SSPs路径下实现全球可持续发展目标的可能性分析

姜彤¹, 景丞^{2,5}, 王艳君¹, 翟建青³, 曹丽格³, 徐新武³, 于德永⁴, 苏布达^{2,3*}

1. 南京信息工程大学灾害风险管理研究院/地理科学学院, 南京 210044;

2. 中国科学院新疆生态与地理研究所荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 乌鲁木齐 830011;

3. 中国气象局国家气候中心, 北京 100081;

4. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875;

5. 中国科学院大学, 北京 100049

* 通讯作者, E-mail: subd@cma.gov.cn

收稿日期: 2019-07-25; 收修改稿日期: 2020-04-01; 接受日期: 2020-06-01; 网络版发表日期: 2020-07-30

国家重点研发计划项目(编号: 2017YFA0603701)和中国气象局气候变化专项项目(编号: CCSF201924)资助

摘要 联合国可持续发展目标(SDGs)是继千年发展目标(MDGs)后各国政府共同努力的新方向, 未来社会经济发展路径将影响SDGs的实现. 文章基于IPCC发布的共享社会经济路径(SSPs), 对比研究可持续路径SSP1与维持当前发展模式的SSP2路径下, 全球人口和经济在2010~2030年的发展趋势和分布格局. 通过选取6种SDGs中与人口经济相关的9项指标, 分析了2030年全球、区域和各国SDGs的实现情况. 结果显示: (1) 未来全球人口增长速度将逐渐放缓, 经济增长速度稳步提高. 2030年SSP1和SSP2路径下全球人口总量分别较2015年增长约10%和14%; 全球GDP总量较2015年增长约82%和73%. (2) 2030年, SSP1路径下全球SDGs各项指标的达成比例均高于SSP2. 特别是教育和性别平等指标实现比例最高(84~86%的国家), 健康、生计和福祉方面指标次之(62~79%的国家), 经济和收入公平方面的指标仅有27~46%的国家能够达成. (3) 不同区域的SDGs实现情况差异巨大. 北美、欧洲、中亚等地区较易实现, 每个指标都有80%以上的国家能够达到; 南美洲、东亚及太平洋地区有80%以上的国家能够实现健康、教育、性别平等方面指标, 但仅有不足40%的国家能够实现贫富差距方面指标; 南亚和非洲地区可持续发展程度较低, 尤其生计、男女平等、收入公平等指标的达成比例远低于全球平均水平.

关键词 联合国可持续发展目标(SDGs), 共享社会经济路径(SSPs), 全球, 人口经济

1 引言

近百年来, 随着工业化进程, 全球社会经济快速发展, 越来越多的国家意识到可持续发展的必要性(Salvia等, 2019). 自1987年联合国世界环境与发展委员会

(WCED)指出“可持续发展是指既满足当代人的需要, 又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”后, 可持续发展思想逐渐成为整个人类社会的共识并被纳入发展目标(WCED, 1987; United Nations, 2013; Griggs等, 2013). 2015年, 联合国可持续发展峰会达成

中文引用格式: 姜彤, 景丞, 王艳君, 翟建青, 曹丽格, 徐新武, 于德永, 苏布达. 2020. SSPs路径下实现全球可持续发展目标的可能性分析. 中国科学: 地球科学, 50(10): 1445–1454, doi: 10.1360/SSTe-2019-0158

英文引用格式: Jiang T, Jing C, Wang Y, Zhai J, Cao L, Xu X, Yu D, Su B. 2020. Possibility of implementing global Sustainable Development Goals under the Shared Socioeconomic Pathways (in Chinese). Scientia Sinica Terrae, 50(10): 1445–1454, doi: 10.1360/SSTe-2019-0158

涵盖17个大项共169个具体目标的可持续发展目标(SDGs)(United Nations, 2015). 作为千年发展目标(MDGs)的继承与发扬, SDGs在社会、经济和环境等三方面引导2015~2030年全球的可持续发展方向, 呼吁各国在促进经济繁荣的同时关注教育、卫生、环境和气候变化等问题(Lu等, 2015; United Nations, 2018; Cernev和Fenner, 2020). 尽管SDGs具有全球性和普遍性, 但各国社会经济水平, 以及资源、发展能力、需求和文化特征的差异, 加剧了全球SDGs的实现难度(Nilsson等, 2016; Messerli等, 2019; Fu等, 2020). 未来全球能够实现多少SDGs, 各国之间有哪些差异, 是当前人们普遍关注的问题.

情景是描述未来世界的重要工具, 在气候变化、政策影响、能源可持续等全球性问题评估中起着关键作用(Grübler等, 2007; Jones等, 2014). 工业革命以来, 随着全球变暖趋势不断加剧, 气候变化对全球环境和人类生计产生了重要的影响(Hansen等, 2010; IPCC, 2013; Trenberth等, 2015). 气候情景作为气候变化影响、适应和脆弱性评估的重要手段, 广泛应用于全球经济、贸易、迁移、地缘政治的评估研究(van Vuuren等, 2012). 不同的气候政策选取将直接决定未来人口和经济的发展方向, 并在一定程度上改变人类的行为与生活方式(Rosenzweig等, 2014; Jones和O'Neill, 2016).

