基于地理信息系统的焦化企业卫生防护距离研究

张尚宣[1]，李瑞华[2]，封雪[3]，孙博飞[4,5]，王龙飞[6]，李双双[7]，肖怀德[1]，伯鑫[6]

(1. 中冶赛迪重庆环境咨询有限公司，重庆 400013；2. 中冶赛迪工程技术股份有限公司，重庆 400013；3. 中国环境监测总站，北京 100012；4. 河北正奇环境科技有限公司，河北石家庄 050000；5. 河北正润环境科技有限公司，河北石家庄 050091；6. 环境保护部环境工程评估中心，北京 100012；7. 北京科技大学能源与环境工程学院，北京 100083)

摘要： 为评估我国焦化行业潜在受影响人口分布情况，本研究基于全国焦化企业环境统计数据、人口数据，通过 GIS 手段，“自下而上”地获得了每家焦化企业卫生防护距离内潜在受影响人口情况。研究结果表明，我国焦化企业卫生防护距离内面积为 0.19 万 km^2，占国土面积比例约为 0.2‰；潜在受影响人口为 232 万人，占全国人口比例为 1.7‰。焦化企业卫生防护距离内面积占国土面积比例最高和潜在受影响人口最多的是山西省，卫生防护距离内面积占国土面积比例约为 3.51‰，潜在受影响人口为 47 万人。

关键词： 焦化；卫生防护距离；潜在受影响人口

DOI： 10.14068/j.ceia.2017.04.010

中图分类号： X820.3 **文献标识码：** A **文章编号：** 2095－6444(2017)04－0040－05

GIS-based Buffer Zone for Coking Plants in China

ZHANG Shang-xuan[1], LI Rui-hua[2], FENG Xue[3], SUN Bo-fei[4,5], WANG Long-fei[6], LI Shuang-shuang[7], XIAO Huai-de[1], BO Xin[6]

(1. CISDI Chongqing Environmental Consulting Co., Ltd., Chongqing 400013, China; 2. CISDI Engineering Co., Ltd., Chongqing 400013, China; 3. China National Environmental Monitoring Center, Beijing 100012, China; 4. Hebei Zhengqi Environmental Technology Limited Company, Shijiazhuang 050000, China; 5. Hebei Zhengrun Environmental Technology Co., Ltd., Shijiazhuang 050091, China; 6. Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China; 7. School of Energy and Environmental Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to investigate the distribution of population potentially impacted by coking plants in China, this study calculates the population number based on GIS, the national environmental statistics for coking plants and population. The results indicated that the buffer zone of coking plants in China covers an area of 0.9 km^2, taking up 0.2‰ of the land area nationwide; and the estimated impacted population was 2.32 million, accounting for 1.7‰ of the whole population. Among all the provinces, Shanxi ranks the first with the highest percentage of buffer zone, 3.51‰, and the biggest impacted population number, 470,000.

Key words: coking; buffer zone; potentially impacted population

近年来，我国雾霾频发，大气污染防治形势严峻，目前关注的热点主要集中于常规污染物(二氧化硫、氮氧化物、$PM_{2.5}$ 等)。细颗粒物组分除含有有机碳、元素碳等物质外，还存在砷、铅、镉、苯并[a]芘等致癌物，对人体健康存在较大影响[1-3]。

焦化行业是排放苯并[a]芘等致癌物的主要行业之一[3-4]。按照我国卫生部颁布的卫生防护距离规定，在焦化企业周围划定一定卫生防护距离，卫生防护距离内不能有居民区、学校、医院。但从我国焦化企业布局来看，部分企业建设在城市建成区内，周边人口稠密，潜在受影响人数众多。目前针对典型焦化企业大气影响的研究主要集中在焦化厂周边大气环

收稿日期：2017－04－12

基金项目：国家重点实验室开放基金课题(16K01ESPCT)；国家环保公益性行业科研专项(201409007)

