

海南省建筑全生命周期碳排放分析与碳减排建议

朱晓东

(海南璟卓实低碳节能咨询有限公司, 海南 海口 570125)

摘要: 自双碳目标提出以来, 建筑领域碳排放日益成为主管部门减碳路径的重要考量。本文以全生命周期理论为基础, 分别计算出海南省建筑领域的建材生产、建筑施工和建筑运行三个阶段的碳排放量, 汇总得出海南省建筑全生命周期碳排放量。通过分析得出: 海南省建筑全生命周期碳排放量呈现逐年上升的趋势, 降低建筑领域碳排放对全省碳排放达峰将起到很重要的作用; 从各阶段排放量来看, 运行阶段最高, 建材生产阶段次之, 建筑施工阶段的碳排放量最低。降低建筑运行碳排放是碳减排的重中之重, 降低建筑材料生产和建筑施工碳排放同样重要。

关键词: 海南省; 建筑全生命周期; 碳排放; 碳减排

中图分类号: X322

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.24.011

碳排放达峰是人类控制温室气体排放的着力点, 我国已提出二氧化碳排放“3060”的目标, 充分体现了我国应对气候变化、着力推动绿色低碳发展并实现碳排放峰值目标的决心。最新的研究结果表明, 2020 年全国建筑全过程二氧化碳排放总量为 50.8 亿吨, 占当年全国碳排放总量的比重为 50.9%, 控制建筑全生命周期碳排放成为双碳目标实现的关键着力点^[1]。

1 建筑全生命周期碳排放构成分析

生命周期评价起源于 20 世纪 60 年代末, 主要用于产品资源和能耗分析。目前, 国内学者探索在建筑能源消费分析上采用全生命周期评价的方法, 提出了建筑全生命周期不只是运行阶段能源消耗, 还应包含建筑生产阶段材料消耗的能源, 以及建筑新建、拆除、维护阶段的能源消耗^[2]。按照国内建筑全生命周期能耗阶段划分方法, 本文将建筑全生命周期二氧化碳排放划分为三个阶段。其中, 建筑材料生产阶段涉及的行业有钢铁(黑色金属矿采选业、黑色金属冶炼及压延加工业)、非金属建材(非金属矿采选业、非金属矿物制品业)、有色(有色金属矿采选业、有色金属冶炼及压延加工业)、化工(橡胶和塑料制品业), 主要是生产建筑材料过程中所消耗的能源产生的二氧化碳排放。建筑施工阶段主要是建筑新建、建材运输、建筑拆除和维护等活动产生的二氧化碳排放, 其能源消费在宏观统计上与能源平衡表中建筑业一致; 建筑运行阶段主要是既有建筑的供冷、供热、电器、炊事用具、照明、热水等运行过程能源消耗所产生的二氧化碳排放, 在宏观统计上表现为第三产业和居民生活能源消费中扣除交通运输后的碳排放^[3]。

2 建筑全生命周期碳排放核算方法

2.1 建筑材料生产阶段

建筑材料生产阶段二氧化碳排放计算方法采用宏观分析法, 即先确定建筑领域消耗某种建筑材料的产量占比, 再根据《海南统计年鉴》提供的行业能耗数据确定该建筑材料的能耗数据, 然后再根据单位综合能耗碳排放系数计算碳排放量。《海

南统计年鉴 2022》显示, 2021 年海南省钢铁、非金属建材、有色、化工材料综合能源消费量分别为 3.23 万吨标准煤、185.13 万吨标准煤、0.94 万吨标准煤、2.23 万吨标准煤^[4]。参考国内学者的研究成果, 钢铁材料、非金属建材、有色材料、化工材料在建筑消耗中的比例分别为 41%、98%、25%、25%, 计算出 2021 年海南省建筑材料生产阶段综合能耗为 183.55 万吨标准煤。根据《2022 中国建筑能耗与碳排放研究报告》可计算出建材生产阶段单位综合能耗碳排放系数为 2.5405 吨二氧化碳/吨标准煤, 从而可计算出 2021 年海南省建筑材料生产阶段二氧化碳排放量为 466.30 万吨, 详见表 1。