政府间气候变化专门委员会(IPCC)提出的共享社会经济路径(SSPs), 2010年以来在全球各国的人口和经济预测以及大尺度气候变化影响评估与风险预估中得到广泛应用, 并作为气候模式比较计划第六阶段(CMIP6)新情景的重要构成, 支撑第六次评估报告(AR6)(曹丽格等, 2012; Krieglert等, 2014; O'Neill等, 2016). SSPs包含了对未来人口、经济、技术发展、生活方式、政策和其他社会因素的具体描述, 从适应和减缓角度给出5种未来世界应对气候变化挑战的不同可能(张杰等, 2013; O'Neill等, 2017). 其中, SSP1(Sustainability)即为可持续路径, 描述未来世界呈现开放、平等、经济全球化的发展态势, 是一条与SDGs相适应的发展路径. SSPs的其他四种路径: SSP2(middle of the road, 中间路径)描述未来世界维持当前的发展规律, 世界各国在技术进步、能源消耗等方面取得一些进展, 各国之间收入水平缓慢趋近的路径; SSP3(regional rivalry, 区域竞争路径)路径下, 世界各国区域分

化明显且缺乏协调, 对化石燃料依赖严重, 大部分国家努力维持日益增长的居民生活水平, 去全球化趋势显著; SSP4(inequality, 不均衡路径)描述国内和国际间高度不平等的世界, 发展集中于少数社会经济水平较高的国家和地区, 对化石燃料的使用有一定的限制; SSP5(fossil-fueled development, 化石燃料为主发展路径)路径下, 经济发展迅速, 极端贫困基本消除, 教育大范围普及, 但排放大量的温室气体(O'Neill等, 2014). 本文主要选取SSP1路径开展可持续发展研究, 并将其与维持当前发展的SSP2路径进行比较, 分析未来全球SDGs的实现情况.

SDGs提出以来, 不同领域的学者从多个角度开展了指标体系的发展与优化(Lu, 2016; Allen等, 2016; Giné-Garriga等, 2017; Wood等, 2018). 研究显示, 当前北欧国家已实现了较多的可持续目标, 而收入的不平等、医疗和教育水平的差异仍然是当前各国可持续发展所面临的最大挑战(Sachs等, 2019). 已有研究多注重对全球可持续发展现状的评估, 缺乏未来不同发展情景下的SDGs定量化预估研究. SSP1路径的描述虽然符合SDGs的思路, 但仍有部分设定与预期目标存在差距(Riahi等, 2017; Zimm等, 2018). 因此, 本文希望探究未来走可持续的道路和维持当前发展态势时, 全球社会经济格局的差异, 深入分析不同路径下各国SDGs指标达成程度. 近几年, 作者及研究团队致力于区域社会经济预估研究, 通过提高SSPs路径下全球人口和经济预估结果的时空分辨率, 为区域尺度的SDGs指标评估提供了支撑(姜彤等, 2017, 2018a, 2018b; 王艳君等, 2017; 景丞等, 2019; Huang等, 2019; Jing等, 2020). 基于SSPs路径下的格点化社会经济数据, 本文关注健康、教育、贫困、性别平等、收入公平等6个SDGs的9项具体指标, 对比分析SSP1和SSP2两种路径下, SDGs实施期间(2015~2030年)全球人口和经济发展趋势. 通过探究不同发展路径下未来全球、区域和各国SDGs的实现状况, 为全球变暖背景下的区域气候变化影响研究提供数据和理论支持.

2 数据与方法

2.1 研究数据

2.1.1 历史时期人口与经济数据

本文对未来人口和GDP预估数据的格点化处理,

基于历史时期的人口经济分布,采用美国宇航局社会经济数据和应用中心(SEDAC)发布的历史时期人口和经济格点化数据集.其中人口数据由全球232个国家和地区2000~2010年人口普查数据制作而成,空间分辨率为 0.125° (Doxsey-Whitfield等, 2015).经济数据包括以市场汇率(MER)和购买力平价(PPP)两种折算方法下1990~2005年全球经济格点化结果,空间分辨率为 1° (Nordhaus, 2006; Nordhaus和Chen, 2016).

中国人口和经济数据使用项目组于2016年基于统计年鉴中县域人口和GDP数据格点化处理后的经济数据集,空间分辨率为 0.5° ,该格点数据集近年来被应用于中国范围内的灾害暴露度研究(景丞等, 2016; Zhan等, 2018).

2.1.2 SSPs路径下的预估数据

全球人口和GDP预估数据分别来自国际应用系统分析研究所(IIASA)(Kc和Lutz, 2017)和经济合作与发展组织(OECD)(Dellink等, 2017).人口数据包括全球182个国家和地区SSP1~5路径下分年龄、性别、教育水平(无教育、小学、中学和大学)的数据,时间尺度为2010~2100年,间隔为5年;经济数据包括177个国家和地区的GDP,以2005年各国与美元PPP系数为基准折算为美元,时间尺度为2010~2100年,间隔为10年.其中,关于中国的人口和GDP预估采用的基础资料与中国政府发布的数据有一定偏差,且未考虑中国人口政策的调整.

