

特大城市的环境治理： 技术张力与边界刚性

潘家华

摘要 城市规模的扩张受到空间、土地、水资源、能源等环境要素的刚性制约，技术的突破能不断舒缓环境容量对城市规模的约束。因此，特大城市的环境治理是技术张力和边界约束的均衡。技术张力的内在制约表明，虽然科学理性的技术选择有助于舒缓特大城市的环境压力、提升环境容量，但由于自然、经济和社会刚性的约束，单纯的工程技术途径难以无限破解边界约束等原因，特大城市环境的有效治理，需要通过制度手段来明确城市发展的功能定位、均衡配置公共资源，以消除特大城市无序扩张的源泉，实现人与自然的和谐。

关键词 特大城市 环境治理 技术选择 边界刚性

[中图分类号] F062.2 [文献标识码] A [文章编号] 2095-851X (2015) 03-0003-11

一、引言

对于环境治理有两种理解。一种是体制机制层面的多元参与共同治理环境问题的制度构架；另一种则主要指技术层面对某一事项或问题的控制和管理方式，强调环境问题管控的优化和可持续选择。本文探讨的环境治理问题属于后一种。从环境治理的视角，特大城市有相对和绝对之分。所谓相对，是指相对于环境承载能力。如果城市规模已经达到甚至超过了所在地区的环境支撑水平，那么这一城市无论规模大小，相对于环境容量，已经是过大，或者是太大，不可持续。但从城市管理的视角，特大城市无疑指的是城市人口规模达到一定数量，这是一个绝对量的标准。尽管特大城市有

【基金项目】国家社会科学基金项目“城市生态文明建设机制、评价方法与政策工具研究”（批准号：13AZD077）；国家自然科学基金项目“转移排放、碳关税对中美经济的影响及策略研究——基于CGE模型的实证分析”（批准号：71273275）；国家发展和改革委员会委托课题“中国低碳城镇化战略研究”（2013年）。

【作者简介】潘家华（1957-），中国社会科学院城市发展与环境研究所、中国社会科学院可持续发展研究中心研究员、博士生导师，邮政编码：100028。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，但文责自负。

一个绝对人口规模的标准,但也有相对内涵。如果在环境承载能力之内,则环境治理相对轻松,反之则困难。之所以是相对的,是相对于资源禀赋绝对量的约束。特大城市的环境承载能力显然是一个绝对量的概念,尤其是水资源量、土地面积等,但也具有相对量的内涵,尤其是技术进步导致的效率提升,使得单位资源量所能承载的人口数量得以提高。因而,城市的环境治理,在于技术张力和边界刚性约束之间的平衡。一方面,城市环境治理需要提升技术水平,舒缓环境容量边界的刚性约束;另一方面,还必须尊重自然,确保环境质量满足宜居和可持续的目标,接受自然边界的刚性约束。

关于边界刚性与技术张力的学术论争,源远流长。十八世纪工业革命初期的古典经济学者 Malthus (1798) 的人口原理,论证的就是自然生产力对人口数量的刚性约束。^① 二十世纪中后期 Meadows 等 (1972) 提出“增长的极限”,则是根据环境对工业污染的吸纳和自净能力,得出资源的消耗和工业扩张必须零增长的结论。同期的美国经济学家 Boulding (1966) 也认同地球的边界约束,认为只能发展“宇宙飞船经济”,他这一主张在 Grubb (2014) 的《星球经济学》中再次得到分析论证。与赞同边界刚性的极限论绝然相对的是技术张力论,古典经济学家 Ricardo (1817) 的级差地租理论认为优质土地是有限的,但边际土地可以近乎无限供给。Simon (1981) 在反对增长极限的论战中,认为技术进步和市场力量可以破解各种极限约束。Krugman 等人的新经济地理学论证了聚集和规模效应可以提升效率 (Krugman, 1991; Fujita et al., 1999)。潘家华等 (2013) 认为存在第三种思路,源自东方的天人合一的哲学理念,由寻求人与自然的和谐演化为当前的环境、经济与社会相协调的可持续发展理论。