2.2 建筑施工阶段

建筑施工阶段的核算采用参考法, 也即 IPCC 方法, 基于能源品种的实际消耗量, 与该能源的单位发热量、单位热值含碳量, 以及设备的平均氧化率等参数综合计算而来^[5]。汽油、柴油单位发热量采用《综合能耗计算通则 GB/T2589-2020》数值, 分别为 43124kJ/kg、42705kJ/kg; 单位热值含碳量、碳氧化率采用《省级温室气体清单编制指南》数值, 其中, 汽油单位热值含碳量为 18.9 吨碳/TJ、碳氧化率为 0.98; 柴油单位热值含碳量为 20.2 吨碳/TJ、碳氧化率为 0.98; 电力消费二氧化碳排放因子采用《海南省规划碳排放环境影响评价技术指南(试行)》数值, 为 0.5147tCO₂/MW·h。《海南统计年鉴 2022》显示, 2021 年海南省建筑施工阶段能源消费品种是汽油、柴油和电力, 消费量分别为 6.58 万吨、10.56 万吨、11.68 亿 kW·h。采用参考法计算出 2021 年海南省建筑施工阶段二氧化碳排放量为 112.12 万吨, 详见表 1。

2.3 建筑运行阶段

建筑运行阶段能源消费品种为液化石油气、天然气和电力消费, 计算方法和参数来源同施工阶段, 这里不再赘述。液化石油气、天然气单位发热量分别为 50242kJ/kg、38979kJ/m³; 液化石油气单位热值含碳量为 17.2 吨碳/TJ、碳氧化率为 0.98; 柴油单位热值含碳量为 15.32 吨碳/TJ、碳氧化率为 0.98; 电力消费二氧化碳排放因子为 0.5147tCO₂/MW·h。采用参考法计算出 2021 年海南省

表1 海南省历年建筑全生命周期二氧化碳排放情况表

年份	建筑材料生产阶段		建筑施工阶段		建筑运行阶段		建筑全生命周期	
	碳排放量（万吨）	比例	碳排放量（万吨）	比例	碳排放量（万吨）	比例	碳排放量（万吨）	比例
2010年	243.53	37.27%	44.02	6.74%	365.79	55.99%	653.34	25.12%
2011年	311.80	39.42%	52.08	6.58%	427.04	53.99%	790.92	25.07%
2012年	345.08	37.83%	59.45	6.52%	507.54	55.65%	912.07	26.95%
2013年	372.70	37.77%	68.86	6.98%	545.20	55.25%	986.76	27.36%
2014年	358.23	33.91%	82.70	7.83%	615.39	58.26%	1056.32	28.83%
2015年	349.78	31.27%	90.49	8.09%	678.41	60.64%	1118.68	28.94%
2016年	384.48	31.69%	90.05	7.42%	738.86	60.89%	1213.39	31.14%
2017年	394.03	30.37%	99.18	7.65%	804.02	61.98%	1297.23	31.96%
2018年	415.81	29.53%	92.60	6.58%	899.53	63.89%	1407.94	33.24%
2019年	392.25	26.08%	95.10	6.32%	1016.43	67.59%	1503.78	34.68%
2020年	380.31	24.79%	99.28	6.47%	1054.65	68.74%	1534.24	36.79%
2021年	410.78	23.77%	112.12	6.49%	1205.36	69.74%	1728.25	38.98%

注：建筑全生命周期二氧化碳排放量比例是与海南省二氧化碳排放总量之比，各阶段比例是与建筑全生命周期排放量之比。

建筑运行阶段二氧化碳排放量为 1205.36 万吨，详见表 1。

3 海南省建筑全生命周期碳排放分析

根据上述三个阶段计算结果，汇总出 2010—2021 年海南省建筑全生命周期二氧化碳排放量，详见表 1。

通过分析，我们可以有几个判断：一是海南省建筑全生命周期碳排放量占全省碳排放总量的比重逐年上升，碳排放量逐年增加。2010—2021 年，全省建筑碳排放量增加了 1097.52 万吨，增幅为 159.93%；而占全省碳排放总量的比例由 2010 年的 26.39% 上升到 2021 年的 40.23%，增加了 13.84%，表明建筑领域对全省二氧化碳排放总量的贡献较大，降低建筑领域二氧化碳排放对全省碳排放达峰将起到很重要的作用。

二是建材生产碳排放总体上处于上升趋势，由 2010 年 26.44 万吨上升至 2021 年的 466.30 万吨，年平均增长幅度为 4.87%，“十三五”期间建材生产碳排放年均增速为 1.69%，增速明显放缓。与建筑全生命周期的比重由 2010 年的 40.28% 下降到 2021 年的 26.14%，而占全省碳排放总量的比重却稳定在 10% 左右。从建材种类来看，非金属建材工业是建筑材料生产阶段最大的碳排放部门，占建筑材料生产阶段碳排放量的比例高达 98% 以上，水泥等非金属建材是建筑材料生产碳达峰的最主要的影响因素，这说明随着海南省经济社会的发展，固定资产投资不断扩大，全社会对水泥等非金属建筑材料的需求逐年增强。建筑材料生产碳排放放在“十二五”和“十三五”期间均出现较大的波动，在每个五年的中期均达到峰值，且在 2018 年达到最高峰，由此可知建筑材料生产隐含碳排放已实现碳达峰。