作者简介：张尚宣(1981—)，女，重庆璧山人，高级工程师，硕士，主要研究方向为钢铁行业环境影响研究，E-mail: zshangxuan@126.com

通讯作者：伯鑫(1983—)，男，山东烟台人，高级工程师，博士，主要研究方向为排放清单以及大气污染模拟，E-mail: boxinet@gmail.com

中国知网 https://www.cnki.net

境中的成分分析[5-8]，例如李鹏宾[5]等开展了某焦化厂 16 种多环芳烃水平和成分谱特征分析，Gorka P[7]、董婷[8]、杨光冠[8]等开展了焦化厂周边大气中重金属元素分析，但在全国层面较全面地评估每家焦化企业的卫生防护距离影响范围及潜在受影响人口情况的工作相对缺乏。

本研究以 2012 年全国焦化企业为重点研究对象，依据本研究团队已经建立的中国高分辨率焦化企业排放清单，结合焦化企业卫生防护距离要求，在 GIS 空间分析平台上进行了中国焦化企业卫生防护距离分析，以“自下而上”的研究模式分析和评估中国焦化企业影响的国土面积和人口分布情况。

1　研究方法与数据

1.1　研究区域与对象

本次研究区域为中国所有省市区(不包括港澳台)，研究对象囊括了区域内所有焦化企业，包括钢铁行业焦化和独立焦化厂。

1.2　焦炉空间位置清单的建立

本研究在环境统计的焦化企业经纬度及地址信息基础上，结合 Google Earth 上优于 2.5 m 分辨率的遥感影像，选定时相为 2012 年，采用遥感影像目视判读的方法，确定焦化企业特别是焦炉的具体位置。通过广泛搜集焦化企业相关资料，研究掌握其设施组成与空间布局等信息。对于焦化企业而言，焦炉及烟囱是典型的目视判读标志。经过遥感影像目视判读解译，相对准确地建立了高分辨率全国焦化企业焦炉空间位置清单。

1.3　焦化企业卫生防护距离的确定

(1) 国外焦化企业防护距离规定

西澳大利亚环保局规定，焦炭企业与居民区等敏感区的防护距离为 1000 ~ 2000 m[9]；南澳大利亚环保局规定，焦炭企业与居民区等敏感区的防护距离为 2000 m[10]；美国、日本等国的环保法令没有明确的防护距离规定。

(2) 中国卫生防护距离规定要求

《炼焦业卫生防护距离》规定，按照生产规模和当地风速的不同确定卫生防护距离，最小距离为 700 m，最远距离为 1200 m: 生产规模小于 100 万 t，防护距离要求为 700 ~ 900 m; 大于 100 万 t 小于 300 万 t，防护距离要求为 800 ~ 1000 m; 大于 300 万 t，防护距离要求为 900 ~ 1200 m。目前焦化企业环评也是按此要求执行[11]。

1.4　区域人口空间分布数据的获取

本次研究使用由美国能源部橡树岭国家实验室全球人口项目开发的 LandScan 人口空间数据。该人口数据库利用各国可获取的人口普查数据，建立基于地理信息系统、分区密度模型相结合的权重模型。该模型参数包括卫星影像、道路情况、地面坡度、土地利用情况、夜间灯光等，以人口总数、区域边界作为模型控制条件，依据不同单元的人口密度，得到区域人口分布数据，并采用高分辨率遥感影像进行检验，是目前涉及人口数据研究中广泛采用的相对权威和准确的人口空间数据[12-13]。

1.5　基于 GIS 的焦化企业卫生防护距离分析

依据本研究团队已建立的高分辨率全国焦化企业排放清单，以及不同规模焦化厂的防护距离要求，结合每个焦化企业周边人口空间分布数据等，在 GIS 空间分析平台上进行中国焦化企业卫生防护距离空间分析。以焦炉为中心，按照每个焦化厂的防护距离划定影响范围。