特大城市的时空演化,实际上就是技术张力和边界刚性相互作用的结果。在技术水平低下的农业文明社会,城市规模难以大幅扩张,而在技术较为发达的工业文明社会,城市规模越来越大,以至于出现超越千万人口的城市。如果没有楼层的空间拓展技术,没有地下轨道交通的建设与运营技术,城市的人口和空间规模显然无法如此迅速地扩张。但是,如果城市边界的扩张速度大于技术效率的提升速度,就会出现并加重诸如交通拥堵、环境污染、水资源紧张、粮食供应短缺等各种城市问题。同时,技术也不是万能的,并不能完全破解边界约束。特大城市的雾霾、水资源和能源困境表明,只有天人合一,达到经济、社会、环境相协调,才是特大城市环境治理的根本出路。

二、承载能力的环境规定性

从自然地理空间上看,胡焕庸 (1987) 指出我国特大城市均分布在胡焕庸线^②东

^① 马尔萨斯在 1798 年发表的《人口论》中指出,人口按几何级数增长而生活资料只能按算术级数增长,所以不可避免地要导致饥馑、战争和疾病;呼吁采取果断措施,遏制人口出生率。

^② 人口地理学家胡焕庸 1935 年考察中国人口的空间分布时,根据人口分布图和人口密度图画出的从黑龙江黑河到云南腾冲的一条分界线。

南侧。历史上，我国城乡二元结构产生了强烈的城市化渴求，由于缺乏特大城市发育的技术条件，因而也没有工业社会特大城市的环境问题，这显然是由于特定生产力水平下环境容量的规定性使然。

那么，环境容量的规定性表现在哪些方面呢？第一是自然气候条件所决定的自然生态系统生产力。胡焕庸线与400毫米降水量等值线基本重合。半干旱的草原地带不可能支撑较大规模人口的城市，只有在降水较为充裕，或其他地方降水而形成有地表或地下水补充，农业生产较为发达并能够提供较多商品农产品的地方，才可能有人类定居，形成城市。我国市区人口超过250万的40个城市，全部位于胡焕庸线东南一侧。在胡焕庸线西北一侧，市区人口超过200万的城市也只有乌鲁木齐和兰州，^①前者有天山融雪补水，后者源于黄河径流保障。与农业社会不同的是，工业社会由于技术突破，在一些荒漠地区也有大城市，例如中东地区石油输出国的一些城市。但是，一旦不可再生的石油资源趋于枯竭，如果海水淡化技术难以支撑这些城市社会经济发展的需要，这些城市环境要素的刚性制约就有可能使它们变成新的“楼兰古城”。^②第二是地形地貌的适宜性。崇山峻岭、湖泊水网从物理上限制了人口的大规模聚集与活动。第三是公共服务设施的能力。在工业化水平较低时，道路交通、供水、排水、燃料供应等，难以支撑特大城市的发育。第四是就业容量。一方面，第一产业的就业需要较大的自然空间，这势必影响城市空间的扩张。另一方面，城市所容纳的非农产业就业容量在没有工业化大生产的农业社会十分有限。因而，在农业文明社会里，自然环境容量的规定性，限制了城市空间和人口规模的扩张。

没有人口规模上限的特大城市，也存在一个环境容量主动或被动应对的问题。封建社会时期达官贵人告老还乡、荣归故里，^③新中国建立后长期实行的城乡分割户籍制度，都属于主动的应对。前者保证了首都和省会治所的城市人口规模相对平衡，不会无限增加；后者限制了农村人口向城市的聚集，使得城市人口规模可控。城市规模相对较小使得环境消纳和自净能力能够提供相应的环境服务，而且城市有机废弃物作为肥料回归农业生态系统，因而污染情况并不突出。但由于自然生产力低下，毁林开荒、围湖造田等人类对自然生态系统的过度或不合理利用，造成水土流失，乃至生态退化。在这种情况下，马尔萨斯预言的系统崩溃就可能出现。例如，新疆的楼兰古城，在自然环境容量消失的情况下，城市荡然无存。我国在三年自然灾害时期，由于

① 数据来源：《中国城市年鉴2013》，中国城市年鉴出版社，北京。

② 楼兰古城，位于罗布泊西部，处于西域的枢纽，在古代丝绸之路上占有极为重要的地位。我国内地的丝绸、茶叶，西域的马、葡萄、珠宝，最早都是通过楼兰进行交易。楼兰古国在公元前176年前建国，到公元630年消失，只留下一片废墟静立在沙漠中。（见百度百科词条，<http://baike.baidu.com/subview/14841/5066092.htm>）