三是建筑施工碳排放量虽不断增加，但增速持续放缓，“十二五”和“十三五”期间其年均增速分别为 15.50%、1.87%，呈现下降趋势；2010—2021 年，海南省建筑业增加值由 21.80 亿元上升至 64.44 亿元，单位建筑业增加值碳排放由 2.02 吨 /

万元下降至 1.74 吨 / 万元，下降了 13.84%。单位房屋建筑施工面积呈现上升趋势，2010—2021 年，海南省建筑业施工面积从 1429.70 万 m² 增长至 1700.28 万 m²，扩大了 1.19 倍，全省单位施工面积碳排放却由 30.79kg/m² 上升至 65.94kg/m²，扩大了 2.14 倍，表明海南省建筑业需要采取积极措施，不断加强绿色施工，深入推广清洁施工建造技术，不断优化施工过程能源结构，从而推动建筑业碳减排。

四是建筑运行阶段碳排放量占建筑全生命周期碳排放量的 60% 以上，2021 年更是达到 67.57%，占全省碳排放量的 27.19%，以上，说明为维护建筑的日常运行所牺牲的能源代价非常大。从能源品种来看，电力消费产生的二氧化碳排放最大，占建筑运行阶段碳排放的 90% 以上，占全省碳排放总量的比例约为 25%；天然气消费产生的二氧化碳排放次之，占建筑运行阶段碳排放的比例由 2010 年的 3.26% 上升到 2021 年的 5.29%；得益于海南环岛天然气管网工程建设，液化石油气的消费规模逐年下降，随之液化石油气消费产生的二氧化碳排放不断降低，占建筑运行阶段碳排放的比例由 2010 年的 10.54% 下降到 2021 年的 3.76%。因此，降低建筑运行阶段碳排放的重点应采取措施减少建筑电力消费量。

4 海南省建筑领域碳减排建议

综上所述，海南省建筑运行阶段碳排放量最高，建材生产阶段次之，建筑施工阶段最低。因此，要想推动海南省建筑领域全生命周期碳达峰，需要从建筑运行阶段和建筑材料生产阶段采取措施，降低建筑运行碳排放是重中之重，降低建筑材料生产和建筑施工碳排放同样重要。

4.1 在政府管理层面，建议制定建筑节能减排的相关政策，规范建筑行业绿色发展

一是强制执行绿色建筑标准，对于城镇新建建筑，全部执

行绿色建筑标准,提高星级绿色建筑占比。二是大力发展零碳、近零碳建筑,加强清洁能源的替代,降低能源消耗。三是推广绿色建材,鼓励使用环保、节能、节水、节地、节材的绿色建材,减少建筑对环境的影响。四是推进建筑废弃物资源化利用,建立建筑废弃物处理和资源化利用体系,减少建筑废弃物对环境的污染。五是加强建筑规划管理,在城市规划中加强对建筑节能的规划管理,确保建筑节能目标的实现。六是开展建筑能源审计,对建筑能源使用情况进行审计,找出碳排放关键节点,采取相应的节能降碳措施。七是推行建筑能效公示制度,对建筑能效进行公示,促进建筑节能降碳。

4.2 针对建筑材料生产阶段的能源消耗,采取措施减少二氧化碳排放

一是采用清洁能源,推广使用太阳能、风能等可再生能源,替代化石能源。二是加强节能设备应用,采用先进、高效的设备,如高效锅炉、电机等,提高设备的能源效率,降低能源消耗。三是加强建筑材料的绿色生产,采用可再生材料、低能耗制造技术等环境友好、低碳生产的工艺和技术,间接减少碳排放。四是能源管理优化,建立能源管理系统,采用智能控制技术,优化能源分配和使用,提高能源利用效率。五是加强合作创新,与相关企业、研究机构合作,共同研发新型节能技术、材料和产品,推动行业的创新发展。

