方式和出行距离的抽样调查, 分析不同出行距离和出行方式的碳排放量结构, 结果如图 4 所示。有车家庭选择城市公交出行主要集中在出行距离小于 5 km 的距离区间内, 随着出行距离的增大, 选择自驾出行的比例显著增加。根据抽样调查结果, 在 15~20 km 的出行距离区间内, 有车家庭选择自驾车出行的比例超过了 90%, 而由其产生的碳排放占该区间内碳排放总量的 94.6%; 当出行距离超过 20 km 时, 98.1%的交通出行碳排放来自于自驾车出行。无车家庭在小于 10 km 出行距离内, 城市公交出行均是其最主要的出行方式(调查数据表明: 选择公交出行家庭比例在 90%左右), 由其产生的碳排放量占无车居民家庭交通出行碳排放总量的 30.2%。随着出行距离增加, 无车家庭居民选择地铁出行和出租车出行的比例随之增加, 当出行距离在 15~20 km 范围内时, 超过 85%的居民选择地铁出行方式, 碳排放量呈现明显的下降趋势。

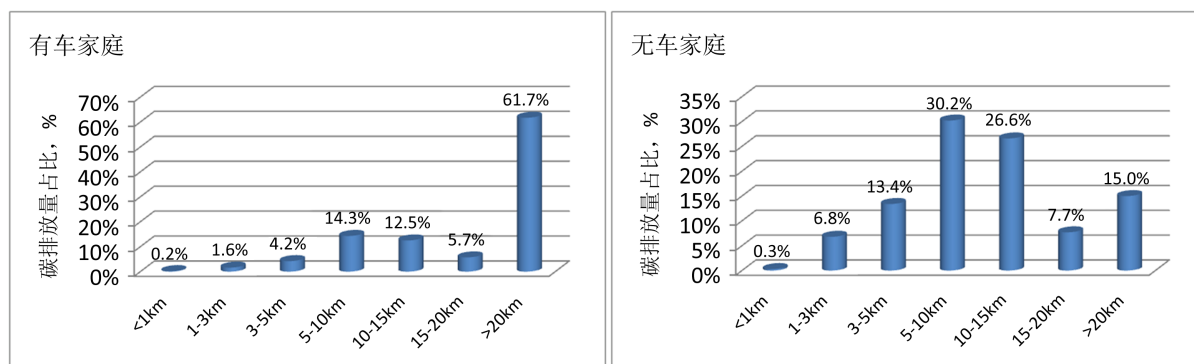


Figure 4. Diagram of the per-capita transportation carbon emissions under car owning and car free households
图 4. 有车住户和无车住户居民出行碳排放结构

4. 居民家庭生活碳减排路径分析

4.1. 居住能耗碳减排路径分析

居住能耗碳排在居民家庭生活碳排放中超过 40%。其中：电力是居住能耗中最主要的碳排放来源，占居住能耗碳排放总量的 68.28%；其次是管道煤气和煤炭，碳排放量占比分别为 9.53%、8.78%，其它居住能耗碳排放量占比在 4%~5%之间。电力消费在居住能耗中具有重要地位，成为居民家庭生活碳排放最主要的排放来源，在我国煤改电的推进及能源结构持续深化的背景下，居民家庭生活中电力消耗产生的碳减排空间有限[18]。大力推进煤炭、液化石油气等能源替代，将是实现居住能耗碳减排的主要路径。

根据热值进行换算，0.6 m³ 天然气可替代 1 kg 煤炭，实现碳减排 0.9 kg，0.42 kg 液化石油气可替代 1 kg 煤炭，实现碳减排 0.74 kg。若将城镇住户使用的煤炭全部用天然气进行替换，农村住户居民家庭使用的煤炭中 50%用液化石油气进行替换，可实现碳排放量降低 3%左右。

4.2. 食物消费碳减排路径分析

食物消费碳排放量在碳排放总量中的占比为 23.7%，相比居住能耗碳排放和交通出行碳排放，其排放量最小。总体来看，随着家庭人口规模的增加，城镇居民和农村居民的人均食物消费碳排放量都呈下降趋势。这也与王钦池[19]等人研究发现随着家庭规模增大，食品消费占总消费比例先升高后下降的趋势基本一致。根据对居民家庭食物消费碳排放特征的分析，城镇住户家庭规模每增加 1 人，人均年食物消费碳排放量平均下降 18.3 kg，农村住户家庭规模每增加 1 人，人均年食物消费碳排放量平均下降 43.0 kg。2020 年昆明市城镇住户人均人口为 2.9 人/户，农村住户人均人口为 3.8 人/户，如在总人口数保持不变的前提下，通过鼓励人口聚居手段使城镇住户人均人口达到 3 人/户，使农村住户人均人口达到 4 人/户，则可实现一年近 2 万 t 的食物消费碳减排量。