③ 我国古代官吏的退休制度，常见的称谓有“致仕”、“致事”、“致政”等。“退而致仕”在《春秋公羊传》中注释为“致仕，还禄位于君”，意即交还权利于君王。古代的“告老还乡”、“告病还乡”，形成“从人才资源流出到人才资源流入”的良性循环，对带动农村经济、文化发展起到一定的作用。

粮食生产短缺、商品粮供应不足,无法支撑大量人口在城市的聚集,只得将部分城市居民疏散到农村,导致逆城市化现象的出现。文化大革命期间数以千万计的城市户籍初高中毕业生上山下乡走向农村,不是由于环境污染或自然灾害,而是由于城市就业岗位不足(潘鸣啸,2005)。^①在工业化初期,由于工业化的发展动力尚未完全突破传统农业的技术瓶颈,中国的城镇化进程几乎停滞了十二年,城镇化水平仅从1965年的18.1%发展到1977年的18.2%,二十世纪七十年代初甚至下降至17.4%,出现了逆城市化现象。

三、技术对城市规模的扩张效应

技术创新和工业化生产突破了环境承载能力对城市边界的规定性,规模和聚集效应提升了城市的效率,使得城市规模不断扩张,特大城市的数量也不断增加。

技术的革命性突破表现在:第一,工业化生产能提供大量的就业岗位。工业化生产不同于农业生产,不受自然周期影响,不依赖自然生产率,对自然空间的占用较为有限。大量产业工人的聚集,使得城市人口的规模不断攀升。由于工业化生产和人口的增加,服务业得到迅速扩张。根据《2014年中华人民共和国国民经济和社会发展统计公报》,全国居住地和户口登记地不在同一个乡镇街道且离开户口登记地半年以上的人口(即人户分离人口)共2.98亿人,比上年末增加944万人,其中流动人口为2.53亿人,比上年末增加800万人。工业化进程较快的东部沿海地区均为人口净流入省份,广东一省净流入人口超过2000万人,上海、浙江、江苏两省一市净流入人口总数也逼近2000万人。而工业化进程滞后的中部和西部省区则为净流出地区,河南净流出人口超过1100万,四川达到1000万,安徽、贵州则在800万左右。第二,基础设施的建造和运营技术,使城市的空间效率得到提高。城市道路和交通工具的技术演进,推动着城市规模的扩张。人力和畜力交通工具的运距和运力只能满足农业社会小规模城市的需要,公共汽车、地下轨道交通可以快速、大容量地运送城市人口。城市供水、排水和能源供应,也是在工业化的管网和化石能源开采储运技术的支撑下,大大超出了城市的自然空间范围,极大拓展并提升了城市的环境承载能力。例如南水北调中线工程,^②从汉水丹江口到北京,全长1267km,分别为北京和天津提供城市用水12亿 m^3 和10亿 m^3 。根据北京水资源公报,^③2013年北京市水资源总量为24.81亿 m^3 ,按照年末常住人口2114.8万人计算,北京市人均水资源占有量为117 m^3 。南水北调中线水量使北京水资源量增加了近50%。第三,城市污染物和废弃

① 1968年到1979年,全国约有1650万城市初高中毕业生到农村(包括自然村72.6%、知青农场12.5%和军垦(国营)农场15.1%)。尽管有意识形态(改造青年人)、政治考量(树立权威)、开发农村边疆地区和减缓城市就业等多种动因,但是,主因无疑是粮食保障和就业问题。

② 水利部长江水利委员会,《南水北调中线工程规划方案》(2001年修改版)。

③ 北京市水务局,《北京市水资源公报(2013)》,2014年8月。

物治理技术的发展，能够提升控制城市环境污染的能力。如污水处理技术，燃煤电厂的脱硫、脱硝技术，垃圾处理技术等。在城市空间有限和地下水污染风险增加的情况下，垃圾焚烧发电技术不仅消化了城市生活可燃废弃物，而且可以将可燃废弃物转化为能源。第四，工业技术如农药化肥和新品种培育使农业生产率得以大幅提高，并减少了自然灾害，尤其是洪、涝、旱、病虫等灾害的影响和制约。