本文使用项目组根据人口政策调整而更新制作的中国人口和经济预估数据集(<https://geography.nuist.edu.cn/2019/1113/c1954a147560/page.htm>).该数据集依据历次人口普查数据和逐年统计年鉴,开展人口和经济预估模型的参数本地化,形成2010~2100年逐年的分年龄、性别、教育水平(无教育、小学、中学和大学)的人口数据和分三产的GDP数据(姜彤等, 2017, 2018a).为了保持数据一致,文章将中国和全球经济预测结果统一以PPP折算至2010年美元价格.折算所采用到的2005年和2010年各国与美元的PPP折算值、2005~2010年的CPI指数来自世界银行数据库(<https://data.worldbank.org/>).

文章在研究人口和经济相关的SDGs时采用了基尼系数和贫困人口两项指标.其中,SSPs路径下各国基尼系数的预估结果来自Rao等(2019)对全球收入的预

估;贫困人口的预估基于全球人口、GDP和基尼系数的预估结果,以世界银行发布的1.9美元/天的贫困指标作为阈值进行计算(来自IIASA数据库网站<https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>).

2.2 研究方法

2.2.1 SDGs指标选取

SDGs提出了17个总目标和169个子目标,并针对部分目标制定了量化指标.其中,与人口和经济发展密切相关的包括总目标的SDG1、SDG3、SDG4、SDG5、SDG8和SDG10,分别反映未来贫困、健康、教育、平等、经济发展和收入公平等6个不同方面.选取9项代表性的具体指标(表1),并设定相应定量指标.

指标1对应SDG1,关注贫困问题.选取世界银行对绝对贫困的设定,按1.9美元/人/天计算贫困人口.根据目标1.1描述在全世界所有人口中消除极端贫穷,设定指标为贫困人口占总人口比重 $\leq 1\%$.

指标2~4对应SDG3,关注健康与人类福祉,对应人口预估中死亡率等相关结果.当前全球平均预期寿命约为70岁,大部分发展中国家也正为达到这一水平而努力,并设定2030年预期寿命达到70岁作为目标3的量化指标;对于目标3.2,根据描述中将新生儿死亡率至少降低到每1000个活产12个婴儿,5岁以下儿童死亡率至少降低到每1000个活产25个儿童,设定新生儿和5岁以下儿童存活率分别达到98.8%和97.5%作为定量指标.

指标5~6对应SDG4,关注教育,对应人口预估中分年龄段的教育水平相关结果.根据目标4.1的描述中确保所有儿童完成中小学教育,将10~14岁年龄段教育水平在小学及以上的比例即儿童小学入学率达到100%作为指标;目标4.6描述所有青年(15~44岁)和大部分男女成人能识字和识数,对应人口数据中的无教育人口比重即文盲率,设定无教育人口占总人口比重 $\leq 20\%$ 为指标.

指标7对应SDG4和SDG5,关注性别平等.根据目标4.3中对于男女受教育水平平等的描述,对应人口预估中分性别的教育水平相关结果.根据不同性别各年龄段的人口和受教育水平计算男性和女性平均受教育年限,设定2030年男女受教育年限差异在1年以内为指标.

表 1 与人口经济发展相关的SDGs定量指标

指标序号	对应SDGs	目标描述	指标选取	定量指标
1	1/1.1	到2030年, 在全世界所有人口中消除极端贫穷	贫穷人口占总人口比重	≤1%
2	3	确保健康的生活方式, 促进各年龄段人群的福祉	预期寿命	≥70岁
3	3/3.2	到2030年, 消除新生儿和5岁以下儿童可预防的死亡率, 所有国家都设法将新生儿死亡率至少降低到每1000个活产12个婴儿, 5岁以下儿童死亡率至少降低到每1000个活产25个儿童	新生儿存活率	≥98.8%
4			5岁以下儿童存活率	≥97.5%
5	4/4.1	到2030年, 确保所有男女童完成免费、公平和优质的中小学教育, 并取得相关和有效的学习成果	儿童小学入学率	100%
6	4/4.6	到2030年, 所有青年和大部分男女成人都能识字和识数	文盲率	≤20%
7	5; 4/4.3	实现性别平等, 增强所有妇女和女童的权能; 到2030年, 所有男女都能平等获得费用低廉的优质技术、职业和高等教育, 包括大学教育	男女受教育年限差异	≤1年
8	10/10.1	到2030年, 逐步使最底层40%人口的收入增长率达到并维持在高于全国平均数的水平	基尼系数	≤0.4
9	8/8.1	根据本国具体情况维持人均经济增长率, 将最不发达国家国内生产总值年增长率维持在7%	人均GDP年增长率 (LDC)	≥7%

指标8对应SDG10, 关注收入公平. 基尼系数是反映国家或地区收入差距最常用的指标之一, 当前联合国通常将0.4作为临界值评估收入公平情况. 本文采用基尼系数≤0.4作为指标.

指标9对应SDG8, 关注经济增长和就业, 认为最不发达国家国内生产总值年增长率到2030年应维持在7%. 该目标只针对当前联合国认定的47个最不发达国家(LDC), 设定其人均GDP年增长速度达到≥7%为指标.

2.2.2 数据的格点化处理

考虑到各种数据集分辨率的差异, 统一将人口和GDP数据制作成分辨率为0.5°的格点数据. 人口格点数据通过对4个0.125°格点人口数求和, 进行升尺度处理; GDP数据采用反距离权重插值法(IDW)对原1°分辨率的数据进行降尺度, 插值至分辨率为0.5°的格点数据. 同时, 将全球数据中的中国资料进行替换, 采用根据人口政策调整而制作的中国人口和经济数据集, 更新原数据集中的中国部分的人口和GDP的格点分布, 提高数据的准确性.