卫生防护距离内潜在受影响人口数量按照以下概念公式计算:

$$P = \sum (i) P_{0i}/S_0 \times S_i$$

式中，P 为目标防护距离内的人口数量; P_{0i}/S_0 为人口密度; S_i 为各个目标区域的面积。

2　结果与讨论

2.1　焦化企业空间分布分析

根据 2012 年全国环境统计数据，全国焦化企业共 885 家，其中钢铁行业焦化 102 家，独立焦化厂 783 家，如表 1 所示。由表 1 可知，除北京市、西藏自治区、海南省外，全国各省市区均有焦化企业分布，最为集中的几个省份是山西省、河北省、新疆维吾尔自治区、陕西省、山东省。

从统计结果来看，我国大部分焦化企业均为污染控制水平相对较差的小焦化。由于各地风速存在一定的不确定性，本次研究从保守角度均按照最不利风速条件考虑，来确定本次研究的焦化企业卫生防护距离。根据焦化企业规模，全国焦化企业年产量小于 100 万 t、大于 100 万 t 且小于 300 万 t、大于 300 万 t 的焦化企业分别为 797 家、71 家、17 家，占所有焦化

中国知网　https://www.cnki.net

表 1 我国各省市区焦化企业数量一览表(基于环境统计)

Table 1 The number of coking plants in each province of China

省份	独立焦化厂	钢铁行业焦化	焦化企业总数	省份	独立焦化厂	钢铁行业焦化	焦化企业总数
山西省	245	10	255	江西省	7	2	9
河北省	71	37	108	湖北省	4	3	7
陕西省	62	1	63	重庆市	7	0	7
新疆维吾尔自治区	71	2	73	吉林省	4	1	5
山东省	52	9	61	甘肃省	2	3	5
贵州省	41	1	42	安徽省	5	0	5
云南省	38	4	42	上海市	2	1	3
四川省	32	3	35	广东省	0	2	2
内蒙古自治区	29	4	33	广西壮族自治区	0	2	2
河南省	29	3	32	天津市	2	0	2
黑龙江省	22	1	23	青海省	2	0	2
宁夏回族自治区	21	0	21	浙江省	0	1	1
江苏省	14	2	16	福建省	1	0	1
辽宁省	8	7	15				
湖南省	12	3	15	总计	783	102	885

企业的比例分别为 90%、8%、2%,防护距离分别选取为 900 m、1000 m、1200 m。

2.2 焦化企业卫生防护距离内面积占比分析

基于中国焦化企业卫生防护距离分析,得到 2012 年全国焦化企业卫生防护距离内的面积为 0.19 万 km^2,占国土面积的比例约为 0.2‰。

根据行政区划对我国所有焦化企业进行分省统计,我国各省份焦化企业卫生防护距离内面积占国土面积的比例如图 1 所示。由图 1 可知,焦化企业卫生防护距离内面积占国土面积比例最高的 3 个省份是山西省、河北省和上海市,其所占比例分别为 3.51‰、1.23‰和 1.11‰。山西省作为煤炭资源大省,共有 255 家焦化企业,位居全国之首。河北省共有 108 家焦化企业,居全国第二。山西省和河北省焦化企业不管是从绝对数量还是从实际影响而言都是全国最大的,需要特别重视该区域内焦化企业潜在的环境影响。上海市有 3 家焦化企业,由于上海市国土面积小,因此卫生防护距离内面积占总国土面积的比例较高。

浙江省、甘肃省、青海省焦化企业卫生防护距离内面积占国土面积的比例最低,分别为 0.03‰、0.02‰和 0.01‰。这 3 个省份焦化企业数量少,且青海省、甘肃省国土面积较大,因此卫生防护距离内面积占国土面积的比例较低。