技术支撑城市的规模扩张和运行，突破城市自然环境空间的容量规定性，主要体现在三个方面的效应。第一是技术的倍数效应。通过技术创新，提高资源利用效率，降低单位产品的资源消耗量和污染物排放量，在环境容量不变的情况下，其所承载的社会经济活动量和水平得以成倍数增加。第二是技术创新使边际资源得以商业利用的增量效应。例如在水资源短缺的城市，可以抽取深层地下水，可以远距离调水，也可以淡化海水，使原来在经济上不可行的资源得以市场供给，在一定程度、一定范围或一定时期内增加了资源可利用量，从而也就增加了环境承载能力。表1中北京地下水平均埋深不断下降的原因之一正是由于大功率机井技术的出现。再如，高速公路和冷藏技术可以使更远距离的新鲜蔬菜供给城市。三是技术创新对环境资源的替代效应。例如化学纤维对植物纤维的替代、金属材料对木材的替代、火力发电风冷技术替代水冷技术等，这些替代技术有效缓减了生态系统压力，扩展了自然环境的承载能力和可持续能力。

表1 北京市地下水平均埋深和储量变化（1960年~2013年）

年份	地下水平均埋深(m)	地下水位年均下降(m) ^a	地下水位累计下降(m) ^b	地下水储量年均减少(亿 m ³) ^a	地下水储量累计减少(亿 m ³) ^b
1960	3.19	—	—	—	—
1980	7.24	0.20	4.05	-1.00	-20.7
1998	12.88	0.31	9.45	-1.32	-44.5
2013	24.52	0.78	21.33	-4.31	-109.2

注：(a) 分别为1960年~1980年间、1980年~1998年间和1998年~2013年间的年均变化量；(b) 分别为1980年、1998年和2013年相对于1960年的累计变化量。

资料来源：根据北京市水资源公报数据分析整理。

四、特大城市规模扩张的边界刚性

一方面，技术的倍数、增量和替代效应，有效破解了环境容量对城市规模的规定性，使得特大城市得以发育并运行。另一方面，技术创新对环境容量的扩张也存在一定的局限性，对一定规模的城市运行和可持续能力具有抵消或负面效应，制约着特大城市规模的进一步扩张和高效运行。

这些负面效应主要表现在三个方面。一是技术的反弹效应。由于资源利用效率的

提高,单位资源的有效成本和消费价格下降。在收入水平不变的情况下,消费者同等额度的预算支出,必然增大对自然资源的消耗数量。例如汽车燃油效率的提高,单位里程油耗的降低导致消费者可能行驶比燃油效率提高前更多的里程,使得节油的数量并没有达到技术倍数效应的效果。又如节能灯的使用,在节能灯替代白炽灯后,同样的照明亮度和时间,可减少3~5倍的用电量,但消费者可能增加亮度、延长照明时间,从而使实际节省的电量并没有预期的那么多。二是自然资源消耗的加速效应。由于技术创新、成本降低,需求必然增加。例如,如果汽车价格昂贵,只有少数高收入者使用,对不可更新化石能源的消费将远比汽车进入家庭的消费要少。同样,二次采油、三次采油技术使有限的石油贮量枯竭速度加剧。如表1所示,自1960年以来,随着水资源需求的不断攀升,对北京地下水抽取的深度和数量均呈加速态势。不论是反弹效应还是加速效应,均增加消费者剩余,提升消费者的福利水平,但对环境资源容量的占用和耗减,也是一个不争的事实。三是极限效应。技术创新可以减少污染物排放,但达到一定水平后,进一步减少污染物排放的技术难度增加,而且在许多情况下,在技术上不可能达到100%的削减。例如燃煤电厂的脱硫、脱硝率一般在80%~95%。技术的增量效应,也不可能是无限的,技术投入可以远距离调水保障特大城市使用,但不能改变大气水循环增加降水总量。远距离调水增加特大城市供水,只是改变了自然资源的空间配置,是一种零和结果,并没有增加系统的总体容量水平。图1数据表明,近年来北京市的用水总量大致持平。由于人口增加,导致生活需水量不断增加,要保持用水总量的不变,只能挤占农业和工业用水量。2000年以前,生态环境用水量微乎其微,一个重要原因就在于地下水位不是太深,植物的根系可以获取地下水。用水效率虽然提高了,但是不可能增加自然界的水循环速率和数量。在可以预见的未来,现有的技术或未来的技术很难使地球表面积增加或创造新的适宜人类居住的星球。

