

碳中和背景下北极低温经济发展的潜力和挑战

李振福, 李杭蔚, 齐芯莉

(大连海事大学交通运输工程学院, 辽宁 大连 116026)

摘要:全球性气候问题攸关世界经济发展,实现碳中和目标不仅是可持续发展的必然选择,更是全球大势所趋。在此背景下,积极探索新的碳减排路径至关重要。全球性气候变暖影响具有显著的区域性差异,已有研究表明全球气候变暖对低温地区具有一定积极作用,经济发展最适宜区域正逐渐向高纬度地区转移。同时,低温地区特别是北极地区的碳减排潜力越发凸显,这一新形势也为碳中和目标实现和缓解气候变暖提供了新的发展方向。在阐释低温经济的概念和内涵的基础上,聚焦北极航运、建筑能耗、全球能源与信息互联网络、数据中心等在北极地区具有碳减排潜力的产业,分析北极低温经济发展的潜力和挑战。

关键词:低温经济;碳中和;北极地区;气候变化;潜力和挑战

中图分类号:F13 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2024)02-0009-09

Potential and challenges of low-temperature economic development in the Arctic under the background of carbon neutrality

LI Zhenfu, LI Hangwei, QI Xinli

(School of Transportation Engineering, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China)

Abstract: Global climate issues have a bearing on world economic development. Achieving carbon neutrality is not only an inevitable choice for sustainable development, but also a global trend. In this context, it is crucial to actively explore new carbon reduction paths. There are significant regional differences in the impact of global warming. Studies have shown that global warming has a positive impact on low-temperature areas, and the most suitable areas for economic development are gradually shifting to high-latitude areas. At the same time, the carbon emission reduction potential of low-temperature regions, especially the Arctic region, is becoming more and more prominent, and this new situation also provides a new development direction for the realization of carbon neutrality and the mitigation of climate warming. On the basis of explaining the concept and connotation of low temperature economy, focusing on Arctic shipping, building energy consumption, global energy and information Internet, data center and other industries with carbon emission reduction potential in the Arctic region, the potential and challenges of the development of low temperature economy in the Arctic are analyzed.

Key words: low-temperature economy; carbon neutral; Arctic region; climate change; potential and challenge

收稿日期:2023-09-16 修回日期:2024-01-09

基金项目:辽宁省“兴辽英才计划”哲学社会科学领军人才项目(XLYC2004008);国家社会科学基金重大项目(23&ZD147)。

作者简介:李振福(1969—),男,吉林榆树人,大连海事大学交通运输工程学院教授,博士生导师,研究方向为北极治理、北极航线。通信作者:李杭蔚。

自工业革命以来,地球气候系统呈现长期升温态势。NASA 强调,2020 年全球平均温度已比 1951—1980 年基线水平高出 1.02°C ,并且这一数字正以每 10 年提高 0.2°C 的速度不断攀升^[1]。人类活动是地球气候变化的重要影响因素,二氧化碳过度排放是公认的造成全球变暖的主要因素,气候的不断恶化引发了国际社会的广泛关注。为应对气候变化,2015 年《联合国气候变化框架公约》缔约方大会于巴黎举行,195 个参与国谈判并通过了《巴黎协议》。这个协议要求全球各国应尽快达到温室气体排放峰值,并最终实现将本世纪全球平均气温较工业化水平上升控制在 2°C 以内,力争 1.5°C 的全球性目标。

一、气候变化为低温地区经济发展创造机遇

《巴黎协议》在当今的政策和 21 世纪末之前的碳中和之间架起了一座桥梁,越来越多的国家正将《巴黎协议》目标转化为其国家战略。第 6 次 IPCC 报告的发布预示着未来全球将全面进入“碳中和时代”。《全球发展报告》指出,截至 2022 年 5 月,已有 127 个国家提出或预计承诺实现与“碳中和”相关目标,如中国 2060 年目标、欧盟 2050 年目标及美国 2050 年目标等^[2]。为实现此目标,各界也在积极探寻实现《巴黎协定》目标和国家自主贡献(NDC)目标的现实路径,包括能源替代、能效提升、碳交易市场、碳捕获技术等。然而,一方面,基于这些目标和承诺的全球变暖仍高于《巴黎协定》规定的 2.0°C 温度上限^[3]。另一方面,受多种外部因素影响,各国国家自主贡献(NDC)目标实现仍然十分艰难。如受 2022 年全球能源危机影响,德国已暂时放弃 2035 年“能源行业碳中和”的气候目标。同时,2022 年的夏季持续高温也导致各国用电紧张,德国、意大利、奥地利等国都相继表示,将增加燃煤发电量或重启煤炭发电。我国四川省夏季干旱也出现水电厂水位见底问题,被迫启用火力发电。在此背景下,积极探索新的“碳减排”路径至关重要,因为在 2035 年前所做的减排努力越多,后期的减排压力相对越小,转型所需的时间也就越短。