从饮食结构分析，肉类和奶制品等动物性食物消费贡献了 50%以上食品生产所产生的温室气体排放[20]。经调查，目前昆明市居民家庭饮食结构中，畜禽肉类是仅次于粮食的第二大食物消费碳排放来源，碳排放占比超过 20%，蔬菜次之，碳排放占比在 11%左右。从合理的膳食结构考虑，人一天的食物量中蔬菜与畜禽肉类的比例约为 4:1 [21]，2020 年昆明市居民饮食结构中蔬菜与畜禽肉类的比例约为 3:1，如将昆明市居民饮食结构中蔬菜与畜禽肉类的比例调整为 4:1，按照 2 份蔬菜替代 1 份畜禽肉类，即每人每年减少 6.7 kg 的肉类消费，增加 13.4 kg 的蔬菜消费，则一年可减少 4.7 万 t 左右的二氧化碳排放。

4.3. 交通出行碳减排路径分析

交通出行碳排在居民家庭生活碳排放中占比超过 30%，尤其对有车居民家庭，其交通出行碳排放占家庭生活碳排放的 50%，是居民家庭生活碳排放的主要来源。从不同交通出行方式分析，有车家庭自驾车出行所产生的碳排放是最主要的排放源，尤其是在大于 5 km 的出行距离区间内，城市公交和地铁在该出行距离区间内的分担率较低，是造成交通出行碳排放量较高的最主要原因。根据调研数据，2020 年昆明的地铁碳排放系数为 62.1 gCO₂/(人·km)，是昆明市城市公交碳排放的 3.5 倍，是北京市地铁排放系数[16] (9.1 gCO₂/人·km) 的 6.8 倍，由此可见，昆明地铁出行的分担率还有很大的提升空间。

从交通出行的减排路径来看，优化出行方式是最主要的方式。根据国家倡导的“135”绿色出行方式，即“1 km 以内步行，3 km 以内骑自行车，5 km 左右乘坐公共交通工具”，若鼓励无车居民家庭在 0~5 km 范围内步行或骑自行车，则可实现 20.6%的碳减排；若能将 5~10 km 内的自驾车出行方式采用城市公交出行方式进行替代，则每年减少 10.3%的交通出行碳排放量；在出行距离 10~20 km 区间内，超过 80%的有车家庭选择自驾车出行，若能提高昆明市地铁覆盖率，鼓励居民采用地铁出行的方式，则全市每年可

减少 7.2%的碳排放量。

5. 结论与对策建议

5.1. 结论

a) 2020 年，昆明市居民生活碳排放总量年为 793.42 万 t。其中，由居住能耗产生的排放量最大，达 335.62 万 t，占总排放量的 42.3%；由交通出行产生的碳排放量为 269.76 万 t，占总排放量的 34.0%；由食物消费产生的碳排放量最小，在总排放量中的占比为 23.7%。

b) 居住能耗产生的碳排放中，电力消耗是最大的排放来源，城镇住户电力消耗碳排放量占比超过 70%，农村住户电力消耗碳排放量占比为 55%左右；其次是管道煤气(9.53%)、煤炭(8.78%)、液化石油气(5.01%)、管道天然气(4.28%)、自来水(4.12%)。人均居住能耗碳排放量随着人口规模的增加呈下降趋势。若能进一步优化能源消费结构，鼓励家庭人口聚居，则可实现 3%的左右居住能耗碳减排量。

c) 食物消费碳排放量中，粮食和肉类消费产生的碳排放量占比最大，粮食占比为 36%，肉类占比为 16%；人均食物消费碳排放量也呈现出随家庭人口规模增加而降低的趋势，若能从减少食物浪费、调整饮食结构及鼓励家庭人口聚居、共餐方式探索减排路径，预计可实现 8.7%的食物消费碳减排量。

d) 交通出行碳排放量中，由自驾车出行产生的碳排放量占全市交通出行碳排放总量的 80.0%，是最主要的排放源；其次是由城市公交出行所产生的碳排放量，占比为 10.1%；由地铁出行和出租车出行产生的碳排放量在全市居民交通出行碳排放中的比重分别为 5.8%和 4.1%。若能倡导短距离(小于 5 km)区间内的“零碳绿色出行”、中远距离区间内降低自驾车出行率、提高公共交通出行分担率等措施预计可实现超过 30%的碳减排量。

5.2. 对策建议

a) 加强基础设施建设，提供减排硬件支撑条件。一是加强城市公交基础设施建设、提升城市公交出行的便利性、扩大城市公交覆盖率。二是完善地铁配套设施建设，健全地铁与其它交通方式的接驳体系，实现“地铁 - 自行车 - 城市公交”零距离换乘。三是推进“15 分钟生活圈”建设，引导社区居民就近消费。支持社区便利店等传统设施与电子商务服务有效衔接，开发面向社区居民的消费信息服务系统，提供在线销售服务。四是加大清洁能源和新能源配套设施建设，根据节能与新能源汽车的推广力度，合理规划布局天然气加油站、充电桩建设，并加快加油站、充电场其它配套设施建设。五是优化居民家庭居住能源结构，推进天然气替代液化石油气、煤炭工作，依托缅气入滇工程，分片、分区域开展天然气置换工作。