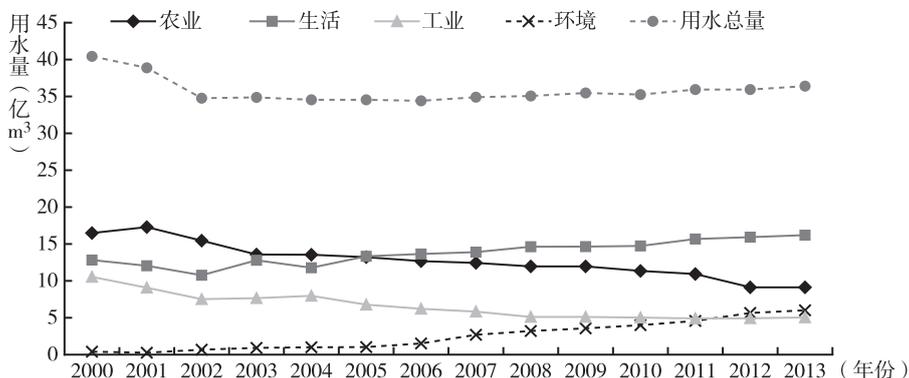


图1 2000年~2013年北京市用水量变化图

资料来源:北京市水务局,《北京市水资源公报(2013)》,2014年8月。

正是由于技术的反弹效应、加速效应和极限效应，特大城市的规模扩张和运行才受到边界刚性的制约。这种刚性包含自然、经济和社会刚性。如果城市规模扩张所带来的资源消耗和污染物排放量超出了技术的倍数效应、增量效应和替代效应的总和，城市环境容量就会遭遇极限制约。以汽车为例，2013年9月环保部公布了轻型汽车国V排放标准，^①和欧洲正在实施的第五阶段轻型车排放水平相当。相比2005年发布的国IV排放标准，国V标准大幅度加严了污染物排放限值。汽油车的氮氧化物排放标准严格了25%，柴油车严格了28%。国V标准新增了颗粒物粒子数量限值要求，颗粒物排放限值严格了82%。国V标准取代国IV标准，技术效率将使单位燃油大气污染物排放量减少25%–30%。如果汽车数量保持不变，则燃油产生的大气污染物排放量会同比例下降；但是，如果汽车数量增加1倍，则燃油消耗产生的污染物排放会增加40%–50%。这也是为什么特大城市道路面积增加、燃油标准提高，而汽车污染物排放总量不断增加的原因。同样，虽然天然气比煤炭清洁，但天然气燃烧也有污染排放。由于城市规模的不断扩大，天然气排放的污染也会不断增加，导致特大城市的大气污染并没有得到改善，反而会加重。再比如，假设由于用水效率提高，北京人均用水量下降了10%，但北京人口增加了50%，则水资源需求总量增加35%。在水资源环境容量已经超载的情况下，北京这一特大城市的规模将难以维系。

经济刚性实际上是成本约束。例如石油输出国阿联酋可以将石油资产转换为货币资产，进而投资城市不动产，推动城市建设。然而，迪拜由于缺少淡水，城市绿化十分有限。海水淡化技术虽然可以生产淡水，但是高昂的成本使如此富有的石油输出国也望而却步。又如燃煤电厂的脱硫、脱硝，虽然不计成本，加大投入可以提高减排水平，但是成本约束使这一选择变得不经济。经济刚性表明，迪拜可以建高楼，但造不了人工森林。人们希望无限提高减排率，但经济上不可行。这也是为什么虽然减少雾霾的技术选择很多，如“APEC蓝”所使用的关、停、限、治等，但是由于成本太高，经济上往往不可持续。