随着全球气温的进一步升高,低温地区的减

排放和发展潜力越发凸显。首先,国际海事组织 2020 年数据显示,全球航运业碳排放超 9 亿 t,占全球人类活动碳排放总量约 3%^[4]。近年来,北极冰川的融化使北极航线常态化运营成为可能,这条航线也将成为连接欧洲、北美和亚洲最便捷的通道之一,航运距离的缩短同时也意味着更低的碳排放。其次,建筑行业是温室气体排放的关键贡献者,约占温室气体排放率的 1/3,其中供暖、通风和空调系统占建筑总能耗的 60% 以上^[5]。已有研究表明,随着全球气候变暖,部分高纬度地区的建筑能源消耗正在减少或增长幅度显著低于中、低纬度地区^[6]。最后,随着数字经济的迅猛发展,数据中心等互联网基础设施已经成为全球最主要碳排放源之一。当前所有数据中心的碳排放量约占全球总量的 2%,这相当于全球航空业的全部排放量,其中空调制冷系统的能耗超过了整个数据中心的 1/3^[7]。此外,随着全球能源和信息互联的发展,北极地区的自然禀赋和地理优势凸显,或将能够整合能源和信息互联网络,进而解决互联网基础设施高碳排放问题。

因此,面向全球碳中和目标的重大需求,本文旨在思考全球变暖视角下低温地区的低碳和经济发展新机遇,从低温经济中发掘碳减排优势,探索低碳发展的新潜力。本文特别聚焦航运业、建筑业和互联网基础设施在低温经济中的减排潜力,同时探寻以上行业在北极地区发展的挑战,从而为碳中和目标的实现提供新视角和新路径。

二、低温经济的概念与碳中和背景下其内涵的延展

(一) 低温经济概念

低温经济是指全球气温不断升高的大背景下,全球经济在未来将出现向低温地区逐渐转移的趋向,以此为基础产生的低温地区经济活动不断聚集,而使低温地区出现更大的经济活力,世界经济中心也将转移至低温地区的一种经济现象和经济发展模式。

尽管全球气候变暖对全球社会经济造成了广泛性的影响,但影响程度和范围存在一定的区域差异性,诸多证据显示低温地区将在部分领域受

益于全球变暖,且经济最适宜区域正逐渐向低温地区转移。Burke 等^[8]的研究表明,全球各国总体经济生产率与温度存在非线性的倒“U”型关系,生产率在年平均温度 13.6℃ 时达到峰值,寒冷国家的生产力将随着年平均气温的升高而增加,直到达到最高值。Kalkuhl 等^[9]得到与之类似的结论,即温度升高往往会增加寒冷地区(年平均气温低于 5℃)的区域总产值(GRP),并降低炎热地区的 GRP。同时,据估计在高纬度地区因气候变暖带来的经济增长的中值达 25%^[10]。全球变暖背景下,低温地区在农业、渔业及旅游业同样具有优势。气候变暖使农作物生长季延长,作物种植带将北移,二熟制和三熟制的面积将会扩大^[11]。同时,温和的气候使冷水物种向北移动、温暖水域物种活动范围向北延伸,对北方渔业发展有利^[12]。气候变暖也使得高纬度地区和一些山区温度更加适宜,其作为旅游目的地的吸引力在逐年增加^[13]。

此外,值得注意的是,低温地区包含两层含义。一方面,相对于整个地球来说,低温地区指南极地区和北极地区。其中,南极地区是世界最冷的地区。这个地区既没有形成人类社会,也没有相应的经济行为。北极地区包括整个北冰洋以及格陵兰岛、加拿大、美国阿拉斯加州、俄罗斯、挪威、瑞典、芬兰和冰岛 8 个国家的部分地区。这个地区 1 月份的平均气温为 -40~0℃,7 月份的平均气温为 -10~10℃。随着全球温度的不断升温,北极地区温度将逐渐适宜人类生存和居住。另一方面,对于各国而言,低温经济中的低温地区是一个相对的概念。相对于中国来说,低温地区指中国西部部分地区和东北地区。2020 年,东北的年平均气温为 5.4~12.0℃,黔、甘、宁和蒙等西部地区的年平均气温为 7.0~14.9℃^[14]。随着全球气候的进一步变暖,对各国相对温暖地区的影响将进一步扩大,而低温地区的负面影响将显著弱于其他地区,故而未来各国经济将可能出现向这个国低温地区转移的趋势。如对中国而言,中国东北地区的气温将变得温和,比南方地区更加宜居,并且这个地区有一定的经济存量,未来将是产业转移的重心。同时,中国西部地区可再生资