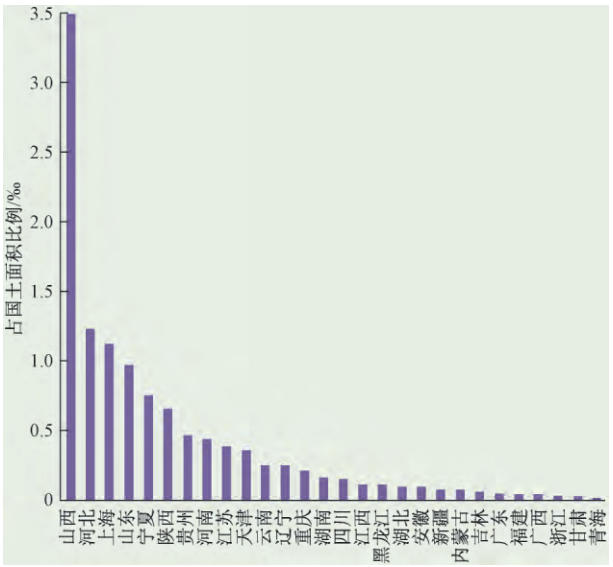


图 1 中国各省份焦化企业卫生防护距离内面积占国土面积的比例

Fig. 1 The ratio of buffer zone of coking plants to land area nationwide in each province of China

2.3 焦化企业卫生防护距离内潜在受影响人口分布

本研究计算得到 2012 年全国焦化企业卫生防护距离内潜在受影响人口数量为 232 万人,占全国人口比例为 1.7‰。

根据行政区划对所有焦化企业卫生防护距离内潜在受影响人口进行分省统计,我国各省份焦化企业

中国知网 https://www.cnki.net

卫生防护距离内潜在受影响人口分布情况如图 2 所示。由图 2 可知，焦化企业卫生防护距离内潜在受影响人口数量最高的 3 个省份依次是山西省、河北省和山东省，潜在受影响人口数量分别约为 47 万人、32 万人和 23 万人。山西省、河北省、山东省焦化企业数量最多，同时也是人口大省，潜在受影响人口较多。新疆维吾尔自治区虽然焦化企业数量较多，但由于地广人稀，卫生防护距离内潜在受影响人口数量并不多。浙江省、天津市、福建省由于焦化企业数量少，卫生防护距离内潜在受影响人口较少。