社会刚性源自于对生活质量要求的社会偏好选择。建立体城市、地下城市、沙漠城市、海底城市在技术上可行，但是，人作为一种自然生物，是有情感，有偏好的生命体，需要阳光、绿色和自然空间。地下空间即使再大，没有自然采光，人们也不愿居住。高层建筑可以扩展土地容量空间，但作为居民生活居住场所，不接地气，远离自然，上下楼不便。这也是为什么欧美发达国家的中产阶级多在郊区住平房或低层建筑。过度拥挤的城市公共交通和过长时间的通勤，也降低了生活品质。

五、特大城市环境治理的技术选择

特大城市之所以能够在空间和人口规模上成长为特大，一个最为重要的原因就在

^① 环境保护部、国家质量监督检验检疫总局，《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第五阶段）》（GB18352.5-2013），北京：中国环境科学出版社。2013年9月17日发布，2018年1月1日实施。

于技术创新和突破。一方面,技术张力使得特大城市的环境压力得到缓解,治理水平得到提高。另一方面,特大城市的环境治理难题没有从根本上得到破解,城市病在许多地方依然存在、蔓延,并且呈加重态势。这也意味着,解决特大城市的环境问题,仅考虑病症已不够,而是需要考虑病灶或病根,并选取相应的技术手段治理城市病。

有些技术,具有暂时缓解城市病的效用,但从长远看,并不利于城市的可持续发展,可将其作为应急技术,而不能作为常规技术。例如城市地下水的开采技术,可以将机井深度不断加码,短期可以增加水资源供给,但长期只能加剧城市水资源短缺。北京的地下水位在过去的50年里下降了21米,虽然曾暂时缓解了北京城市社会经济发展的水资源瓶颈,但并不可持续,而且引发了生态恶化、生物多样性减少等生态问题。南方沿江和水网地区的城市由于地表水严重污染,只能抽取地下水用以生产和生活,虽然这在短期可以保证生产和生活用水的水质,但从长远看,由于地下水的补充源自于地表水,如果地表水污染不加以治理,地下水的水质最终也难以保证。在某些情况下,这一类加速资源枯竭技术的持续使用非但不是“济世良药”,更可能是“饮鸩止渴”。但这并不是说要完全排斥这一类技术,在特定情况下加以应用也是环境治理的一种有效选择。例如在地表水出现突发严重污染的情况下,或在干旱季节、少雨缺水年份、常规水资源严重偏少的情况下,大功率机井技术作为一种应急手段,显然有助于支撑特大城市的环境治理能力和水平。当然这类情况还包含一些成本极限约束的技术,例如海水淡化技术、绝对零排放技术等。这类选择与资源枯竭加速效应的技术不同,从长远看有助于提升城市环境容量,但在短期内经济上不可行,难以大规模使用,需要加大技术研发投入,降低成本。但在小规模特定情况下,作为一种应急或有限补充手段,对于特大城市的环境治理也具有积极意义。

也有一些技术,具有倍增效应,在理论上具有治理城市病的巨大潜力。但由于消费偏好、社会接受度等原因,其治理城市病的潜力难以得到最大发挥。例如城市地铁、大容量公交、轻轨,其速度、成本、容量相对于小汽车,具有4倍、8倍乃至10多倍的效果,但是由于“最后一公里”、换乘困境、过度拥挤等原因,制约了许多消费者的选择。因此,这些技术对于特大城市道路交通拥堵的舒缓,可能低于预期。这表明,具有倍增效应的技术,需考虑社会偏好,并有相应配套。又如使用转基因农牧生产技术、依赖化肥农药的工业化现代农业技术可以使产量倍增,为特大城市商品食物的供给提供了有效保障。但是,城市居民的消费意识、消费理念可能并不认同或接受这些技术所生产的农产品,而更倾向于选择有机农产品、非转基因食品。如果使用转基因技术和化肥农药的农产品具有食品安全隐患,这种倍增技术甚至没有积极意义。再如生活用洗澡、洗手等节水技术,如果仅仅为了倍增效应而导致生活品质的下降,也难以为消费者所接受。因而将倍增技术用于特大城市的环境治理,只有考虑消费者偏好和社会选择,其疏解环境刚性约束的技术张力才能得到有效展现。