源丰富,电费仅为东部的一半左右,已经吸引许多互联网公司在此投资。

(二)碳中和背景下低温经济内涵

发掘低碳产业优势是碳中和背景下低温经济的核心内涵。气候变暖对低温地区有益并不代表要纵容全球气温继续上升,地球是一个完整的系统,尽管在一定时期内的气候变暖能使其获利,但毫无限制的气温上升必将导致系统失衡,对全球经济的毁灭性打击将是无法避免的。在气候变暖的环境下,低温地区具有巨大的减排潜力。北极航线的开发缩短了欧亚美之间的航行距离,与其他亚欧美航线相比,在降低燃油成本的同时,碳排放也相对降低。不仅如此,高纬度低温地区的建筑能耗也将低于中、低纬度的能耗,拥有相对较低的能源成本。这些变化将提高未来低温地区发展的潜力,并且一些产业发展相比于其他地区具有减排优势。因此,低温经济将引导各国立足于自身的主要因素积极发掘低碳产业,并为全球碳中和作出应有的贡献。

三、北极低温经济的减排潜力

气候变暖给低温经济的发展带来了全新的机遇。资料显示,低温地区发展的碳需求低于世界其他地区。低温地区的经济发展在适应全球气候变化的同时,也将减少碳排放,以减缓气候变暖步伐,并在低温经济发展与气候变暖间形成良性平衡,而北极也将是减排潜力最显著的地区之一。

(一)北极航线的减排潜力

航运是温室气体排放的重要来源,每年约占全球温室气体排放量的 3%。尽管当前航运业占全球碳排放比例较少,但据国际能源署(IEA)预测,航运是净零排放情景下少数无法在 2050 年前实现零排放的交通运输方式之一^[15]。全球航运排放量的持续性增长,远未与《巴黎协定》温度控制目标和全球各国碳中和目标保持一致。同时,航运作为全球供应链中的核心环节,在企业减排社会责任及排放交易体系的驱动下,未来许多行业可能将实现其净零排放目标和履行碳足迹减少责任的目光投向于航运业。然而,当前零碳燃料及技术仍尚未达到航运业大规模采用所需的规模及

价格,航运业“脱碳”仍需要更大的努力。

航运距离的缩短有助于减少航运业的碳排放。北极气温上升幅度约为世界其他地区的 2 倍,致使北极地区海冰融化速度加快^[16],并增加了北极地区的可达性。自 2007 年以来,北极东北航线夏季全线无冰期不断延长,随着北极冰川进一步融化,北极航线的无冰期将进一步延长。随着北极航线常态化的运行,这条航线将成为连接欧洲、亚洲和北美以及太平洋、大西洋和北冰洋的最便捷的渠道之一。到 2050 年,更多的非冰级船将可选择东北航线和西北航线航行。据估计,东北亚至北美和欧洲北部的航线,北极航运比通过苏伊士运河和巴拿马运河的航运可缩短航线距离 30% ~ 50%,运输时间估计减少 14 ~ 20 d^[17],这背后蕴含着庞大的航运业碳排放减少潜力。在其他条件相同的情况下,一方面,北极航线航运距离的缩短意味着更高的服务频率,以及更短的过境时间、运营成本 and 潜在的燃料消耗降低。另一方面,这将大幅度减少二氧化碳和温室气体排放。研究表明,如果国际北极水域变暖到足以开辟新的航线,航运公司可以将温室气体排放量减少约 24%^[18]。

北极航线从长期的角度来看有利于碳减排。从长期来看,北极航线将变得更具成本效益和能源效率。虽然现阶段的东北航线在废气排放和碳排放方面均低于苏伊士航线,但由于东北航线结冰等不确定因素,仅适用于单程或往返航程,不能用于班轮运输。但从长期的角度来看,较多的学者认同北极航线将比苏伊士航线更具竞争力,并且在应对气候变暖影响的比较中,北极航线比传统航线更节能。北极和世界其他地区在船舶高功率或低功率运行情况下的气候影响模拟结果显示,尽管无论在高功率还是低功率的情况下,北极航线的碳排放与世界其他地区的差距并不明显,但将时间长度延长至 100 年时,北极航线的碳排放将明显低于世界其他航线^[17]。

(二) 北极地区建筑能源消耗节能

建筑行业在全球碳排放和能源消耗中占有相当大的比重。其中,建筑业 2020 年占全球终端能源消费量的 36%,占与能源相关二氧化碳排放量

的 37%^[19]。不论是住宅类还是商用类建筑,制冷和采暖能耗在整个建筑能耗中占比较大。随着全球气候变暖导致居住的室外条件变化,气候变化对建筑采暖和制冷能源的使用产生较大的影响。全球建筑建设联盟指出,空调系统是近年来建筑行业能源消耗增长最快的部分之一,全球家用空调占建筑能源消耗份额从 2010 年的 27% 增长到 2020 年的 35%。尽管 2016—2019 年期间的建筑行业排放下降比率减少了近 50%,但远未达到建筑行业的碳减排时间性目标^[19]。为推动建筑行业的 2050 年碳中和目标,建筑行业的脱碳和节能行动势在必行。