采用趋势外推法(trend extrapolation methods)将当前社会经济分布格局扩展至未来(Smith等, 2002; Yamagata等, 2015). 该方法简单高效, 对于数据量的要求较低, 在大尺度社会经济预测中得到广泛应用(Hacha-

doorian等, 2011).

首先, 基于y1(2000年)、y2(2005年)两期历史格点数据计算格点变化因子 f_{gird_y2} :

$$f_{gird_y2} = \left(\frac{P_{gird_y2} - P_{gird_y1}}{P_{national_y2} - P_{national_y1}} \right), \quad (1)$$

其中, P_{gird_y1} 和 P_{gird_y2} 为2000年和2005年两期格点人口(或经济); $P_{national_y1}$ 和 $P_{national_y2}$ 为2000年和2005年两期格点所在国家的总人口(或经济). 则, 结合未来第a年国别尺度的人口(或经济)预测值 $P_{national_a}$, 推导格点人口(或经济) P_{gird_a} 为

$$P_{gird_a} = P_{gird_y2} + f_{gird_y2} \cdot (P_{national_a} - P_{national_y2}). \quad (2)$$

3 研究结果

3.1 SSP1和SSP2路径下人口与经济的时空变化

2010~2030年全球人口与经济变化特征如图1所示. SSP1和SSP2分别反映了可持续和维持当前发展模式两种路径下全球人口与经济的发展状况. 根据普查和统计数据, 2010~2015年, 全球人口增长约3.6亿. 未来无论选择SSP1还是维持SSP2路径, 全球人口都将持续增长, 但增长速度均会逐渐放缓. 其中, 在SSP2路径下, 2015~2030年间的人口每5年分别增长3.7、3.4和3.1亿, 到2030年全球人口将达到约83亿人, 较2015年

图1 SSP1和SSP2路径下2010~2030年全球人口和GDP变化

增长14%。在SSP1路径下,由于生活水平的提高和生育观念的转变,人们普遍追求更高质量的生活,生育率和死亡率都将保持较低的水平,是所有未来发展模式中人口最少的路径。SSP1路径下未来人口缓慢增长并趋于稳定,2015~2030年间的人口每5年分别增长2.7、2.6和2.2亿人,到2030年人口将较2015年增长10%,与SSP2相比少2.7亿。

未来全球经济则保持快速的增长趋势。SSP2路径下,2015~2030年间GDP每5年增长约22%(21万亿美元)、21%(22万亿美元)和18%(25万亿美元),2030年可达到166万亿美元,为2015年的1.7倍和2010年的2.1倍,之后也将保持持续增长。若选择SSP1路径,由于技术水平的提高和资本的投入,未来经济发展将更为迅速,SSP1路径下2015~2030年,每5年GDP增长约为23%(22万亿美元)、23%(27万亿美元)和21%(30万亿美元),到2030年全球GDP总量达到2015年的1.8倍以上,较SSP2路径高9万亿美元,此后这一差距也将进一步扩大。

SDGs达成时(2030年),SSP2路径下全球人口和经济密度的分布以及SSP1与之相比的差异如图2所示。SSP2路径下,2030年全球人口密度平均约54人/km²(图2a)。人口密集区域集中于东亚、南亚、东南亚、西欧、非洲中部等地区,尤其是东亚和南亚,有大面积区域人口密度超过500人/km²。全球有5个国家人口密度大于1000人/km²,4个位于亚洲,其中人口密度最大的国家为新加坡,可达8600人/km²。而北美洲、澳洲、东欧和中亚,非洲撒哈拉地区人口分布较少。全球56%区域每平方公里不足1人,主要位于50°N以北和10°S以南的地区,8%的区域人口密度大于100人/km²,这些区域汇集全球90%以上的人口。其中,人口密度大于1000人/km²的区域约占全球面积的0.7%,聚集全球三

分之一以上的人口。

选择SSP1路径,科技水平和医疗技术快速发展,全球各国居民生活水平都将显著提高,死亡率有所降低。在发达国家,SSP1和SSP2路径基本相同,生育率水平处于相对较低的水平。SSP1路径下,北美、欧洲、澳洲部分地区人口将略高于SSP2路径;在其他区域,SSP1路径下生育率低于SSP2,使得大部分区域人口较SSP2低0~10%(图2b)。

2030年,SSP2路径下全球经济分布如图2c所示。全球平均每平方公里GDP约112万美元,经济密度较高的区域与人口密集区几乎重合,位于南亚、东亚和西欧和北美。地均GDP最高的国家依然是新加坡,平均每平方公里可产出6.8亿美元,经济密度最高的前5名国家,同样有4个位于亚洲,大部分位于中东。全球一半以上(52%)的区域单位面积GDP小于1万美元/km²,汇集全球0.06%的GDP;8%的区域单位面积GDP超过200万美元/km²,能够达到全球87%的GDP,而不足0.3%的区域单位面积GDP超过5000万美元/km²,达到全球GDP总量的四分之一以上(27%)。