还有一些技术具有两面性,一方面表现出很强的技术张力,增强了环境承载能力,有助于有效治理城市病;另一方面,又耗损环境容量,触及其他方面的环境约束

刚性。比较典型的例子是城市污水处理。城市污水的汇集、集中处理和中水回用，不仅解决了城市水污染问题，而且增加了城市水源供给，其技术张力不言而喻。但是城市污水管网的建设、维护和运行，污水处理厂的运营，均需要消耗大量的能源。而能源尤其是化石能源的使用，伴随着大气污染物和温室气体的排放。污水处理率越高，标准越严格，能源消耗就必然越多，从而触及能源安全、大气污染防控方面的刚性约束。燃煤锅炉脱硫、脱硝技术也具有同样的特征，因为脱硫、脱硝设施的运行需要消耗电能来完成。在上世纪八十、九十年代，城市生活垃圾的卫生填埋是我国解决城市垃圾围城技术的首选。但是，该技术占用土地资源并污染地下水源，使得人们不得不放弃这一技术选择。对于这类具有技术张力但触及环境红线的技术，社会的选择只能是权衡取舍，两害相权取其轻，两利相权取其重。如果燃煤锅炉不脱硫、脱硝，社会危害更大。相反，继续选择城市生活垃圾填埋已经不可行。因此，有必要考虑选择替代技术。例如，城市生活污水采用湿地处理技术，城市生活垃圾处理采用焚烧发电技术。此外，还可以考虑放大技术张力的选择，例如燃煤锅炉脱除的硫和硝可以资源化利用。将废弃物作为原料或产品加以再生，可以从总体上减少资源消耗，从而提升技术张力。

应该说，特大城市的环境治理有许多可选的技术途径，但这些技术选择的实际效果受到环境容量的刚性约束和社会偏好的制约。这意味着，虽然技术张力对于特大城市的环境治理有着非常积极的、不可或缺的重要性，但受消费偏好因素的影响，仅靠技术途径来实现特大城市的环境治理是不够的，需要从根本上消除城市环境恶化的源泉。只有控制特大城市的人口规模，技术张力才能有效提升，从而改善城市环境质量、提高城市居民的生活品质，最终实现人与自然的和谐。

六、特大城市环境治理的制度途径

从以上分析可知，科学合理地选择创新性技术，可以在一定程度上有效舒缓城市环境压力、减轻城市病状、扩大和提升城市的空间和人口规模。但是，由于自然、经济和社会刚性等原因，特大城市的边界并不能够单纯靠技术的张力得以彻底根除或破解。实际上，特大城市的技术张力已经接近或达到、甚至超过生态环境红线的极限约束，进一步提升的空间十分有限甚至不复存在。在特大城市环境治理存在技术瓶颈的情况下，需要考虑技术以外的途径，寻求社会经济和制度上的改革创新。

第一，需要根据边界刚性明确特大城市的功能定位。城市规模与城市功能定位直接相关，在相当程度上是城市功能实现和拓展的结果。特大城市之所以特大，原因就在于其功能太多、太集中。直辖市和省会城市集全国或所辖地区政治、经济、科技、教育、文化、医疗、金融、商贸、交通中心或枢纽等功能于一体。就业岗位的增加、城区面积的扩张、现代工业技术的张力，使得这些城市为了扩大规模而不断兼并周边县域。快速工业化和城镇化的同时，直辖市和省会城市几乎都将原本为郊县的辖区撤

县设区,以拓展城市空间。例如,改革开放后,北京将通县、昌平、顺义、平谷、房山、大兴、怀柔等县撤县设区,只留密云、延庆两县,导致“城市大饼”越摊越大。北京的功能定位应集中在政治、文化、科技和国际交往等方面,在非首都核心功能疏解后,北京的就业岗位和人口也将得以疏散。同样地,许多省区存在省会城市一城独大的现象。省会城市几乎集全省的非农资源,尤其是各种优质社会服务和经济资源于一地,导致城市的规模不断扩张。如果将全国或全省最优质的教育、文化、医疗资源分散于全国、全省各地,城市的规模自然会得到有效管控。