b) 加强企业运营管理，降低居民消费端碳排放。一是加强公交企业内部的运营管理。开展公交优化调度基础研究工作，适时优化布局公交线路及公交车数。推进城市公交各运营公司节能评估、清洁审核工作开展，全面了解企业内部能源消耗总量、消耗种类，查找可实现的能耗降低措施。二是加强地铁运营管理。推进地铁运营企业开展节能评估、清洁审核工作，掌握企业内部能源消耗、碳排放量情况及来源，提出降低能耗、碳排放的实施方案。提高地铁服务水平，吸引更多居民选择地铁低碳出行方式。三是加大节能产品、清洁能源与新能源车推广力度。四是强化燃气供应管理。加快推进天然气置换基础设施建设工作中，强化燃气供应管理，提升燃气服务水平。

c) 加强制度保障措施，推动居民生活减排降碳。一是加强对基础设施建设的政策保障。完善城市用地政策措施，对公共交通建设、慢行系统建设、清洁能源与新能源基础设施建设以及公共服务基础设施建设提供优先用地权，以保障居民家庭碳减排的硬件基础设施建设。严格家用电器市场准入门槛，加大能效标识和节能产品认证标识的监管力度，规范节能电器的经营环境，引导商场、超市等服务机构优先

提供节能低碳产品。二是健全资金保障制度。通过给予财政补贴,鼓励居民购买节能产品、选择低碳行为方式,引导企业开展低碳运营工作,从而推动减排措施实施。加大对城市公交、地铁运营公司等企业提供财政补贴,以鼓励企业加强自身运营管理,控制温室气体排放、扩大对清洁能源和新能源利用。

d) 强化低碳宣传教育,营造低碳生活氛围。采取多种多样的形式,加大低碳宣传教育的覆盖面和力度,从居民生活的衣、食、住、行、用方面进行低碳知识宣传,引导居民低碳消费、低碳出行,鼓励居民家庭创建低碳家庭典范,通过多层次、多角度开展低碳宣传工作,让低碳意识深入人心,培育良好的低碳文化,营造低碳生活氛围。

参考文献

- [1] IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Fourth Assessment Report of the Inter-Governmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [2] 高晶,唐增,李重阳. 中国城乡居民食物消费碳排放的对比分析[J]. 草业科学, 2018, 35(8): 2022-2030.
- [3] 智静,高吉喜. 中国城乡居民食品消费碳排放对比分析[J]. 地理科学进展, 2009, 28(34): 429-434.
- [4] 曹志宏,郝晋珉,邢红萍. 中国居民食物消费碳排放时空演变趋势及其驱动机制分析[J]. 地理科学进展, 39(1): 91-98.
- [5] 袁玉娟,刘清春,周平,李敏. 城市居民低碳交通意愿与行为一致性研究[J]. 城市问题, 2021(8): 93-101.
- [6] 杨文越,曹小曙. 居住自选择视角下的广州出行碳排放影响机理[J]. 地理学报, 2018(2): 346-361.
- [7] 王泳璇,王宪恩. 基于城镇化的居民生活能源消费碳排放门限效应分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(12): 94-102.
- [8] 万文玉,赵雪雁,王伟军,等. 我国农村居民生活能源碳排放的时空特征分析[J]. 生态学报, 2017, 37(19): 6390-6401.
- [9] Zhou, X.Y. and Gu, A. (2020) Impacts of Household Living Consumption on Energy Use and Carbon Emissions in China Based on the Input-Output Model. *Advances in Climate Change Research*, 11, 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2020.06.004>
- [10] Cao, Q.R., Kang, W., Xu, S.C., et al. (2019) Estimation and Decomposition Analysis of Carbon Emissions from the Entire Production Cycle for Chinese Household Consumption. *Journal of Environmental Management*, 247, 525-537. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.044>
- [11] 彭希哲,朱勤. 我国人口态势与消费模式对碳排放的影响分析[J]. 人口研究, 2010, 34(1): 48-58.
- [12] 孙涵,王洪建,彭丽思,等. 中国城镇居民生活完全能源消费影响因素的实证研究[J]. 中国矿业大学学报(社会科学版), 2015(3): 53-59.
- [13] 王勇,许子易,张亚新. 中国超大城市碳排放达峰的影响因素及组合情景预测: 基于门限-STIRPAT 模型的研究[J]. 环境科学学报, 2019, 3(12): 4284-4292.
- [14] IPCC (2008) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume. Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa.
- [15] 中华人民共和国生态环境部. 关于做好 2022 年企业温室气体排放报告管理相关重点工作的通知[Z]. 2022.
- [16] 罗文婷. 北京城市家庭消费碳氮排放特征及影响因素分析[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国科学院研究生院, 2007.
- [17] 科学技术部社会发展司. 全民节能减排实用手册[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2022.
- [18] 张保留,吕连宏,等. 农村居民生活碳达峰路径及对策[J]. 环境科学研究, 2021, 34(9): 2070.
- [19] 王钦池. 家庭规模对中国能源消费和碳排放的影响研究[J]. 资源科学, 2015, 37(2): 299-307.
- [20] 徐文川. 中国居民饮食消费的温室气体排放研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2018.
- [21] 中国营养学会. 中国膳食指南(2016) [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2016.