全球变暖显著减少了北极地区建筑的供暖周期长度。这个地区的建筑碳排放量未来有望少于其他地区。北极在过去几十年的气温上升对当地的建筑能耗产生了积极影响。研究发现,俄罗斯多数地区都经历了气候变暖,其中西伯利亚的亚马尔和楚科奇地区发生的能源消耗变化最为显著,并且多数地区的供暖周期长度都相应减少^[20]。随着北极趋于温暖,未来更大范围地区的供暖日数将会变短,这也意味着二氧化碳的排放相应减少。除了对北极地区的研究以外,一项关于气候变化影响美国建筑的加热和冷却能源使用问题的研究指出,随着全球气候变暖,到 2080 年,中低纬度地区如迈阿密、休斯敦、旧金山等地的能源消耗将会净增加,而高纬度寒冷或者十分寒冷的地区,如芝加哥、斯普里斯、麦迪逊、西雅图等地的能源消耗会净减少^[6]。还有对中国办公建筑能耗的研究发现,不论在高、低二氧化碳排放的预设情景下,样本城市中最北的黑龙江省哈尔滨市办公建筑预计碳排放增加量比其他城市都要低。综上研究均表明,高纬度地区的建筑能耗少于中低纬度地区^[21]。究其原因,是因为由于气候变暖,中美两国建筑行业整体减少的取暖消耗超过了主要使用电力而增加的制冷消耗,但这也能够说明,未来低温地区在建筑能源消耗节能方面具有相当大的潜力。

当前,一些北极国家致力于推动低能耗建筑发展,以促进北极地区经济社会可持续发展。如挪威、芬兰、俄罗斯和加拿大均提出建筑领域的减

排计划,包括更新国家建筑规范以制定更严格的能效标准、支持各地区的住宅和建筑改造、增加建筑节能技术的应用比例等。挪威和芬兰计划在不远的未来实现国家建筑规范达到零能耗建筑标准^[22-23]。俄罗斯也特别注重建筑围护结构等节能技术的应用,最新的建筑部门计划旨在实现建筑和生产的现代化,并增加技术因素在减少国民生产总值(GDP)能源消耗方面的贡献,提出每年至少减少1.5%^[24]。加拿大政府则致力于针对建筑行业的气候行动政策,通过支持住宅改造项目提高土著社区建筑能源效率^[25]。可以看出,北极国家的政策、计划对低能耗建筑的发展是积极的,有利于减少建筑温室气体排放,促进北极地区经济社会可持续发展。

(三)推动全球能源与信息互联网络整合

在当今数字经济时代,信息已成为与土地、劳动力、资本同等重要的新型生产要素,数据中心则是数字化革新的关键。然而,数据中心属于高能耗数字技术,一座超大型数据中心一年的耗电量可能超过亿度,其中制冷耗电量占比近四成。信息技术发展对能源的需求日益增大,为实现碳中和目标,急需整合全球能源信息互联网络,这一行动将极大地提高能源利用率,推动清洁能源发展。

北极地区独特的地理位置和自然禀赋推动了全球能源与信息互联网络整合。2016年,全球能源互联网发展合作组织在北京成立,目标是在全球范围内构建以清洁能源为主的特高压电网骨干网络,这些电网连接世界主要电网,形成跨时区的全球电力配置新格局^[26]。在这些骨干网络中,北极区域网络对全球能源互联网的构建至关重要。一是北极地区风能资源丰富,环流几乎恒定。这个地区的技术发电能力占全球风能资源的17.2%,可构建集中和清洁的骨干发电网络并进行全球电力配置,从而降低火力发电比例,是未来全球能源互联网络计划的理想电力平台。二是北极地区横跨欧、亚、北美三大洲和19个时区,跨度约12 000 km,一旦北极能源互联通道建成,将连接北半球80%的电力系统^[27]。至此,北极将成为北半球电力供应

的枢纽,以风能为主的清洁电力通过骨干网络输送至各国电网。构建集中能源网络能够大幅减少各国的电力成本,并有利于提高能源利用率,加速清洁能源技术迭代,有效促进电力领域的碳中和目标实现。

当前,芬兰 Cinia 项目计划通过北极东北航道修建约13 800 km的海底光缆,因其为连接亚欧的最短光缆线路,将提供更好的互联网连接^[28]。Quintillion 和 Cinia 的远北光纤项目计划修建从日本通过北极西北航线到达欧洲的海底光缆,并为美国和加拿大北极地区的当地定居点提供信息服务。俄罗斯 Polar Express 项目沿着从摩尔曼斯克到符拉迪沃斯托克的整个北极海岸线运行,为东北航线发展、资源开发提供数字支持^[29]。这些项目仍在建设中,但足以凸显在北极地区构建光纤网络的优势。不仅如此,北极地区光纤网络建设将促使全球数据中心向北转移,北极的低温也将成为绿色节能数据中心选址的理想地点。统一的能源信息设施成为这些数据中心运行的基础,不仅能有效降低能源消耗和碳排放,还将加快各国的碳中和进程。