第二,需要考虑自然刚性的极限约束。北京市根据水资源的刚性约束,明确人口总量调控的上限为2300万人。北京每年缺水15亿 m^3 ,南水北调至多只能增加12亿 m^3 。从2014年开始,北京市与各区县签署人口调控目标责任书,进一步加快疏解非首都功能。^①另外,从资源承载力的角度看,南水北调存在一定风险,因为汉水水源、一千多公里的工程管控均有不确定性。如果换一种思维,不是“调水”而是“调人”,即利用公共资源的重新配置来带动就业和人口的集散,情况会得到显著改善。例如,将教育、医疗资源和高端制造业等优质经济资源投向丹江口,就不需要千里迢迢调水,北京、天津的城市规模,也不会无序扩张,城市病也就被根除了病因。

第三,需要考虑经济和社会刚性,强调城市宜居性。技术手段虽然可以缓解自然刚性,如北京人口规模增加导致的生活用水需求可以通过挤出农业和工业用水得以满足。但是人口规模增加同样导致生活空间压缩。住在塔楼里的居民难以获取全天候的自然采光和清新空气,容易产生“上无片瓦,下无立锥之地”的感觉,生活质量大打折扣。这也是为什么欧美中产阶级多住在郊区而避免在拥挤的城区高楼居住的原因。

第四,需要通过立法手段实现技术的科学理性选择和拓展。例如,对于无限抽取地下水、增加土地容积率的技术,并不宜居、生态,也不可持续,需要加以约束;对于具有倍增效应的技术,需要考虑社会经济刚性约束,鼓励其完善配套,以充分展现技术的张力效果。总之,技术手段有助于特大城市的环境治理,但效果有限。需要在技术手段以外,尤其是体制机制上,寻求治本之策。

参考文献

胡焕庸(1987):《中国人口地域分布》,《科学》第2期,第83~89页、第159页。

潘家华、吕文斌、陈洪波(2013):《论文明的转型:生态文明的科学内涵及战略意义》,《古今谈》,第2期,第8~12页。

潘鸣啸(2005):《上山下乡运动再评价》,《社会学研究》,第5期,第154~181页。

Boulding, K. E. (1966), "The Economics of the Coming Spaceship Earth", *Environmental Quality Issues in a Growing Economy*, 58(4), pp. 3 - 14.

^① 北京市副市长李士祥接受媒体采访时的表述,见新京报2015年3月7日。

Fujita, M. , P. Krugman, and A. J. Venables (1999) , *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*, Cambridge: MIT Press.

Grubb, M. (2014) , *Planetary Economics: Energy, Climate Change and the Three Domains of Sustainable Development*, London: Routledge, p. 625.

Krugman, P. (1991) , “Increasing Returns and Economic Geography” , *Journal of Political Economy*, 99 (3) , pp. 483 – 499.

Malthus, T. R. (1798) , *An Essay on the Principle of Population*, London: St Paul’s Churchyard, p. 134.

Meadows, D. H. , D. L. Meadows, and J. Randers et al. (1972) , *The Limits to Growth, A Report for the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind*, London: Earth Island Ltd. , p. 205.

Ricardo, D. (1817) , *On the Principles of Political Economy and Taxation*, London: John Murray, p. 374.

Simon, J. L. (1981) , *The Ultimate Resource*, New Jersey: Princeton University Press, p. 734.

Environmental Governance in Mega-cities: Technological Breakthroughs and the Rigidity of Environmental Constraints

PAN Jia-hua

(Institute for Urban and Environmental Studies,

Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100028, China)

Abstract: Expansion of urban scale is often constrained by environmental capacities, such as spatial, land, water, and energy resources. However, the rigidity of such environmental limits is relaxed by technological breakthroughs and the scales of cities grow continuously. As a result, the environmental sustainability of a functioning mega-city is managed through relaxing the rigidity of environmental constraints by technological breakthroughs. On the other hand, technological breakthroughs are not unlimited given the urgency of environmental challenges. This suggests that purely technological approaches cannot be an ultimate solution to environmental sustainability. The author concludes that institutional approaches can provide essential and effective solutions to environmental sustainability in mega-cities through defining the functions of a mega-city through legislation and balanced distribution of public resources such as, in particular, quality educational and medical care facilities. For human and nature in harmony in mega-cities, the level of concentration of public resources must be kept within environmental carrying capacity.

Key Words: mega-cities; environmental governance; technological solutions; rigidity of environmental constraints

责任编辑：禹 湘