4.3 鼓励居民节约能源,降低居民建筑二氧化碳排放

居民建筑领域碳排放主要来源于电力和天然气的消费,建议采取以下措施减少二氧化碳排放。一是建筑节能改造,对现有居民建筑进行节能改造,如加装隔热材料、改善门窗隔热性能、更换节能灯具等,以降低能源消耗和碳排放。二是采用智能家居系统,通过智能控制技术,实现家电的远程控制和智能调节,如调节空调温度、控制灯光等,以达到节能降碳目的。三是合理安排家电使用时间和频率,如错峰用电、合理分配热水器温度等,以优化能源利用,降低能源消耗。四是合理使用天然气设备,如定期维护燃气管道、灶具等,确保燃气设备的正常运转,同时避免浪费。五是加强绿色能源使用,鼓励居民使用太阳能、风能等可再生能源,如安装太阳能热水器、风力发电设备等,以减少对传统能源的依赖。六是鼓励居民采取节约用电和天然气的行为,如关闭不必要的电器、合理使用空调等,培养良好的节能习惯。七是加强教育和宣传,通过宣传和教育活动,增强居民的节能意识、调高节能技能,让他们了解节能的重要性和方法,积极参与到节能行动中。

4.4 加强公共建筑节能和控碳行动,为建筑领域碳达峰作出积极贡献

一是推广绿色建筑,积极采用可再生能源、低碳技术和环境友好建筑技术建设的公共建筑。这包括利用清洁能源,采用节能建筑材料,设计合理的建筑布局,以提高建筑的能源效率。二是加强节能技术应用,采用高效的照明、空调、电梯等设备,以及智能控制系统,提高能效,降低碳排放。三是采用节能型空调系统,如地源热泵、水源热泵等,利用可再生能源制冷制热,降低空调系统的能源消耗。四是采用节能型灯具,如LED灯具,

同时使用智能照明控制系统,根据实际需要调节照明亮度,避免浪费。五是采用太阳能热水器、空气源热泵等可再生能源技术,减少对传统能源的依赖。六是建设一些特殊节能设施,如光伏电站、储能系统等,以实现能源的自我供应和削峰填谷,降低能源消耗。

4.5 建筑施工阶段采取积极的措施,达到节能降碳的目的

首先,在建造施工阶段,采用低碳施工方法和技术,如装配式建筑技术、绿色施工技术,降低施工阶段的碳排放。使用低碳、环保的建筑材料,如节能门窗、保温材料等,减少建筑能耗。其次,在建材运输阶段,优化建材采购和物流管理,减少建材的运输距离和次数,推广电动车、氢能源车等新能源运输车辆,降低碳排放。再次,在建筑维护阶段,加强建筑维护和管理,如定期检查和维修建筑设施,确保建筑正常运行,降低能源消耗。最后,在建筑拆除阶段,采用机械式拆除、静力拆除等绿色拆除技术,减少拆除阶段的噪音和粉尘污染。回收利用拆除材料,如金属、塑料等,减少建筑废弃物的产生。

5 结语

海南省建筑全生命周期二氧化碳排放量呈现逐年上升的趋势,降低建筑领域二氧化碳排放对全省碳排放达峰将起到很重要的作用。建筑运行阶段为海南省建筑领域碳排放最大排放部门,减少建筑运行阶段碳排放是海南省建筑领域碳达峰的重点。建筑材料生产阶段的碳排放量在2018年达到峰值,占建筑全生命周期碳排放量的比重逐年下降。建筑施工阶段的碳排放量增速持续放缓,单位建筑业增加值碳排放持续降低,单位施工面积碳排放进一步扩大,需要采取积极措施。在此基础上,本文分别从建筑材料生产、居民日常生活、公共建筑节能、建筑施工以及政府管理等方面提出了节约能源、降低二氧化碳排放的措施建议,助力海南建筑领域碳达峰目标的实现,促进建筑行业可持续绿色发展。

参考文献:

- [1] 蒋超,谢崇实,黎昆.绿色建筑全生命周期碳排放计算实践与探讨——以重庆市设计院建研楼工程为例[J].重庆建筑,2022,(06):05-09.
- [2] 李兆坚,江亿.我国广义建筑能耗状况的分析和思考[J].建筑学报,2006,53(07):30-33.
- [3] 中国建筑节能协会建筑能耗与碳排放数据专委会.2022中国建筑能耗与碳排放研究报告[R].重庆,2022.
- [4] 海南省统计局,国家统计局海南调查总队.海南统计年鉴2022[M].北京:中国统计出版社,2022.
- [5] 李惠民,张西,张哲瑜,等.北京市碳排放达峰路径及政策启示[J].环境保护,2020,48(05):24-31.

作者简介:朱晓东(1983-),男,河南正阳人,硕士研究生,中级经济师,主要从事节能与低碳项目咨询研究。