(四)数据中心降耗

数据中心不仅是数字经济的重要基础设施,而且是整个全球经济的重要基础。然而,数据中心这种高能耗数字技术挤占了很多的能源消费空间,产生了额外的碳足迹,如超大型数据中心一年的耗电量可能超过亿度,其中制冷耗电量占比近四成^[30]。据统计,目前全球的数据中心每年消耗约200 TWH的电能,约占全球用电量的1%;冷却系统的能耗超过了整个数据中心能耗的1/3,是其最主要的能源消耗设施之一,并占总运营成本的主要部分,使得降低冷却系统的能耗成为数据中心可持续发展的关键问题。

北极地区布局数据中心将有效利用自然冷源冷却系统,从而有效降低碳排放。一方面,研究表明,纬度与电源使用效率(PUE)呈现负相关性,当纬度增大时,各数据中心的PUE呈下降趋势。其中,PUE下降速度不同的原因可能与不同纬度的地形和气候有关。因此,如果将数据中心集中在

北纬 62 ~ 73° 的泛北极地区,形成北欧、远东、北美地区的集中型布局,与如今数据中心分散式布局相比,到 2030 年将直接节约电能 3 010 亿 $\text{kw} \cdot \text{h}$;相应地,集中型布局比分散化布局可直接减少约 7.2 亿 t 二氧化碳的碳排放^[31]。另一方面,目前许多互联网公司逐渐意识到在北极布局数据中心的优势,包括丰富的可再生能源、寒冷的空气和理想的湿度均可降低数据中心冷却系统的成本。早在 2011 年,谷歌已在芬兰哈米纳建成数据中心。这个数据中心也是谷歌全球最先进、最高效的数据中心之一。同时,2021 年谷歌宣布斥资约 6.7 亿美元,于哈米纳建设一个新的数据中心,以满足其云服务的需求和更快的数据访问权限。随着北极地区优势凸显,亚马逊等一些国际大公司也相继在北半球的高纬度地区建立了数据中心。研究与实践均表明未来在低温地区建立数据中心可以有效缓解气候和能源问题。

不仅如此,北极地区布局数据中心还能够有效补充当地热能需求,降低建筑物供热碳排放。热量是数据中心的副产品,数据中心在低温地区同样将产生大量热量,而通过热捕获技术将减少当地建筑物供热能源消耗。位于芬兰的 Yandex 数据中心对热回收设备和热泵厂进行投资后,数据中心使用能源的 1/3 可作为热量捕获,并在 2018 年满足了其所在的曼采莱市约 54% 的热需求。据芬兰国家创新基金会估计,如果所有北欧国家 2018—2025 年间开设或计划开设的所有新数据中心都能以这种方式回收热量,那么由此产生的减排量将相当于路面上减少 50 万辆燃油汽车的效果^[33]。实践表明,数据中心产生的废热可以作为稳定热源为该地区供热,这将在减少化石燃料的需求的同时,提升能源安全并减少当地空气污染。

四、北极低温经济发展的挑战

(一) 北极航线的短期气候污染物排放将加快北极变暖速度

尽管北极航运将大幅度减少二氧化碳等长期气候污染物的排放,但存在黑碳、臭氧等短期气候污染物增多的风险。一方面,当航运产生的黑碳位于最低大气层中会影响气溶胶—云相互作用,

并受云和海冰反馈影响加快北极变暖。另一方面,当黑碳沉积后,将降低北极冰雪反照率,吸收光线,从而影响北极气候,加快北极海冰融化。受北极冰雪环境影响,北极船舶根据冰条件和破冰需求,发动机负荷将在 25% ~ 100% 区间中频繁变化,而当船舶在低负荷运行可能会比他们在额定负荷时多排放 50% 的黑碳,在低负荷运行时黑碳排放因子将增加 3 ~ 6 倍^[33]。此外,航运排放的氮氧化物和挥发性有机溶剂也是生成臭氧的前体物,而臭氧的大幅度增加也将扰乱北极复杂的辐射强迫。

尽管已有研究表明,洗涤器技术、液化天然气和柴油颗粒过滤器以及低硫燃料的使用,可以将黑碳和其他污染物的排放减少 40% ~ 90%,但这些技术目前尚未在北极水域船舶得到广泛应用^[34]。同时,尽管国际海事组织一直在推行《极地规则》,但尚未将北极地区使用清洁燃料的强制性决议纳入其中,而仅仅作为一项自愿行动。目前,北极航运已经影响包括挪威沿海地区^[35]、巴伦支海地区^[36]等多地区的黑碳和臭氧浓度。如果北极航运持续性增加,这将进一步加剧北极变暖速度,并有悖于全球碳中和目标的初衷。