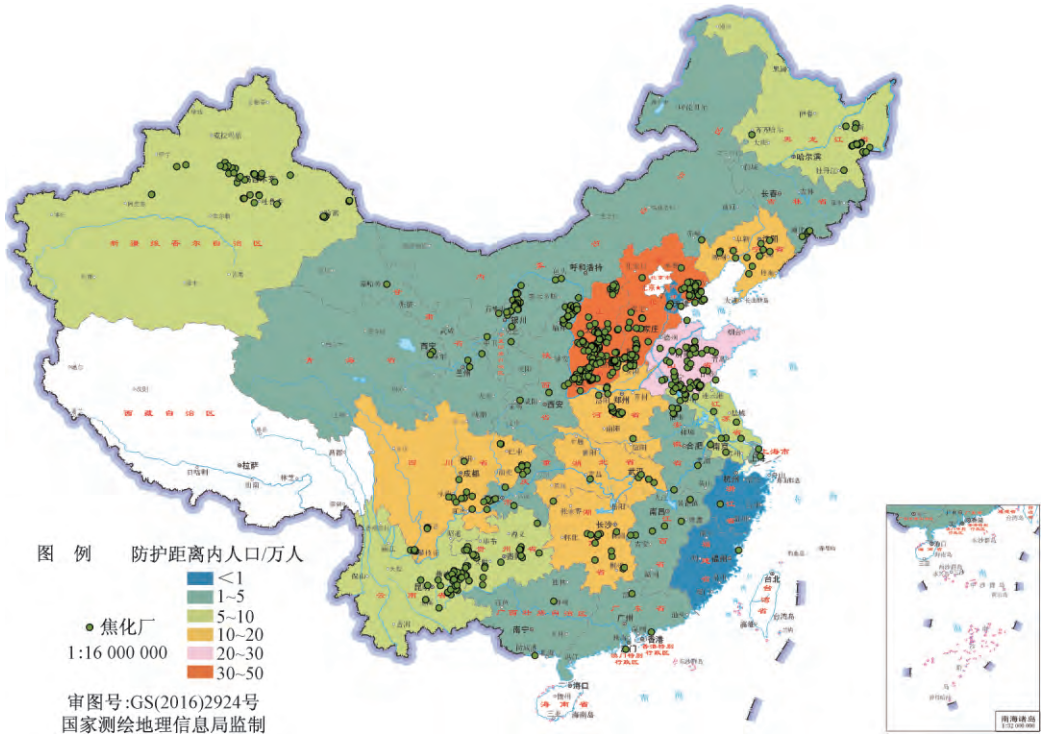


图 2　焦化企业卫生防护距离内潜在受影响人口分布

Fig. 2　The estimated population impacted by coking plants in China

2.4　不确定性分析

由于本研究所涉及的人口数据、卫生防护距离、焦化企业信息等均可能存在一定的不确定性，卫生防护距离内潜在受影响人口数量有一定的局限性，可能存在偏差。

(1) 焦化企业数据不确定性分析

2012 年至今，受经济形势及大气环境政策影响，焦化行业作为重点关注行业，部分焦化企业进行停产、整改等，加之同一规模焦化企业污染控制水平差距较大，目前焦化企业数量、产能、污染物排放量等均与 2012 年相比发生一定变化，焦化企业数据存在一定的不确定性。

(2) 卫生防护距离不确定性分析

本研究依据焦化企业规模确定卫生防护距离，无法考虑气象、地形、土地利用等因素，也未考虑企业污染控制水平及污染扩散的实际情况，卫生防护距离计算过程存在不确定性。

(3) 人口数据不确定性分析

本次研究采用的美国 LandScan 1 km 人口空间数据，是目前研究广泛采用的人口数据。该人口数据模型算法受人口普查数据、土地利用、卫星影像、夜间灯光等多种因素影响，LandScan 数据与实际情况可能存在着一定的不确定性。

3　结论与建议

(1) 焦化企业卫生防护距离分析作为研究焦化行业大气环境及人体健康影响的基础性工作，初步阐明了我国焦化企业的空间分布、焦化企业卫生防护距离内的潜在受影响人口分布及面积占比，为下一步全面评估我国焦化行业对人群健康的影响，以及影响范围内的污染控制、土地修复、搬迁及优化选址等工作打下基础。建议卫生部门针对《炼焦业卫生防护距

中国知网　https://www.cnki.net

离》(GB 11661—2012),尽快开展焦化企业卫生防护距离应用的相关研究。

(2)鉴于本研究中的焦化企业卫生防护距离内潜在受影响人口数据存在一定的局限性,加之2012年至今焦化企业数据可能发生一定变化,下一步需建立最新的焦化排放因子库,编制并更新动态焦化企业排放清单,结合数值模拟、来源解析、人体健康风险评价、大数据挖掘等方法,开展单个焦化厂大气环境影响距离研究,以获得相对更加精确的影响范围及潜在受影响人口数量。

致谢:本课题得到环境模拟与污染控制国家重点联合实验室专项经费的资助。

参考文献(References):

[1] 张健,梁云平,马召辉,等. 北京市典型排放源 $PM_{2.5}$ 中多环芳烃成分谱特征[J]. 环境工程学报,2016,10(6):3141-3146.

[2] 杨晓东,张玲,姜德旺,等. 钢铁工业废气及 $PM_{2.5}$ 排放特征与污染控制对策[C]// 2014 京津冀钢铁业清洁生产、环境保护交流会,2014:16-25.

[3] Boffetta P, Jourenkova N, Gustavsson P. Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons[J]. Cancer Cause & Control, 1997, 8(3): 444-472.

[4] VanRooij J G, Bodelier-Bade M M, Jongeneelen F J. Estimation of individual dermal and respiratory uptake of polycyclic aromatic hydrocarbons in 12 coke oven workers[J]. British Journal of Industrial Medicine, 1993, 50(7): 623-632.

[5] 李鹏宾,严琼,曹民. 某焦化厂气态和颗粒物中多环芳烃水平和成分谱特征分析[J]. 中国职业医学,2010,37(3):211-213.