SSP1路径下全球各国追求平等、协调的发展,贫富差距相对较小,发达国家经济增长缓慢,发展中和不发达国家快速增长(图2d)。与维持当前发展趋势的SSP2路径相比,SSP1路径下发达国家的经济水平没有显著差异,但发展中和不发达国家经济水平则显著高于SSP2,其中发展中国家的GDP普遍较SSP2高0~10%,而位于非洲和东南亚的部分发展水平较低的国家则较SSP2高10%以上。

3.2 SSP1和SSP2路径下各国SDGs实现情况

在所选取的9项SDGs指标中,除了第9项指标外其他8项适用于全球所有国家。2030年,SSP2和SSP1路径下全球各国实现SDGs情况如图3所示。SSP2路径下,全球各国平均可以达成4.7项指标,有8.4%的国家可以实现选取的所有8项可持续发展指标。其中,位于北美、欧洲、东亚以及澳洲的大部分国家未来人口和经济都保持较为可持续的发展态势,能够实现较多的可持续发展指标,普遍为6~8项;南美洲、北非、东南亚等地区当前处于较快的发展阶段,维持这一态势未来也能达成大部分SDGs,但略低于发达国家,一般能实现3~5项指标;而位于撒哈拉以南非洲、南亚等地区的国家,社会经济发展缓慢,资源能源匮乏,部分地区人

图2 2030年SSP2路径下全球人口(a)、GDP(c)分布以及SSP1路径与其的差异(b), (d)

图3 2030年SSP1(a)和SSP2(b)路径下全球各国实现可持续发展指标数

口问题严重, 种族矛盾激烈, 导致普遍仅能实现0~2项指标。

与SSP2相比, 选择可持续发展的SSP1路径, 全球SDGs完成情况有明显改善, 各国平均可以实现5.8项指标。SSP1路径下, 在相对发达的地区社会经济发展更加均衡, 全球有近三分之一的国家(32.4%)能够实现选取的所有8项可持续发展指标。非洲、南亚等地可持续水平低的情况明显好转, 多数地区至少能够实现1项指标, 仅有利比里亚、贝宁、索马里、冈比亚四个非洲国家所有的SDGs都无法实现。

对于所有的可持续发展指标, SSP1路径下全球各国实现的比例都将高于SSP2(图4)。SSP2路径下, 各国对全民教育和性别平等方面的指标达成比例最高, 有83%的国家文盲率低于20%, 79%的国家男女受教育年限差异在1年以内; 健康、生计和福祉方面SDGs也相对容易实现, 未来全球大部分(56~71%)的国家能够达成; 基尼系数主要反映收入公平, 全球仅有约37%的国家能够低于阈值线0.4, 说明维持当前的发展模式, 未来大部分国家还有着较大的贫富差距; 小学入学率这一指标也属于教育方面, 虽然大部分国家未来的教

图4 2030年SSP1和SSP2路径下不同可持续发展指标的达成比例

育水平都将有一定的提升, 但要实现儿童都能完成中小学教育, 需要大量的教育投入, 2030年仅有25%国家能够达到。对于人均GDP增长率高于7%的指标, 只考虑最不发达国家, 仅有1个国家能够达到这一水平。

SSP1作为可持续发展路径, 对于大部分可持续发展指标, 都较SSP2路径的实现比例高出5~10%, 特别是小学入学率和人均GDP增长率这两项指标有显著的提高。可持续路径最为典型的特点就是注重教育和技术的发展, 全球各国都在教育上有大量投入, 所有与教育相关的指标都将快速实现, 86%的国家能实现小学入学率100%。同时, SSP1路径重视高新技术和新能源的开发, 经济水平也将快速提高; 所有不发达国家中, 有27%的国家人均GDP的年增长率能够达到7%以上。

3.3 SSP1路径下不同区域和国家实现SDGs的比较

SSP1路径下, 全球不同区域由于社会经济状况相异, 对于不同可持续发展指标的达成情况也有差异(图5)。指标9只针对最不发达国家, 在这一部分只讨论前8项指标。参考世界银行的分类标准, 对全球不同区域的SDGs实现情况进行分析发现, 北美和西欧(NAW)作为当前全球最发达的地区, 大部分国家已经在可持续道路上, 未来所有的可持续发展指标都能轻松实现, 所有8项指标达成比例均在90%以上; 东欧和中亚(EEU)大多为苏联解体后形成的国家, 过去的30年内发展迅速, 也能较好的实现SDGs, 选取的所有指标达成比例高于80%; 中东和北非(MEA)国家大多依靠丰富的石油资源, 在收入、生计方面的指标达成率较高, 超过

图5 2030年SSP1路径下全球不同区域可持续发展指标达成比例

90%, 而由于宗教、政策等原因, 性别平等和收入公平方面则相对难以实现发展目标, 指标7和指标8分别有71%和67%的国家实现; 拉丁美洲及加勒比地区(LAC)和东亚及太平洋地区(EAS)情况相似, 有大量的发展中国家, 未来对于大部分指标有80%以上的国家能够实现, 但仍有一定的贫困发生, 指标1达成率约60%, 同时贫富差距巨大, 分别仅有14%和37%的国家能够实现指标8; 南亚(SAS)和撒哈拉以南非洲(AFR)地区可持续发展形势最为严峻, SAS地区由于人口、宗教等问题影响, 生计和男女平等方面的指标3和指标7达成比例较低, 其他指标有50%以上的国家能够实现, AFR地区经济落后, 医疗卫生水平低, 在经济、生计、收入