(二) 北极地区对建筑物及其保温技术的要求更高

一方面,永久冻土的消融将影响建筑物安全。永久冻土覆盖了地球近 1/4 的陆地面积,在北极地区的经济和人类生活中发挥着重要作用,支撑着北极地区的各项建设。近几十年来,永久冻土的融化和消失速度加快,以及对房屋结构的破坏,引起了公众的关注。到 21 世纪中叶,人为气候变化可能导致冻土升温 2 ~ 3 °C,近地表多年冻土区面积减少 12% ~ 16%,季节性融化渗透深度增加 15% ~ 30%^[37]。北欧国家和俄罗斯有大量的工业和住宅建筑建立在永久冻土层上。冻土的力学性能随着温度的升高而降低,可能导致建筑物、管道打桩和路基的破坏。在不连续多年冻土区,气温每升高 2.0 °C,建筑物下冻土的承载能力就会下降一半以上。在冻土富含冰的地方,融化可能会导致不均匀的地面沉降,最终可能导致建筑严重变

形,建筑物倒塌,以及人的生命和财产损失。这个问题在俄罗斯尤显突出,1950—1990年间建造在永久冻土区的大量住宅建筑已经出现功能受损。

另一方面,由于北极地区较为寒冷的气候,建筑物结构表面的耐热性相对较低,管道保温质量不佳导致热载体运输过程中的热量损失。建筑采暖系统的采暖能耗过剩15%~20%。对住宅建筑隔热性能和能耗的研究表明,通过建筑围护结构产生的热量损失中,未经过冬季处理的门窗所占比例最高(40%)。透过窗玻璃造成的损失占15%,透过地板和天花板造成的损失占7%,透过墙壁造成的损失占38%^[38]。热量的大量损失意味着需要耗费更多的能源供暖,也意味着更多的碳排放。事实上,北极地区获得绿色认证的建筑物数量很少。北极地区的认证建筑占总体绿色建筑的比例不高,挪威为1.59%,芬兰为0.24%,加拿大为0.085%,瑞典为0.066%,俄罗斯为0,这些数据说明北极地区建筑物在节能方面的作用仍有待提高^[39]。

(三) 北极能源信息互联网络建设面临政治、成本、技术问题

北极地区的能源和信息互联网络建设面临的首要问题是复杂的地缘政治挑战。长期以来,北极海底光缆的进展甚微。俄罗斯的ROTACS项目因2014年其吞并克里米亚而遭受高科技出口制裁而终止。这个项目预计将使日本和英国之间的传输延迟减少60 ms。芬兰与俄罗斯合作连接欧亚的“北极连接”项目也因目前俄罗斯在经济上与西方日益隔绝而被迫停止,且不太可能恢复。北极能源互联网络构建同样面临挑战,由中国组织推动,俄、日、韩参与的东北亚电力联网项目已完成预可研报告,但离建设北极能源互联通道这一骨干网络的目标仍有很长的距离。

北极地区的能源和信息互联网络建设还面临成本、技术问题。长期以来,北极地区互联互通基础设施的发展受到地形、气候、距离和服务于人烟稀少地区等因素的制约。低温、冰雪会影响通信设备的可靠性,需要采取特殊措施来降低风险。由于风险因素多,建造成本升高导致企业不愿在

北极地区进行能源或信息网络投资,而是依赖通过国家项目的公共投资。同时,这些风险因素也导致数据中心的前期建设成本过高,难以吸引投资,影响数据中心在北极地区布局。除此之外,数据中心一旦投入运营,只需要雇佣极少员工便能完成日常操作。谷歌的哈密纳数据中心员工数量仅为90人,当地的互联网服务所提供的就业机会难以替代传统高碳排放的钢铁工业。最后,尖端制冷技术在数据中心的应用使得其对自然冷源冷却的需求变小。2018年以后,服务器正在从较小的传统数据中心转向更大、更节能的云数据中心,使得数据中心基础设施系统(即冷却和电力供应)的能源使用大幅下降,足以抵消总体电子设备能源使用的增长^[40]。尖端制冷技术成为自然冷源冷却技术的有力竞争者。

五、结论和政策建议

通过对北极地区航运业、建筑业和互联网基础设施产业的分析,可以看出这些产业在该地区拥有的减排潜力。随着北极气温逐渐变暖,北极航线可达性增加,连接欧、亚、北美三大洲的航程缩短,意味着更少的碳排放量;北极变得更加宜居,许多地区制冷需求减少并且对供热的需求也在减少;未来北极地区实现能源和信息互联网络整合,将提高能源利用率并促进风能等清洁能源的研究与开发;北极的发展与全球碳中和进程紧密联系在一起。因此,气候变化正在给北极带来新的机遇,北极可能成为北半球航运、能源和信息网络的枢纽,极大地改善全球航运、能源和通信格局,优化资源配置,为世界各国的碳减排与互联互通做出贡献。依据低温经济在北极地区产生的效果和面对的挑战,需要制订更加适合于我国的低温经济策略。