[6] 董婷,李天昕,赵秀阁,等. 某焦化厂周边大气 PM_{10} 重金属来源及健康风险评价[J]. 环境科学,2014,35(4):1238-1244.

[7] Gorka P. The Knurow coking plant in Knurow, as a source of emission of heavy metals[J]. Fuel and Energy Abstracts, 2002, 43(4): 291.

[8] 杨光冠,张磊,张占恩,等. 焦化厂附近大气降尘量及降尘中金属元素的分析[J]. 苏州科技学院学报(工程技术版),2006,19(4):49-53.

[9] Western Australia EPA. Separation distances between industrial and sensitive land uses[S]. 2005.

[10] South Australia EPA. Guidelines for separation distances[S]. 2007.

[11] 张玲,向安莉,吴磊,等. 冶金企业大气环境防护距离和卫生防护距离对比研究[J]. 工业卫生与职业病,2013,39(2):111-114.

[12] Bhaduri B, Bright E, Coleman P, *et al*. LandScan USA: A highresolution geospatial and temporal modeling approach for population distribution and dynamics[J]. Geo Journal, 2007, 69(1/2): 103-117.

[13] 毛其智,龙瀛,吴康. 中国人口密度时空演变与城镇化空间格局初探:从2000到2010[J]. 城市规划,2015,39(2):38-43.

(上接第39页)

叠梁门分层取水方式,如光照、锦屏一级等大型水电。

水温控制幕墙:通过在取水口前设置水温控制幕或建设前置挡墙,阻挡底层低温水,达到缓解下泄低温水影响的目的。如董箐水电站[13-14]在取水口前13.5 m处建设了高15 m的前置挡墙;丰满水电站在重建时利用老坝拆除形成前置挡墙;三板溪水电站将建设水温控制幕,缓解下泄低温水的影响。

参考文献(References):

[1] 刘乃壮,郑美秀. 淡水鱼类水温区划的气候生态探讨[J]. 水产学报,1991(1):9-16.

[2] 刘乃壮,刘建新. 淡水渔业与水体气候的关系[J]. 中国生态农业学报,1997,5(2):15-19.

[3] 龙华. 温度对鱼类生存的影响[J]. 中山大学学报(自然科学版),2005,44(6):254-257.

[4] 尹家胜,沈俊宝,徐伟,等. 水温变化对绥芬河滩头雅罗鱼繁殖的影响[J]. 动物学报,2001,47(6):704-708.

[5] 王海贞,王辉,强俊,等. 温度、盐度和 pH 对尼罗罗非鱼性别分化的影响[J]. 应用生态学报. 2012,23(10):2893-2899.

[6] 刘兰芬,张士杰,刘畅,等. 漫湾水电站水库水温分布观测与数学模型计算研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2007,5(2):87-94.

[7] 王欣. 漫湾水库水温水质的回顾评价[J]. 水电站设计,1999(3):71-75.

[8] 薛联芳,顾洪宾,崔磊,等. 红水河干流梯级开发对水温累积影响的调查研究[J]. 水力发电,2010,36(11):9-12.

[9] 余文公,夏自强,于国荣,等. 三峡水库水温变化及其对中华鲟繁殖的影响[J]. 河海大学学报(自然科学版),2007,35(1):92-95.

[10] 汪锡钧,吴定安. 几种主要淡水鱼类温度基准值的研究[J]. 水产学报,1994,18(2):93-100.

[11] 杜效鹄,喻卫奇,芮建良. 水电生态实践——分层取水结构[J]. 水力发电,2008,34(12):28-32.

[12] 薛联芳,顾洪宾,冯云海. 减缓水电工程水温影响的调控措施与建议[J]. 环境影响评价,2016,38(3):5-8.

[13] 徐鹏翔. 董箐水电站工程建设环境及生态保护[J]. 贵州水力发电,2009,23(5):5-8.

[14] 杨鹏,袁端,李晓彬. 董箐水电站发电引水系统进水口分层取水设计[J]. 贵州水力发电,2011,25(5):18-20.

中国知网 https://www.cnki.net