公平方面指标达成率远低于其他地区, 实现可持续发展还有很大的差距。

4 结论与讨论

可持续发展是当前各国共同努力的方向。自2015年联合国SDGs发布以来, 全球社会经济发展模式迎来了新的变革与挑战。本文基于IPCC共享社会经济路径(SSPs), 分析维持当前发展模式的路径SSP2和可持续路径SSP1下2015~2030年全球人口和GDP的变化以及2030年与人口经济相关的SDGs实现情况, 研究结果显示如下。

(1) 2015~2030年, 可持续和维持当前发展路径下全球人口和GDP都将显著增长。SSP1路径下人口增长速度相对较慢, 但经济发展迅速, 符合当前人们对可持续发展的预期, 也与大部分可持续路径下的社会经济预估结果相似(Leimbach等, 2017; United Nations, 2019)。低速增长的人口虽然可能带来劳动力的短缺和老龄化问题, 但科技和教育水平的提升提高了生产效率, 带来更快的发展速度和更低的能源与资源消耗(王艳君等, 2017; 景丞等, 2019)。同时, 理性的生育观念和全球化趋势, 对国家间人口的互补和资源利用有促进作用(Kc和Lutz, 2017)。空间上, 走可持续道路, 发展中国家人口将略低于SSP2路径, GDP普遍较SSP2路径高0~10%; 发达国家人口在SSP1路径下略高于SSP2, GDP在两路径下则基本相同。SSP1路径下不同国家间发展趋于公平与协调, 贫富差距逐渐减少, 与SDGs的设计理念有较好的吻合(United Nations, 2015; Sachs等, 2019)。

(2) 到2030年, 本文选取的8项可持续发展指标中, SSP1和SSP2路径下全球平均分别能够达成5.8和4.7项, SSP1路径下, 各项指标达成率均高于SSP2, 有近三分之一的国家能够达成所有选取的指标。结果反映出走可持续的道路有助于实现可持续目标, 但仍然离实现所有目标有一定差距(Riahi等, 2017; Zimm等, 2018)。同时, 不同的指标达成的程度差异很大。教育和性别平等方面指标达成比例最高, SSP1路径下约84~86%的国家都能够达成; 健康、生计和福祉方面指标次之约为62~79%; 在经济和收入公平方面的指标则最难以达成, 仅有27~46%的国家达成。收入公平在当前就是发达国家和发展中国家所共同面临的最重要的

可持续发展问题(Sachs等, 2019)。在SSP1路径的参数假设中, 主要重视科技和教育水平的提高, 但缺乏在收入公平方面的预估设定(Jing等, 2020; 姜彤等, 2018a; Huang等, 2019)。虽然SSP1路径较SSP2路径贫富差距更小, 但未来的收入公平方面的问题仍是可持续发展过程中亟待解决的关键问题。

(3) 未来全球不同区域SDGs的实现程度基本与当前的发展格局相同(United Nations, 2018; Messerli等, 2019)。北美和欧洲等地区作为当前全球最发达的区域, 较易达成可持续发展指标, 几乎所有的国家都能够达成所有8项指标, 仅个别东欧国家在收入平等方面未达成指标; 中东、拉丁美洲、东亚及太平洋地区有大量的发展中国家, 未来有着很大的发展潜力, 在教育、医疗等方面指标都能够达到发达国家水平, 80%以上国家都能够达成指标, 但是由于人口密度大, 发展不均衡, 未来仍会存在一定的贫困人口, 经济、收入公平方面指标较难达成; 南亚和非洲可持续发展形势严峻, 南亚由于社会和居民生活习惯原因, 主要面临生计和男女平等方面问题, 非洲则在经济、生计、收入公平方面的指标达成率远低于其他地区。

在全球变暖持续、气候变化的不利影响日益加重的当今世界, 可持续发展是大势所趋。无论是20年前的千年发展目标, 还是当前的可持续发展目标和《巴黎协定》, 都表现出当前世界对于改善地球环境、谋求人类福祉、促进共同繁荣等方面的不懈努力。本文结果显示, 可持续路径更有利于长期的、技术导向型的发展, 有效减少国家之间和国家内部的收入不均, 也是当前大多数国家产业转型的方向。未来全球各国在可持续发展道路上将面临不同的问题, 部分国家当前已经处于或者即将处于可持续发展阶段, 但大多数国家仍需要合理的资源环境布局和政策才能实现SDGs的长远目标。同时, 不同国家由于宗教、政策、资源、地理位置等原因, 有着各自可以轻易实现或难以实现的发展目标, 未来的发展道路上更需要结合本国国情, 合理规划, 走适合自身发展的道路, 才能经济有效地实现可持续发展。

参考文献

- 曹丽格, 方玉, 姜彤, 罗勇. 2012. IPCC影响评估中的社会经济新情景(SSPs)进展. 气候变化研究进展, 8: 74-78
- 姜彤, 赵晶, 景丞, 曹丽格, 王艳君, 孙赫敏, 王安乾, 黄金龙, 苏布达,