第一,顺应低温经济发展趋势,做好低温经济发展布局。可以预见的未来,随着全球气候变暖趋势的进一步加强,低温经济时代或将来临。自人类出现以来,人们便在气候比较宜居的地区生存并发展。我国的大部分地区处在低温区域,但随着全球气候变暖的加剧,我国的北部地区可能更适合生产和居住,经济重心有可能向我国的北部地区转移,因此需要提前布局北部地区的低温

经济发展。

第二,重视北极航线的开发利用,加强在该地区未来经济发展中的地位和作用。从全球角度来看,北极是低温经济发展的重点地区,我国应对其保持高度重视。特别是,俄罗斯的远东大开发战略也契合了我国参与俄罗斯远东开发和北极航线利用的时机,我国应积极谋划与俄罗斯在低温经济发展中的战略合作。

第三,正确理解低温经济,强化低温经济的战略作用。低温经济与冰雪经济等概念不同,其内涵是随着全球变暖,低温地区的经济活力可能增强,产业和人口都有可能转移到原来不太为人重视的年均气温相对较低的地区。2023 年,极端天气反常性增加,东南亚地区出现 35℃ 以上的高温,导致很多地区停工,是低温经济可能出现的例证。但同时也要看到低温地区的经济发展也有一些不利因素,如低温地区冬季需要采暖、低温地区人口目前流失严重等问题。因此,应综合各方面因素,强化前期筹划、中期评估和后期管理的一揽子规划,以充分发挥低温经济的战略作用。

第四,低温经济的理念需要在实践中结合各行业的特点进行有节制地适度推广。低温经济是本文提出的一个新概念,一定有很多不足之处,也一定对有些因素没有很好把握,特别是各个行业都有其独特性,不是所有的行业都符合低温经济规律,所以在实践中应根据不同行业的特点,认真分析每个行业的优势和不足,找到相关行业施行低温经济发展的不同药方。

参考文献:

- [1] 赵宗慈,罗勇,黄建斌. 预估 21 世纪全球变暖在历史上的地位[J]. 气候变化研究进展,2022,18(5):637-640.
- [2] ZHAO X, MA X, CHEN B. Challenges toward carbon neutrality in China: strategies and countermeasures [J]. Resources, conservation and recycling, 2022(176): 105959.
- [3] WEI Y M, HAN R, LIANG Q M. An integrated assessment of INDCS under shared socioeconomic pathways: an implementation of C3IAM [J]. Natural hazards, 2018, 92(2): 585-618.
- [4] 郭郭. 清洁航运燃料的未来:甲醇还是绿氨[EB/OL]. (2022-07-26) [2023-01-16]. https://www.sohu.com/a/571688328_121123868.

- [5] MARDIANA A, RIFFAT S B. Building energy consumption and carbon dioxide emissions: threat to climate change [J]. Journal of earth science & climate change, 2015(s3): 1.
- [6] WANG H, CHEN Q. Impact of climate change heating and cooling energy use in buildings in the United States [J]. Energy and buildings, 2014(82): 428-436.
- [7] RONG H, ZHANG H, XIAO S. Optimizing energy consumption for data centers [J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2016(58): 674-691.
- [8] BURKE M, HSIANG S M, MIGUEL E. Global non-linear effect of temperature on economic production [J]. Nature, 2015, 527(7577): 235-239.
- [9] KALKUHL M, WENZ L. The impact of climate conditions on economic production. evidence from a global panel of regions [J]. Journal of environmental economics and management, 2020(103): 102360.
- [10] DELL M, JONES B F, OLKEN B A. Temperature shocks and economic growth: evidence from the last half century [J]. American economic journal: macroeconomics, 2012, 4(3): 30.
- [11] HUSS M, HOCK R. Global-scale hydrological response to future glacier mass loss [J]. Nature climate change, 2018, 8(2): 135-140.
- [12] CHEN I C, HILL J K, OHLEMULLER R, et al. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming [J]. Science, 2011, 333(6045): 1024-1026.
- [13] MICHAELOWA A. Mitigation versus adaptation: the political economy of competition between climate policy strategies and the consequences for developing countries [C]// HWWA Discussion Paper No. 153. Hamburg: Hamburg World Economic Archive, 2001: 3-4.
- [14] 中华人民共和国统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021: 244.
- [15] 国际能源署. 2050 年净零排放:全球能源行业路线图[R/OL]. (2021-06-08) [2023-01-16]. https://iea.blob.core.windows.net/assets/327b3e18-319c-4107-9b97-8c5a1a79b94e/NetZero2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_Chinese.pdf.
- [16] QUINN P K, BATES T S, BAUM E. Short-lived pollutants in the arctic: their climate impact and possible mitigation strategies [J]. Atmospheric chemistry and physics, 2008, 8(6): 1723-1735.
- [17] LINDSTAD H, BRIGHT R M, STROMMAN A H. Economic savings linked to future arctic shipping trade are at

- odds with climate change mitigation [J]. Transport policy, 2016(45): 24-30.
- [18] THEOCHARIS D, PETTIT S, RODRIGUES V S. Arctic shipping: a systematic literature review of comparative studies [J]. Journal of transport geography, 2018(69): 112-128.
- [19] Global Alliance for Building and Construction. 2021 Global status report for buildings and construction [R/OL]. (2021-10-19) [2023-01-16]. <https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/2021>.
- [20] STRELETSKIY D, SHIKLOMANOV N, HATLEBERG E. Infrastructure and a changing climate in the Russian arctic: a geographic impact assessment [C]// Proceedings of the 10th International Conference on Permafrost. Salekhard: The Northern Publisher, 2012: 407-412.
- [21] WAN K W, LI H W, PAN W Y, et al. Impact of climate change on building energy use in different climate zones and mitigation and adaptation implications [J]. Applied energy, 2012(97): 274-282.
- [22] Norwegian Ministries. Norway's arctic strategy [EB/OL]. (2017-06-07) [2023-01-16]. <https://www.regjeringen.no/contentassets/fad46f0404e14b2a9b551ca7359c1000/arctic-strategy.pdf>.
- [23] Ministry of Employment of Finland. Energy and climate roadmap 2050 [EB/OL]. (2014-10-16) [2023-01-16]. https://www.motiva.fi/files/12817/Energy_and_Climate_Roadmap_2050.pdf.
- [24] Ministry of Construction and Public Utilities of the Russian Federation. Energy efficiency requirements in buildings of Russian Federation [EB/OL]. (2017-11-17) [2023-01-16]. <https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Requirements.pdf>.
- [25] Environment and Climate Change Canada. Advisory council on climate action [EB/OL]. (2019-05-28) [2023-01-16]. <https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/climate-change/advisory-council-climate-action/acca-final-report.pdf>.
- [26] 全球能源互联网发展合作组织. 为什么构建全球能源互联网? [EB/OL]. (2016-03-29) [2023-01-16]. <https://www.geidco.org.cn/gei/planning/>.
- [27] WEI X, XIAO J, WANG Z. Integration and development of energy and information network in the pan-arctic region [J]. Global energy interconnection, 2019, 2(6): 504-512.
- [28] NORDDRUM A. Arctic fibre project to link Japan and U. K. [EB/OL]. (2014-12-29) [2023-01-16]. <https://spectrum.ieee.org/arctic-fibre-project-to-link-japan-and-uk>.
- [29] MIDDLETON A, RONNING B. Geopolitics of Subsea Cables in the Arctic [EB/OL]. (2022-08-02) [2023-01-16]. <https://www.thearcticinstitute.org/geopolitics-subsea-cables-arctic/>.
- [30] 郝俊慧. “东数西算”启动每年吸引超千亿投资! [N]. IT时报, 2022-02-25(8).
- [31] LIU Y, WEI X, XIAO J. Energy consumption and emission mitigation prediction based on data center traffic and PUE for global data centers [J]. Global energy interconnection, 2020, 3(3): 272-282.
- [32] SITRA. District heating from data center waste heat, Mantsala [EB/OL]. (2019-10-18) [2023-01-16]. <https://www.sitra.fi/en/cases/district-heating-from-data-centre-waste-heat-mantsala/>.
- [33] LACK D A, CORBETT J J. Black carbon from ships: a review of the effects of ship speed, fuel quality and exhaust gas scrubbing [J]. Atmospheric chemistry and physics, 2012, 12(9): 3985-4000.
- [34] SCHRODER C, REIMER N, JOCHMANN P. Environmental impact of exhaust emissions by arctic shipping [J]. Ambio, 2017, 46(S3): 400-409.
- [35] DALSOEN S B, ENDRESEN O, ISAKSEN I S. Environmental impacts of the expected increase in sea transportation, with a particular focus on oil and gas scenarios for Norway and Northwest Russia [J]. Journal of geophysical research: atmospheres, 2007, 112(D2).
- [36] RAUT J C, LAW K S, ONISHI T. Impact of shipping emissions on air pollution and pollutant deposition over the Barents Sea [J]. Environmental pollution, 2022(298): 118832.
- [37] ANISIMOV O. The changing cryosphere: impacts of global warming in the high latitudes [C]// Challenges of a changing earth, 2002: 113-115.
- [38] KUZNETSOV N, MOROZOV I. Energy efficiency of buildings in arctic regions of the Russian Federation [C]. Journal of physics, conference series, 2021, 2096(1): 012056.
- [39] RAVASIO L, RIISE R, SVEEN S E. Green buildings in the arctic region: a literature review [C]. E3S web of conferences, 2020, 172: 16002.
- [40] MASANET E, SHEHABI A, LEI N. Recalibrating global data center energy-use estimates [J]. Science, 2020, 367(6481): 984-986.

(本文责编:辛 城)