- 王润. 2017. IPCC共享社会经济路径下中国和分省人口变化预估. *气候变化研究进展*, 13: 128–137
- 姜彤, 赵晶, 曹丽格, 王艳君, 苏布达, 景丞, 王润, 高超. 2018a. 共享社会经济路径下中国及分省经济变化预测. *气候变化研究进展*, 14: 50–58
- 姜彤, 王艳君, 袁佳双, 陈迎, 高翔, 景丞, 王国复, 吴先华, 赵成义. 2018b. “一带一路”沿线国家2020~2060年人口经济发展情景预测. *气候变化研究进展*, 14: 155–164
- 景丞, 姜彤, 王艳君, 陈静, 蹇东南, 罗岚心, 苏布达. 2016. 中国区域性极端降水事件及人口经济暴露度研究. *气象学报*, 74: 572–582
- 景丞, 苏布达, 巢清尘, 翟建青, 王艳君, 陶辉, 姜彤. 2019. 基于共享社会经济路径的“一带一路”沿线国家城市化水平与经济预测研究. *中国人口·资源与环境*, 29: 21–31
- 王艳君, 景丞, 曹丽格, 姜彤, 孙赫敏, 黄金龙, 翟建青, 陶辉, 高超, 苏布达. 2017. 全球升温控制在1.5℃和2.0℃时中国分省人口格局. *气候变化研究进展*, 13: 327–336
- 张杰, 曹丽格, 李修仓, 占明锦, 姜彤. 2013. IPCC AR5中社会经济新情景(SSPs)研究的最新进展. *气候变化研究进展*, 9: 225–228
- Allen C, Metternicht G, Wiedmann T. 2016. National pathways to the sustainable development goals (SDGs): A comparative review of scenario modelling tools. *Environ Sci Policy*, 66: 199–207
- Cernev T, Fenner R. 2020. The importance of achieving foundational sustainable development goals in reducing global risk. *Futures*, 115: 102492
- Dellink R, Chateau J, Lanzi E, Magné B. 2017. Long-term economic growth projections in the shared socioeconomic pathways. *Glob Environ Change*, 42: 200–214
- Doxsey-Whitfield E, MacManus K, Adamo S B, Pistolesi L, Squires J, Borkovska O, Baptista S R. 2015. Taking advantage of the improved availability of census data: A first look at the gridded population of the world, version 4. *Pap Appl Geogr*, 1: 226–234
- Fu B, Zhang J, Wang S, Zhao W. 2020. Classification-coordination-collaboration: A systems approach for advancing sustainable development goals. *Natl Sci Rev*, 7: 838–840
- Giné-Garriga R, Flores-Baquero Ó, Jiménez-Fdez de Palencia A, Pérez-Foguet A. 2017. Monitoring sanitation and hygiene in the 2030 Agenda for Sustainable Development: A review through the lens of human rights. *Sci Total Environ*, 580: 1108–1119
- Griggs D, Stafford-Smith M, Gaffney O, Rockström J, Ohman M C, Shyamsundar P, Steffen W, Glaser G, Kanie N, Noble I. 2013. Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 495: 305–307
- Grübler A, O'Neill B, Riahi K, Chirkov V, Goujon A, Kolp P, Prommer I, Scherbov S, Slentoe E. 2007. Regional, national, and spatially explicit scenarios of demographic and economic change based on SRES. *Tech Forecast Soc Change*, 74: 980–1029
- Hachadoorian L, Gaffin S R, Engelman R. 2011. Projecting a gridded population of the world using ratio methods of trend extrapolation. *Ecol Stud*, 214: 13–25
- Hansen J, Ruedy R, Sato M, Lo K. 2010. Global surface temperature change. *Rev Geophys*, 48: RG4004
- Huang J, Qin D, Jiang T, Wang Y, Feng Z, Zhai J, Cao L, Chao Q, Xu X, Wang G, Su B. 2019. Effect of fertility policy changes on the population structure and economy of China: From the perspective of the shared socioeconomic pathways. *Earth's Future*, 7: 250–265
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press
- Jing C, Tao H, Jiang T, Wang Y, Zhai J, Cao L, Su B. 2020. Population, urbanization and economic scenarios over the Belt and Road region under the shared socioeconomic pathways. *J Geogr Sci*, 30: 68–84
- Jones B, O'Neill B C. 2016. Spatially explicit global population scenarios consistent with the Shared Socioeconomic Pathways. *Environ Res Lett*, 11: 084003
- Jones R N, Patwardan A, Cohen S J, Dessai S. 2014. *Foundations for Decision Making*. Cambridge and New York: Cambridge University Press
- Kc S, Lutz W. 2017. The human core of the shared socioeconomic pathways: Population scenarios by age, sex and level of education for all countries to 2100. *Glob Environ Change*, 42: 181–192
- Kriegler E, Edmonds J, Hallegatte S, Ebi K L, Kram T, Riahi K, Winkler H, van Vuuren D P. 2014. A new scenario framework for climate change research: The concept of shared climate policy assumptions. *Clim Change*, 122: 401–414
- Leimbach M, Kriegler E, Roming N, Schwanitz J. 2017. Future growth patterns of world regions—A GDP scenario approach. *Glob Environ Change*, 42: 215–225
- Lu Y. 2016. Rate oceans' capital to help achieve SDGs. *Nature*, 537: 34
- Lu Y, Nakicenovic N, Visbeck M, Stevance A S. 2015. Policy: Five priorities for the UN sustainable development goals. *Nature*, 520: 432–433
- Messerli P, Murniningtyas E, Eloundou-Enyegue P, Foli G, Furman E, Glassman A, Hernández Licona G, Kim E M, Lutz W, Moatti J, Richardson K, Saidam M, Smith D, Kazimieras Staniškis J, van Ypersele J. 2019. *Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now—Science for Achieving Sustainable Development*. New York: United Nations
- Nilsson M, Griggs D, Visbeck M. 2016. Policy: Map the interactions between sustainable development goals. *Nature*, 534: 320–322
- Nordhaus W D. 2006. Geography and macroeconomics: New data and new findings. *Proc Natl Acad Sci USA*, 103: 3510–3517
- Nordhaus W D, Chen X. 2016. *Global gridded geographically based economic data (G-Econ)*, version 4. Palisades, NY: NASA Socio-

- economic Data and Applications Center (SEDAC), doi: 10.7927/H42V2D1C
- O'Neill B C, Kriegler E, Riahi K, Ebi K L, Hallegatte S, Carter T R, Mathur R, van Vuuren D P. 2014. A new scenario framework for climate change research: The concept of shared socioeconomic pathways. *Clim Change*, 122: 387–400
- O'Neill B C, Tebaldi C, van Vuuren D P, Eyring V, Friedlingstein P, Hurtt G, Knutti R, Kriegler E, Lamarque J F, Lowe J, Meehl G A, Moss R, Riahi K, Sanderson B M. 2016. The scenario model intercomparison project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geosci Model Dev*, 9: 3461–3482
- O'Neill B C, Kriegler E, Ebi K L, Kemp-Benedict E, Riahi K, Rothman D S, van Ruijven B J, van Vuuren D P, Birkmann J, Kok K, Levy M, Solecki W. 2017. The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Glob Environ Change*, 42: 169–180
- Rao N D, Sauer P, Gidden M, Riahi K. 2019. Income inequality projections for the Shared Socioeconomic Pathways (SSPs). *Futures*, 105: 27–39
- Rosenzweig C, Elliott J, Deryng D, Ruane A C, Müller C, Arneth A, Boote K J, Folberth C, Glotter M, Khabarov N, Neumann K, Piontek F, Pugh T A M, Schmid E, Stehfest E, Yang H, Jones J W. 2014. Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proc Natl Acad Sci USA*, 111: 3268–3273
- Riahi K, van Vuuren D P, Kriegler E, Edmonds J, O'Neill B C, Fujimori S, Bauer N, Calvin K, Dellink R, Fricko O, Lutz W, Popp A, Cuaresma J C, Kc S, Leimbach M, Jiang L, Kram T, Rao S, Emmerling J, Ebi K, Hasegawa T, Havlik P, Humpenöder F, Da Silva L A, Smith S, Stehfest E, Bosetti V, Eom J, Gernaat D, Masui T, Rogelj J, Strefler J, Drouet L, Krey V, Luderer G, Harmsen M, Takahashi K, Baumstark L, Doelman J C, Kainuma M, Klimont Z, Marangoni G, Lotze-Campen H, Obersteiner M, Tabeau A, Tavoni M. 2017. The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Glob Environ Change*, 42: 153–168
- Sachs J, Schmidt-Traub G, Kroll C, Lafortune G, Fuller G. 2019. Sustainable Development Report 2019. New York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN)
- Salvia A L, Leal Filho W, Brandli L L, Griebeler J S. 2019. Assessing research trends related to Sustainable Development Goals: Local and global issues. *J Clean Prod*, 208: 841–849
- Smith S K, Tayman J, Swanson D A. 2002. State and Local Population Projections: Methodology and Analysis. Dordrecht: Springer
- Trenberth K E, Fasullo J T, Shepherd T G. 2015. Attribution of climate extreme events. *Nat Clim Change*, 5: 725–730
- United Nations. 2013. The Millennium Development Goals Report 2013. New York: United Nations
- United Nations. 2015. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: United Nations
- United Nations. 2018. The Sustainable Development Goals Report 2018. New York: United Nations
- United Nations. 2019. World Population Prospects 2019. New York: United Nations
- van Vuuren D P, Kok M T J, Girod B, Lucas P L, de Vries B. 2012. Scenarios in Global Environmental Assessments: Key characteristics and lessons for future use. *Glob Environ Change*, 22: 884–895
- WCED. 1987. Our Common Future: A Report from The United Nations World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press
- Wood S L R, Jones S K, Johnson J A, Brauman K A, Chaplin-Kramer R, Fremier A, Girvetz E, Gordon L J, Kappel C V, Mandle L, Mulligan M, O'Farrell P, Smith W K, Willemen L, Zhang W, DeClerck F A. 2018. Distilling the role of ecosystem services in the Sustainable Development Goals. *Ecosyst Services*, 29: 70–82
- Yamagata Y, Murakami D, Seya H. 2015. A comparison of grid-level residential electricity demand scenarios in Japan for 2050. *Appl Energy*, 158: 255–262
- Zimm C, Sperling F, Busch S. 2018. Identifying sustainability and knowledge gaps in socio-economic pathways vis-à-vis the Sustainable Development Goals. *Economies*, 6: 20
- Zhan M, Li X, Sun H, Zhai J, Jiang T, Wang Y. 2018. Changes in extreme maximum temperature events and population exposure in China under global warming scenarios of 1.5 and 2.0°C: Analysis using the regional climate model COSMO-CLM. *J Meteorol Res*, 32: 99–112

(责任编辑: 陈发虎)